

**ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
TUTOR INTELIGENTE PARA LA ENSEÑANZA ASISTIDA DE LA
ARITMÉTICA EN EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA**

Oscar Javier Romero López

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA DE SISTEMAS
SANTAFÉ DE BOGOTÁ
2002**

CONTENIDO

	Pág.
ABREVIACIONES	1
RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
1. FUNDAMENTACION TEÓRICA COMO MARCO CONCEPTUAL EN EL DESARROLLO DEL MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO	7
1.1 TEORÍAS PSICOLÓGICAS DEL APRENDIZAJE Y MODELOS PEDAGÓGICOS COMO SUSTENTO AL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE AMBIENTES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE	7
1.1.1 Teorías Psicológicas Del Aprendizaje	7
1.1.1.1 Teoría Conductista Acerca Del Aprendizaje	8
1.1.1.2 Teorías Cognoscitivas Acerca Del Aprendizaje	8
1.1.1.2.1 Cognoscitismo y Psicología de La Gestalt	9
1.1.1.2.2 Cognoscitismo y Teoría del Procesamiento de la Información	9
1.1.1.2.3 Cognoscitismo e Interacción entre Aptitud y Tratamiento	10
1.1.1.2.4 Cognoscitismo y Psicología Evolutiva de Jean Piaget	11
1.1.1.3 Conductismo Cognoscitivo: La Teoría De Robert Gagné	12
1.1.2 Modelos Pedagógicos	13
1.1.3 Estilos Cognitivos de Procesamiento Aritmético	14
1.2 USO EDUCATIVO DEL COMPUTADOR EN EL PROCESO ENSEÑANZA – APRENDIZAJE	24
1.2.1 Ambientes de enseñanza – aprendizaje enriquecidos con la ayuda del computador	24
1.2.2 Materiales Educativos Computarizados MEC	25
1.2.3 Sistemas Tutores Inteligentes (STI)	27
1.2.3.1 Arquitectura del Sistema Tutor Inteligente (STI)	28
1.2.3.2 Componente Hipermedia (Elaboración de Micromundos Explorativos Y Multimedia)	30
1.2.3.2.1 Micromundos Explorativos	30
1.2.3.2.2 Multimedia	32

1.2.3.3	Componente Tutor	35
1.2.3.3.1	Módulo del Experto	35
1.2.3.3.2	Módulo de Diagnóstico del Estudiante ^{viii}	35
1.2.3.3.2.1	Proceso de Diagnóstico	35
1.2.3.3.2.2	Arquitecturas del Modelamiento del Estudiante	39
1.2.3.3.3	Módulo de Tutoría	43
1.3	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO SUSTENTO AL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO	45
1.3.1	Sistemas Expertos o Basados En Conocimientos	46
1.3.2	Informática Evolutiva Y Algoritmos Genéticos	47
1.3.2.1	Introducción a los Algoritmos Genéticos	47
1.3.2.1.1	Implementación de los AG	49
1.3.2.1.2	Codificación de Cromosomas	49
1.3.2.1.3	Operadores Genéticos	50
1.3.2.2	Sistemas Clasificadores	50
1.4	PARADIGMA ORIENTADO A OBJETOS COMO FUNDAMENTO PARA EL MODELAMIENTO DEL MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO	52
1.4.1	Modelado de Objetos	52
1.4.2	Modelo de Procesos y Metodología que se empleará en el Desarrollo del Proyecto	52
2.	ANÁLISIS Y MODELADO ORIENTADO A OBJETOS DEL MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO (ETAPA DE INICIACION)	54
2.1	ÁMBITO DEL PROYECTO	54
2.1.1	Contexto en el cual se desarrollará el Proyecto	54
2.1.2	Análisis de Necesidades Educativas	55
2.1.2.1	Análisis de Problemas Existentes	56
2.1.2.2	Análisis de posibles causas de los problemas detectados	66
2.1.2.3	Análisis de Alternativas de Solución	68
2.1.2.4	Solución Computarizada Aplicable	69
2.1.2.5	Especificación Funcional del MEC a desarrollar	70
2.1.3	Aspectos de Rendimiento	74
2.1.4	Restricciones Técnicas y de Gestión	75
2.2	ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DEL RIESGO	76
2.2.1	Tabla de Riesgo	76
2.2.2	Plan RSGR para cada Riesgo	77
2.3	MODELADO DEL DOMINIO DEL PROBLEMA (ETAPA DE ELABORACIÓN)	81
2.3.1	Actores	82

2.3.2	Casos de Uso (por actor)	84
2.3.3	Formato de casos de uso en Formato de Alto Nivel	89
2.3.4	Diagramas de Casos de Uso	89
2.4	PLANEACIÓN TEMPORAL CON BASE EN CASOS DE USO	94
2.4.1	Propósito del plan	94
2.4.2	Clasificación de los casos de Uso por categoría	94
2.4.3	Riesgo Arquitectónico por Caso de Uso	95
2.4.4	Riesgo de Calendarización Por caso de Uso	96
2.5	MODELO ESTÁTICO DEL DOMINIO DEL PROBLEMA	98
2.5.1	Listado de clases y objetos	99
2.5.2	Diagrama de Clases	99
2.5.2.1	Elaboración de Estructuras	99
2.5.2.2.	Diagrama de Asociaciones	99
2.5.2.3	Diccionario de Clases, Atributos y Métodos	103
2.6	RESUMEN	111
3.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN ORIENTADA A OBJETOS DEL MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO (ETAPA REFINADA DE ELABORACIÓN)	112
3.1	DISEÑO EDUCATIVO	112
3.1.1	¿Qué aprender con el apoyo del MEC?	112
3.1.2	¿En qué ambiente o micromundo aprenderlo?	116
3.1.3	¿Cómo saber que el aprendizaje se está logrando?	117
3.1.3.1	Diseño de las evaluaciones teniendo como soporte los estilos cognitivos de procesamiento aritmético.	118
3.1.3.2	Estrategias Tutoriales	121
3.1.3.3	Especificación de situaciones de Evaluación	123
3.1.3.4	Retroinformación, refuerzo y nivel de logro	125
3.1.3.5	Tipos de Evaluación y de decisiones del MEC	127
3.1.4	¿Cómo motivar y mantener motivados a los usuarios?	128
3.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ENTRE EL ALUMNO Y EL MEC	129
3.2.1	Principios psicológicos relativos a la Percepción empleados en las Interfaces	130
3.2.2	Diseño de Zonas de Comunicación entre el Usuario y el MEC	131
3.2.3	Clasificación de Usuarios	134
3.2.4	Diseño de Diagramas de Navegación de Interfases	134
3.2.5	Reutilización de Clases en las Interfaces	138
3.3	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL DEL MEC	139
3.3.1	Diagramas de Paquetes	139
3.3.2	Diagramas de Emplazamiento	140

3.3.3	Visión Dinámica del Sistema	141
3.3.4	Implementación de Clases y Métodos Funcionales	142
3.4	RESUMEN	143
4.	ITERACIÓN 1: DISEÑO E IMPLMETACION HIPERMEDIA Y MICROMUNDOS	145
	EXPLORATIVOS (ETAPA DE CONSTRUCCIÓN I)	
4.1	PRINCIPIOS BÁSICOS	145
4.2.	ELEMENTOS BÁSICOS DE UN HIPERTEXTO	145
4.3	DEFINICIÓN DE NODOS	146
4.4	ESTRUCTURAS DE HIPERTEXTO	147
4.5	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA HIPERMEDIA PARA LA ADICIÓN, SUSTRACCIÓN, MULTIPLICACIÓN Y DIVISIÓN.	149
4.6	DEFINICIÓN DE SITUACIONES DIDÁCTICAS.	151
4.6.1	Suma:	151
4.6.2	Resta:	153
4.6.3	Multiplicación	154
4.6.4	División	156
4.7	SESIONES DE RETROALIMENTACION	159
4.8	NAVEGACIÓN	163
4.8.1	Mapas	164
4.8.2	Ayudas	164
4.9	DEFINICIÓN DE ELEMENTOS DE UN MICROMUNDO INTERACTIVO	164
4.10	CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS	167
4.11	DIAGRAMAS DE SECUENCIA	171
4.12	RESUMEN	180
5.	ITERACIÓN 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS EXPERTO, Y DE DIAGNOSTICO (MODELO DEL ESTUDIANTE). ETAPA CONSTR. II	181
5.1	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	182
5.2	DISEÑO CONCEPTUAL	182
5.3	ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO	183
5.4	DISEÑO DEL CONOCIMIENTO	185
5.4.1	Representación en Árboles Y/O	185
5.4.2	Representación en Reglas de Producción	190
5.5	PROCESO DE INFERENCIA	197
5.6	MODELO DEL ESTUDIANTE (STUDENT MODELING)	198
5.7	GENERACIÓN DE LA LIBRERÍA DE ERRORES	200
5.8	TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE EN EL MÓDULO EXPERTO Ó TUTOR	205
5.9	DISEÑO DE LA INTERFAZ	209

5.10	CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS	210
5.11	DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN	214
5.12	DIAGRAMAS DE TRANSICIÓN DE ESTADOS	221
5.13	MODELO DE PERSISTENCIA	222
5.13.1	Diseño de Persistencia de la Base de Conocimientos	222
5.13.2	Diseño de Persistencia para la Librería de Errores	223
5.13.3	Diseño de Persistencia para el Modelo del Estudiante	224
5.14	IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS FUNCIONALES	224
5.15	RESUMEN	226
6.	ITERACIÓN 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODULO DE DIAGNOSTICO EMPLEANDO UN SISTEMA CLASIFICADOR. ETAPA CONS. III	228
6.1	DIAGRAMA DE CLASES REFINADO PARA CADA SISTEMA CLASIFICADOR	232
6.2	DISEÑO DE LA BASE DE REGLAS Y MENSAJES DE UN SC	233
6.3	DISEÑO DEL ALGORITMO DE DISTRIBUCIÓN DE CRÉDITOS	235
6.4	DISEÑO DEL ALGORITMO GENÉTICO	239
6.4.1	Codificación Binaria de Cromosomas	239
6.4.2	Operadores Genéticos	242
6.4.3	Determinación de la Función de Adaptabilidad de los individuos	244
6.4.4	Sustitución y Atestamiento	244
6.4.5	Criterio de Activación del AG	246
6.4.6	Diagrama de Interacción entre objetos para el Algoritmo Genético	247
6.5	PARÁMETROS DEL SISTEMA CLASIFICADOR	248
6.6	DISEÑO DE LA EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA COMO MECANISMO DETECTOR DEL SC	249
6.7	IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS FUNCIONALES	251
6.8	ANÁLISIS DE DESEMPEÑO ENTRE LOS DOS SISTEMAS CLASIFICADORES	253
6.9	RESULTADOS OBTENIDOS POR EL SISTEMA CLASIFICADOR EN EL MODULO DE DIAGNÓSTICO DEL MEC.	254
6.9.1	Determinación de la población inicial de clasificadores	254
6.9.2	Determinación del mecanismo de refuerzo y retroalimentación del SCS	256
6.9.3.	Medidas de desempeño del SCS en el módulo diagnóstico	257
6.9.4	Resultados obtenidos del aprendizaje en el SCS	259
6.10	RESUMEN Y CONCLUSIONES	266
7.	ITERACIÓN 4: DISEÑO DEL MODULO DE COMUNICACIÓN ENTRE EL TUTOR Y EL ESTUDIANTE EMPLEANDO PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL. (ETAPA DE CONSTRUCCIÓN IV)	267
7.1	ANÁLISIS MORFOLÓGICO	268

7.1.1	Diagrama de clases		268
7.1.2.	Construcción de escenarios		269
7.1.3	Diagrama de Secuencia		270
7.2	ANÁLISIS SINTÁCTICO	xii	270
7.2.1	Gramáticas y Analizadores		271
7.2.2	Diagrama de clases		273
7.2.3	Construcción de Escenarios		274
7.2.4	Diagrama de Secuencia		275
7.3	ANÁLISIS SEMÁNTICO		275
7.3.1	Interpretación semántica aproximadamente composicional		276
7.3.2	Razonamiento ampliado con una base de conocimiento		280
7.3.3	Diagrama de Clases		282
7.3.4	Construcción de Escenarios		283
7.3.5	Diagrama de Secuencia		284
7.4	EL PROCESAMIENTO DE LA PRAGMÁTICA Y EL DISCURSO		285
7.4.1	Uso de la atención en la comprensión		286
7.4.2	Modelo de creencias		287
7.4.3	Utilización de objetivos y planes para la comprensión		289
7.4.4	Acciones del habla		291
7.4.5	Diagrama de clases		292
7.4.6	Ejemplo de Representación del conocimiento por medio de Guiones		293
7.4.7	Construcción de Escenarios		295
7.4.8	Diagrama de Secuencia		297
7.5	RESUMEN		298
8.	ITERACIÓN 5: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODULO GESTOR DE USUARIOS. (ETAPA DE CONSTRUCCIÓN V)		299
8.1	MODELO DE DATOS A UTILIZAR		299
8.2	LENGUAJE DE CONSULTA EMPLEADO		300
8.3	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS RELACIONAL		302
8.4	CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS		303
8.5	DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN ENTRE OBJETOS		310
8.6	IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS FUNCIONALES		317
8.7	CONEXIÓN CON LA LÓGICA DE APLICACIÓN		318
8.8	RESUMEN		319
9.	PRUEBA PILOTO DEL MEC CON ESTUDIANTES		320
9.1	DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA PRUEBA		321
9.2	PREPARACIÓN DE LA PRUEBA		324

9.2.1	Aspectos Académicos	324
9.2.1.1	Selección de participantes	324
9.2.1.2.	Preparación de instrumentos para la recolección de información	324
9.2.1.3	Preparación de instrumentos para medir el rendimiento	325
9.2.2	Aspectos Administrativos	332
9.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y FORMULACIÓN DE CONCLUSIONES	333
9.3.1	Análisis de los resultados de rendimiento	333
9.3.2	Análisis de información complementaria	338
9.3.3	Formulación de conclusiones y recomendaciones	341
10.	MANUAL TÉCNICO Y DE INSTALACIÓN	
10.1	MANUAL TÉCNICO	343
10.2	MANUAL DE USUARIO	345
	CONCLUSIONES FINALES Y TRABAJO FUTURO	350
	BIBLIOGRAFÍA	357
	ANEXO A	366
	ANEXO B	375
	ANEXO C	379
	ANEXO D	394
	ANEXO E	399
	ANEXO F	412
	ANEXO G	414
	ANEXO H	428

Lista de Tablas

Tabla 1.	Taxonomía de resultados del aprendizaje según Gagné.	12
Tabla 2.	Diferencias características entre Independencia y Dependencia de Campo	15
Tabla 3.	Características cognitivas de los alumnos Divergente y Asimilador	21
Tabla 4.	Características cognitivas de los alumnos Convergente y Adaptador	22
Tabla 5.	Clasificación de herramientas y materiales para asistir el aprendizaje	25
Tabla 6.	Elementos de un micromundo Interactivo	31
Tabla 7.	Número de Estudiantes Evaluados por grado y localidad	57
Tabla 8.	Niveles en Matemática: Competencia significativa	58
Tabla 9.	Rejilla de Evaluación de la Representación en grado Cuarto y Quinto de Primaria.	59
Tabla 10.	Tabla de Gestión del Riesgo	77
Tabla 11.	Tabla de Evaluación del Impacto	78
Tabla 12.	Reglas de Organización de la Percepción	130
Tabla 13.	Descripción de las sesiones de retroalimentación según el estilo cognitivo	161
Tabla 14.	Elementos del Micromundo Explorativo del MEC	164
Tabla 15.	Tareas de identificación y selección del origen del conocimiento	183
Tabla 16.	Tareas de adquisición, análisis y extracción del conocimiento	184
Tabla 17.	Parámetros del Sistema Clasificador	248
Tabla 18.	Parámetros del AG	249
Tabla 19.	Variables cognitivas y sus respectivos rangos estimativos	255
Tabla 20.	Codificación de los rangos estimativos bajo esquemas de clasificadores para formar la subpoblación inicial.	256
Tabla 21.	Síntesis de los rangos estimativos establecidos por el SCS al final del período de aprendizaje	265
Tabla 22.	Tipos de pruebas utilizadas según la clase de objetivo	326
Tabla 23.	Estructura de la encuesta.	330
Tabla 24.	Resultados individuales y por objetivo del grupo piloto en la prueba PRE-TEST del MEC	334
Tabla 25.	Resultados individuales y por objetivo del grupo piloto en la prueba final o POST-TEST del MEC	335
Tabla 26.	Análisis de efectividad objetivo por objetivo	336
Tabla 27.	Resultados encuesta final de actitudes.	339
Tabla 28.	Modelo de Procesamiento de la Información.	366
Tabla 29.	Estadios de Desarrollo Cognoscitivo según Piaget.	367
Tabla 30.	Los eventos externos de Instrucción y las fases del aprendizaje	369

Tabla 31. Eventos de Instrucción que influyen decisivamente en el aprendizaje	370
Tabla 32. Preguntas y Elementos del Currículo	371

Lista de Figuras

Figura 1	Focos de Atención en las diferentes Teorías del Aprendizaje.	7
Figura 2.	Redes de Conocimientos Adquiridos.	10
Figura 3.	Representación bidimensional de la Teoría de Aprendizaje Experimental	20
Figura 4.	Representación espacial de los estilos cognitivos y los tipos de alumnos	24
Figura 5.	Enfoque Multidisciplinar de los STI.	27
Figura 6.	Arquitectura general del sistema tutor inteligente	28
Figura 7.	Representación del Modelo de Capas del Estudiante y los efectos de la enseñanza	39
Figura 8.	Representación del Modelo Diferencial del Estudiante	40
Figura 9.	Una representación del modelo de perturbación del estudiante	40
Figura.10	Contextos de las Operaciones Didácticas	45
Figura 11.	Arquitectura Básica de un Sistema Experto	47
Figura 12.	Esquema de un Sistema Clasificador	51
Figura 13.	metodología para la identificación de necesidades educativas	55
Figura 14.	Diagrama de Análisis Estructural de Aprendizajes	115
Figura 15.	Zonas de Comunicación de la Interfaz Escenario de Interacción	132
Figura 16.	Zonas de Comunicación de la Interfaz Selección de Escenario	132
Figura 17.	Estructura Mixta del Hipertexto	148
Figura 18.	Representación de un Mentefacto	159
Figura 19.	Estructura de representación del Modelo del Estudiante.	198
Figura 20.	Ejemplo de tarea y configuración ideal.	206
Figura 21.	Árbol de invocación del ejemplo de tarea y configuración ideal	208
Figura 22.	Árbol de Decisión que aprende representado por medio de listas sencillamente enlazadas	223
Figura 23.	Estructura de Persistencia del Modelo del Estudiante.	224
Figura 24.	Estructura Funcional de los módulos experto y de diagnóstico de un STI.	228
Figura 25.	Modo de aprendizaje de un Sistema Clasificador.	231
Figura 26.	Estructura cromosómica del clasificador	242
Figura 27.	Método de Sustitución y Atestamiento.	246
Figura 28.	Nivel de desempeño del alumno	256

Figura 29. Árbol de análisis de una frase	272
Figura 30. Una red semántica particionada que muestra tres espacios de creencias	289
Figura 31. Flujos de información entre procesos involucrados en una prueba piloto	321
Figura 32. Proceso para analizar los resultados obtenidos de la prueba piloto.	322
Figura 33. Porción del Reporte al profesor en forma de reglas de producción	326
Figura 34. Reporte de las características cognitivas del alumno	327
Figura 35. Control de asistencia del alumno	329
Figura 36. Formato de comentarios y sugerencias sobre el MEC.	331
Figura 37. Modelo General de Procesamiento de la Información.	366
Figura 38. Modelo de procesamiento de la información según Gagné	368
Figura 39. Representación de la Teoría ACT*	378
Figura 40. Arquitectura Básica de un Sistema Experto	381
Figura 41. Clasificación de Técnicas de Búsqueda	387
Figura 42. Esquema del Sistema Cognitivo Clasificador Uno, o CS-1. (Holland y Reitman, 1978)	392
Figura 43. Etapas del desarrollo de software Educativo.	398
Figura 44. Ambiente artificial del animat	415
Figura 45. Rango de percepción del animat.	416
Figura 46. Ambiente Artificial 1.	418
Figura 47. Ambiente Artificial 2.	421
Figura 48. Ambiente Artificial 3.	423
Figura 49. recorrido del animat en el ambiente 3.	424
Figura 50. Clasificación de Técnicas de Búsqueda	
Figura 51. Esquema del Sistema Cognitivo Clasificador Uno, o CS-1.	
Figura 52. Construcción de Software.	
Figura 53. Etapas del desarrollo de software Educativo.	

Lista de Gráficos

Grafico 1.	Porcentaje de Estudiantes que superan cada nivel de competencia en Matemáticas	58
Grafico 2.	Porcentaje de estudiantes que superan cada nivel de competencia en cada categoría.	59
Grafico 3.	Problemas detectados en el aprendizaje de las operaciones básicas	60
Grafico 4.	Actividades desarrolladas en la enseñanza de la materia.	61
Grafico 5.	Recursos Didácticos empleados por el profesor	61
Grafico 6.	Respuestas a la pregunta 1.	62
Gráfico 7.	Respuestas a la pregunta 7	63
Gráfico 8.	Respuestas a la pregunta 8.	63
Gráfico 9.	Resultados Objetivo 1.	64
Gráfico 10.	Estrategias de solución al problema de la pregunta 6.	65
Gráfico 11.	Porcentaje de estudiantes por ejercicio que obtienen bien la respuesta	65
Gráfico 12.	Porcentaje de estudiantes que realizan bien determinada Operación.	65
Grafico 13.	Selección por Torneo de Individuos	243
Gráfico 14.	Curva de desempeño del proceso de aprendizaje del SCS en la clasificación del estilo cognitivo.	258
Gráfico 15.	Histograma de frecuencias de las ganancias de los clasificadores después de 15000 iteraciones	259
Gráfico 16.	Diagrama de barras para el desempeño del estudiante	328
Gráfico 17.	Diagrama de torta de los errores más comunes en el alumno en la sustracción	329
Gráfico 18.	Histograma de frecuencias para la prueba post-test en el Grupo Piloto.	337
Gráfico 19.	Histograma de frecuencias para la prueba post-test en el Grupo de Control..	337
Gráfico 20.	Curva de aprendizaje del Animat empleando el Sistema Clasificador Simple.	419
Gráfico 21.	Curva de aprendizaje del Animat empleando el Sistema Cognitivo 1.	420
Gráfico 22.	Comparación de rendimiento entre los dos sistemas clasificadores.	420
Gráfico 23.	Detalle del nivel de convergencia de cada sistema clasificador (Tomado después del 5° período de aprendizaje).	421
Gráfico 24.	Desempeño de los dos sistemas clasificadores en el ambiente 2.	422
Gráfico 25.	Comparación de desempeño entre los sistemas clasificadores en los ambientes	422
Gráfico 26.	Curva de desempeño de los sistemas clasificadores en el ambiente 3	423

ABREVIACIONES

ADC	Algoritmo de Distribución de Créditos
AG	Algoritmo Genético
AI	Artificial Intelligence
AM	Analizador Morfológico
ANIMAT	Animal Robot
AS	Analizador Sintáctico
ASM	Analizador Semántico
CS-1	Cognitive System One
IA	Inteligencia Artificial
ITS	Intelligent Tutoring System. Son las mismas siglas de STI pero en inglés
MD	Módulo de Diagnóstico
ME	Modelo del Estudiante
MEC	Material Educativo Computarizado
MGD	Módulo Gestor de Datos
MT	Módulo Tutor
MTL	Módulo Tutorial o Didáctico
PE	Programación Evolutiva
PG	Programación Genética
PLN	Programación de Lenguaje Natural
PNL	Programación Neuro Lingüística
RB	Reglas Buenas
RM	Reglas Malas
SC	Sistema Clasificador
SE	Sistema Experto
SRM	Sistema de Reglas y Mensajes
STI	Sistema Tutor Inteligente
TA	Teorías del Aprendizaje

RESUMEN

Como resultado de las inconsistencias detectadas en alumnos de primaria y comienzos del bachillerato en cuanto a la solución de problemas aritméticos que involucrasen operaciones de suma, resta, multiplicación y división de números naturales, se desarrolló un software educativo cuyo objetivo es enseñar adaptativamente de acuerdo a las necesidades educativas del estudiante. Este propósito se vio sujeto al estudio del proceso cognitivo en cada individuo, para lograr así personalizar eficazmente la enseñanza. Sin embargo, existen características y perfiles cognitivos que no resultan nada fácil de determinar, por tal motivo se recurrió a la implementación de técnicas de Inteligencia Artificial que permitieran por un lado, generar modelos mentales de cada alumno coherentes con la realidad, y por otro, que ejercieran labores de autoaprendizaje para determinar qué estrategias pedagógicas se adaptan más a cada tipo de alumno.

INTRODUCCIÓN

Amable lector, para efectos de comprender la necesidad que llevó a cabo el desarrollo de este proyecto, intente recordar cuando usted estaba en el colegio y veía aproximadamente 6 horas diarias de clase durante cinco días a la semana. ¿recuerda si alguna vez se sintió preocupado por no seguir el ritmo que llevaba el profesor? o ¿tal vez llegó a sentirse inconforme porque quiso hacer una pregunta acerca del tema que se estaba explicando pero sintió pena con sus compañeros por ser el único en preguntar? o ¿recuerda si alguna vez deseó que le corrigieran sus errores sin que tuviera que saberlo todo el salón y sin que lo regañaran?, ¿quizá alguna vez sintió que el material que se empleaba en clase no era motivador y por el contrario lo aburría?, pues bueno, esto no sólo le ha sucedido a usted, es parte de la educación que hemos venido teniendo la gran mayoría de los colombianos durante años.

El proceso de enseñanza-aprendizaje no es algo que se limite únicamente a la labor de asistir a un aula sólo 6 horas al día, por el contrario, es una actividad que realizamos a todo momento y que se ve afectada por factores como la edad, la cultura, las costumbres, el estrato social, las relaciones intrapersonales e interpersonales (con amigos y familiares), el sexo de la persona, las capacidades mentales y físicas, las aptitudes y el perfil psicológico del individuo como su estilo de aprendizaje y el tipo de inteligencia que posee, entre otros. Todas las personas con capacidades mentales normales somos potencialmente excelentes “procesadores de información”, pero aún así el aprendizaje de las matemáticas es un dolor de cabeza para muchos de los estudiantes, y gran parte de esta deficiencia se debe a que desde niños hemos tenido que aprender sin una supervisión personalizada de, valga la redundancia, lo que “aprendemos”, a un ritmo de enseñanza que no se acomoda a nuestro ritmo de aprendizaje, empleando materiales didácticos que muy seguramente no nos parecen muy motivadores y bajo el deficiente modelo pedagógico Tradicional. Pero ¿por qué centrarnos en la enseñanza de las operaciones básicas aritméticas? , la respuesta es muy sencilla, porque más del 60% de los alumnos que ingresan a la educación básica secundaria (bachillerato) en Colombia, poseen un nivel deficiente en el desarrollo de algoritmos de suma, resta, multiplicación y división de números naturales¹, lo cual impide migrar estas estructuras

¹ Según resultados obtenidos en las Pruebas de Competencias realizadas por el Ministerio de Educación.

mentales básicas que se supone ya debió adquirir el alumno a lo largo de su primaria, a esquemas más complejos como las mismas operaciones pero en el dominio de los enteros, de los fraccionarios y los reales, o en el aprendizaje de los casos de factorización y la solución de ecuaciones, para no ir más lejos.

El uso del computador en la enseñanza ha traído consigo grandes beneficios, el principal de ellos es la capacidad de ofrecer interactividad directa con cada uno de los alumnos, sin embargo el objetivo de lograr personalizar la enseñanza a cada estudiante es un tema que aún es centro de atención en las investigaciones que conciernen tanto a expertos en la educación (pedagogos y psicólogos), como en la computación (expertos en informática educativa e inteligencia artificial). El objetivo principal de este proyecto es entonces, proponer un nuevo enfoque para el desarrollo de materiales educativos computarizados que proporcionen un alto nivel de interactividad e individualización de la enseñanza a través de técnicas de inteligencia artificial y bajo un modelo pedagógico cognitivo-constructivista. Se pretende además que el material educativo computarizado genere reportes de desempeño de cada alumno al profesor, con el fin de detectar aquellas estructuras cognitivas ausentes o mal formadas en el estudiante.

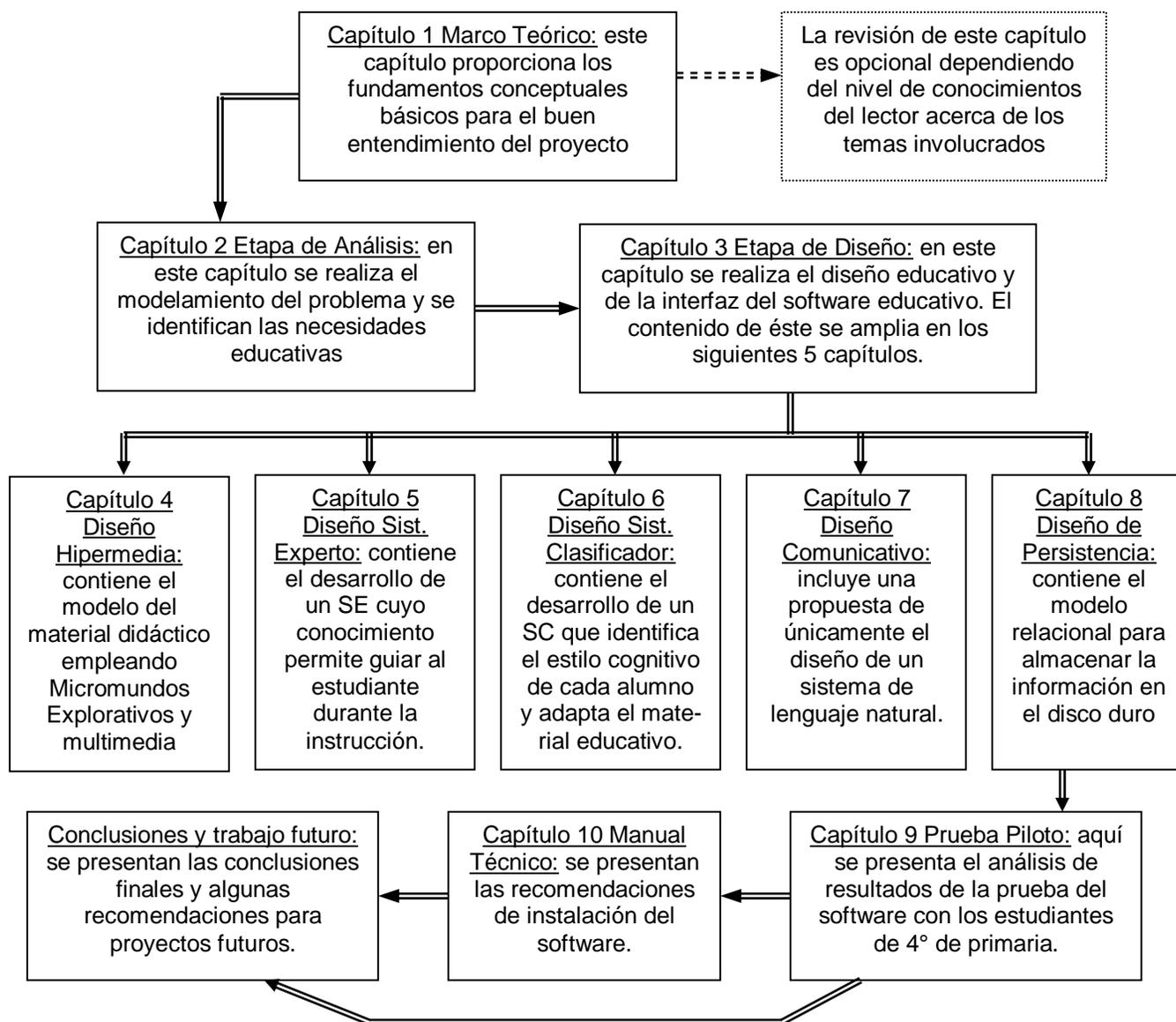
Este proyecto va dirigido principalmente a toda persona que se desempeñe en el campo de la educación y la informática educativa, sin embargo es apto para su lectura tanto por estudiantes como por profesionales, ya sea con conocimientos en ciencias de la computación, o en ingeniería del software, o con conceptos básicos en inteligencia artificial, licenciados en matemáticas o personas con un nivel básico de psicología cognitiva. A pesar de ser éste un proyecto de ingeniería, el lenguaje empleado en su desarrollo es simple y los modelos son representaciones de la realidad, lo cual hace que el documento sea entendible por cualquier tipo de aficionado en el área.

La metodología empleada en el desarrollo del proyecto consiste de un método experimental inductivo donde se pretende llegar a un conocimiento generalizable a partir de los hechos particulares observados. Para lograr esto se empleará además la experimentación con su respectivo análisis de resultados con el fin de medir la eficiencia y adaptabilidad del software educativo en la enseñanza de las operaciones aritméticas básicas.

El presente proyecto pretende contribuir en el conocimiento de las técnicas empleadas en el desarrollo de software educativo aplicando un nuevo enfoque en el modelamiento del estudiante a través de la implementación de Sistemas Cognitivos que simularán la intervención de un profesor en la enseñanza de las operaciones básicas aritméticas. Estos Sistemas Cognitivos se apoyan además en técnicas evolutivas como los Algoritmos Genéticos, lo cual proporciona adaptabilidad y robustez al sistema, logrando que el proceso enseñanza-aprendizaje sea altamente personalizado

y se ajuste a las necesidades educativas de cada alumno. Se propone además una metodología orientada a objetos para el desarrollo de software educativo que puede ser de gran ayuda para futuros trabajos educativos en otros dominios del conocimiento, ya que fundamenta la estructura básica de un Material Educativo Computarizado que emplea técnicas de Inteligencia Artificial.

La distribución temática del proyecto se define a continuación:



El progreso de un país está sujeto a la calidad de su educación, por tal motivo pretendemos aportar un granito de arena con el desarrollo de este proyecto, y esperamos que no sea el único sino por el

contrario, el inicio de toda una cultura informática en el desarrollo de software educativo que emplee técnicas de inteligencia artificial, dentro de nuestro contexto colombiano.

OBJETIVOS

GENERAL:

Diseñar e Implementar un Material Educativo Computarizado (MEC) tipo Sistema Tutor Inteligente que personalice la enseñanza de las operaciones básicas (adición, sustracción, multiplicación y división de números naturales) teniendo en cuenta el estilo cognitivo de estudiantes de 4° de primaria entre los 9 y 11 años de edad.

ESPECIFICOS:

- Establecer qué metodologías psicopedagógicas e informáticas se ajustan mejor al Sistema Tutor, de manera que personalicen, incentiven y orienten al niño en su aprendizaje.
- Verificar y validar el desempeño de los modelos evolutivos computacionales en la identificación del estilo cognitivo en cada alumno de la población objetivo.
- Implementar un Sistema Experto que proporcione ayuda y refuerzo inmediato al alumno en la solución de problemas, y además que modele las estructuras cognitivas subyacentes en el proceso de razonamiento del individuo.
- Diseñar e implementar un material didáctico multimedia apoyado en la estructura básica de un micromundo explorativo con el fin de mantener motivado al estudiante durante su interacción con el MEC.
- Diseñar un modelo de persistencia que administre la información de los usuarios del MEC, permitiendo realizar consultas, modificaciones, inserciones y eliminaciones de la información.

- Realizar una Prueba Piloto que establezca las fortalezas y las debilidades del MEC en la enseñanza de las operaciones básicas en aritmética, como también identifique si la instrucción apoyada con el MEC fue efectiva.

1. FUNDAMENTACION TEORICA COMO MARCO CONCEPTUAL EN EL DESARROLLO DEL MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO

1.1 TEORIAS PSICOLÓGICAS DEL APRENDIZAJE Y MODELOS PEDAGÓGICOS COMO SUSTENTO AL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE AMBIENTES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

1.1.1 Teorías Psicológicas Del Aprendizaje

El aprendizaje es una actividad consustancial al ser humano. Se aprende a lo largo de toda la vida, aunque no siempre en forma sistemática: a veces es fruto de las circunstancias del momento; otras, de actividades planeadas por alguien (la persona misma o un agente externo) y que el estudiante lleva a cabo en aras de dominar aquello que desea aprender. Las aproximaciones al fenómeno del aprendizaje oscilan entre dos polos básicamente: conductismo y cognoscitivismo; como es de esperarse, incluyen posiciones eclécticas (conductismo cognoscitivo).



Figura 1. Focos de Atención en las diferentes Teorías del Aprendizaje.

En el primer polo no se toma en cuenta el organismo (el sujeto que aprende), solo las condiciones externas que favorecen su aprendizaje; por esto se habla de un modelo de “caja negra” en el que lo fundamental es la programación, en pequeños pasos, de eventos que conduzcan a lograr el resultado esperado (respuesta) y el reforzamiento de las respuestas, que confluyen hacia el logro de lo que se desea. En el otro polo lo que cuenta es el individuo, el estudiante, con todo su campo vital, su estructura cognoscitiva, las experiencias que tiene. Por contraposición se habla de un modelo de “caja traslúcida” en el que lo importante es el alumno dentro de un entorno psicológico y social. La motivación interna, la significancia, el procesamiento de la información, las aptitudes de las personas, entre otros, son tomados en cuenta como factores que promueven el aprendizaje.

1.1.1.1 Teoría Conductista Acerca Del Aprendizaje

Para B.F. Skinner¹ “el aprendizaje es un cambio observable y permanente de conducta y la enseñanza es la disposición de contingencias de reforzamiento que permiten acelerar el aprendizaje”. De acuerdo con esto, la enseñanza puede ser exitosa si se preparan y realizan contingencias de reforzamiento selectivo y deliberado, cuyo efecto es cambiar las respuestas existentes en el repertorio del alumno.

Principios Básicos Conductistas

La aplicación de la teoría del reforzamiento al aprendizaje humano ha llevado a formular generalizaciones como las siguientes, las cuales sirven de base al aprendizaje programado de tipo conductista (Lysaught²):

- Un individuo aprende, o modifica su modo de actuar, observando las consecuencias de sus actos.
- Las consecuencias que fortalecen la probabilidad de repetición de una acción se denominan refuerzos.
- Cuanto más inmediatamente siga el reforzamiento, tanto más probable será que se repita la conducta de que se trata.
- Cuanto más frecuentemente se produzca el reforzamiento, tanto más probable será que el estudiante continúe realizando las actuaciones asociadas.
- La ausencia e incluso el retraso del reforzamiento posterior a una acción, hacen disminuir las probabilidades que se repita.
- El reforzamiento intermitente de un acto aumenta el tiempo que el alumno dedicará a una tarea sin recibir más reforzamientos.
- La conducta de aprendizaje de un estudiante puede desarrollarse, o moldearse gradualmente, mediante reforzamiento diferencial, o sea, reforzando las conductas que deben repetirse y evitando reforzarse las indeseables.
- Además de hacer más probable la repetición de una acción, el reforzamiento aumenta las actividades de un estudiante, acelera su ritmo e incrementa su interés por aprender. Puede decirse que éstos son los efectos de motivación del reforzamiento.
- La conducta de un estudiante puede convertirse en un patrón complejo, si se moldean los elementos simples de dicho patrón y se combinan en una secuencia en cadena.

1.1.1.2 Teorías Cognoscitivas Acerca Del Aprendizaje

No se puede decir que exista una única corriente psicológica que centre sus esfuerzos en entender los procesos mentales y las estructuras de memoria con el fin de comprender la conducta humana,

¹ SKINNER, B.F. The Science of Learning and The Art of Teaching. Harvard Educational Review.1954. p, 54.

² LYSAUGH, J.P. y WILLIAMS, C.M.. Introducción a la enseñanza programada. México. Editorial Limusa 1982. p,170.

es decir, el Cognoscitivismo³. Por este motivo se presentan a continuación los aportes de algunos de los teóricos cognoscitivos más representativos, sin pretender con ello agotar el tema.

1.1.1.2.1 Cognoscitivismo y Psicología de La Gestalt

De acuerdo con Chadwick⁴ y Vásquez el cognoscitivismo derivado de la psicología de la Gestalt, además de la relatividad de la Percepción de cada individuo, acepta otros elementos a tener en cuenta en el proceso enseñanza-aprendizaje:

- *Motivación Intrínseca*: Cuando una persona tiene necesidades insatisfechas, desarrolla un estado de tensión cuyo objetivo es la búsqueda de una salida satisfactoria. Una situación de aprendizaje es motivante cuando está intrínsecamente relacionada con algo de interés o significancia para la persona, cuando la ayuda a dominar su ambiente.
- *La adquisición del conocimiento* está ligada fundamentalmente al discernimiento repentino, momento en el cual la persona encuentra la relación existente entre los elementos o estímulos que lo enfrentan y los integra en las estructuras de su campo vital.
- El mecanismo más importante en la *retención* es la buena forma, buen *Gestalt*. Lo recordado es algo que tiene significancia para la persona. Un asunto que no tiene significancia no será bien recordado y puede desaparecer relativamente rápido. Algo que ha sido integrado en una estructura existente y que por eso tiene significancia, será recordado.
- La generalización, o la *transferencia del aprendizaje*, ocurre a raíz de similitudes preceptuales entre situaciones, es decir, cuando no solamente están presentes las relaciones preceptuales entre situaciones, sino cuando hay un interés, una estructura que articule.

Bajo esta concepción, el material educativo debe hacer “significante” el aprendizaje, como una manera de estimular el alumno, al tiempo que debe proveerle ambientes para interactuar una vez que haya despertado la motivación intrínseca. La buena forma y la interacción inquisitiva por parte del estudiante con el ambiente de aprendizaje, permitirán que se llegue al conocimiento.

1.1.1.2.2 Cognoscitivismo y Teoría del Procesamiento de la Información

Estudiosos de los procesos internos durante el aprendizaje y de las estructuras de memoria, han propuesto y sometido a validación modelos que explican cómo aprende el hombre y cómo almacena lo que aprende, a partir de las teorías de procesamiento de información las cuales se fundamentan en analogías con máquinas computacionales.

³ MAYER, R.E. El futuro de la psicología cognitiva. Madrid: Alianza Editorial. 1981. p, 34.

⁴ CHADWICK, C.B. y VÁSQUEZ, J.A. Teorías del Aprendizaje para el docente. Santiago de Chile. 1984. p.36-40.

La memoria es una estructura de conocimientos interrelacionados, la cual esquemáticamente se puede visualizar como una red en la que cada unión (nodo) es un conocimiento y cada flecha la interrelación con otros conocimientos. Según Norman⁵ un acto de aprendizaje consta de:

a. Se tiene inicialmente el conocimiento existente en un momento dado.

b. Ingresan nuevos conocimientos C1 y C2 interconectados por la relación R pero que aún no se asimilan y acomodan en la estructura de memoria.

c. El nuevo conocimiento se ha interconectado apropiadamente con el anterior, con lo que ahora se puede distinguir entre lo nuevo y lo que existía.

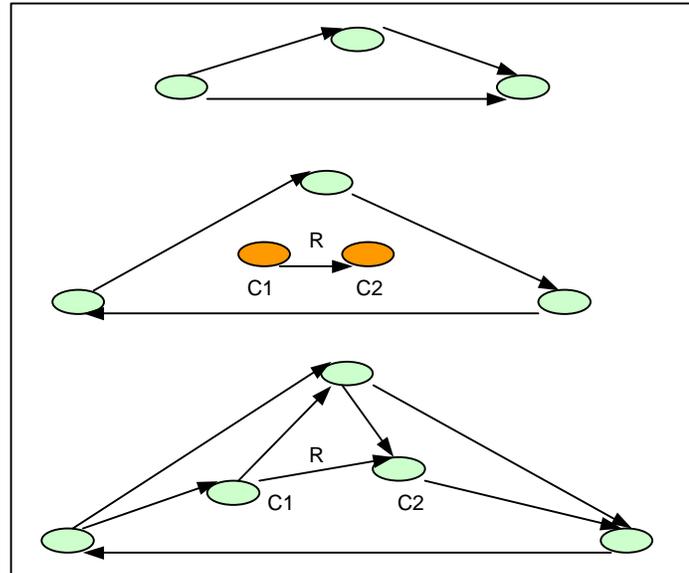


Figura 2. Redes de Conocimientos Adquiridos.

Aprender, bajo esta perspectiva, se centra en incorporar a la estructura de memoria nuevos aprendizajes y ser capaz de repararlos y usarlos cuando se necesita. Y *enseñar*, por consiguiente, se centra en procurar que el alumno llene los vacíos existentes en dicha estructura de memoria. (Para Mayor información acerca de esta sección remitirse al Anexo A numeral 1).

1.1.1.2.3 Cognoscitivismo e Interacción entre Aptitud y Tratamiento

Las investigaciones en el campo cognoscitivo⁶ han mostrado la existencia de un fenómeno que se llama la Interacción entre aptitud y Tratamiento (IAT), lo cual quiere decir que se ha determinado relaciones entre los atributos personales de los alumnos y la forma como se trata de enseñárseles o de favorecer que aprendan. Los atributos personales incluyen entre otros, los siguientes:

- *Habilidad Verbal, Cristalizada vs. Habilidad Fluida, Analítica*: La habilidad verbal o inteligencia cristalizada tiene que ver con lo que hemos aprendido a lo largo de nuestra vida, con nuestra habilidad escolástica y aprendizaje académico. La habilidad fluida o inteligencia Analítica tiene que ver con nuestra capacidad de razonar, de abstraer.
- *Dependencia vs. Independencia de Campo Perceptual*: este atributo se relaciona con el desempeño en solución de problemas y se puede medir con pruebas de decodificación de figuras

⁵NORMAN, D.A. GAT goes on in the Mind of the Learner. New Directions for Teaching and Learning, Number 2.1980, p.37

⁶ GALVIS, Alvaro H., Ingeniería de Software Educativo. Ediciones Uniandes. Colombia. 1995. p. 101.

subyacentes (en ellas se pide al sujeto hallar un patrón geométrico estructurado pero no familiar, dentro de un conjunto mayor y complejo de figuras). Los estudiantes que pueden identificar estos patrones, se dice que tienen independencia de campo Perceptual, mientras los que no, se dice que poseen dependencia.

- *Ansiedad*: Se puede definir como una disposición general para sentirse amenazado por un amplio rango de condiciones que no causan daño.
- *Logro de Metas*: hay personas que logran sus metas con independencia (LMI) y otras con conformismo (LMC). Estos últimos tienen una alta necesidad de logro acompañado de una profunda apreciación (internalizada) de estructura y organización. Quienes LMI también tienen una alta necesidad de logro pero alcanzan lo que desean de una mejor forma en situaciones donde la independencia de pensamiento, la creatividad y la actualización están presentes.
- *Localización del control*: Una persona puede tener control interno (CI) o externo (CE) en lo que hace. Quienes tienen CI ven sus logros y fallas como producto de lo que hacen, resultado de su habilidad y esfuerzo, Quienes tienen CE, ven sus éxitos y fracasos como producto de factores externos, tales como la calidad del instructor, suerte o trampa.

De esta manera, los resultados de las investigaciones sobre interacción entre aptitud y tratamiento indican que una buena o mala enseñanza depende en gran medida de las características de los alumnos a quienes se enseña. Lo que puede ser una enseñanza efectiva para unos, puede ser inefectiva para otros.

1.1.1.2.4 Cognoscitivismo y Psicología Evolutiva de Jean Piaget

Según Piaget⁷, El *conocimiento* no es una copia de la realidad. Conocer un objeto, o un evento, no es simplemente observarlo y hacer una copia mental de él. Conocer un objeto es actuar sobre él; es modificarlo y comprender el proceso de esta transformación. Y como consecuencia, comprender cómo está constituido. La *operación* es, por consiguiente, la esencia del conocimiento. Una operación es además, una acción reversible, es decir, puede ejecutarse en ambas direcciones.

Estadios o Etapas del desarrollo de las estructuras cognoscitivas: Piaget identificó patrones de desarrollo cognoscitivo asociados a patrones de desarrollo orgánico (madurez del sistema nervioso). Investigaciones⁸ han comprobado que los estadios siguen un orden inalterable, más los rangos de edad en que se presentan son aproximados y varían entre culturas. El estadio cognitivo que corresponde a la población a la cual va dirigido el Material Educativo Computarizado es el cuarto, es decir, el de Operaciones Concretas⁹ (7-12 años): En este estadio se realizan

⁷ Piaget, J. Psicología de la Inteligencia. Editorial Siglo XX Buenos Aires. 1971. p. 56.

⁸ GALVIS, Op.cit., p. 104.

⁹ Piaget, Op.cit. 1971. p. 98.

operaciones sobre objetos: clasificación y ordenamiento, y las demás operaciones de la lógica de clases y relaciones, de la geometría y de la física elemental. Se desarrolla la idea de número, se realizan operaciones espaciales y temporales. Hay manifestaciones de reversibilidad y uso de razonamiento inductivo. El Anexo A numeral 2 presenta una síntesis de los aportes de Piaget¹⁰ al respecto.

1.1.1.3 Conductismo Cognoscitivo: La Teoría De Robert Gagné

El psicólogo Robert M Gagné comparte los postulados básicos de ambos enfoques, conductismo y cognoscitivismo, pero agrega una taxonomía y una teoría, fruto de investigaciones sobre el aprendizaje, que permiten ligar tipos de estímulos (a los que él llama *eventos*) con tipos de respuestas (resultados o aprendizajes esperados), al tiempo que establece cuáles fases del aprendizaje (procesamiento de la información) deben apoyarse para propiciar el logro de los diversos tipos de resultados. Las fases del aprendizaje propuestas por él son las siguientes:

Fases del Aprendizaje: según Gagné¹¹ se siguen las siguientes fases en el proceso de aprendizaje:

- Fase de Motivación: Se crea una expectativa en el estudiante.
- Fase de Compresión: se genera la Atención y la Percepción selectiva.
- Fase de Adquisición: se produce el cifrado de la información por medio del acceso a la memoria.
- Fase de Retención: se produce la acumulación en la memoria.
- Fase de Recordación: Se produce la Recuperación de conocimientos de la memoria.
- Fase de Generalización: se genera la transferencia de conocimientos.
- Fase de desempeño: Se produce la respuesta por parte del alumno.
- Fase de realimentación: se genera la Afirmación de conocimientos.

Tipos de resultados del aprendizaje – taxonomía de Gagné

Al estudiar los diversos tipos de cosas que uno aprende, encontró Gagné que se podían clasificar en función del tipo de habilidades o capacidades que se adquieren en cada una de ellas. La siguiente Tabla presenta cada una de las categorías:

TIPO DE RESULTADO	CAPACIDAD PARA	EJEMPLO
Información Verbal	Repetir Información, memorizarla	Decir el nombre de...
Habilidades Intelectuales	Usar lo que se sabe en actividades intelectuales.	
- Discriminación	Diferenciar con base en estímulos .	Distinguir entre b y p.
- Conceptos	Diferenciar con base en conceptos.	Clasificar, ejemplificar.
- Uso de Reglas	Aplicar las reglas en variedad de situaciones.	Sumar dos números.

¹⁰ Piaget, J. El lenguaje y el pensamiento en el niño pequeño. Buenos Aires. 1976. p, 89.

¹¹GAGNE, R.M. Principios del aprendizaje para selección y uso de medios de Instrucción. 1975. p, 56.

- Solución de Problemas	Resolver situaciones en las que no cabe usar directamente una regla o combinación de ellas.	Analizar, proponer, evaluar.
Estrategia Cognoscitiva	Aprender a aprender	Usar reglas mnemotécnicas para memorizar
Actitudes	Hacer elecciones con base en preferencias	Bailar salsa porque a uno le gusta.
Habilidades Motoras	Ejecutar actividades que exigen coordinación neuromuscular.	Bailar, pintar, tocar un instrumento.

Tabla 1. Taxonomía de resultados del aprendizaje según Gagné.

La información complementaria acerca del modelo de procesamiento de la información y de los principios del conductismo cognoscitivo se encuentra en el anexo A numeral 3.

1.1.2. Modelos Pedagógicos

Cuando se hace referencia al termino “modelos pedagógicos”, se entiende como el comportamiento individual o la concepción pedagógica que tiene cada persona de acuerdo a su manera de actuar y a sus características propias. Así, el cuaderno de un niño, los textos que se usan, un tablero con anotaciones, la forma de disponer el salón o simplemente el mapa o el recurso didáctico utilizado, dice mucho de los enfoques pedagógicos de lo que aparentemente podría pensarse. Son en realidad la huella inocultable, según Zubiría¹², de la concepción pedagógica.

Pero la idea no es enseñar sin tener un horizonte, un orden, unas finalidades o unos propósitos claros, sin lo cual no es posible pensar ni actuar pedagógicamente. Para esto existen los distintos modelos pedagógicos que permiten organizar y programar un material educativo de acuerdo a los diferentes enfoques pedagógicos.

A continuación se describe las principales características del Modelo Pedagógico en el cual se fundamentará el Material Educativo Computarizado (Para mayor información acerca de otros modelos pedagógicos consultar el Anexo 3 numeral 4).

Modelo Cognitivo-Constructivista

En este modelo el estudiante construye y reconstruye sus conocimientos a partir de la acción. Este conocimiento se enlaza a las estructuras previas mentales del estudiante. El material educativo

¹² ZUBIRÍA SAMPER, Julián. Los modelos Pedagógicos. Fondo de Publicaciones Bernardo Herrera Merino. Santafé de Bogotá, D.C. 1994. p. 9.

debe reunir las condiciones para facilitar al estudiante la construcción de su conocimiento en tres dimensiones: la vida cotidiana, la vida escolar, y la interacción social. Para tal efecto el material debe propiciar los instrumentos para que los alumnos construyan su propio conocimiento a partir de su saber. Este modelo se fundamenta en los aportes de la revolución cognitiva, basada en las investigaciones que se llevan a cabo por la psicología cognitiva y la psicología educativa, influenciada por la teoría de los sistemas, de la información, de la modelación, de la informática y de la telemática. En la evaluación cognitivo-constructivista, se miden y valoran los resultados de la asimilación y acomodación de información por parte del estudiante. Se valoran si los conocimientos que el alumno construye en un momento dado, son los socialmente necesarios para conocer y manejar el mundo en que vive.

Emplearemos este Modelo Pedagógico como fundamento para el desarrollo del MEC, ya que proporciona una filosofía centrada en el estudio de las estructuras y modelos cognitivos subyacentes en el individuo, lo que permite generar estrategias pedagógicas acordes con las necesidades educativas de cada alumno ("personalización"). Este modelo ha sido sugerido por el Ministerio de Educación Nacional¹³, como principal mecanismo que subsana las debilidades del modelo tradicional, y que permite establecer en el estudiante, constructos mentales altamente jerárquicos y organizados, que conduzcan a la realización de aprendizajes más significativos.

1.1.3 Estilos Cognitivos de Procesamiento Aritmético

Un Estilo de Aprendizaje, según Hederich¹⁴, es el compuesto de los factores cognoscitivos, afectivos, y fisiológicos característicos que sirven como indicadores relativamente estables de cómo un alumno piensa, obra recíprocamente, y responde al ambiente de aprendizaje. Se incluyen en esta definición comprensiva los "estilos cognoscitivos", que son los modelos de procesamiento de información intrínsecos que representan el modo típico de una persona de percibir, pensar, recordar, y solucionar problemas.

Tras muchas investigaciones por parte de expertos en psicología diferencial y cognitiva y por especialistas en la educación, se han determinado una gran cantidad de estilos que influyen en la manera como las personas aprenden. Entre dichos estilos, el más estudiado y mejor caracterizado es el de independencia/dependencia de campo (IC-DC). Witkin¹⁵, uno de los precursores en el estudio de los estilos cognitivos, sostiene que la IC-DC se basa principalmente en 3 aspectos:

¹³ Ministerio de Educación Nacional. Lineamientos Curriculares de Matemáticas. Cooperativa Editorial Magisterio. 1999.

¹⁴ HEDERICH, Christian M y CAMARGO, Angela. Estilos Cognitivos como modalidades de procesamiento de la información. Universidad Pedagógica Nacional. 1998.

¹⁵ WITKIN, H. Psychological differentiation: current status. Journal of Personality and Social Psychology. 1979. p, 1127-1145.

- 1) el tipo de información a que el sujeto atiende en la realización de una tarea
- 2) la forma como el sujeto codifica esta información para operarla en la Memoria de Corto plazo y
- 3) la eficacia en la manipulación de la información en la Memoria de Corto plazo (MCP).

La independencia de campo se ha asociado desde entonces, con mayor capacidad de asimilar y estructurar experiencia, mayor organización mental y claridad de conocimiento, mejor memoria, mayor expresión creativa, y un marco de referencia interno estable.

A continuación se presenta un cuadro comparativo¹⁶ entre estos dos estilos cognitivos en el área del procesamiento matemático:

Independencia de Campo	Dependencia de Campo
<p>Los individuos de este estilo poseen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para resolver problemas con información sobrante. • Empleo de heurísticas para el desarrollo de problemas. • Emplean un estilo de barrido de la información, es decir, solucionan tareas de manera simultánea ya que pueden almacenar mayor información en su memoria de corto plazo. • Emplean enfoques analíticos • Son estratégicamente más flexibles • Son sensitivos a las relaciones parte – todo • No requieren mucha intervención del profesor ya que prefieren el aprendizaje por descubrimiento. • La aptitud matemática es un factor proporcional a la Independencia de campo. 	<p>Los individuos de este estilo poseen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • dificultad para resolver problemas con información sobrante. • Empleo de algoritmos bien definidos para la solución de problemas. • Emplean un estilo de centrado de la información, es decir, solucionan tareas de manera secuencial, hasta no terminar un subobjetivo no continúan con el siguiente. • Su memoria de trabajo es bastante volátil. • Emplean enfoques globales. • Son más rígidos en sus procedimientos. • Son relativamente sensitivos a las relaciones p/t • Requieren constante orientación y supervisión en su proceso de aprendizaje.

Tabla 2. Diferencias características entre Independencia y Dependencia de Campo.

Otros autores, basados en la Teoría de Procesamiento de la Información, han propuesto otras dimensiones de estilos cognitivos. Entre las dimensiones más investigadas y que servirán de base para el diseño de situaciones evaluativas, se encuentran las siguientes:

- Dimensión Auditiva vs Visual (A - V): planteada por De la Garanderie¹⁷ y que alude al sensotipo preferido por cada sujeto durante la fase de entrada de información al sistema o fase de percepción. Mientras ciertos sujetos reciben y retienen preferencialmente información auditiva(verbal) otros son más dados a trabajar con información de tipo visual (gráfica, icónica).

¹⁶ HEDERICH, Op.cit, p, 103

¹⁷ De la GARANDERIE. Pédagogies des mohines d'apprendre. Paris: Le Centurion. 1982.

- Dimensión Reflexividad vs Impulsividad (R – I): propuesta por Kagan¹⁸, que tiene que ver con las diferencias en dos aspectos del procesamiento inversamente correlacionados: la exactitud o precisión y la velocidad o rapidez. Así, mientras unos individuos procesan la información a gran velocidad (impulsividad), perdiendo en precisión, otros prefieren manipular la información con cuidado a fin de ganar en precisión en la respuesta (reflexividad).
- Dimensión Centración vs Barrido (C - B): desarrollada por Bruner¹⁹, se refiere a la forma como se abordan las operaciones propias en la realización de una determinada tarea. Mientras los sujetos “centrados” trabajan en secuencia, comenzando con una operación después de haber terminado otra, los sujetos con estilo de “barrido” trabajan diversos aspectos de la tarea de manera simultánea, hasta llegar a un resultado final.
- Dimensiones Analítica u Holística vs Visual o Auditiva: Riding²⁰ ha propuesto esta bidimensionalidad, donde la primera de estas dimensiones, la Holístico-Analítica, intenta sintetizar las dimensiones de IC-DC, R-I y C-B, de la siguiente manera: Mientras el estilo analítico resume los polos independiente, reflexivo y de barrido, el estilo holístico integra las modalidades dependiente, impulsivo y de centración. En cuanto al otro eje, el visual-verbal, este podría incluir la dimensión visual-auditiva, que aunque alude más bien al canal sensorial preferido supone en general preferencias en el sistema simbólico de codificación de la información (sistemas digitales vs. sistemas analógicos).

Dentro de los muchos estudios sobre estilos cognitivos, los aportes de Riding han sido muy valiosos ya que integran estilos cognitivos característicos necesarios para individualizar la enseñanza, el tipo de refuerzo y de realimentación que se debe dar a cada alumno. Por tal motivo, en el desarrollo del material educativo del presente MEC se tendrán en cuenta los aportes realizados por Witkin, Kagan, De la Garanderie, Bruner y Riding principalmente.

La resolución de problemas aritméticos desde la perspectiva del procesamiento de la información

Partiendo desde la psicología del procesamiento de la información, el examen de la aptitud matemática se basa en el análisis de tareas. Cualquier clase de problema aritmético puede subdividirse en pequeños componentes de procesamiento, que pueden ser examinados en sujetos de diferentes estilos cognitivos. La resolución de problemas aritméticos requiere básicamente las siguientes fases propuestas por Mayer²¹:

- Representación del Problema: es la conversión del problema en una representación interna

¹⁸ KAGAN. Psychological significance of styles of conceptualization. Monographs of Society for Research in Child development. 1966. p. 73-112.

¹⁹ BRUNER. Varieties of cognitive power. The nature of Intelligence. Hillsdale. 1976.

²⁰ RIDING, R. On the Nature of Cognitive Style. Educational Psychology. 1996. part 4.

²¹ MAYER, R. Capacidad Matemática. En: Sternberg. Las Capacidades Humanas. Un enfoque desde el procesamiento de la información. Barcelona. 1986.

- Traducción de la Información: conversión de cada proposición, dada en un código verbal, icónico o de otro tipo, a una representación interna.
- Integración de los Datos: es la agrupación de las diferentes proposiciones del problema en un sistema coherente.
- Solución de Problema: implica el desarrollo, control y ejecución de un plan de solución
 - Planificación: desarrollo y control de un plan de solución
 - Ejecución del plan para hallar una respuesta.

Obviamente, la esquematización anterior del proceso de resolución de un problema no es un proceso serial, en el cual un paso debe concluirse completamente antes de que el siguiente dé inicio. Por el contrario, estos procesos van sucediéndose e interrumpiéndose mutuamente.

Tomando como referencia el proyecto del CIUP²², donde se examinaron las diferencias entre los estilos cognitivos entendidos estos en la dimensión de independencia – dependencia de campo, en relación con sus modalidades características en el procesamiento de la información matemática (específicamente en la resolución de problemas aritméticos), se determinaron las siguientes variables e indicadores para identificar el tipo de estilo cognitivo en cada alumno:

1. *Traducción de la Información*: Al plantearse un problema que contenía tres tipos de proposiciones:

- asignaciones (por ejemplo, “se plantaron 425 árboles nuevos”),
- relaciones, que expresan una relación cuantitativa entre dos variables (por ejemplo “el número total de árboles es seis veces el número de árboles nuevos”), y
- preguntas (por ejemplo “cuántos árboles había al principio”)

Los resultados indicaron que existen diferencias importantes en cuanto a la expresión matemática de relaciones. Los sujetos de estilo independiente de campo tienen mayor capacidad de expresión simbólica de la relación, y tienden a utilizar los símbolos literales como nombres de variables. Los dependientes, por su parte, si bien muestran niveles de comprensión equivalentes a los independientes indicadas por sus representaciones gráficas, expresan relaciones simbólicas equivocadas, y tienden a utilizar los símbolos literales como incógnitas a resolver, o simplemente como abreviaturas. Por otro lado los independientes, en su mayoría, poseen la capacidad de reestructuración cognitiva, frente a la tendencia de los dependientes a mantener la información dentro de la estructura original en la cual esta fue planteada. De tal forma, los dependientes expresarían relaciones y ecuaciones copiándose al enunciado del problema, es decir, traspasando el enunciado en la misma forma en que está escrito, mientras los independientes optarían por buscar la mejor relación que represente el enunciado.

²² Estilos cognitivos y Estilos de aprendizaje. Proyecto desarrollado en el centro de Investigaciones de la Universidad pedagógica Nacional con el apoyo financiero de Colciencias. Proyecto código 1108-11-110-95 Contrato 116-96.

2. *Representación Gráfica*: Los sujetos independientes revelan una mayor capacidad de representación perceptual en contextos continuos y discretos. A pesar de los distractores visuales el sujeto independiente es capaz de realizar una reestructuración perceptual empleando los elementos que tiene a su disposición, mientras que el sujeto dependiente tiende a confundirse demasiado cuando la información se presenta con ciertos distractores.
3. *Integración de los Datos*: Se planteó un problema donde los datos son intrínsecamente contradictorios con la situación física que los contextualiza. Los resultados muestran que los independientes descubren con mayor probabilidad la incoherencia presente en el problema. Para hacerlo traducen las diferentes proposiciones a un sistema único que les permite establecer las comparaciones entre los datos. Además, los independientes presentan un mejor uso de la memoria de trabajo. Los sujetos dependientes presentan fallos generales que muestran carencias en la estructuración del espacio del problema, o bien en los recursos disponibles de memoria, especialmente de corto plazo.
4. *Planificación de una Solución*: A fin de establecer un seguimiento más sistemático del proceso de resolución se codificaron tres indicadores potencialmente relacionados con el proceso seguido: el monitoreo semántico de proceso (hace referencia a si el estudiante anota de alguna forma el sentido de las cantidades obtenidas en los diferentes resultados parciales), la interpretación del sentido de la respuesta (hace referencia a si el estudiante hace explícito el sentido de su respuesta final), y la comprobación de resultados (hace referencia a si el estudiante siguió un procedimiento posterior al hallazgo de su respuesta que verificara la validez de la misma). Los resultados muestran que el individuo independiente emplea una estructuración y un planteamiento correcto del problema, donde sus esfuerzos se enfocan en el monitoreo del plan de solución y en la comprobación de los pasos del plan, generando deficiencias en los procedimientos (sumar, restar, etc) ya que gran parte de su memoria de trabajo la dispone para el seguimiento del plan y para la interpretación de los datos parciales y del resultado final. Por otro lado el individuo dependiente, realiza mejor los procedimientos y algoritmos aunque su estrategia de solución sea errónea. Además no presenta un monitoreo semántico del proceso y en raras ocasiones verifica la validez de sus respuestas. Se encuentra entonces una diferencia en relación con la capacidad de estructuración cognitiva de los datos del problema: mientras que los independientes rompen con la estructuración falsa sugerida, los dependientes muestran una cierta tendencia a asumirla y seguirla.
5. *Diferencias en la ejecución del plan*: La ejecución de un proceso de "cálculo mental" de operaciones básicas (suma, resta, multiplicación y división de números naturales) puede ser vista desde, al menos, dos ópticas: La reproductiva, consistente en la simple recuperación de información de la Memoria de Largo Plazo MLP y La Reconstructiva, que supone la ejecución de un proceso en la Memoria de Corto Plazo MCP-MF para la construcción de la respuesta. Los resultados muestran que los alumnos independientes requieren tiempos levemente mayores a los de los individuos dependientes para la solución de operaciones, lo cual indica una tendencia

de los dependientes a ejecutar procesos reproductivos antes de ejecutar procesos reconstructivos, mientras los independientes prefieren emplear estrategias reconstructivas. Una hipótesis que resulta de este estudio, es que los sujetos dependientes tienden a intentar primero un proceso de recuerdo (reproductivo) y después uno reconstructivo, lo cual explicaría sus menores tiempos de latencia, sin embargo este proceso se ve fuertemente alterado en los ítems que representan proposiciones falsas ($8 + 9 = 15$), por la dificultad que mantienen en la inhibición activa del esquema erróneo.

En cuanto a la adición, los modelos de procesos reconstructivos que mejor se ajustan a la predicción de tiempo de respuesta difieren para sujetos IC-DC, dependiendo de si los ítems representan proposiciones verdaderas ($8 + 7 = 15$) o falsas ($9 + 6 = 14$). En los ítems que representan proposiciones verdaderas no hay gran diferencia: en los dos casos parece seguirse la estrategia de inicializar el contador en el máximo y sumar el mínimo en incrementos de uno, si bien los dependientes parecen más afectados por la cantidad de información a procesar (indicada por $\log(m + n)$ en el modelo de Thomas, quien supone que el tiempo de latencia es proporcional a la cantidad de información que debe ser manipulada por el sistema) mientras que los independientes se ven más afectados por la diferencia entre los dos valores (Modelo de Restle: $|m - n|$, quien supone un procesamiento analógico más que digital, en el cual los sujetos asimilan los valores de m y n como magnitudes de líneas, estimándose la magnitud de los dos segmentos juntos. Con esta asunción, cuando m y n difieren bastante, es decir, $|m-n|$ es alto, las manipulaciones de la distancia serían sencillas y los tiempos de respuesta disminuirían). En los ítems que representan proposiciones falsas los independientes de nuevo se muestran afectados por el modelo de Restle y por el modelo Mínimo ($\min(m,n)$: el contador se inicia con el máximo de los dos números, y se suma el otro, o sea el mínimo, en incrementos de 1).

Tipos de Alumnos de acuerdo a su estilo cognitivo

Estudios realizados por Kolb²³ acerca de la teoría de aprendizaje por experimentación aportan dos nuevas dimensiones cognitivas basadas en la experiencia del alumno como origen de su aprendizaje. Estas dos dimensiones, cada una con valores bipolares, se componen de: la primera es la dimensión de las Experiencias Concretas (EC) vs Conceptualización Abstracta (CA), y la segunda es la dimensión de la Experimentación Activa (EA) vs Observación Reflexiva (OR).

²³ KOLB, D.A. (1984). *Experiential Learning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Experiencias Concretas EC: En esta etapa, el alumno se enfrenta a situaciones reales, que como sustenta Piaget, desequilibra las estructuras mentales ya formadas. El individuo pone en práctica sus conocimientos previos y heurísticos para entender su entorno.

Observación Reflexiva OR: En esta etapa, el alumno internaliza su proceso de aprendizaje y reflexiona sobre los conocimientos que ha adquirido, formando así mejores relaciones entre sus estructuras mentales.

Conceptualización Abstracta CA: En esta etapa, el aprendizaje implica el uso de la lógica y las ideas, en lugar de los sentimientos, para entender problemas o situaciones. Típicamente, el individuo se confía en la planeación sistemática y el desarrollo de teorías e ideas para solucionar problemas y generalizar conceptos.

Experimentación Activa EA: El aprendizaje en esta etapa toma una forma activa de experimentar con algo, influenciando o cambiando situaciones. Al individuo le gusta tomar un acercamiento práctico y prefiere estar interactuando con lo que realmente funciona. El alumno emplea estructuras mentales ya formadas y las reestructura o afianza.

Estas cuatro etapas forman un ciclo en el mismo orden mencionado, y el alumno se puede encontrar en alguna de ellas o en la transición hacia otra. El modelo de Kolb concibe el aprendizaje como un ciclo de cuatro etapas, donde el estudiante generalmente se reconoce dentro de uno de los cuatro estilos de aprendizaje que emergen de este ciclo, a los que Kolb llamó divergentes, asimiladores, convergentes y acomodadores:

La representación bidimensional de cada tipo de alumno se presenta a continuación:



Figura 3. Representación bidimensional de la Teoría de Aprendizaje Experimental

DIVERGENTE: (Imaginativo - Visual)	ASIMILADOR: (Analizador – Auditivo)
<ul style="list-style-type: none"> - Su fuerza reside en su capacidad imaginativa y de innovación. - Buscan una significación. - Necesitan estar personalmente implicados. - Aprenden oyendo y compartiendo ideas. - Absorben la realidad. - Perciben la información a través de una experiencia y la expresan reflexivamente. - Sobresalen en situaciones que suponen la creación de ideas. - Se interesan en las personas. - Pueden analizar situaciones concretas desde muchas perspectivas. - Son pensadores divergentes que creen en sus propias experiencias. - Tienden a ser imaginativos y emotivos. - Tienen amplios intereses culturales y suelen especializarse en las artes. - Se meten en problemas importantes, proporcionando la unidad a la diversidad. - Su pregunta favorita es ¿Por qué?. - Este tipo de aprendizaje es característico de los consejeros, los capacitados y jefes de personal con formación en ciencias humanas y artes. - Su interés primario es el significado personal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Su mayor recurso es su capacidad de crear modelos teóricos. - Buscan hechos. - Necesitan conocer lo que piensan los expertos. - Aprenden pensando a través de ideas; le dan forma a la realidad. - Perciben la información abstracta y la procesan reflexivamente. - Se destacan en el razonamiento inductivo y la simulación de observaciones dispares que concluyen en una explicación ecléctica. - Se interesan más en los conceptos abstractos que en las personas: no se preocupan demasiado en la práctica de las teorías. - Es más importante para ellos que la teoría sea coherente y precisa; si la teoría no se acomoda a los hechos, tienden a reexaminar a estos últimos. - Procuran la autosatisfacción y el reconocimiento intelectual. - Su pregunta favorita es ¿Qué?. - Este estilo de aprendizaje se encuentra en los departamentos de investigación y planificación, y es característicos de las ciencias básicas y las matemáticas. - Su interés primario es la información.

Tabla 3. Características cognitivas de los alumnos Divergente y Asimilador

CONVERGENTE: (Alumno de sentido común. Teórico - Visual)	ADAPTADOR O ACOMODADOR: (Alumno Dinámico. Pragmático, kinestésico - Auditivo)
<ul style="list-style-type: none"> - Su mayor recurso reside en la aplicación práctica de las tareas. - Buscan la utilidad. - Necesitan conocer como funcionan las cosas. - Aprenden comprobando teorías a través de medios que le parecen sensibles; evitan la realidad. - Perciben la información abstracta y la procesan activamente. - Se desempeñan mejor en situaciones análogas a los test convencionales de inteligencia donde sólo hay una respuesta o solución a una pregunta o problema. - Son relativamente insensibles y prefieren tratar mas con las cosas que con las personas. - Pueden centrarse en problemas específicos utilizando un razonamiento hipotético deductivo. - Tratan de producir un punto de vista del presente dentro de una línea de seguridad futuras. - Su pregunta favorita es: ¿Cómo funciona?. - Este estilo de aprendizaje es característico de muchos ingenieros y de aquellos que tienen intereses técnicos y se especializan en ciencias físicas. - Su interés primario es la necesidad de experimentar las cosas por sí mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Su principal recurso reside en la ejecución de la aplicación de planes y experiencias, y en involucrarse en nuevas experiencias. - Buscan posibilidades ocultas. - Necesitan conocer que se pueden hacer con las cosas. - Aprenden por ensayo y error, autodescubrimiento; enriquecen la realidad. - Perciben la información concretamente y la procesan activamente. - Tienden a correr riesgo. - Se destacan en situaciones que requieren adaptarse a circunstancias específicas inmediatas. - Cuando la teoría y el proyecto no corresponden a los hechos dejan de lado el plan o la teoría. - Se sienten a gusto con las personas, aunque a veces, son mirados como molestos. - Tienden a resolver los problemas en forma intuitiva, apoyándose más en la información de los otros que en su propia competencia analítica para informarse. - A menudo alcanzan conclusiones precisas, en ausencia de justificaciones lógicas. - Sus objetivos son hacer que las cosas sucedan, llevar la acción a los conceptos. - Su pregunta favorita es: ¿Sí? (¿Qué puede ser esto?). - Es un estilo de aprendizaje que se encuentra en aquellos que han adquirido una formación técnica y/o práctica como los negocios. - Su interés primario radica en adaptar el aprendizaje a situaciones de su propia vida para hacer más de lo que aprendan.

Tabla 4. Características cognitivas de los alumnos Convergente y Adaptador

Sin embargo, estas dimensiones planteadas por Kolb sólo se aplican en el campo experiencial del alumno, por tal motivo, Rogers²⁴ propone una fusión entre el modelo de Kolb y el de Riding, sustentando²⁵ que el aprendizaje no sólo se debe ver desde una perspectiva analítico/holística sino experiencial también:

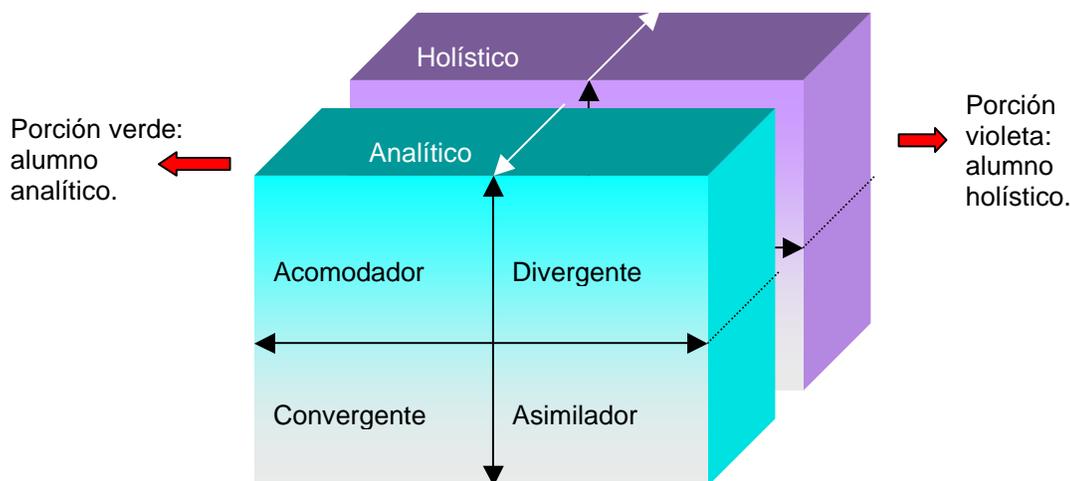


Figura 4. Representación espacial de los estilos cognitivos y los tipos de alumnos

La dimensión Visual/Verbal ó Visual/Auditiva no se ve representada en este modelo ya que la Teoría del Aprendizaje Experimental la contiene implícitamente en cada perfil del alumno. Este modelo identifica 8 tipos de individuos, los cuales son los mismos propuestos por Kolb sino que ahora cada uno (convergente, divergente, asimilador y adaptador) puede ser analítico u holístico, según su capacidad de reestructuración cognitiva.

Según Witkin²⁶, la capacidad de reestructuración cognitiva es la habilidad que corresponde a la posibilidad de asignarle a las representaciones perceptuales y simbólicas una estructura diferente a la original, en casos en los que el objetivo de una determinada tarea lo requiera. Algunos ejemplos de tareas donde esta capacidad se pone de manifiesto, son las tareas de conservación del tipo de las pruebas piagetianas²⁷, las tareas viso-espaciales de búsqueda de perspectivas alternativas de figuras de tres dimensiones²⁸ y las tareas de localización de una figura simple en un campo gestáltico complejo²⁹. Es esta última tarea la que ha sido utilizada como base para el desarrollo de la Prueba de Figuras Enmascaradas (EFT, por sus siglas en inglés Embedded Figure Test), instrumento de amplia difusión en el campo de los estilos cognitivos, y que fue el instrumento utilizado en este estudio para la evaluación del estilo cognitivo IC-DC.

²⁴ ROGERS, C.R. & FREIBERG, H.J. Freedom to Learn (3rd Ed). Columbus, OH: Merrill/Macmillan. 1994.

²⁵ Experiential Learning. <http://tip.psychology.org/rogers.html>. C. ROGERS. 09/09/01.

²⁶ HEDERICH, Christian y CAMARGO Angela. Estilos cognitivos en Colombia. Resultados de cinco regiones culturales colombianas. 1999. p. 45.

²⁷ PASCUAL-LEONE, J. An organismic Process Model of Witkin's Field Dependence-Independence. 1989. p. 352.

²⁸ GOUGH, H.G. y OLTON, R.M. Field independence as related to nonverbal measures of perceptual performance and cognitive ability. 1972. p. 38, 338-342.

²⁹ GOODENOUGH, D.R. y KARPA, S.A. Field dependence and intellectual functioning. 1961. p. 63, 243-246.

1.2 USO EDUCATIVO DEL COMPUTADOR EN EL PROCESO ENSEÑANZA - APRENDIZAJE

En un sistema educacional intervienen muchos elementos y la introducción del computador no es simplemente equivalente a añadir uno o más. Su utilización puede afectar el proceso de enseñanza-aprendizaje, la relación entre el profesor y los alumnos, los contenidos y la metodología de los cursos, y puede incluso llegar a reevaluar la filosofía y objetivos de la institución.

La Informática Educativa ha llevado consigo la responsabilidad de alfabetizar computacionalmente a la comunidad educativa, frente a la clara necesidad de introducir el computador como medio en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya sea como objeto de estudio o como medio de enseñanza (Para un mejor entendimiento de los objetivos de la Informática Educativa consultar el Anexo B numeral 1).

1.2.1 Ambientes de enseñanza – aprendizaje enriquecidos con la ayuda del computador

Las expectativas que crea el computador como medio de enseñanza – aprendizaje se fundamentan tanto en las características técnicas que tiene la máquina como en los desarrollos de la tecnología educativa en que se basa el diseño de ambientes de aprendizaje.³⁰ Algo que es consustancial al computador moderno es la interactividad que es posible lograr entre el usuario y la máquina. Sin esta posibilidad sería muy poco probable que este medio pudiera ofrecer algo diferente o mejor que otros medios para promover ciertos aprendizajes. Palabra escrita y portabilidad son atributos propios del medio impreso. Imagen, color, animación y sonido, prerrogativas del medio audiovisual. En el computador se pueden combinar estos atributos e “*interactividad*”. Una buena utilización del medio computacional en la educación depende, en gran medida, de lo interactivo que sea el material. A la interactividad que es posible obtener en el computador utilizando diferentes dispositivos de intercomunicación hombre-máquina llamados interfaces, se suma la capacidad de almacenamiento, procesamiento y transmisión de información, así como la posibilidad de crear ambientes multimediales comandados desde o con apoyo del computador.

Sin embargo estos atributos del computador, servirán de poco, para crear ambientes de aprendizaje, si no hubiera tecnologías educativas que fundamentaran e hicieran posible llevar a la práctica uno, otro o la combinación de los dos enfoques educativos que polarizan la acción, enfoques algorítmico y heurístico. En este sentido la psicología del aprendizaje humano ha hecho aportes importantes y ha favorecido con su evolución, de teorías cognitivas, el paso de modelos de enseñanza – aprendizaje centrados en quien enseña, en paradigmas centrados en quien aprende.

³⁰ BARKER E. La Evaluación de Programas Institucionales. 1975. / GALVIS, A. Ingeniería de Software Educativo. Bogotá

Esto ha permitido que con el advenimiento del computador como medio de enseñanza-aprendizaje tomara cuerpo la redefinición de educación que en su momento impulsó Margaret Mead³¹, según la cual se impone pasar de una educación vertical (modelo de transmisión) a una educación horizontal (modelo de diálogo), pero que bajo las restricciones de los medios unidireccionales no podría hacerse.

En el Anexo B numeral 1 se especifica el desarrollo evolutivo de la educación asistida por computador y se indican cuáles fueron sus fortalezas y debilidades hasta llegar a los actuales sistemas de diálogo y tutores inteligentes.

1.2.2 Materiales Educativos Computarizados MEC

Bajo este nombre (abreviado MEC) se agrupan diversos tipos de aplicaciones encaminadas a apoyar el aprendizaje. Una referencia bastante apropiada es "Ingeniería de Software Educativo" de Alvaro Galvis³², de donde se toma la clasificación que se presenta a continuación.

Una primera clasificación de las herramientas y materiales para asistir el aprendizaje se divide en *algorítmicos* y *heurísticos*. Según Alvarez³³, "en los materiales algorítmicos predomina el aprendizaje vía transmisión de conocimiento desde quien sabe hacia quien lo desea aprender; quien diseña la herramienta planea secuencias de actividades para conducir al estudiante; el rol del alumno es asimilar al máximo lo que se le transmite. Por otra parte en los materiales heurísticos predomina el aprendizaje por experimentación y descubrimiento; el diseñador crea ambientes ricos en situaciones que el alumno debe explorar para llegar al conocimiento a partir de la experiencia, creando sus propios modelos de pensamiento, sus propias interpretaciones del mundo, las cuales se pueden someter a prueba con la herramienta". Tal clasificación puede refinarse aún más:

Algorítmicos	Sistemas tutoriales Sistemas de ejercitación y práctica
Heurísticos	Juegos educativos Micromundos exploratorios Sistemas expertos
Algorítmicos y Heurísticos	Sistema tutorial inteligente

Tabla 5. Clasificación de herramientas y materiales para asistir el aprendizaje

³¹ MEAD, M (1950). Una redefinición de educación. En universidad Pedagógica Nacional.

³² GALVIS PANQUEVA, Alvaro. Ingeniería de Software Educativo.1994. Ediciones Uniandes.

³³ ALVAREZ, Op.cit, p, 60.

El desarrollo de MEC's se apoya en las fases del proceso de aprendizaje de Gagné³⁴: motivación, orientación, aplicación y retroalimentación. La motivación es la parte introductoria, donde se centra la atención del estudiante y se favorece la percepción de lo que va a recibir. En la orientación el estudiante, codifica y retiene lo aprendido. La etapa de aplicación permite evocar y emplear lo aprendido. Finalmente la retroalimentación consiste en demostrar y reforzar lo aprendido.

Los sistemas tutoriales pueden presentar las cuatro fases del aprendizaje, y resultan particularmente útiles cuando se requiere alta motivación, retroalimentación inmediata, ritmo propio y secuencia controlable por el usuario parcial o totalmente³⁵. Los sistemas de ejercitación y práctica permiten reforzar las dos fases finales del proceso de instrucción: aplicación y retroalimentación por medio de ejercicios tradicionales. Los simuladores pretenden apoyar el aprendizaje por medio de experimentos, de forma que el estudiante descubra conceptos en un micromundo semejante a una situación real. Los juegos educativos, al igual que los simuladores apoyan el aprendizaje semejando situaciones, sin embargo, en la simulación se trata de situaciones reales mientras que esto no se da necesariamente en los juegos, en donde se encuentran situaciones excitantes o entretenidas.

Los micromundos exploratorios, emplean un lenguaje de programación sintónico, es decir no hay que aprenderlo, simplemente se está sintonizado con sus instrucciones y se emplea para interactuar en un micromundo. (por ejemplo Logo y Karel). La diferencia básica con los simuladores es que además de exigir la solución de problemas, la exige de forma estructurada (es decir, una que conlleve división de problemas en subproblemas). Por esta razón, los lenguajes sintónicos permiten el desarrollo de estrategias para la solución de problemas.

Los sistemas expertos son sistemas capaces de representar y razonar acerca de algún dominio rico en conocimientos³⁶, con el ánimo de resolver problemas y dar consejo a quienes no son expertos en la materia. Estos sistemas además de demostrar gran capacidad de desempeño en términos de velocidad, precisión y exactitud, cuentan con una base de conocimientos construida a partir de la experiencia humana. Con la base de conocimientos y con reglas de alto nivel es capaz de hallar la solución a algo, explicando o justificando lo que halla, de modo que puede demostrar al usuario que su razonamiento es correcto.

Un sistema tutorial inteligente presenta un comportamiento valga la redundancia inteligentemente

³⁴ ALVAREZ, Op.cit, p. 57.

³⁵ PATIÑO, Támara. "Uso del Computador como herramienta en la construcción del conocimiento, evaluación y operativización de procesos administrativos en la escuela". 1998.
<http://structio.sourceforge.net/prop1/CONTENIDO.html> (4, Octubre ,2000).

³⁶ PATIÑO, Op.cit., <http://structio.sourceforge.net/prop1/CONTENIDO.html> (7, Octubre ,2000).

adaptativo, es decir, adapta el tratamiento educativo en función de aquello que se desea aprender y de las características y desempeño del educando. Además de tener los componentes típicos de un sistema experto (base de conocimiento, motor de inferencia, hechos e interfaz con usuario) hay un "modelo de estudiantes" donde se plasman sus conocimientos, habilidades y destrezas y un "Módulo de interfaz" capaz de ofrecer distintos tipos de ambiente de aprendizaje a partir de las cuales se puede llegar al conocimiento buscado. El desarrollo del presente MEC se fundamenta en la arquitectura de un Sistema Tutor Inteligente.

1.2.3 Sistemas Tutores Inteligentes (STI)

Son sistemas basados en conocimiento, que pretenden simular el comportamiento de un tutor humano. Los sistemas tutores se diseñan y desarrollan para un dominio particular de conocimiento, incorporando:

- Conocimiento sobre el dominio
- Conocimiento sobre el estudiante
- Estrategias de tutorización

Conocer al estudiante y adaptarse, permite una tutorización más efectiva. Los STI son el resultado de un enfoque multidisciplinar (ver Figura 3) entre la Investigación Educativa, la IA y Psicología Cognitiva. Cada una se define brevemente a continuación³⁷:

- *Investigación educativa*: Herramientas que proporcionan una enseñanza personalizada asegurando el aprendizaje del alumno
- *Inteligencia artificial*: Aplicación de técnicas de modelado de usuario, representación del conocimiento y razonamiento.
- *Sicología cognitiva*: Simulación cognitiva del comportamiento de un tutor: razonamiento, aprendizaje, conocimiento, etc. Y entendimiento de la formación de estructuras mentales en el estudiante.

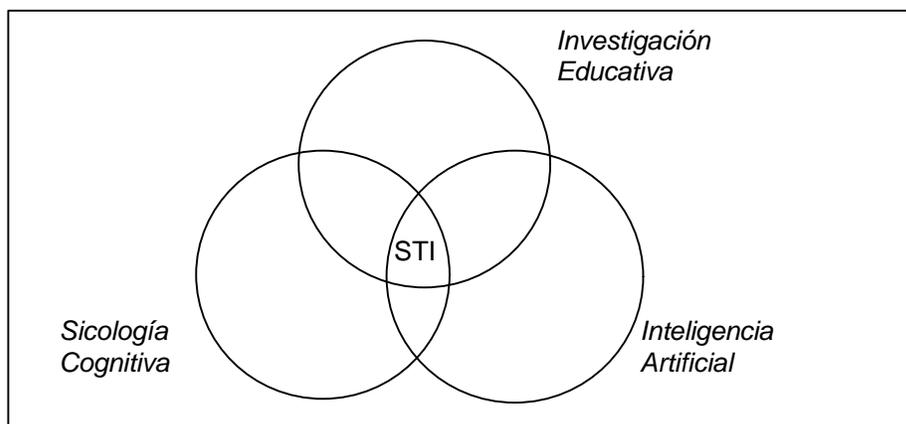


Figura 5. Enfoque Multidisciplinar de los STI.

³⁷ PATIÑO, Op.cit., <http://structio.sourceforge.net/prop1/CONTENIDO.html> (7, Octubre ,2000).

1.2.3.1 Arquitectura del Sistema Tutor Inteligente (STI)

Los sistemas tutores inteligentes surgieron como el siguiente paso a dar en el campo de la enseñanza por ordenador después de los tradicionales tutoriales estáticos. La principal diferencia que incorporan respecto a los últimos es la mejora de la flexibilidad como necesidad fundamental en dos problemas importantes. En primer lugar, si el dominio del tutorial es grande, el alumno se puede perder en medio de tanta información y los tutoriales tradicionales no son capaces de guiarle acertadamente. En segundo lugar, se tiene que los tutoriales tradicionales presentan escasa adaptación al alumno, ya que si éste es un experto requerirá conceptos más avanzados y se puede aburrir si el tutorial le obliga rígidamente a pasar previamente por conceptos que ya tiene asimilados. La solución que los tutoriales inteligentes ofrecen es la inclusión de un sistema tutor en el tutorial tradicional, pero esta unión ha sido hecha con el máximo cuidado para que las dos partes sean claramente diferenciables e independientes. La parte tutor se beneficia de la flexibilidad y utilización de distintos medios audiovisuales los cuales motivan al alumno y que hoy en día se incluyen en cualquier tutorial. Mientras que el módulo tutor le proporciona al tutorial la flexibilidad y adaptación necesaria para que sea útil a todo tipo de alumnos. Como resultado se consigue un sistema con mayores capacidades educativas. Un tutorial inteligente tiene la estructura que se describe a continuación³⁸:

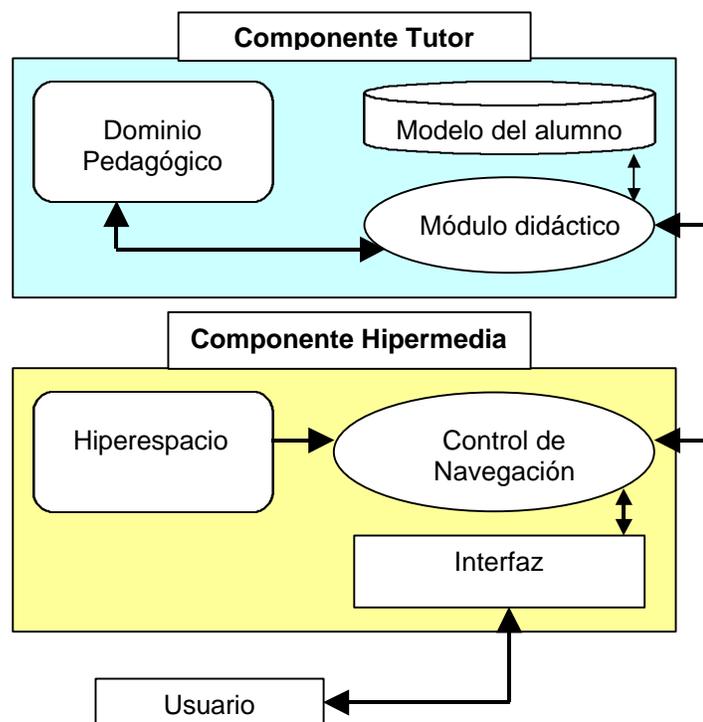


Figura 6. Arquitectura general del sistema tutor inteligente

³⁸ PATIÑO, Op.cit., <http://structio.sourceforge.net/prop1/CONTENIDO.html> (7, Octubre ,2000).

1) **Componente hipermedia:** Este componente es el tutorial multimedia tradicional que se divide en los siguientes subsistemas:

- a) El **Módulo interfaz:** Es el que presenta la información y obtiene la reacción del alumno.
- b) El **hiperespacio:** Es la información que se va a mostrar, la cual esta dividida en la pantalla, y toda la información forma lo que se llama la hiperbase.
- c) El **módulo control de navegación:** Es el encargado de comunicar al componente hipermedia con el componente tutor, adaptando el hiperespacio a las ordenes que da el Módulo tutor.

2) **Componente tutor:** Este componente mantiene toda la actividad inteligente del sistema. Realiza un seguimiento de la interacción del alumno controlando los conocimientos que éste adquiere a través de la evaluación. Con esta información decide cual será la accesibilidad del alumno al hipermedia, diciendo qué conocimientos estarán disponibles y cuáles no. Se divide en tres módulos:

- a) **Dominio pedagógico o Módulo Experto:** El dominio no solo representa los conceptos que el alumno debe aprender sino que debe estar organizado de forma que la enseñanza de los mismos resulte sencilla, clara y eficaz. En el proceso de instrucción resulta necesario saber el orden en que se van a presentar los conceptos, las relaciones que existen entre ellos, la dificultad de aprendizaje de cada concepto, sus prerrequisitos y los diferentes puntos de vista en que puede ser expresado y explicado cada concepto. Hay que resaltar que existe un gran paralelismo entre el dominio pedagógico y el hiperespacio del componente hipermedia. En este módulo se implementa un sistema experto, que posee el conocimiento de un especialista en el área y ciertas características para la solución de problemas. Este sistema experto estará en capacidad de tomar decisiones y personalizar el ritmo de enseñanza por medio del análisis de rendimiento y otras características de cada estudiante.
- b) **Módulo didáctico o Módulo de Currículo y Tutoría :** Este módulo hace de cerebro del sistema, es el encargado de adaptar el sistema al ritmo del alumno aplicando estrategias de enseñanza. La decisión de qué información mostrar en cada momento depende de tres variables: Decisión de currículo, selección de material didáctico y evaluación de la actividad del alumno.
- c) **Modelo del Estudiante o Módulo de Diagnóstico del Alumno:** Uno de los aspectos fundamentales a considerar dentro del diseño de un sistema tutor inteligente es la construcción del modelo del alumno. En este módulo se guarda toda la información necesaria del alumno para tener un sistema adaptativo. La información se clasifica en tres apartados:
 - *Características del alumno:* Se recoge información sobre sus características de aprendizaje y errores cometidos. Se utiliza para seleccionar el nivel de actuación.
 - *Conocimiento del dominio:* Refleja los conceptos que el alumno ha adquirido a lo largo de su interacción con el sistema.

- *Material didáctico utilizado:* Se guarda información sobre los ejercicios y ejemplos que han sido utilizados para enseñar al alumno. Con ella el tutor seleccionará el próximo material a presentar.

A continuación se especificarán algunos parámetros de diseño que se deben tener en cuenta para la construcción de un STI.

1.2.3.2 Componente Hipermedia (Elaboración de Micromundos Explorativos Y Multimedia)

De la misma manera que el lápiz es extraordinariamente útil debido a su aplicación en todo tipo de tareas, ya sean artísticas, de cálculo, de escritura, de dibujo técnico y de aprendizaje, entre otras; ahora se percibe cómo la computadora se está convirtiendo en una parte integral de las actividades de trabajo, de aprendizaje, de comunicación y hasta de entretenimiento.

Una de las áreas de la computación que ha provocado mayor fascinación es el área de la tecnología de multimedios. Y no es sorprendente dado que esta tecnología ha reunido en las computadoras personales la capacidad de combinar sonido, vídeo, texto, gráficas y animación en sistemas de autoría y lenguajes visuales de programación que permiten desarrollar sistemas de capacitación, de entretenimiento, de información, de educación, y de tantas otras aplicaciones como se pueda imaginar. Teniendo como base las consideraciones sobre el material didáctico hechas por Bujanda (ver Anexo B numeral 2), los MEC's pueden incluir Micromundos Explorativos enriquecidos con tecnologías multimedios. A continuación se describirán brevemente algunas especificaciones que se deben tener en cuenta para el desarrollo de Micromundos con Multimedia.

1.2.3.2.1 Micromundos Explorativos

En la metodología de la Ingeniería de Software Educativo (ISE) desarrollada por Alvaro Galvis³⁹, los micromundos interactivos juegan un papel clave. Es a través de ellos como se crean ambientes lúdicos para aprender por descubrimiento y es en ellos donde se viven experiencias que sirven de base para que el alumno genere o apropie conocimiento.

Elementos de un Micromundo Interactivo

En la siguiente tabla se resumen los elementos que valdría la pena incluir al crear un micromundo interactivo. Esta lista de elementos se tomó de un estudio realizado por Alvaro Galvis⁴⁰, donde se seleccionó como base un grupo representativo de programas existentes en el mercado que

³⁹ GALVIS, Alvaro. Ingeniería de Software Educativo. Ediciones UNIANDES. 1994. p. 35.

⁴⁰ Ibid. P, 42.

incluyen micromundos explorativos: TIM, Mi castillo de Fantasía, Busy Town, Mother Goose, FAUNA, SimCity, WarCraft, Math Rabbit.

Elemento	Tipo de elemento
Argumento e historia	Necesario
Variables Compensatorias	Necesario
Variables de Control	Necesario
Variables de Resultado	Necesario
Mundo / Escenarios	Necesario
Retos (Implícitos / explícitos)	Necesario
Personajes y Roles	Necesario
Objetos / Herramientas	Necesario
Zonas de Comunicación	Necesario
Mecanismos de Comunicación Usuario-Aplicación	Necesario
Ambientación / Caracterización	Necesario
Recuperación de estados anteriores	Deseable
Niveles de Dificultad	Deseable
Manejo de información del usuario	Deseable
Mecanismos para Análisis de desempeño	Deseable
Ampliación de las posibilidades del micromundo	Deseable
Personalización del ambiente	Deseable
Soporte al trabajo en grupo	Deseable

Tabla 6. Elementos de un micromundo Interactivo

Según Seymour Papert⁴¹, sostiene que una de las contribuciones principales de Piaget, más allá del concepto de estadios de desarrollo, es mostrar que la gente posee diferentes teorías acerca del mundo. De acuerdo con esto, los niños aprenden mejor cuando son alentados a apoyarse sobre su propia intuición y a emplear lo que ya saben para desarrollar nuevas ideas.

En la etapa del proceso de diseño del micromundo se definen las metáforas usadas, así como cada personaje que aparece, dejando claro cuál es el rol que el usuario juega, las herramientas de interacción que podrá usar y cuál es el reto que debe resolver. En el caso de los micromundos interactivos es vital despertar motivación intrínseca proponiendo ambientes o situaciones que sean interesantes, que despierten curiosidad, que inviten al usuario a indagar a través de la

⁴¹ PAPERT. Conclusions and Recommendations. Proceeding of a meeting on the use of Microcomputers for developing countries. Microcomputer application in education and training for developing countries. Westview Press. 1987. P, 307.

experimentación con el micromundo. Hay que mantener motivados a los usuarios para que el trabajo que se tenga con la aplicación sea efectivo y de provecho. El micromundo debe ser novedoso y buscar sorprender al usuario, darle nuevas oportunidades de acción y plantear nuevos retos. Esto aumenta la curiosidad de los usuarios y los mantiene atentos al desarrollo del trabajo con la aplicación. Complementariamente se deben plantear retos que mantengan alerta al usuario en busca de pistas para resolverlos y con un nivel de complejidad apropiado.

El uso de ambientes educativos debe propiciar la generación de motivación e interés en los usuarios, para lograr un efecto duradero en el proceso de enseñanza aprendizaje. Además el uso de fantasías despierta el interés en ellos, para llegar a lo que Piaget llama intento de asimilar experiencia en las estructuras existentes en su mente, con mínimas necesidades de acomodarlas a las demandas de una realidad externa. Es por eso que personas como Richard Pattis⁴² han coincidido en la necesidad de crear ambientes educativos que aprovechen la motivación que los niños sienten por usar juegos de vídeo como Nintendo, antes de forzarlos a usar esquemas tradicionales de aprendizaje, como por ejemplo libros.

1.2.3.2.2 Multimedia

Multimedia suele significar la integración de dos o más medios de comunicación que pueden ser controlados o manipulados por el usuario vía ordenador⁴³. El término Hipermedia⁴⁴ es simplemente un hipertexto multimedia, donde los documentos pueden contener la capacidad de generar textos, gráficos, animación, sonido, o vídeo en movimiento. Así, multimedia es una clase de sistemas interactivos de comunicación conducida por un ordenador que crea, almacena, transmite y recupera redes de información textual, gráfica visual y auditiva⁴⁵.

Componentes Multimedia

A la hora de describir los elementos que conforman cualquier sistema multimedia se encuentran distintas nomenclaturas, distinta estructuración, etc., dependiendo de los sistemas de autor en que se sustente. Jonassen⁴⁶ habla de cuatro elementos básicos de la base hipermedia: nodos, conexiones o enlaces, red de ideas e itinerarios:

a) Nodo: Es el elemento característico de Hipermedia. Consiste en fragmentos de texto, gráficos, vídeo u otra información. El tamaño de un nodo varía desde un simple gráfico o unas pocas

⁴² PRILUSKY, Jaime. "A Practical Guide for Developing Educational Software", 1996, p, 273.

⁴³ BARTOLOME, A. "Multimedia interactivo y sus posibilidades en educación superior". **Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación**, 1994. p, 5-14.

⁴⁴ SALINAS, J. "Hipertexto e hipermedia en la enseñanza universitaria" **Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación**. 1994. p, 15-29.

⁴⁵ GAYESKI, D. Making Sense of Multimedia. **Educational Technology**, # 32. Mayo 1992, p, 9-13.

⁴⁶ JONASSEN, D. "Interactive Lesson Designs: A Taxonomy". **Educational Technology**, # 25. 1990. p, 7-17.

palabras hasta un documento completo y son la unidad básica de almacenamiento de información. La modularización de la información permite al usuario del sistema determinar a que nodo de información acceder con posterioridad.

b) Conexiones o enlaces. Interconexiones entre nodos que establecen la interrelación entre la información de los mismos. Los enlaces en hipermedia son generalmente asociativos. Llevan al usuario a través del espacio de información a los nodos que ha seleccionado, permitiéndole navegar a través de la base de información hipermedia. Pueden darse distintos tipos de conexiones: de referencia (de ida y vuelta), de organización (que permiten desenvolverse en una red de nodos interconectados), de valor, de texto y de conexiones explícitas e implícitas, etc...

c) Red de ideas: Proporciona la estructura organizativa al sistema. La estructura del nodo y la estructura de conexiones forman una red de ideas o sistema de ideas interrelacionadas e interconectadas.

d) Itinerarios. Los itinerarios pueden ser determinados por el autor, el usuario/alumno, o basándose en una responsabilidad compartida. Los itinerarios de los autores suelen tener la forma de guías. Muchos sistemas permiten al usuario crear sus propios itinerarios, e incluso almacenar las rutas recorridas para poder rehacerlas, etc.. Algunos sistemas graban las rutas seguidas para posteriores revisiones y anotaciones.

Junto a los elementos que conforman la base de información Hipermedia, las vías mediante las cuales autores y usuarios interaccionan con los sistemas constituyen el otro gran grupo de características que inciden en la potencialidad que puede presentar un sistema Hipermedia de cara al aprendizaje. Se puede hablar de dos elementos del sistema multimedia que determinarán como se realiza esta interacción. Estos son la interfaz con el usuario y el control de navegación.

a) La interfaz de usuario constituye la forma en que se establece la interacción con el alumno, la interacción hombre-máquina. Además es responsable de la presentación de los distintos nodos, y de capturar las acciones y respuestas del alumno.

b) El Control de navegación constituye el conjunto de herramientas puestas al servicio de los distintos sujetos del proceso para ordenar y posibilitar el intercambio de información. Para ello reconoce las acciones del alumno, controla el nivel de acceso (a que nodos tiene acceso y a cuales no) y proporciona información de las acciones del alumno al sistema tutor (sea este el profesor de la sala, un tutor a distancia o un sistema tutor inteligente).

Ambas determinan de alguna manera las formas que afectan a la interacción: la interactividad y control del usuario; la existencia de un entorno constructivo, y la estructura que presenta hipermedia, relacionada directamente con el sistema de autor.

a) Interactividad y control del usuario. Hipermedia permite determinar al usuario la secuencia mediante la cual acceder a la información. Puede también, añadirla o introducirla haciéndola más

significativa para él (colaboración); y le permite también, construir y estructurar su propia base de conocimiento. El nivel del control del usuario varía con el sistema y sus propósitos. Pero, en general, el usuario controla, en base a una continua y dinámica interacción, el flujo de la información: Puede acelerar/desacelerar, cambiar de dirección, ampliar los horizontes de su información, argüir /combatir, etc...

b) Entorno constructivo: Los sistemas hipermedia proporcionan herramientas flexibles de navegación. Algunos de estos sistemas se han convertido en entornos de autor y son utilizados para crear materiales de instrucción basados en el ordenador, para contener las anotaciones personales o la organización de la información, para la comunicación con los semejantes. También son usados como herramienta de aprendizaje cognitivo para la organización y el almacenamiento de la base de conocimiento de los propios usuarios. Desde esta perspectiva una concepción amplia de hipermedia lo concebiría como un entorno de software para construir o expresar conocimiento y colaborar o resolver problemas.

c) Estructuras de Hipermedia. Uno de los momentos más importantes en la creación de materiales hipermedia es decidir cómo y cuánto estructurar la información. La variabilidad de las aplicaciones exige la existencia de diferentes estructuras de acceso e información.

- Hipermedia no estructurado, en cuya estructura nodo-conexión sólo son utilizadas las conexiones referenciales. Dos nodos están conectados al contener un nodo una referencia a la información contenida en el otro. Proporciona acceso aleatorio desde cualquier nodo a otro con el que esté conectado. La mayor tarea, en relación al diseño, es identificar los conceptos o fragmentos de información indicados y comprendidos en cada nodo.
- Hipermedia estructurado, que implica una organización explícita de nodos y conexiones asociativas. Contiene series de nodos, cada una de ellas interconectadas e introducidas explícitamente para representar la estructura de la información. Se pueden utilizar para ello varios modelos: Estructura semántica (refleja la estructura de conocimiento del autor o del experto); estructura conceptual (incluye contenido predeterminado por las relaciones entre las taxonomías); estructuras relacionadas con las tareas (facilitan el cumplimiento de una tarea); estructuras relacionadas con el conocimiento (basadas en el conocimiento del experto o del estudiante); estructuras relacionadas con los problemas (simulan problemas o tomas de decisiones).

A razón de esto, dentro de las ventajas que ofrece la hipermedia se puede mencionar:

- Adecuación al ritmo de aprendizaje
- Secuenciación de la información .
- Ramificación de los programas
- Respuesta individualizada al usuario
- Flexibilidad de utilización

- Velocidad de respuesta.
- Efectividad de las formas de presentación
- Imágenes reales
- Excelente calidad de las representaciones gráficas.
- Atracción de la imagen animada.

Cuando el sistema pretende mediante distintos tipos de actividades ayudar a adquirir una habilidad, un conocimiento, una conducta, o cambiar una actitud, es lo que convierte un sistema multimedia en formativo y se logra con la presencia del componente tutor.

1.2.3.3 Componente Tutor

Como elementos constitutivos de este componente, Burns y Capps⁴⁷ han identificado tres módulos básicos, estos son: Módulo Experto (Dominio Pedagógico), Módulo Diagnóstico (Modelo del Estudiante) y Módulo Didáctico (Módulo de Currículo y Tutoría).

1.2.3.3.1 Módulo del Experto

Generalmente un sistema experto está capacitado para generar soluciones a problemas en un dominio específico. Un sistema experto frecuentemente tendrá que tratar con información incierta e incompleta y a partir de esto será capaz de explicar sus decisiones empleando el razonamiento tal como lo haría un humano.

El módulo del experto debe ser capaz de solucionar los mismos problemas que el estudiante aprenderá y desarrollará de tal forma que se generen las bases para el diagnóstico del alumno. Para lograr esto el conocimiento debe ser dividido en unidades de aprendizaje, las cuales se presentarán en lecciones al estudiante, teniendo en cuenta el punto de vista del currículo. La arquitectura básica y funciones de un Sistema Experto se detallarán en el Anexo C, ya que por su complejidad, resulta mucho más claro dedicarle una sección aparte.

1.2.3.3.2 Módulo de Diagnóstico del Estudiante

1.2.3.3.2.1 Proceso de Diagnóstico

Wenger⁴⁸ determina el Proceso de Diagnóstico, como una actividad pedagógica que, apunta a la colección e inferencia de información acerca del estudiante y sus acciones, y constituye una de las seis funciones principales de los Tutores Inteligentes, siendo las otras: Corrección de Errores,

⁴⁷ Tradicional Computer Aided. <http://www.cs.mdx.ac.uk/staffpages/serengul/The.expert.module.htm>. Mayo 3 de 2001.

⁴⁸ WENGER, Etienne. Artificial Intelligence and Tutoring Systems. Computational and Cognitive Approaches Communication of Knowledge. 1990. p, 114.

Ayuda en el redireccionamiento de los planes del estudiante por medio de sucesivas observaciones, motivación del estudiante, explicación de estrategias tutoriales y presentación de contenidos.

El módulo de diagnóstico del estudiante forma un marco para identificar el estado actual de entendimiento del alumno con respecto al dominio de un tema. El conocimiento que describe el estado actual de las estructuras mentales es almacenado en el modelo del estudiante.

Fases del Diagnóstico⁴⁹:

- INFERENCIAS: diagnóstico que reconstruye los procesos internos y estados sobre las bases del comportamiento observable.
- INTERPRETACIÓN: la visión interpretativa ilumina la necesidad pedagógica para entender al estudiante antes de ayudarlo.
- CLASIFICACION: El propósito de clasificar o evaluar observaciones e inferencias de acuerdo a las expectativas.

Niveles de Diagnóstico:

- Nivel de Comportamiento: solo se preocupa del comportamiento del estudiante sin tener en cuenta el estado del conocimiento. El comportamiento puede ser:
 - Comportamiento Observable: acciones externas como teclear una respuesta.
 - Comportamiento Inobservable: proceso mental interno. En ese contexto el comportamiento inobservable es el uso del conocimiento en un razonamiento en cadena, el cual es visualizado como distinto desde el conocimiento mismo.
- Nivel Epistémico: trata con el estado del conocimiento del estudiante incluyendo aspectos de su modelo del dominio (modelo general) y su estrategia de conocimiento (procedimiento de inferencia). los métodos adoptados para extraer información epistémica del comportamiento puede ser clasificada en tres categorías básicas:
 - modelo de Rastreo: sigue el comportamiento observable.
 - Reconstrucción: requiere la inferencia del modelo inobservable.
 - Resultados: destaca el proceso de reconocimiento para modelar el comportamiento.
- Nivel Individual: este nivel ha sido motivo de interés para muchas investigaciones. Ve al estudiante no solo como un recipiente de conocimiento comunicable, sino como un agente con una identidad de si mismo, comprometido con un proceso de aprendizaje activo. Este nivel recopila información acerca de las características personales del individuo basándose en aspectos como:
 - Arquitectura*: el estado del conocimiento debe ser encarnado en una arquitectura cognitiva.

⁴⁹ Ibid. p, 368 - 371

Aprendizaje: un modelo de aprendizaje puede ser incluido en el modelo del estudiante para seguir o anticipar la adquisición de conocimiento del estudiante.

Estereotípico: aspectos de la personalidad y preferencias individuales pueden ser valiosas en la selección de temas y estilos de presentación.

Motivacional. Éste incluye parámetros como los niveles de interés, sobrecarga, o cansancio que pueden ocasionar cambios temporales en el estilo de enseñanza.

Circunstancial: éste puede ser útil para entender la influencia del ambiente en las señales que el sistema recibe del estudiante. Éste también incluye problemas que el estudiante debe experimentar con el ambiente, independientemente de su interacción con el sistema.

Intencional: éste cubre el punto de vista del estudiante, no con respecto a la materia en cuestión sino con respecto al significado de la interacción con el tutorial.

Reflexivo: el modelo que el estudiante tiene de sí mismo en el contexto de un dominio y de una interacción Instruccional.

Recíproco: estudia el modelo que posee el estudiante acerca del sistema.

El Diagnóstico se ve muchas veces interferido por el ruido, el cual permite que exista “basura “ en los datos recogidos.

Ruido en los Datos

Son variaciones de comportamiento del estudiante en el tiempo. El alumno manifiesta un comportamiento diferente al que su estado actual de conocimiento generaría en condiciones ideales, esto es producido por desatención o suerte en las evaluaciones. Se busca por tanto reforzar con conocimiento nuevo para clarificar las dudas.

No existe una correspondencia completa entre el nivel de origen del ruido y el nivel de solución. En el nivel de comportamiento, el ruido es generado por inconsistencias locales. Éste es originado por un mal emparejamiento entre comportamiento y conocimiento. El origen del ruido en el comportamiento corresponde a parámetros individuales. En el nivel epistémico, el ruido se origina de las modificaciones en el conocimiento del estudiante.

Soluciones al ruido en el comportamiento: pesos escalares

Métodos estadísticos o seudoestadísticos intentan integrar nueva información tan inteligentemente como sea posible, sin hacer uso de un modelo del conocimiento del estudiante.

Soluciones al ruido epistémico: organización genética

La fiabilidad de los datos entrantes es evaluada con la ayuda de la información derivada de los contenidos del estado del conocimiento. Los Tutores deben permitir al estudiante comunicar sus

decisiones dentro de un contexto específico y proveerlo de un conjunto de herramientas con las cuales se pueda entender el dominio.

Existen 3 propuestas básicas para generar el diagnóstico del estudiante, estas son:

1. Medida Del Desempeño

Esta medida verifica un dominio del estudiante relacionado con el conocimiento para resolver problemas. Los contadores dentro del modelo del estudiante pueden ser colocados para indicar qué se ha o no aprendido. Aunque este es un método muy directo de la medida del desempeño del estudiante, ofrece pistas razonables acerca de qué tipo y cuánta información el alumno necesita.

2. Modelo de Rastreo o Seguimiento (Tracing Model)

Los sistemas con modelo de rastreo analizan los episodios en la solución a problemas y mantienen un modelo de resolución de problemas el cual es comparado contra las actividades del estudiante. Este acercamiento fue usado por LISP TUTOR⁵⁰ de Anderson y Reiser.

Dado un estado del problema, las reglas que modelan las actividades de la solución del problema dentro del dominio son seleccionadas y disparadas para predecir el próximo estado. Las reglas del experto y las del estudiante son disparadas con la meta de emparejar el nuevo estado del alumno. Se supone que el estudiante usará la regla que predecirá el nuevo estado y el modelo del estudiante se actualiza para reflejar esto. Alguna desviación entre la solución del estudiante y la del sistema puede generar una alerta que a su vez produce una acción oportuna.

En un proceso de rastreo, el sistema permite al tutor solucionar el ejercicio, paso a paso, junto con el estudiante. El modelo es representado como un conjunto de reglas, llamado *modelo ideal del estudiante*. Tan pronto el estudiante ingresa un símbolo de entrada, el tutor intenta emparejar la entrada con una regla aplicable en el modelo. Si se encuentra una correspondencia, el tutor actualiza su representación interna y de esta manera rastrea las entradas del estudiante en el modelo. Si no encuentra correspondencia, el tutor requiere que el estudiante intente otra acción.

3. Sistemas Expertos

Un acercamiento popular al diagnóstico del estudiante, usado en GUIDON⁵¹ por ejemplo, ha sido el uso de un sistema experto. El sistema experto es empleado para analizar las respuestas o conclusiones generadas por el estudiante y las conclusiones del sistema experto son usadas para

⁵⁰ Traditional Computer Aided. Op.cit.

mantener el modelo del estudiante. Con el propósito de identificar las necesidades del alumno, un número de arquitecturas de modelamiento del estudiante han sido desarrolladas.

1.2.3.3.2 Arquitecturas del Modelamiento del Estudiante

VanLehn⁵² describe las diferencias o similitudes entre el experto y el modelo del estudiante en términos de *misconceptions* (estructuras mentales mal formadas, malentendidos) y *missing conceptions* (estructuras mentales no existentes). *Missing conceptions* pueden ser descritas como algún conocimiento el cual lo posee el experto del dominio pero no el estudiante. Un *misconception* es el conocimiento que el estudiante tiene pero no el experto. Existen 3 arquitecturas básicas concernientes al modelamiento del estudiante, éstas son:

Modelo de Capas del Estudiante (Overlay Model)

El modelo de capas del estudiante ha sido usado en un gran número de STI tales como GUIDON. Éste es particularmente apropiado cuando el material de enseñanza puede ser representado como una jerarquía prerrequerida. Dentro de este modelo el conocimiento del estudiante es asumido como un subconjunto de conocimiento experto y la meta de la enseñanza es ampliar este subconjunto, como se observa en la gráfica.

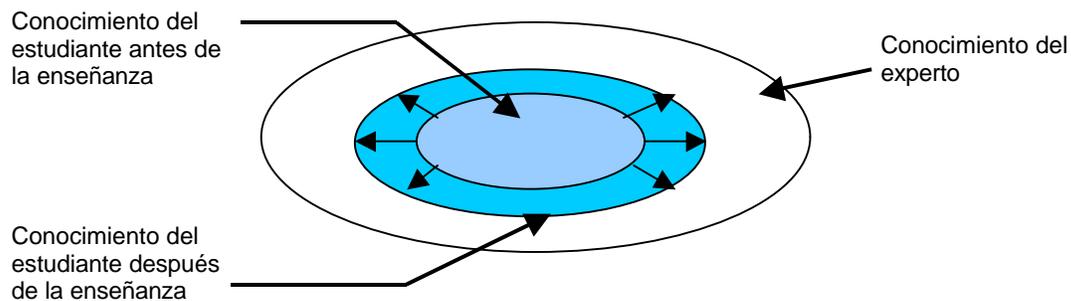


Figura 7. Representación del Modelo de Capas del Estudiante y los efectos de la enseñanza

Este modelo asume que el estudiante no aprenderá nada que el experto no conozca. Específicamente éste no predice los malentendidos o equivocaciones que el estudiante pueda tener o adquirir durante la enseñanza. Un segundo problema con el modelo de capas es que no existe un mecanismo para diferenciar entre el conocimiento que el estudiante no ha captado y el conocimiento que el estudiante no ha descubierto aún, lo cual tiene implicaciones para la estrategia de enseñanza. Este aspecto es mejorado en el modelo diferencial.

⁵¹ WENGER, Op.cit. p, 385.

⁵² Ibid. p, 367.

Modelo Diferencial del Estudiante

El modelo diferencial del estudiante es una extensión del modelo de capas y fue usado en el tutor WEST⁵³. El conocimiento es separado en el conocimiento que el estudiante ha descubierto y en el que no. El modelo diferencial es representado como lo muestra la siguiente figura.

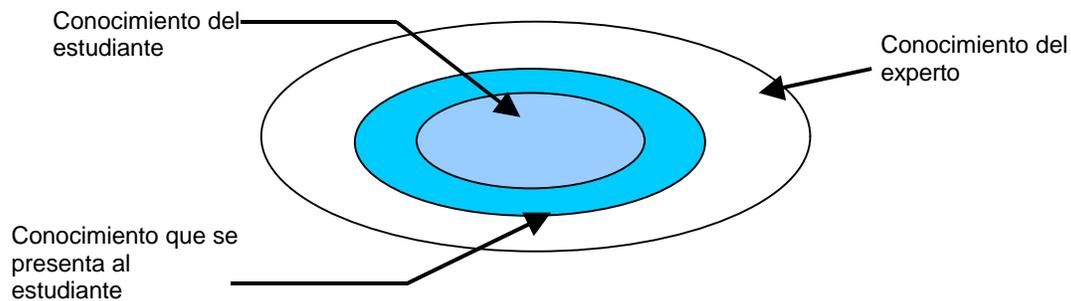


Figura 8. Representación del Modelo Diferencial del Estudiante

El modelo diferencial particiona el dominio del conocimiento entre el conocimiento ya presentado y el que no ha sido presentado todavía al estudiante. Un modelo de capas como el descrito anteriormente es aplicado a este conocimiento que es expuesto al estudiante. Este modelo tampoco predice malentendidos o equivocaciones por parte del estudiante.

Modelo de Perturbación en el Estudiante

El modelo de *perturbación* o *equivocación* (buggy) es representado en la figura 7. Este modelo representa el conocimiento poseído por el estudiante y que no se encuentra en el dominio del conocimiento.

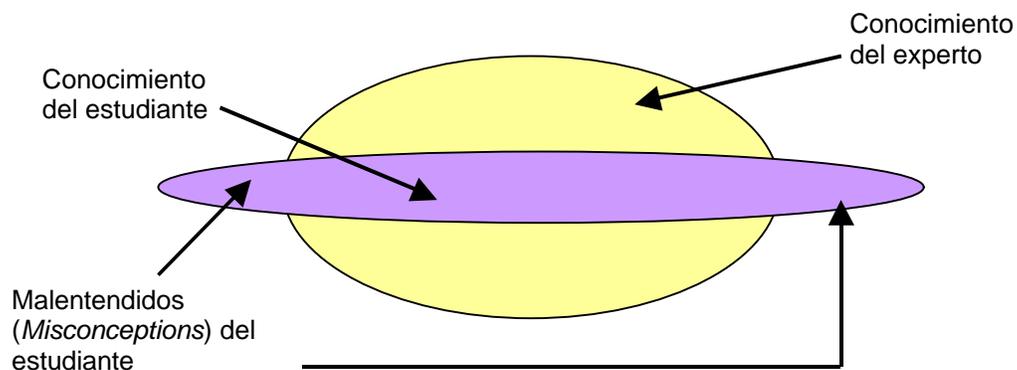


Figura 9. Una representación del modelo de perturbación del estudiante

⁵³ WENGER, Op.cit. p, 185.

El modelo de perturbación extiende el conocimiento del experto con la adición de una librería de errores (*bug library*). El proceso para crear una librería de errores puede ser enumerativa, generativa o reconstructiva. En el proceso enumerativo los errores toman la forma de catálogos o librerías de desviaciones comunes observadas (reglas malas o planes incorrectos). En el proceso Generativo se intenta capturar una cualidad reducible de errores con la esperanza de entender las dificultades del estudiante en el amplio contexto de su proceso de razonamiento y aprendizaje. Incluye mecanismos psicológicos que explican los errores en términos de su proceso de generación, busca prevenir la ocurrencia de errores y diagnóstica patrones generativos usando más esquemas estáticos de reconocimiento. El proceso Reconstructivo reconstruye, valga la redundancia, los errores interiorizados sobre la base de errores observados. Constituye un lenguaje representacional de un nivel de fina granularidad de descomposición, lo cual define un espacio de posibles modelos tanto correctos como incorrectos.

Similar al modelo de capas, la meta de la enseñanza es crecer el subconjunto del estudiante hacia el conocimiento experto, mientras se eliminan los errores.

Teoría de los Errores (*Theory of Bugs*)

Las Teorías acerca de los errores cometidos por el estudiante más conocidas, son básicamente dos: Teoría de Reparación (*Repair Theory*) y la Teoría ACT*.

Teoría de Reparación

Esta teoría es un intento por explicar cómo las personas aprenden habilidades procedimentales con una atención particular en cómo y por qué se producen las equivocaciones. La teoría sugiere que cuando un procedimiento no puede ser desempeñado por culpa de algún inconveniente, el individuo aplica varias estrategias para superar el impasse. Estas estrategias (meta-acciones) son llamadas reparaciones (*repairs*). Algunas reparaciones resultan correctas, teniendo en cuenta que la mayoría generan resultados incorrectos y de ahí aparecen los problemas procedimentales. La teoría de reparación ha sido implementada en un modelo computacional llamado Sierra⁵⁴.

La teoría de la reparación ha sido desarrollada de estudios extensivos acerca de la solución a problemas aritméticos realizados por los niños. Incluso con problemas simples de sustracción, gran cantidad de tipos de problemas y errores fueron encontrados, los cuales ocurría frecuentemente en combinaciones. Tales errores sistemáticos no se deben confundir con las equivocaciones (según

⁵⁴ BROWN, J.S. y VANLEHN, K. Repair theory: A generative theory of bugs in procedural skills. *Cognitive Science*. 1980. p. 379-426.

Norman⁵⁵, teclear mal un número, etc) o con errores aleatorios que reocurren con regularidad en las actividades del alumno.

Van Lehn⁵⁶, afirma “ los errores del estudiante, muy diferentes de los errores en los programas de computador, son inestables. Los estudiantes se mueven atrás y adelante a través de sus errores, un fenómeno llamado migración. La explicación de la teoría para la migración de errores es que el estudiante tiene un procedimiento subyacente estable pero el procedimiento está incompleto de manera semejante que el estudiante alcanza los impasses o callejones sin salida en algunos problemas. Los estudiantes pueden aplicar cualquier reparación que ellos pueden pensar. Algunas veces escogen un tipo de reparación y algunas veces escogen otros. Las diferentes reparaciones se manifiestan ellas mismas como errores diferentes. De esta manera la migración de errores proviene de la variación en la selección de reparaciones a un impasse subyacente estable.”

La teoría de las reparaciones asume que las personas principalmente aprenden tareas procedimentales por medio de la inducción y los errores ocurren a causa de prejuicios que son introducidos en los ejemplos proporcionados por la retroalimentación recibida durante la práctica (opuesto a las equivocaciones en la memorización de fórmulas o instrucciones). Por consiguiente, la implicación de la teoría de la reparación es que el conjunto de problemas deba ser seleccionado para eliminar el prejuicio que probablemente causó un error específico. Otra implicación es que los errores son frecuentemente introducidos cuando los estudiantes intentan extender los procedimientos más allá del ejemplo inicial provisto.

Ejemplo:

Si un estudiante aprende la sustracción de números con dos dígitos, y luego se le presenta el siguiente problema: $365 - 109 = ?$, él debe generar una nueva regla para pedir prestado de la columna izquierda. En un problema diferente a uno de dos dígitos, la columna izquierda adyacente y la última columna a la izquierda, son muy diferentes, lo cual crea un impasse o inconveniente. Para resolver el impasse, el estudiante necesita reparar su regla actual (*siempre-Pedir prestado-izquierda*) por ésta *Siempre-Pedir prestado- izquierda adyacente*. Alternativamente, el estudiante podría saltarse el pedir prestado, generando un error diferente llamado *Pedir prestado-No decrementar- Excepto el último*.

Principios:

1. Los problemas que causan errores en tareas procedimentales son sistemáticos y pueden ser identificados.

⁵⁵ NORMAN, D.A. Categorization of action slips. *Psychological Review*, 1982. p. 1-15.

⁵⁶ VANLEHN, K. *Mind Bugs*. Cambridge, MA: MIT Press. 1989. p. 26.

2. Una vez los problemas asociados con una tarea en particular son conocidos, pueden ser usados para mejorar el desempeño del estudiante y de los ejemplos empleados para enseñar el procedimiento.

Teoría ACT*

ACT* es una teoría general cognoscitiva que se enfoca en el proceso de la memoria, desarrollada por John Anderson⁵⁷ en la Universidad de Carnegie Mellon. Ésta es un mejoramiento de la teoría original ACT y construida bajo HAM, un modelo de memoria semántica procesada.

ACT* distingue tres tipos de estructuras de memoria: declarativa, procedimental y memoria de trabajo. La memoria declarativa⁵⁸ toma la forma de una red semántica que enlaza proposiciones, imágenes y secuencias por medio de asociaciones. La memoria Procedimental (o también llamada a largo plazo) representa la información en la forma de producciones; cada producción tiene un conjunto de condiciones y acciones basadas en la memoria declarativa. Los nodos de la memoria a largo plazo tienen algún grado de activación y la memoria de trabajo es la parte de la memoria a largo plazo que es activada más favorablemente. (Para leer información complementaria de esta Teoría remitirse al Anexo B numeral 2).

1.2.3.3.3 Módulo de Tutoría

Este módulo se refiere a las actividades pedagógicas cuyo propósito es tener un efecto directo sobre el estudiante, opuesto a las actividades de diagnóstico.

La función del Módulo de Tutoría o de currículo está dividida en tres partes. Primero debe controlar la presentación, ordenamiento y selección del material más apropiado para el estudiante. Segundo, debe ser capaz de responder preguntas del estudiante y como tercero, debe determinar qué tipo de ayuda puede ofrecer a los estudiantes. Algunas estrategias de enseñanza global podrían estar basadas en estudios educacionales y principios psicológicos con referencia en las necesidades identificadas dentro del modelo del estudiante. Estas necesidades son determinadas por el proceso de diagnóstico y puede generar orientación o instrucción remedial proporcionándole retroalimentación al estudiante.

Mas allá de la presentación del material con todas las estrategias de enseñanza, el sistema debe proveer retroalimentación al estudiante en diferentes formas:

⁵⁷ ANDERSON, John. Language, Memory and Thought. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates. 1986. p, 56.

⁵⁸ ANDERSON, John. The Adaptive Character of Thought. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates. 1987. p, 76.

- Debe existir la facilidad que permita al estudiante pedir ayuda cuando no pueda solucionar un problema. En esta situación el sistema deberá proveer consejos oportunos y relevantes.
- La asistencia se debe proporcionar en el proceso de solución de un problema permitiendo al estudiante concentrarse en problemas específicos mientras obtiene una apreciación de otros problemas relevantes.
- Se debe ofrecer al estudiante la facilidad de repasar su propio proceso de toma de decisiones durante o después de un episodio en la solución de un problema. Si esta facilidad es dada durante la solución de un problema la retroalimentación permitirá la corrección de errores oportunamente.
- El STI deberá proveer retroalimentación reactiva, retando las decisiones del estudiante y forzando la justificación para una decisión tomada.
- El sistema debe proveer un modelo de respuestas de tal manera que el estudiante pueda ver el razonamiento del experto.

El módulo de Tutoría debe ofrecer consejería por medio de la monitoria y generación de consejos relevantes. Este consejo podría tomar la forma de uno remedial, o de información adicional, o de aliciente para una solución correcta o de advertencia cuando la actual estrategia de solución del estudiante no es muy buena.

Operaciones Didácticas (Planes de Acción)

Una operación didáctica es una unidad de decisión en un proceso didáctico. En este módulo se maneja el concepto de plan, a nivel de currículo y de explicación local. Visto como un esquema para causar una transmisión entre dos estados del conocimiento usando una sucesión de pasos intermedios, una explicación no trivial es un plan. Por tanto la incertidumbre es un aspecto fundamental de la comunicación, ya que las explicaciones no poseen estados absolutos.

Los planes de acción se deben definir dentro de un contexto. El contexto oportunístico determina que la presentación del material es principalmente dirigido por la interacción del estudiante con el ambiente, e involucra el módulo de diagnóstico.

Un contexto basado en planes, según Wenger⁵⁹, simplemente hace referencia a que el tutor manipula las secuencias de experiencias a través de las cuales se busca que el estudiante adquiera la experiencia específica.

⁵⁹ Ibid, p, 399.

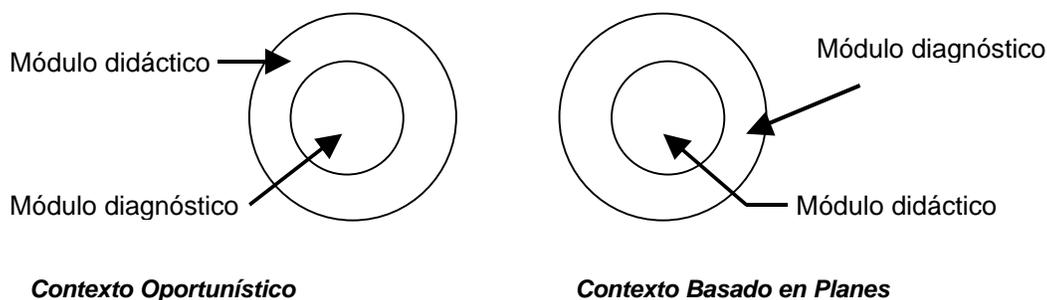


Figura 10. Contextos de las Operaciones Didácticas

Base para las Decisiones

Para la toma de decisiones en un STI se deben tener en cuenta los aportes de los tres módulos del componente Tutor, siguiendo los siguientes aspectos:

- *Base Didáctica:* Se emplean
 - Principios pedagógicos y condiciones de felicidad que reflejen las necesidades del estudiante.
 - Esquemas de secuencialidad.
- *Base del dominio:* se emplean
 - Estrategias didácticas
 - Empleo de las redes de planeación (en cada paso se realiza un requerimiento)
- *Base de Diagnóstico:* Se emplean
 - Explicaciones
 - Selección de temas
 - Planes didácticos: sucesión de estados del conocimiento, estos estados representan el número de dimensiones en un nivel muy general⁶⁰.

1.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO SUSTENTO AL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MATERIALE EDUCATIVO COMPUTARIZADO

La Informática Educativa ha sido enriquecida con nuevas herramientas y teorías cognitivas que promueven no sólo eficiencia y efectividad de la enseñanza sino la calidad de la misma. Muchos autores han señalado que el estudio de la Inteligencia Artificial se derivó del problema central de estudiar la Inteligencia Humana, la cual está asociada entre otros con el problema fundamental de “aprender” y desarrollar en el individuo, la capacidad de enfrentarse con propiedad a situaciones nuevas y complejas. La Educación, según De Corte⁶¹, está asociada con el desarrollo en el individuo de la capacidad de “pensar”.

⁶⁰ Ibid. p, 409.

⁶¹ DE CORTE, Eric. Aprender a Pensar. Boletín de RCII UNESCO. Suplemento # 2 de Informática Educativa. Sep. 1987.

A continuación se describirán superficialmente, a fin de dar una idea general, algunos campos de investigación de la Inteligencia Artificial, los cuales han sido usados o podrían ser empleados, en los materiales educativos computarizados para potencializar su propósito.

1.3.1 Sistemas Expertos o Basados En Conocimientos

El área de los Sistemas Expertos es una aproximación muy exitosa a la solución de los problemas clásicos de IA (Inteligencia Artificial) en la programación de Inteligencia. El profesor Edward Feigenbaum de la Universidad de Stanford, pionero en la tecnología de los sistemas expertos, lo ha definido⁶² como “un programa de computación inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles para requerir significativa experiencia humana para su solución.” Es decir, un sistema experto es un sistema de cómputo que emula la habilidad de tomar decisiones de un especialista humano. El término *emular* significa que el sistema experto tiene el objetivo de actuar en todos los aspectos como un especialista humano. Una Emulación es mucho más fuerte que una simulación, que en algunos casos sólo requiere que se actúe como en la realidad. En este micromundo informático del Software Educativo, se espera disponer de Sistemas Expertos que entiendan o emulen razonar lo que pretenden enseñar, e identifiquen y corrijan los errores que un estudiante en particular, pueda incurrir. Por otro lado se pretende que el Sistema Experto reconozca el plan del estudiante en su proceso de aprendizaje, y lo guíe por un camino donde afiance sus estructuras mentales.

Arquitectura y funcionamiento de un Sistema Experto

No existe una estructura de sistema experto común. Sin embargo, la mayoría de los sistemas expertos tienen unos componentes básicos: base de conocimientos, motor de inferencia, base de datos e interfaz con el usuario. Muchos tienen, además, un módulo de explicación y un módulo de adquisición del conocimiento. La figura 9 muestra la estructura básica de un sistema experto.

La base de conocimientos contiene el conocimiento especializado extraído del experto en el dominio. Es decir, contiene conocimiento general sobre el dominio en el que se trabaja. El método más común para representar el conocimiento es mediante *reglas de producción* aunque existen otros muy conocidos también (estructuras como marcos, guiones, redes semánticas, árboles Y/O y de decisión, rejillas, entre otros).

La base de datos o *base de hechos* es una parte de la memoria del ordenador que se utiliza para almacenar los datos recibidos inicialmente para la resolución de un problema. Contiene conocimiento sobre el caso concreto en que se trabaja. También se registrarán en ella las

⁶² GIARRATANO, Joseph. Sistemas Expertos Principios y Programación. Thomson Editores. 1999. p. 1.

conclusiones intermedias y los datos generados en el proceso de inferencia. Al memorizar todos los resultados intermedios, conserva el vestigio de los razonamientos efectuados; por lo tanto, se puede utilizar para explicar las deducciones y el comportamiento del sistema.

El Motor de Inferencia es un programa que controla el proceso de razonamiento que seguirá el sistema experto. Utilizando los datos que se le suministran, recorre la base de conocimientos para alcanzar una solución. La estrategia de control puede ser de *encadenamiento progresivo* o de *encadenamiento regresivo*. En el primer caso se comienza con los hechos disponibles en la base de datos, y se buscan reglas que satisfagan esos datos, es decir, reglas que verifiquen la parte SI.

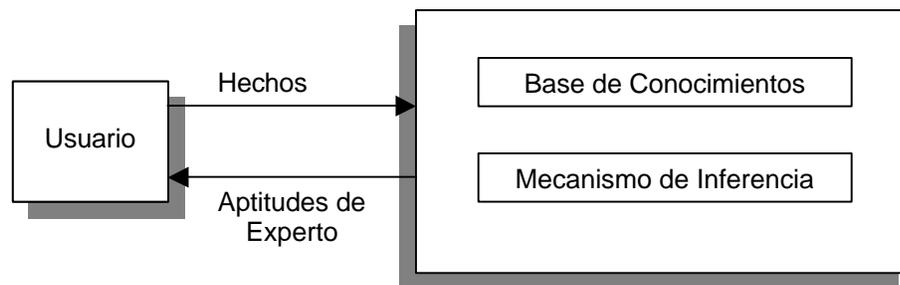


Figura 11. Arquitectura Básica de un Sistema Experto

Las características fundamentales de los sistemas expertos y las estrategias de inferencia más comunes se presentan en el Anexo C numeral 1.

1.3.2 Informática Evolutiva Y Algoritmos Genéticos

La Informática Evolutiva es la disciplina que integra la teoría de la computación con los conceptos de la teoría de la evolución natural para construir sistemas evolutivos autónomos, adaptativos, robustos y eficientes, de tal manera que demuestren un alto grado de complejidad funcional, así como ocurre en los sistemas naturales⁶³. Algunos de los fundamentos principales de la Teoría de la evolución en la cual se basa la Informática Evolutiva se describe en el Anexo C numeral 2.

1.3.2.1 Introducción a los Algoritmos Genéticos

Un algoritmo genético (AG) es una clase relativamente nueva de algoritmos de búsqueda estocástica, basados en los mecanismos de selección natural, cruce y mutación de cromosomas. Combinan la supervivencia de los mejores individuos dentro de un conjunto, es decir los más

⁶³ MARTINEZ, José J y ROJAS, Sergio A. Introducción a la Informática Evolutiva. Universidad Nacional de Colombia. Octubre 1999. p, 5.

aptos, con un intercambio de información estructurado y aleatorio, que imita los procesos de evolución biológica.

En cada generación se crea un conjunto de criaturas artificiales (estructuras de datos) que usan las partes más aptas de las generaciones anteriores. Los AG son algoritmos evolutivos ya que explotan eficientemente la información histórica, permitiendo especular sobre nuevos puntos de búsqueda, dentro del espacio de soluciones esperando un mejor comportamiento a través de su evolución, según lo menciona el autor⁶⁴.

El objetivo de los AG es doble:

1. Explicar rigurosamente los procesos adaptativos de los sistemas naturales, y
2. Diseñar software de sistemas artificiales, que contenga los organismos más importantes de los sistemas naturales.

Una de las principales características de los sistemas biológicos es su robustez, el balance entre la eficiencia y la eficacia, que les ha permitido sobrevivir en muchos ambientes diferentes⁶⁵.

1.3.2.1.1. Implementación de los AG

Un AG se compone de los siguientes elementos⁶⁶: población de cromosomas, selección de acuerdo a la aptitud de cada cromosoma, cruce que produce nuevos hijos y la mutación aleatoria de los nuevos hijos.

Los cromosomas de la población de un AG tienen típicamente la forma de una cadena de bits; cada gen (posición) en el cromosoma tiene dos posibles valores: 0 y 1. Para el algoritmo, cada cromosoma es un punto en el espacio de búsqueda de soluciones candidatas.

El AG procesa las poblaciones de cromosomas sucesivamente, reemplazando una población por otra a medida que avanzan las generaciones; para el reemplazo de una población, usualmente requiere una función de aptitud que asigna una calificación (aptitud) a cada cromosoma en la población actual. La aptitud de un cromosoma depende de cuán bien esta solución resuelva el problema. Para la implementación de los AG es necesario tener en cuenta algunas consideraciones, ya que su comportamiento dependerá mucho de los detalles con los cuales se defina el método de codificación de las soluciones, los operadores, la definición de parámetros y el criterio particular para medir su éxito.

1.3.2.1.2. Codificación de Cromosomas

⁶⁴ MARTINEZ, José J y ROJAS. Sergio A. Op Cit. P, 31

⁶⁵ Ibid. p, 31

⁶⁶ MARTINEZ, José J y ROJAS. Sergio A. Op Cit. P, 94

Codificación binaria

Es la más común por muchas razones. Una es histórica, ya que Holland, se concentró en este tipo de codificación en su trabajo inicial y en la práctica, muchos desarrolladores han tendido a seguir este liderazgo. Además, gran parte de la teoría existente sobre AG se basa en la suposición de codificación de longitud física y binaria; sin embargo, la teoría se ha ampliado para aplicar codificación no binaria, tales extensiones no han tenido un desarrollo como la teoría general.

Codificación con caracteres y valores reales:

No obstante, para muchos problemas la codificación binaria no es natural, y no es ampliamente utilizada. Para muchas aplicaciones es más natural usar un alfabeto de muchísimos caracteres o de números reales que conformen los cromosomas. El Teorema Fundamental, sin embargo, parece implicar que los AG presentan un comportamiento inferior cuando se hace la codificación con múltiples caracteres, que con codificación binaria.

1.3.2.1.3. Operadores Genéticos

Cruce:

Se puede decir que es la característica principal de un AG, y con ella se busca combinar bloques de construcción de diferentes cadenas, garantizando la mezcla del contenido genético (potencial de solución de un problema) de individuos con diferentes medidas de aptitud.

El cruce en un solo punto es la forma más común y simple de recombinación sexual de dos individuos. Sin embargo, el cruce en un solo punto tiene algunos defectos como el llamado “sesgo posicional” en el que los segmentos que se intercambian entre los dos padres, siempre contienen los dos puntos enteros de las cadenas. Otro problema es que los problemas con longitudes definidas muy largas tienen una probabilidad alta de destrucción.

Mutación:

Un punto de vista común en AG, es que el cruce es el principal instrumento de variación e innovación, y la mutación garantiza que la búsqueda no se fije permanentemente alrededor de una posición particular, jugando así un papel secundario. A pesar de esto, el papel de la mutación está cambiando en la medida en que está aprendiendo como solucionar problemas complejos. Se han efectuado algunos estudios comparativos sobre el poder de la mutación sobre el cruce. Se ha verificado formalmente que, mientras la mutación y el cruce tienen la misma habilidad de “corromper” esquemas existentes, el cruce es el constructor más robusto de nuevos esquemas. También se arguye que en muchos casos, la estrategia de subir la colina trabaja mucho mejor que un AG con cruce y que el poder de la mutación se ha subestimado en los AG tradicionales. La

escogencia no debe ser entre cruce o mutación sino el balance entre cruce, mutación, selección y otros nuevos operadores, ya que todo es importante para mejorar el funcionamiento del algoritmo. El balance correcto también depende de la función de aptitud y de la codificación.

Selección

El propósito de la selección es destacar los mejores individuos en la población, con la esperanza que su descendencia tenga a su vez una aptitud en promedio, mucho más alta. La selección hace un balance entre la variación del cruce y la mutación, es decir, un balance entre explotación y exploración. Una selección hace mucho énfasis en la aptitud, conduce a que los individuos aptos, altamente subóptimos, se tomen la población reduciendo la diversidad necesaria para el cambio y progreso posteriores. Dentro de la literatura correspondiente al tema, se pueden encontrar diversos tipos de operadores genéticos, aunque los básicos sigan siendo la *Selección*, *Mutación* y *Cruce*. (La información complementaria sobre Algoritmos Genéticos y Métodos de Selección se encuentra en el Anexo C numeral 2).

1.3.2.2 Sistemas Clasificadores

Los sistemas clasificadores (SC) fueron propuestos por Holland⁶⁷ como un modelo de aprendizaje maquina basado en AG. El sistema aprende por refuerzo prediciendo y acumulando el premio (o castigo) recibido a largo plazo por una regla de acción, para luego ser retropropagado desde la última asociación escogida, hacia todas las que jugaron algún papel en su selección. Un sistema clasificador consta de tres partes: un sistema de reglas y mensajes, un algoritmo de asignación de créditos, y un algoritmo genético. La arquitectura básica de un SC se presenta en la figura 10. Las reglas están compuestas por cadenas de bits, de la forma <condición> :: <acción>, tienen una longitud fija, y pertenecen a un alfabeto ternario permisible (cada bit $\in \{0, 1, \#\}$). El peso o ganancia de cada regla le permite obtener el derecho de responder con una acción, frente a un estímulo ambiental. Las reglas compiten entre sí por obtener la máxima ganancia (además de participar en un AG), de tal forma que las más aptas sobreviven y las menos aptas mueren. Las reglas se llaman clasificadores. Los mensajes recogen la información censada por el sistema, a manera de cadenas binarias del tipo <mensaje> (donde cada bit $\in \{0, 1\}$). Estos mensajes se almacenan en una cola de mensajes, de la cual el sistema toma uno y verifica si coincide con la parte <condición> de alguna (s) de las reglas; para ello, evalúa el carácter # como un comodín, que puede emparejar con los números 0 o 1. Los clasificadores coincidentes, envían el mensaje de su parte <acción>, el cual se puede enviar de nuevo al almacén, o puede disparar una acción, a través de los efectores; esto se puede asimilar como que el sistema decide cual será la próxima acción a ejecutar, basándose en la información censada y en sus procesos internos.

⁶⁷ GOLDBERG, David. Genetic Algorithms in search, optimization and machine learning. Addison Wesley, 1972.

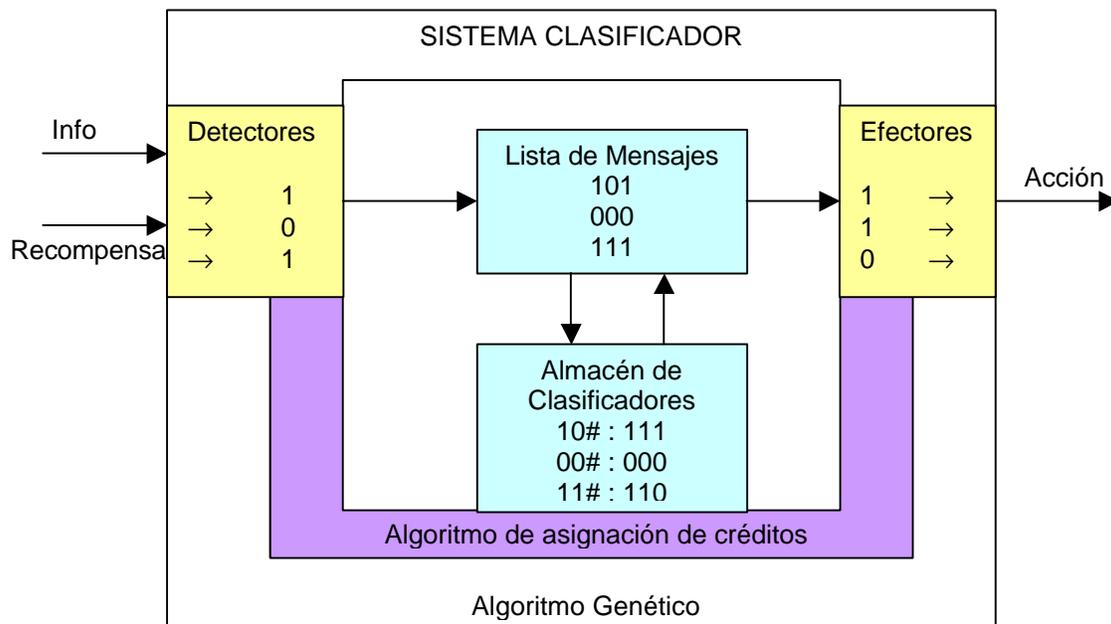


Figura.12 Esquema de un Sistema Clasificador

El algoritmo presentado por Holland para la asignación de créditos en el sistema clasificador, se llama algoritmo de distribución de apuestas. Consta de dos etapas. En la primera los clasificadores activados por el mensaje enviado desde el almacén, realizan una subasta, haciendo apuestas para escoger el más apropiado para responder dicho mensaje. Sus apuestas son proporcionales al valor de la ganancia que posee en ese momento. De esta forma, los que han acumulado un mayor mérito, tienen mayor probabilidad de ser escogidos. Posteriormente, viene la casa de compensación, en la cual, el clasificador activado paga su apuesta a aquellos clasificadores que enviaron mensajes que coincidieron con su condición. La regla de modificación de la ganancia S_i del clasificador i está dada por: $S_i(t+1) = S_i(t) - B_i(t) + R_i(t)$. Siendo B_i el valor de la apuesta, proporcional a su ganancia, $B_i(t) = k S_i(t)$. Y R_i es el beneficio que recibe el clasificador, ya sea por pagos de otros clasificadores o premios del ambiente. Se tiene entonces que $S_i(t+1) = (1 - k) * S_i(t) + R_i(t)$. S_i a su vez representa la aptitud del individuo. El último componente de este sistema, es el AG, utilizado para introducir nuevos clasificadores al sistema, que posiblemente consigan una mejor ganancia. Este AG, se invoca cada cierto número de pasos; la función de aptitud utilizada por cada individuo de la población es su ganancia. La única diferencia con un AG tradicional, es que en la mutación se puede incluir un nuevo símbolo, el comodín #.

1.4. PARADIGMA ORIENTADO A OBJETOS COMO FUNDAMENTO PARA EL MODELAMIENTO DEL MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO

1.4.1 Modelado de Objetos

Fundamentos del Modelado de Objetos

El modelado de objetos, emplea ciertos conceptos bastante precisos, los cuales se definen a continuación⁶⁸:

Método: Proceso disciplinado para generar un conjunto de modelos que describen varios aspectos de un sistema de software en desarrollo, utilizando alguna notación bien definida.

Metodología: Colección de métodos aplicados a lo largo del ciclo de vida de desarrollo de software y unificados por alguna aproximación general o filosófica. Dentro de las metodologías orientadas a objetos más conocidas se encuentran: Booch'93, OMT, Objectory, Schlaer-Mellor, Team Fusion, Proceso Unificado + UML, OPEN + OML, entre otras.

Notación: es un conjunto de diagramas normalizados que posibilitan al analista o al desarrollador describir el comportamiento del sistema (análisis) y los detalles de una arquitectura (diseño) de forma o no ambigua.

Modelo de procesos: Fases o etapas del desarrollo de software ordenadas cronológicamente para desempeñar un proceso.

UML: es el lenguaje de modelado unificado que fusiona principalmente las notaciones de Booch, Rumbaugh y Jacobson, pero pretende dar una visión más amplia de los mismos. Este lenguaje sirve para Visualizar, Especificar, Construir y Documentar proyectos de software.

(Si requiere mayor información sobre el paradigma Orientado a Objetos consulte el Anexo D ó la Guía de Usuario de UML escrita por Booch, Rumbaugh y Jacobson).

1.4.2 Modelo de Procesos y Metodología que se empleará en el Desarrollo del Proyecto

En cuanto al modelo de procesos que se empleará en el desarrollo del material educativo, se toma como referencia varios autores que han tratado el tema, por ejemplo Jaime Prilusky⁶⁹ y Alvaro Galvís⁷⁰ quién describe el desarrollo de un MEC, el cual consta de las siguientes etapas:

Análisis de necesidades educativas: justificación de la introducción del MEC al proceso enseñanza-aprendizaje. Sus principales etapas son consulta de fuentes de información e identificación de problemas, análisis de las causas de los problemas detectados, análisis de alternativas de solución, delimitación del papel del computador, gestión de requerimientos y planeación del desarrollo del MEC.

Diseño: Consta de diseño educativo (contenido y tratamiento de temas), diseño de comunicación (manejo de interacción entre usuario y programa) y diseño computacional (diseño del software, empleando algún formalismo estándar) .

⁶⁸ BOOCH, G, RUMBAUGH, J y JACOBSON I. The unified modeling language user guide. Addison Wesley. 1999. p, 12.

⁶⁹ PRILUSKY, Jaime. "A Practical Guide for Developing Educational Software", 1996, p, 273..

⁷⁰ GALVIS, Op.cit., p, 151.

⁹¹ PRESSMAN, Roger S. Ingeniería del Software. Un enfoque Práctico. Editorial McGraw Hill 4º Edición. 1998. p, 28.

Desarrollo: Los integrantes se encargarán de implementar una metodología informática. Deben emplearse estándares y debe hacerse documentación (manual del usuario y de referencia técnica).

Prueba piloto: Esta prueba se realiza a una muestra representativa de los usuarios y permite detectar fallas. Incluye preparación, desarrollo, análisis de resultados y mejoras al MEC.

Prueba de campo: Esta prueba la realizan los usuarios escogidos en la muestra, debe incluir logística (políticas de asignación de recursos) y métodos de evaluación y mejoramiento del MEC.

Este modelo de procesos es bastante similar al modelo en cascada⁷¹ el cual plantea las fases típicas del ciclo de vida del software con realimentación en cada una de las fases. La metodología que se desarrollará es el Proceso Unificado del Software⁷², la cual se caracteriza por:

- Estar dirigida a los casos de uso: estos se utilizan para establecer el comportamiento deseado del sistema, para verificar y validar la arquitectura del sistema, para las pruebas y para la comunicación entre las personas involucradas con el proyecto.
- Estar centrado en la arquitectura: la arquitectura se utiliza para conceptualizar, construir, gestionar y hacer evolucionar el sistema en desarrollo.
- Es iterativo e Incremental: Un proceso iterativo es aquel que involucra la gestión de un flujo de ejecutables, un proceso incremental es aquel que involucra la continua integración de la arquitectura del sistema para producir esos ejecutables, donde cada ejecutable incorpora mejoras incrementales sobre los otros. Un proceso iterativo e incremental está dirigido por el riesgo, lo que significa que cada versión se encarga de atacar y reducir los riesgos más significativos para el éxito del proyecto.
- Se descompone en fases. Una fase es el intervalo de tiempo entre dos hitos importantes del proceso donde se cumple un conjunto de objetivos bien definidos, se completan los artefactos y se toman decisiones acerca de pasar o no a la siguiente fase.
- Se desarrollan principalmente cuatro fases:
 - Iniciación o concepción del problema
 - Elaboración: modelo del dominio del problema
 - Construcción: se realizan las iteraciones del proyecto
 - Transición: se realiza el afinamiento y empaquetamiento del software.

Una iteración es un conjunto bien definido de actividades, con un plan y unos criterios de evaluación bien establecidos que acaba en una versión ya sea interna o externa.

⁷² BOOCH, TUMBAUGH y JACOBSON. Op. Cit. . Capítulo 2 Apéndice C.

2. ANÁLISIS Y MODELADO ORIENTADO A OBJETOS DEL MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO (ETAPA DE INICIACION)

La etapa de Análisis es de gran importancia, ya que es en ella donde se identifican los requerimientos de los usuarios finales y por ende se establece el comportamiento deseado del sistema. El análisis sirve de esqueleto para el desarrollo del resto del proyecto, gracias a que define las funcionalidades básicas y los actores que intervienen en el funcionamiento del sistema.

2.1 AMBITO DEL PROYECTO

2.1.1 Contexto en el cual se desarrollará el Proyecto

El desarrollo del MEC pretende servir de apoyo a la enseñanza de las operaciones básicas en aritmética (adición, sustracción, multiplicación y división de números naturales) con el fin de suplir en alguna medida las necesidades educativas de los estudiantes y profesores en esta área. El desarrollo del MEC se enfocará en los lineamientos académicos correspondientes al grado 4° de primaria. La razón por la cual se ha elegido este grado en especial se debe a dos factores importantes, el primero obedece a que la educación hasta 3° de primaria es integral, es decir, los temas que pertenecen al área de matemáticas no se ven por aparte, sino que por disposición del Ministerio de Educación Nacional, deben tener relación con otras materias como sociales, ciencias naturales o español y por lo tanto se sale del alcance del proyecto ya que se debería interrelacionar la enseñanza de las operaciones básicas con otros temas. Después de esto, sólo quedarían los grados 4° y 5° de primaria, debido que en los grados de bachillerato, estos conocimientos ya deben estar afianzados. En el grado 5°, la enseñanza de las operaciones básicas, requiere ciertos conocimientos los cuales pueden aún estar débiles desde los grados anteriores, por tal motivo se decidió desarrollar el MEC para el grado 4° de tal forma que en 5° grado se posean ciertas estructuras mentales requeridas para la solución de problemas con mayor complejidad, sin embargo, el MEC se podrá emplear en el grado 5° si el profesor lo ve apropiado. La Institución Educativa que se ha seleccionado para este fin es el Colegio El Minuto de Dios¹. La razón principal de trabajar allí se debe a que cumplen con ciertos requisitos computacionales, de planta física y de preparación del cuerpo docente, que en muchas instituciones, sobre todo en aquellas del tipo público, no poseen.

¹ Este colegio se encuentra ubicado en la Transv 74 # 82B - 05

2.1.2 Análisis de Necesidades Educativas

Kaufman² concibe una necesidad educativa como la discrepancia entre un estado educativo ideal (debe ser) y otro existente (realidad). Por consiguiente, su determinación debe llevar a resolver tres interrogantes que a continuación se mencionan: ¿qué es lo ideal? (meta o aprendizaje esperado), ¿qué de esto se puede satisfacer con lo que existe? (lo que se puede aprender o lograr con los medios y actividades aplicables) y ¿qué falta por alcanzar? (la necesidad educativa). De este modo, la determinación de necesidades educativas en el entorno de enseñanza-aprendizaje es equivalente al establecimiento de lo que hay que aprender con apoyo de un ambiente y actividades educativas. Para determinar las necesidades educativas que conviene atender con apoyos informáticos, se empleará la metodología descrita por Galvis³, la cual se ilustra a continuación:

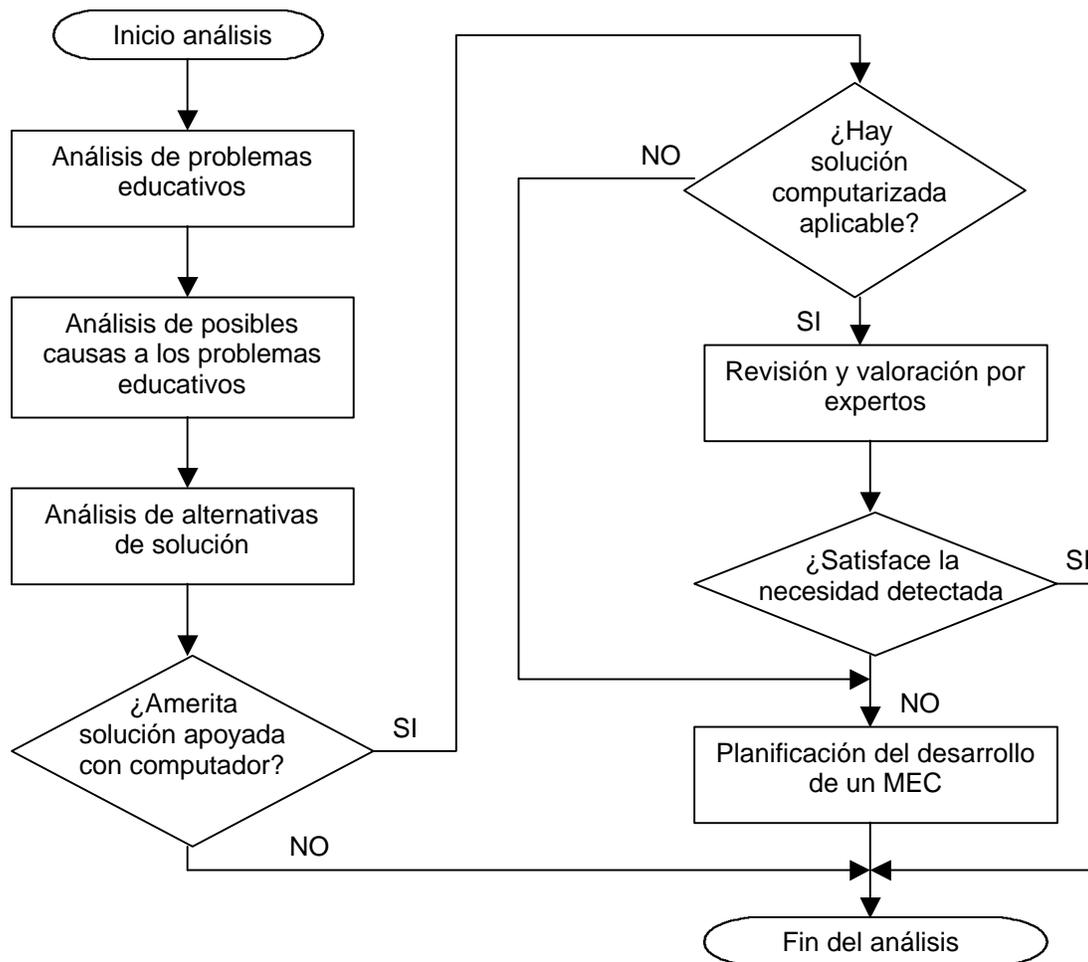


Figura 13. metodología para la identificación de necesidades educativas

² KAUFMAN, R.A. Needs Assesment.: What it is and How to do it. 1976. p, 148.

³ GALVIS, Op.cit. p, 124.

El análisis de necesidades educativas es el primer paso del proceso sistemático para la selección o desarrollo de materiales educativos computarizados. En él se identificarán las debilidades o deficiencias del sistema educativo existentes y sus posibles causas y soluciones. Entre estas últimas se analizará la conveniencia de usar el computador y de qué manera, o para que cumpla qué función. La creación de ambientes de enseñanza-aprendizaje apoyados con computador tiene sentido si responde a necesidades educativas prioritarias y relevantes, y no existe otra solución que las satisfaga.

IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES EDUCATIVAS

Una etapa que antecede el inicio del análisis es clarificar detalladamente qué es lo deseable de aprender como fruto de un proceso de enseñanza – aprendizaje. Para determinar esto, se recurrirá al plan curricular de matemáticas de 4° de primaria de la Institución Educativa Colegio El Minuto de Dios y a los lineamientos curriculares propuestos por el Ministerio de Educación Nacional donde se especifican los propósitos educativos, los contenidos, la secuenciación, la metodología, los recursos didácticos y la evaluación por logros e identificadores. (Ver Anexo E numeral 1).

2.1.2.1 Análisis de Problemas Existentes

Para la identificación de los problemas existentes en el aprendizaje de las operaciones básicas en aritmética, se tuvo en cuenta dos instrumentos de recolección de datos: El primero de ellos es la Evaluación de Competencias Básicas en el área de matemáticas realizada por la Secretaría de Educación y la Alcaldía Mayor de Bogotá. El segundo es una serie de encuestas y pruebas académicas que realizamos a estudiantes y profesores de 4° de primaria del Colegio El Minuto de Dios.

1. EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS BASICAS⁴

Con la evaluación de competencias básicas se busca promover un proceso educativo que suscite en todos los alumnos la comprensión de los conceptos claves de las diferentes áreas, y el consecuente desarrollo de los desempeños en el análisis y resolución de problemas. Para establecer qué debía evaluarse, se tomaron como referente los indicadores de logro pertinentes, así como los lineamientos curriculares de las áreas evaluadas. A partir de allí, en cada área se definieron las competencias que debían evaluarse y los desempeños mediante los cuales se reconocería el nivel de desarrollo de dichas competencias.

⁴ Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaría de Educación. Proyecto Evaluación Competencias Básicas: Resultados grado Cuarto y Quinto. Bogotá abril 2001

El proceso de calificación consiste en revisar las respuestas dadas por los estudiantes y asignar a cada uno de ellos un puntaje. Para definir el puntaje de cada uno de los estudiantes evaluados, y considerando que la simple sumatoria de las respuestas correctas no refleja la complejidad de los ítems, se asignó un valor ponderado a cada ítem, según el nivel de competencia al cual corresponde en la estructura teórica de la prueba y dependiendo del grado de dificultad observado en su análisis estadístico. De esta manera, el puntaje individual refleja no solo el número de respuestas correctas sino también, su grado de complejidad teórica. De este modo, respuestas correctas a ítems con altos grados de dificultad significan niveles altos de desarrollo de las competencias.

El proceso de aplicación de la prueba se llevó a cabo desde la localidad 1 de Usaquén hasta la localidad 20 de Sumapaz arrojando los siguientes resultados globales. Se presenta además el promedio de puntajes obtenidos del total de estudiantes por localidad (en una escala de 0 a 306 puntos) y la desviación estándar de los datos.

COD.	NOMBRE	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	ESTUDIANTES DE CUARTO	ESTUDIANTES DE QUINTO	TOTAL
1	Usaquén	179.41	59.10	5425	5501	10926
2	Chapinero	185.06	59.93	1280	1288	2568
3	Santafé	175.38	62.12	1826	1755	3581
4	San Cristobal	173.09	61.46	8252	7843	16095
5	Usme	170.04	64.57	6310	5931	12241
6	Tunjuelito	179.74	61.91	4001	3950	7951
7	Bosa	176.79	62.03	7482	7069	14551
8	Kennedy	178.24	62.01	10844	10814	21658
9	Fontibón	177.08	58.98	3646	3584	7230
10	Engativa	179.70	61.57	10229	10107	20336
11	Suba	183.03	61.15	10950	10164	21114
12	Barrios Unidos	175.63	57.35	2470	2566	5036
13	Teusaquillo	180.48	57.61	1518	1417	2935
14	Los Mártires	173.28	57.74	1708	1831	3539
15	Antonio Nariño	178.66	63.07	1754	1796	3550
16	Puente Aranda	176.45	58.19	4551	4539	9090
17	La Candelaria	173.74	58.76	761	730	1491
18	Rafael Uribe Uribe	176.13	60.86	7374	6966	14340
19	Ciudad Bolívar	178.52	63.35	8983	8309	17292
20	Sumapaz	135.14	49.13	60	34	94
TOTAL		177.71	61.39	99423	96194	195617

Tabla 7. Número de Estudiantes Evaluados por grado y localidad

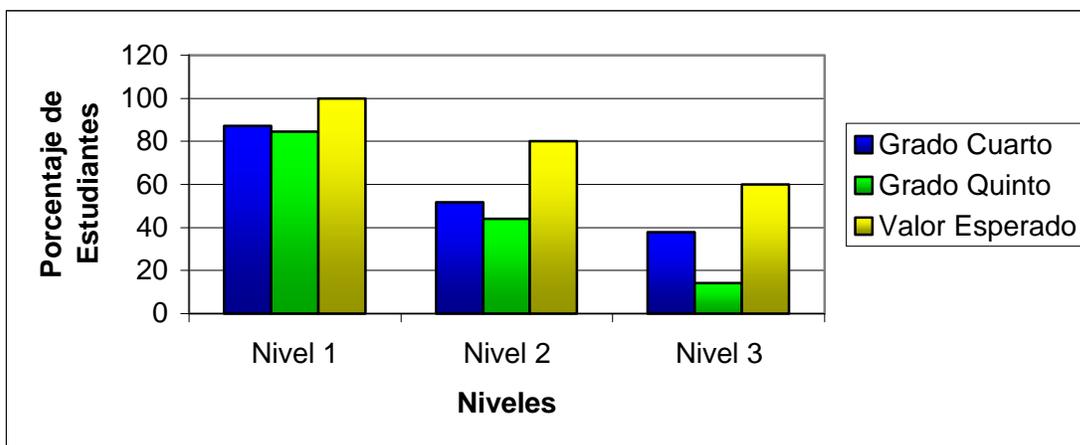
La prueba del Área de Matemáticas se dividió en dos componentes: ítems de opción múltiple y producción y resolución de problemas. La calificación de la prueba en el componente de ítems de opción múltiple, permite abordar los resultados desde dos aspectos: La aprobación o no de niveles de competencia y la descripción del porcentaje de estudiantes que responden correctamente los

desempeños descritos para cada nivel de competencia. Dentro de esta prueba se analizaron los siguientes niveles de competencia:

NIVELES	COMPETENCIA PARA
UNO	Reconocer, distinguir y describir objetos matemáticos: atributos, propiedades y operaciones.
DOS	Usar conocimientos y procedimientos para contrastar, clasificar y conjeturar resultados matemáticos y establecer relaciones entre diferentes representaciones.
TRES	Construir modelos, hacer generalizaciones, argumentar e inventar y resolver problemas.

Tabla 8. Niveles en Matemática: Competencia significativa

A continuación se presentan los resultados en porcentaje de estudiantes que superan cada nivel de competencia. Para facilitar el análisis se tomará como punto de reflexión cada nivel recordando su naturaleza.



	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Grado Cuarto	87,19	51,79	37,72
Grado Quinto	84,58	44,16	14,11
Valor Esperado	100	80	60

Gráfico 1. Porcentaje de Estudiantes que superan cada nivel de competencia en Matemáticas

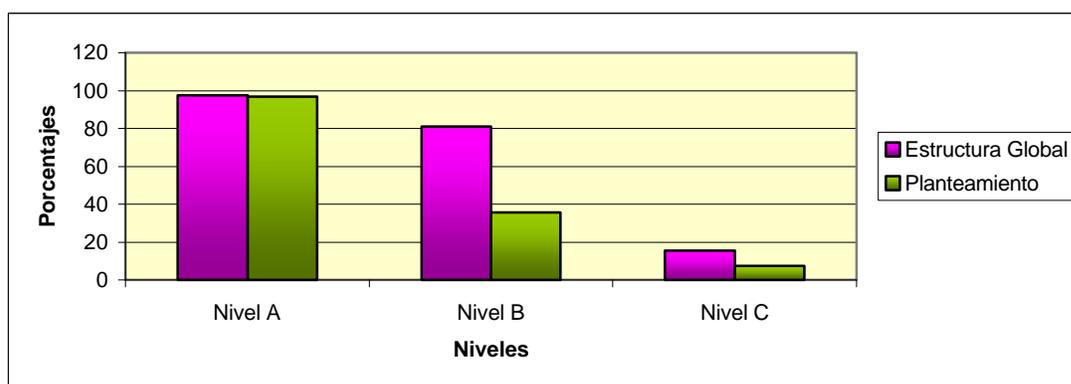
En el Análisis de la Producción y Resolución de Problemas en niños de grado cuarto y quinto, se estudiaron dos aspectos: la representación y la invención y resolución de problemas. En las representaciones de estos niños, se estudiaron dos categorías: La Estructura Global de la representación (diagrama o modelo de una situación problemática) y el Planteamiento (descripción de la situación que puede ser un dibujo o en forma escrita). A continuación se presenta una rejilla que contiene los criterios de calificación de la producción escrita de los niños de cuarto y quinto, para calificar la representación al problema siguiente: "Haz un dibujo de tu barrio, señala tu casa y

tu escuela. Inventa y resuelve un problema de matemáticas empleando las operaciones básicas, relacionado con tu barrio”⁵.

	Niveles en los que se clasifica cada estudiante		
	A	B	C
ESTRUCTURA GLOBAL DE LA REPRESENTACION	El niño Realiza una descripción y elabora un dibujo no relacionado con el problema o no presenta dibujo	El niño realiza un dibujo general pero no relacionada con respecto al problema.	El niño Elabora un dibujo o un plano con detalles y señala sitios mencionados.
PLANTEAMIENTO QUE REPRESENTA EN LA DESCRIPCIÓN Ó QUE COMUNICA CON EL DIBUJO	Presenta un enunciado sin referencias relativas al barrio, la casa o la escuela. O dibuja sitios sin sugerir distancias o ubicaciones relativas.	Hace una descripción adecuada donde indica claramente la ubicación relativa de sitios mencionados. Elabora un plano o dibujo del barrio con referencias incompletas a ubicaciones o distancias relativas.	Elabora un plano o dibujo del barrio, señalando ubicaciones y distancias relativas, empleando las operaciones aritméticas.

Tabla 9. Rejilla de Evaluación de la Representación en grado Cuarto y Quinto de Primaria.

A continuación, los porcentajes de estudiantes que superan cada nivel de acuerdo con las categorías que se definieron.



	Nivel A	Nivel B	Nivel C
Estructura Global	97,4%	81,04%	15,43%
Planteamiento	96,76%	35,71%	7,25%

Gráfico 2. Porcentaje de estudiantes que superan cada nivel de competencia en cada categoría.

Un porcentaje muy próximo al 100% de los niños, elabora un dibujo; aunque unos pocos no tienen en cuenta el contexto sugerido en las condiciones iniciales, el 81.04% ubica la casa y la escuela, sin determinar o señalar necesariamente ubicaciones relativas, es decir, supera el nivel B. También

⁵ Ibid. p. 95.

es importante señalar, que a pesar de estar en un grado superior, tan solo un 15.43% de los niños elabora un dibujo (o un plano con detalles) y señala claramente los sitios mencionados, esto es, supera el nivel C.

2. ENCUESTAS Y PRUEBAS ACADÉMICAS REALIZADAS A ESTUDIANTES Y PROFESORES

Para el desarrollo tanto de las Encuestas como de las Pruebas de Conocimientos, se trabajó con una población de 9 profesores del área de matemáticas básicas y con 178 estudiantes del grado 4° de primaria. (Los Formatos de las encuestas y Test de conocimientos se encuentran en el Anexo E numeral 2).

Diseño de Encuesta a Profesores (Formato MEC1 Anexo E)

Objetivos:

1. Identificar los problemas existentes en la enseñanza de la aritmética básica tomando como referencia los parámetros que describe los lineamientos curriculares.
2. Identificar la metodología empleada por el profesor para la enseñanza de su materia.
3. Identificar las estrategias pedagógicas y los recursos didácticos en que se apoya el profesor para el proceso de enseñanza.

Resultados de la Encuesta a Profesores

Los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados se presenta a continuación:

Objetivo 1 (preguntas 1 – 2 del Formato MEC1):

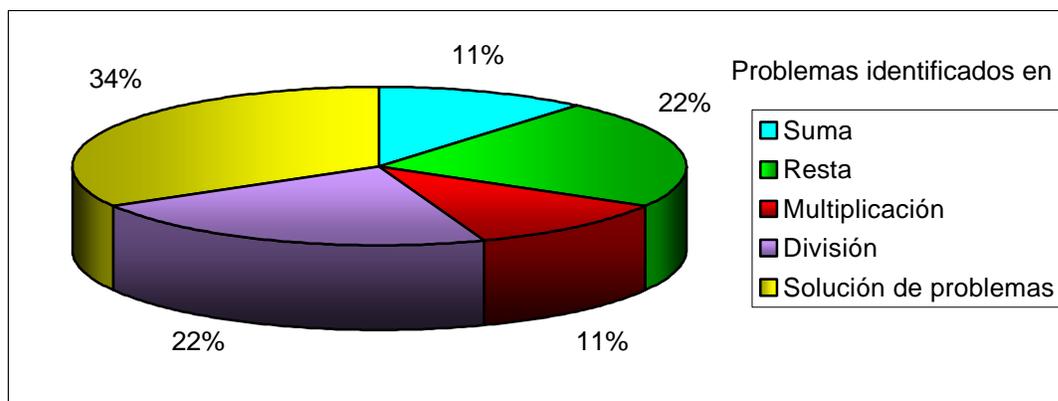


Gráfico 3. Problemas detectados en el aprendizaje de las operaciones básicas

Objetivo 2 (preguntas 3 – 12 Formato MEC1)

El 100% de los profesores emplea un Modelo Pedagógico Tradicional, basado en la Teoría Conductista, el cual se retroalimenta por medio de la evaluación escrita y algunas veces en forma oral. La individualización o personalización del ritmo de enseñanza es Imposible llevar a cabo por falta de medios educativos para identificar las necesidades personales. Dentro de las actividades realizadas por el profesor para enseñar su materia se tiene:

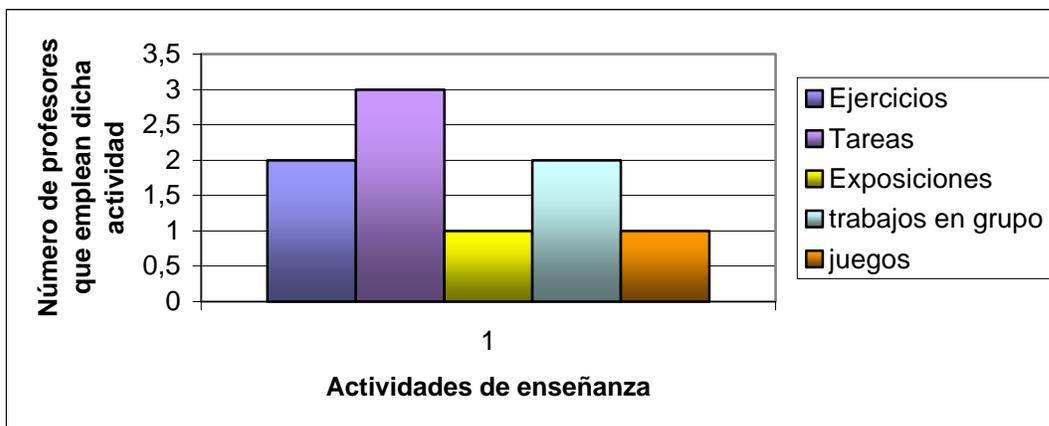


Grafico 4. Actividades desarrolladas en la enseñanza de la materia.

Objetivo 3 (14 – 18 Formato MEC1):

El 80% de los profesores afirman no tener ningún conocimiento relacionado con computadores. El otro 20% afirma emplear únicamente el procesador de textos. Ninguno de los profesores ha trabajado con Software Educativo ni en proyectos de Informática Educativa, aunque les parece necesario su inclusión en el proceso enseñanza-aprendizaje. Como Recursos Didácticos empleados para la enseñanza se tienen:

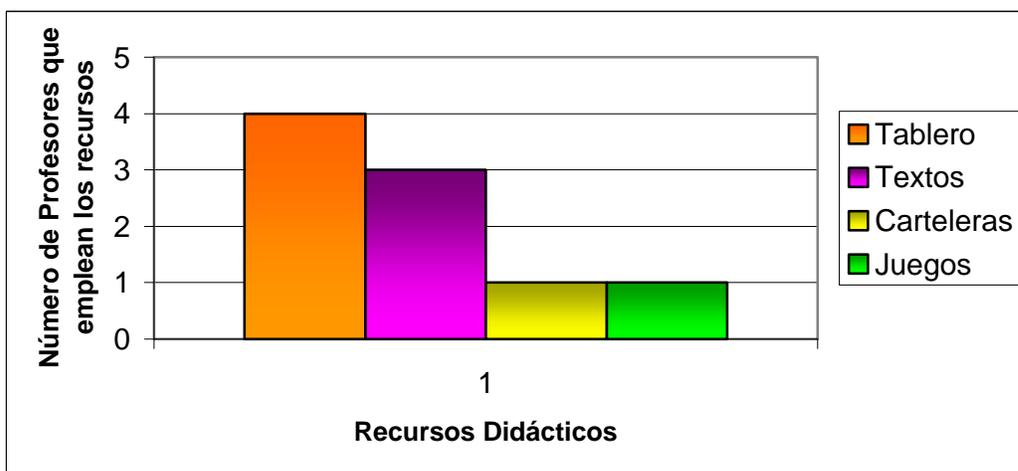


Grafico 5. Recursos Didácticos empleados por el profesor

Objetivos:

1. Identificar las posibles razones por las cuales las matemáticas no resultan motivantes para el alumno.
2. Identificar el tipo de material didáctico que despierta mayor interés en el estudiante
3. Identificar los ambientes lúdicos de mayor atracción para el alumno.

Resultados De La Encuesta A Estudiantes

Objetivo 1: (preguntas 1,2,4,5 Formato MEC2)

De la población observada (178 estudiantes), el 68.2% de los encuestados coincidió con una respuesta de desagrado por las matemáticas por diferentes razones como se describe en el gráfico 6. Por otra parte, se observó que la mayoría de los estudiantes (78%) considera un factor motivante de la materia el hecho de realizar una clase no monótona enriquecida con diversas actividades y de entender fácilmente lo que el profesor explica.

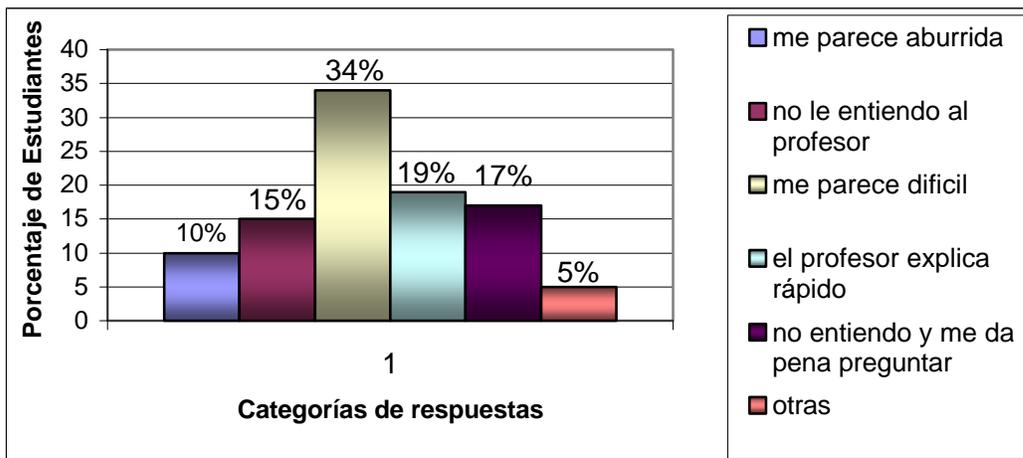


Gráfico 6. Respuestas a la pregunta 1: ¿Cómo te parece la clase de matemáticas?.

Objetivo 2: (preguntas 3, 6, 7 Formato MEC2)

Un 83.6% de los estudiantes encuestados, coinciden en afirmar que el material didáctico que más les gusta para aprender una materia son los juegos, y un 73%, el uso del computador. A continuación se presenta el porcentaje de respuestas a la pregunta 7:

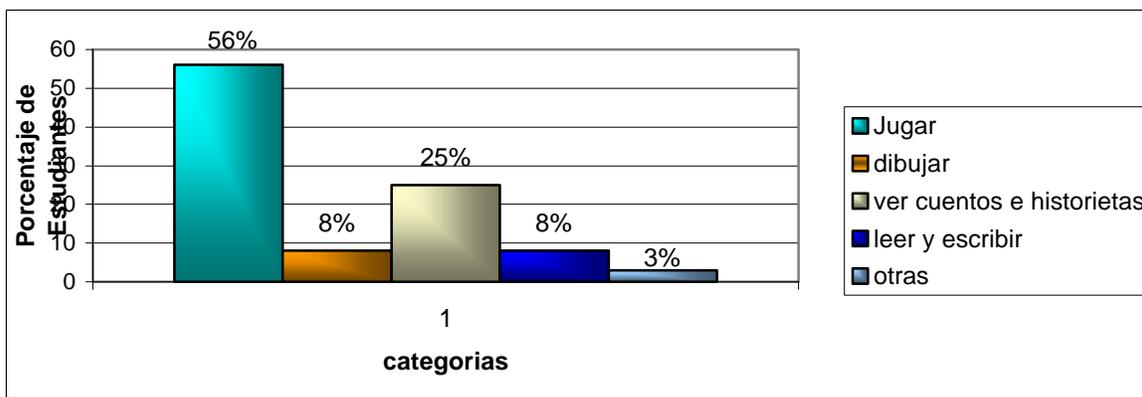


Gráfico 7. Respuestas a la pregunta 7

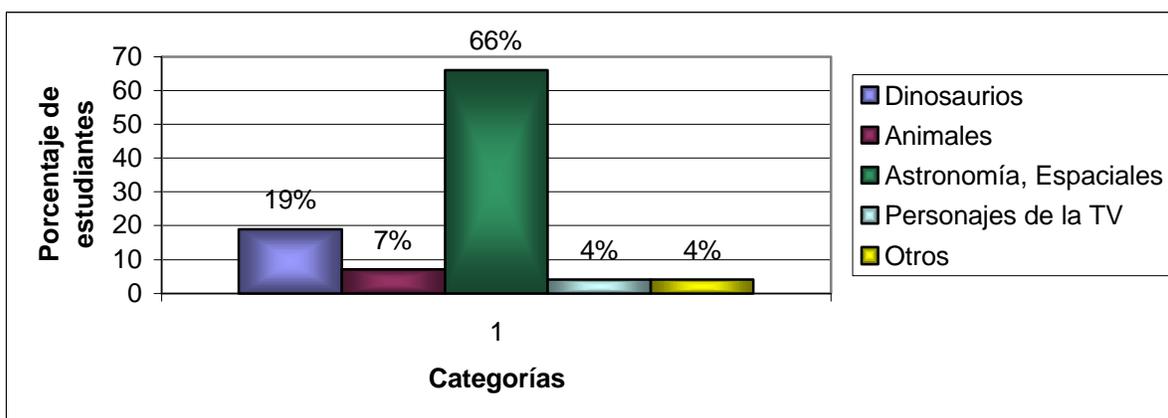
Objetivo 3: (pregunta 8)

Gráfico 8. Respuestas a la pregunta 8: tema preferido para los juegos.

Diseño de la Prueba de Conocimientos para Estudiantes (Formato MEC3 Anexo E)

Tomando como referencia los Lineamientos Curriculares, se planteó el formato de prueba de conocimientos y los siguientes objetivos, los cuales pretenden evaluar los niveles de logro en cada caso y detectar las metas problemáticas de lograr, así como las inconsistencias entre los datos.

Objetivos:

1. Determinar el nivel de conocimientos básicos en el área de las matemáticas, identificando la comprensión del niño acerca de los números y las operaciones.
2. Determinar el nivel de procesos generales en el aprendizaje de las operaciones básicas en el alumno, identificando la forma en que resuelve problemas, su razonamiento, modelamiento y la elaboración, comparación y ejercitación de procedimientos.

Resultados de la Prueba de Conocimientos

Objetivo 1 (preguntas 1 – 4 Formato MEC3)

A continuación se presenta un gráfico del porcentaje de estudiantes que identifica bien el uso de cada una de las operaciones básicas.

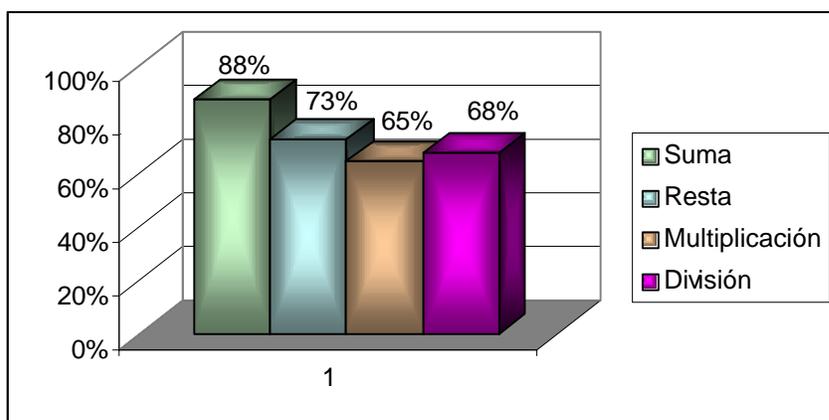


Gráfico 9. Resultados Objetivo 1.

Objetivo 2 (preguntas 5 – 22 Formato MEC3)

En este objetivo se analizaron varios aspectos:

- Solución de Problemas y modelación (pregunta 6). En este ejercicio se intentó observar las estrategias de solución de problemas empleadas por el alumno, además se buscó identificar si el alumno empleaba un modelamiento para desarrollar el problema. Por ejemplo en el problema 6: la suma de todos los huevos da 144, y algún alumno podría modelar la última pregunta de la siguiente forma:

$144 \div 12 = ?$ cuya respuesta es 12, y como se vendió la docena a \$62, entonces $12 \times 62 = ?$, generaría la respuesta \$744. El 100% de los estudiantes no empleó un modelamiento formal del problema, simplemente se dedicaron a realizar las operaciones y el modelamiento lo hicieron mentalmente. Las posibles estrategias de solución son las siguientes:

Estrategia 1: sumar las diferentes cantidades de huevos que se recogieron diariamente, luego, dividir este número entre 12 y por último multiplicar el resultado por 62.

Estrategia 2: sumar las diferentes cantidades de huevos que se recogieron diariamente, luego, multiplicar este número por 62 y por último dividir el resultado entre 12.

Estrategia 3: sumar las diferentes cantidades de huevos que se recogieron diariamente, luego, dividir 62 entre 12 (ganancia por unidad) y el resultado multiplicarlo por la suma total de huevos de los seis días.

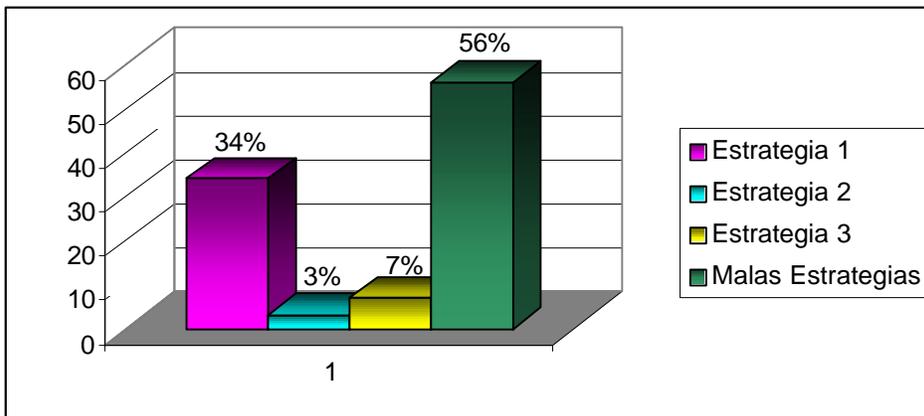


Gráfico 10. Estrategias de solución al problema de la pregunta 6.

- Razonamiento (*preguntas 5, 7 y 8 Formato MEC3*). En este aspecto se detectó que la gran mayoría de alumnos no identifican las reglas que deben emplear para realizar el ejercicio, por ejemplo, en el ejercicio 5, los estudiantes no tenían en cuenta que para desarrollar el mategrama deben coincidir las respuestas tanto en las filas como en las columnas generando así resultados erróneos (aunque hubieran desarrollado bien el procedimiento aritmético).

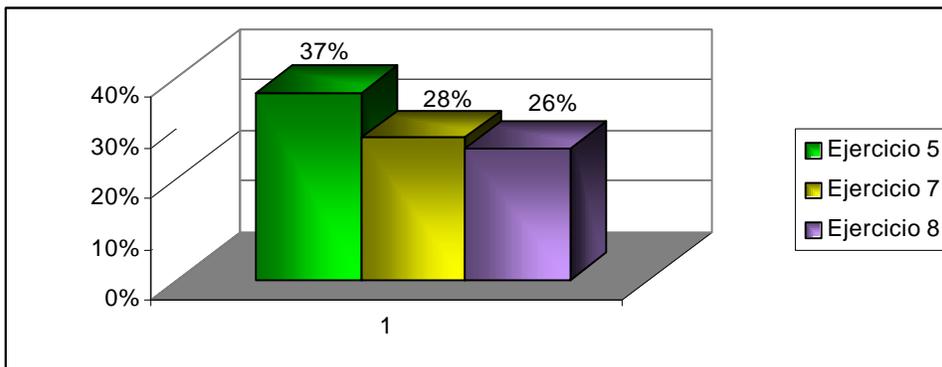


Gráfico 11. Porcentaje de estudiantes por ejercicio que obtienen bien la respuesta

- Ejercitación de procedimientos. (*preguntas 9 – 22 Formato MEC3*). En el desarrollo de procedimientos aritméticos se evidenció una gran deficiencia en la solución de sustracciones y divisiones principalmente.

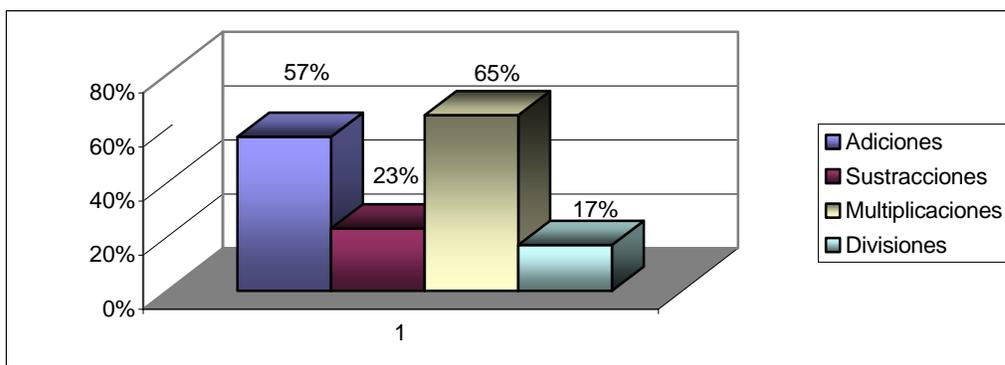


Gráfico 12. Porcentaje de estudiantes que realizan bien determinada Operación.

2.1.2.2 Análisis de posibles causas de los problemas detectados

Para poder atender las necesidades o resolver los problemas detectados, es imprescindible saber a qué se deben y qué puede contribuir a su solución. En particular interesa resolver aquellos problemas que están relacionados con el aprendizaje, en los que eventualmente un MEC podría ser de utilidad. Para determinar las posibles causas a los problemas, se tuvo en cuenta las ideas de Bloom⁶ respecto a variables independientes que inciden en los resultados del aprendizaje, como se ilustra a continuación.

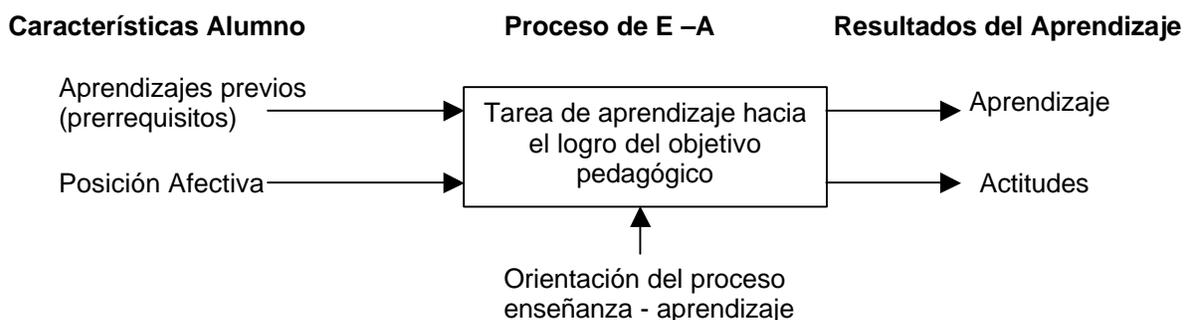


Figura 12. Variables que intervienen en el proceso de aprendizaje.

1. Aprendizajes previos: la gran mayoría de los alumnos de 4° primaria del Colegio Minuto de Dios, poseen deficiencias en sus estructuras mentales, sin embargo esto no solo es consecuencia del proceso ejercido durante el año, sino que viene filtrándose desde los primeros años de primaria y aún en preescolar, como se pudo observar en las pruebas de conocimientos básicos.

2. Posición Afectiva con respecto a la materia: En la encuesta realizada a los alumnos, se detectó que un gran porcentaje de estudiantes le tienen fobia a las matemáticas, ya sea porque no las entienden o porque la relación con el profesor no es muy buena, entorpeciendo así el proceso de enseñanza – aprendizaje y alcanzando niveles altos de desmotivación.

3. Orientación del proceso de enseñanza – aprendizaje: respecto a este aspecto se consideraron las siguientes variables:

- Adecuación del Ambiente educativo: El estudiante no aprende las matemáticas dentro de un ambiente experimental ni explorativo, lo que genera que el alumno no asocie las matemáticas a su vida real, y por lo tanto, no encuentre una aplicación útil de éstas para resolver sus problemas cotidianos.
- Modelo Pedagógico en el que se basa la enseñanza: El Modelo Pedagógico empleado principalmente por los profesores del colegio El Minuto de Dios es el Tradicional, donde la labor

⁶ BLOOM, B.S. The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring. Educational Researcher, 1984, p. 3-16.

principal del instructor es determinar la conducta del estudiante para generar mecanismos de retroalimentación. Como se vio anteriormente, el Modelo Tradicional es bastante deficiente y no se adapta a las necesidades del alumno.

- Claridad del material textual, objetivos pedagógicos, explicaciones y orientación del instructor: El material textual posee grandes deficiencias, ya que sólo permite al estudiante seguir un aprendizaje lineal, omitiendo la individualización de la enseñanza a cada alumno. El profesor intenta remediar la acción rígida del material textual, pero es bastante difícil que éste sea capaz de identificar las características individuales de sus alumnos, ya que por salón son aproximadamente 35 estudiantes y en un período de 90 minutos sería ineficiente, además de imposible, que el profesor detectara las fallas de cada alumno.
- Coherencia entre objetivos pedagógicos, procedimientos y técnicas de evaluación: Aunque este factor se cumple gracias a que los profesores del colegio se rigen en su gran mayoría por los lineamientos curriculares, se detectó una gran falla en el tipo de evaluación realizada. La evaluación es básicamente de tipo formativa, es decir, una evaluación que determina los conocimientos aprendidos durante un período de tiempo. Sin embargo no se realiza una evaluación diagnóstica que determine el proceso de acomodación de las estructuras mentales durante el paso de un estado mental a otro. Tampoco se evalúan ni se intenta entender los planes y estrategias del estudiante empleadas para resolver un problema en especial, ni se verifica el tipo de razonamiento llevado a cabo por el alumno.
- Eventos instruccionales y estrategias didácticas más utilizadas por los profesores, referidos a los objetivos problemáticos. Sobre este aspecto se detallaron:
 - Indicaciones, instrucciones (el modo de impartirlas al educando): Los profesores emplean generalmente un perfil conductista para dar las indicaciones.
 - Participación o práctica del alumno (el aprender haciendo): las actividades de participación son muy esporádicas, y como consecuencia del gran número de estudiantes por salón, resulta bastante difícil que todos participen al menos una vez por clase.
 - El estímulo (presencia de cualquier factor que estimula los procesos de pensamiento de la persona que aprende): El material didáctico utilizado no cumple muy bien con su propósito, ya que no ejerce una motivación intrínseca sobre el alumno. En este caso el estudiante sólo se motiva cuando se realizan actividades extracurriculares para el área de matemáticas (como salidas a Maloka, el Museo de los niños, etc).
 - Sistema de ejercitación y comprobación (pruebas formativas o sumativas que incluyen generalmente preguntas e indicaciones): Los alumnos requieren mayor ejercitación y práctica supervisada de los temas que se ven en clase, de tal forma que afiancen sus conocimientos y equilibren sus estructuras mentales.
 - Corrección (procedimientos correctivos y remediales en términos de sugerencias que se le realizan al alumno acerca de lo que debe hacer, en tiempo y práctica adicional): A pesar de

los ejercicios propuestos por el profesor, el estudiante no corrige sus errores puesto que no es conciente de ellos. En este aspecto no sólo es culpable el profesor sino también el padre de familia que en la mayoría de los casos no orienta a su hijo en el desarrollo de las tareas. La única posible corrección que obtiene el estudiante, es aquella que el profesor realiza de forma general para todos los alumnos, sin detectar los errores individuales cometidos por cada uno y sin generar estrategias remediales individuales.

2.1.2.3 Análisis de Alternativas de Solución

Como fruto de esta etapa se establecerá, para cada uno de los problemas prioritarios, la estrategia y los medios que convienen intentar para su solución. La solución a los problemas detectados no depende solamente de un apoyo informático, sino que también depende de decisiones administrativas adoptadas por la Institución educativa para mejorar el proceso enseñanza – aprendizaje. El estudio realizado solo se centrará en las soluciones de tipo informático, ya que otro tipo de decisión debe ser estudiada por un analista educativo o un comité pedagógico.

Soluciones con Apoyo Informático

Las posibilidades que brindan las herramientas de propósito general (procesadores de texto, hojas de cálculo, graficadores, etc) no son adecuadas y además insuficientes para crear un ambiente educativo informático conveniente, por tal razón se propone desarrollar un MEC que solucione en gran parte los problemas que pueden ser tratados con apoyo informático. Los problemas de motivación pueden atacarse creando micromundos que sean excitantes y significantes para los estudiantes, cuya exploración ayude adentrarse en el contenido de aquello que interesa aprender, o en los que se pueda practicar una destreza hasta lograr un amplio nivel de dominio. Pero también se pueden simular eventos o actividades que normalmente no están a disposición del alumno, en los que puede tomar decisiones y ver el efecto de ellas, sin que esto conlleve peligros, exija gran cantidad de tiempo esperando los resultados o demande costos excesivos. Es posible, asimismo, obtener información de retorno diferencial dependiendo de lo que el educando hace, explicación sobre las reglas que rigen el comportamiento del sistema o hacer seguimiento razonado a las acciones que condujeron a una situación final. Todo esto a un ritmo y secuencia propios, sin que la máquina se canse ni reprima al alumno por avanzar más rápido o despacio que los demás, por ensayar todas las opciones, por insistir en necedades, etc.

Con la ayuda del computador se generarán situaciones vivenciales que estimulen al alumno a alcanzar retos generados por los mismos juegos y micromundos. Por otro lado estos ambientes informáticos proporcionan un nivel alto de interacción con el estudiante, enriqueciendo de esta manera su proceso de aprendizaje.

Una gran ventaja que se obtiene del apoyo del computador en la enseñanza es la solución al problema de la falta de ejercitación y práctica, ya que por medio del MEC será posible llevar a cabo esta tarea. Este tipo de software le ofrece al estudiante la posibilidad de realizar ejercicios contextualizados con la realidad, de tal forma que el alumno pueda afianzar sus conocimientos y generar estructuras mentales sólidas, basadas en la práctica.

Como solución a uno de los mayores problemas observados anteriormente, es decir, la falta de orientación personalizada por parte del profesor, el uso del computador permitirá diseñar sesiones educativas que se ajusten al ritmo de aprendizaje del estudiante, y por medio de las evaluaciones diagnósticas se detectarán los errores cometidos a nivel personal, de tal forma que se puedan aplicar estrategias de retroalimentación individuales.

2.1.2.4 Solución Computarizada Aplicable

Se realizó una revisión de los Materiales Educativos Computarizados aplicables a la solución de los problemas específicos descritos y se encontró que aunque todos ellos poseen elementos que ayudarían a mejorar el proceso de aprendizaje, no cumplen con la totalidad de necesidades educativas mencionadas anteriormente. Algunos de los MEC's que se encuentran bajo estas condiciones son:

- El sistema BUGGY que proporciona un mecanismo para detectar por qué un estudiante comete un error algebraico, en lugar de simplemente identificar el error. Es utilizado para enseñar al profesor a diagnosticar los errores de los alumnos. El sistema no funciona cuando el alumno comete errores totalmente arbitrarios e imprevisibles, según Vaquero⁷.
- Sistema SYLVE desarrollado por el Institut National de Recherche Pédagogique, en Francia. Permite a los alumnos familiarizarse con las técnicas de inferencia y demostración. Detecta y corrige los errores de estructuración lógica que cometen los alumnos. Este software se encuentra en Francés y no posee ambientes multimediales⁸.
- Sistema de ejercitación y práctica para enseñar a resolver problemas de cálculo de áreas de figuras geométricas planas. Se incluye dentro del software la estrategia didáctica que se basa en el Método General en la solución de problemas de Polya. Este MEC no proporciona una individualización de la enseñanza⁹.
- Análisis de errores de conceptos algebraicos, desarrollado por Wenger & Brooks en 1984. Es capaz de clasificar los errores cometidos por el alumno, mostrando el procedimiento correcto para

⁷ VAQUERO, Antonio y FERNÁNDEZ DE CHAMIGO, Carmen. La Informática Aplicada a la Enseñanza.. Eudema S.A. Madrid, 1987, P 39

⁸ Ibid, p, 89.

⁹ ALVAREZ, María del Carmen. Microcomputadora y Construcción del Conocimiento. Méjico, Revista Camaleón marzo 1988. p, 32-64

la solución del problema tratado por el alumno. Este MEC está diseñado para estudiantes de secundaria únicamente y está disponible en inglés¹⁰.

- Mates Blaster en Busca de Positrón. Presenta 6 niveles de dificultad en la resolución de ejercicios de suma, resta, multiplicación, división y estimaciones utilizando números naturales, decimales y fraccionarios. Es un software bastante didáctico, aunque no proporciona al estudiante ayuda en la solución de los problemas ni brinda una retroinformación completa.
- Sistema TRIP desarrollado en California se utiliza para enseñar a los alumnos a plantear una ecuación a partir del enunciado de un problema. Este MEC sería útil para la enseñanza de resolución de problemas, aunque se encuentra enfocado para estudiantes de secundaria únicamente. Además sus versiones son en inglés¹¹.
- Dictagramas Matemáticos: Busca introducir al estudiante a los conceptos de número, operación, deducción y demostración dentro de un ambiente atractivo de trabajo en el que él reconoce los conceptos únicamente después de haberlos trabajado y descubierto dentro del juego. Este MEC es bastante eficiente e interactivo, aunque no detecta los errores individuales cometidos por el estudiante y no posee mecanismos de retroalimentación¹².
- Por otra parte, en Colombia, la empresa desarrolladora de software educativo Kimera diseña software multimedial para niños enfatizado en la ejercitación y práctica. Aunque algunas de sus creaciones proponen técnicas de Inteligencia Artificial para mejorar el desempeño del software, aún no cubren todas las necesidades educativas, tales como la evaluación de diagnóstico, el empleo de micromundos Explorativos, entre otros.

Cuando no se identifica un MEC con el cual satisfacer la necesidad, como es el caso, se procede a plantear el desarrollo de un MEC (Algorítmico , Heurístico o combinación de ambos) el cual supla las necesidades educativas identificadas.

2.1.2.5 Especificación Funcional del MEC a desarrollar

Perfil Psicopedagógico en el Cual se fundamentará el Material Educativo Computarizado

Analizando las deficiencias que posee el Modelo Pedagógico Tradicional el cual puede ser causa primordial de los problemas detectados en el aprendizaje de las matemáticas básicas, se propone cimentar el MEC bajo un modelo cognitivo-constructivista, como lo sugiere los lineamientos curriculares. El MEC tendrá como objetivo facilitar la labor del estudiante al construir su propio

¹⁰ HITT, Fernando Antonio. Las Microcomputadoras en la Educación Matemática. En: Segundo Simposio Internacional Sobre Investigación en Educación Matemática. 1991. p, 78.

¹¹ VAQUERO, Op.cit, p, 52.

¹² GÓMEZ, Pedro. Dictagramas Matemáticos. Revista Informática Educativa, Bogotá. 1990, p, 36.

conocimiento, por medio de elementos como acciones, procesos, situaciones cotidianas, objetos y redes conceptuales ya estructuradas. El MEC también se apoyará en Teorías del Aprendizaje con el fin de prestar una mejor tutoría al estudiante al tratar de entender sus propósitos. Principalmente se empleará la taxonomía de Gagné, enunciada anteriormente, la cual proporciona guías valiosas para el desarrollo de ambientes multimediales, como lo son las fases del aprendizaje y sus respectivos eventos de instrucción. Esta taxonomía posee indicadores importantes para determinar el estado cognoscitivo del alumno. Sin embargo el desarrollo del MEC no sólo se apoyará en esta teoría, sino que se basará en los aportes hechos por otras teorías cognoscitivas. La elaboración del contenido temático que enseñará el MEC, tendrá en cuenta el estadio cognoscitivo en el que se encuentra la población objetivo, es decir, entre los 9 y 11 años, y que según Piaget es una edad donde el Pensamiento Simbólico, Intuitivo y de Operaciones Concretas, emerge. La teoría de Aptitud y Tratamiento ofrece una serie de variables de aprendizaje identificadas en los alumnos, que son de gran ayuda para generar las estrategias pedagógicas, las cuales se deben ajustar a las características de aprendizaje de cada individuo. La idea no consiste en regirse por una sola teoría, ya que todas son de gran ayuda, por tal motivo el MEC se fundamentará en aquellos parámetros más relevantes enunciados por estas teorías cognoscitivas.

Tipo de MEC que se ajusta a las necesidades educativas

Observando los problemas identificados en el aprendizaje de las matemáticas básicas, se aprecia que un factor importante que tiene que atender el MEC es la individualización de la enseñanza. Por tal motivo se amerita el desarrollo de un MEC tipo Sistema Tutorial Inteligente¹³ (STI) ya que, además de desear alcanzar un nivel de experto en la solución de problemas y el desarrollo de procedimientos con las operaciones básicas en matemáticas, interesa que el Material Educativo Computarizado realice adaptativamente las funciones de orientación y apoyo al estudiante, en forma semejante a como lo haría un experto en la enseñanza del tema.

Este MEC tendrá un enfoque tanto Algorítmico (todo lo relacionado con Transmisión de conocimientos, de habilidades y destrezas, Transmisión de modelos de pensamiento, etc.) como Heurístico (Todo lo relacionado con descubrimiento y apropiación de conocimientos, de habilidades y destrezas, desarrollo de modelos propios de pensamiento, ejercitación y práctica, etc.). El enfoque algorítmico se orienta hacia la definición y realización de secuencias predeterminadas de actividades que, cuando se acierta en los supuestos sobre el nivel de entrada y las expectativas de los destinatarios y cuando se llevan a cabo las actividades en la forma esperada, conducen a lograr metas mensurables también predeterminadas. Por supuesto que este enfoque tiene gran aplicación para promover aprendizajes de tipo reproductivo (desde conocimiento hasta aplicación

¹³ Término acuñado por Wenger en su libro Artificial Intelligence and Tutoring Systems.

de reglas, así como dominio psicomotor, usando la taxonomía de Gagné¹⁴) y presenta serias limitaciones para favorecer aprendizajes productivos (análisis, síntesis, evaluación, así como dominio afectivo, usando la misma taxonomía), dada la naturaleza no reproductiva de los mismos. Por otro lado, y complementario al anterior, en el enfoque heurístico el aprendizaje se produce por discernimiento repentino a partir de situaciones experienciales y conjeturales, por descubrimiento de aquello que interesa aprender, no mediante transmisión de conocimientos.

El desarrollo del MEC se apoyará en la arquitectura de un STI que consta principalmente de dos componentes, el Hipermedia y el Tutor, cada uno de los cuales se encargará de desempeñar un enfoque heurístico y algorítmico respectivamente.

El MEC estará inmerso en un medio ambiente de aprendizaje de tipo micromundo explorativo con el fin de aplicar el enfoque heurístico. Este micromundo se desenvolverá, según las preferencias de los alumnos encuestados, en un entorno de categoría aventura que sumergirá al alumno en una historia atrayente sobre el espacio (con elementos constitutivos como naves espaciales, extraterrestres, herramientas intergalácticas, etc) la cual tendrá retos, misiones, pistas y herramientas con el objetivo de estimular al estudiante para que adquiera y afiance su conocimiento a través del aprendizaje por descubrimiento. Para que el micromundo explorativo logre este propósito debe cumplir con dos aspectos fundamentales, la interacción con el estudiante y la motivación intrínseca. Estos dos factores pueden ser tratados con las ventajas que ofrece la tecnología Hipermedia (más conocida como multimedia). La Hipermedia proporciona gran interacción al usuario (alumno) por medio de soportes a los posibles tipos de acceso a la información, es decir, la navegación mediante enlaces y la consulta de una información específica a través de conexiones. El estudiante no tendrá entonces que seguir secuencialmente el material educativo diseñado por el profesor sino que podrá explorar y profundizar en aquellos temas que más le llamen la atención, cumpliendo obviamente un requisito mínimo de temas estudiados. La motivación intrínseca se logrará por medio de las animaciones, gráficos, sonidos y videos empleados en el guión en que se estructura el material Hipermedia y cuya misión principal es generar factores que retengan la atención e interés del alumno sobre el MEC.

El uso de la Hipermedia intentará dirigir algunas de las actividades involucradas en el aprendizaje como:

- Activas: aquellas que hacen que el alumno participe en la resolución del problema.
- Creativas: Aquellas que hacen que el alumno participe introduciendo nueva información al sistema.
- Reactivas: Aquellas que provocan una reacción en el alumno.

¹⁴ GALVIS, A. Op.cit. p, 9.

- Dirigidas: Aquellas que muestran al alumno el camino que ha de seguir.
- Explicativas: Aquellas que tienen carácter aclaratorio con respecto al tema tratado en ese momento.

Por otro lado el MEC aplicará un enfoque algorítmico por medio del componente Tutor para lograr así transmitir aquellos conocimientos, modelos y estrategias necesarias para la solución de problemas y procedimientos, cuando el alumno ha construido sus propias estructuras cognitivas de manera incorrecta.

El Módulo Experto del componente Tutor estará constituido por un Sistema Experto basado en reglas de producción cuyo dominio del conocimiento estará limitado a la representación de las estrategias para la solución de problemas y procedimientos. Este Sistema Experto contendrá un submódulo de explicación tanto para el estudiante como para el profesor. En cuanto al submódulo de explicación para el alumno, se pretende generar una especie de dialogo de ayuda a través de una interfaz, que se activará cuando el estudiante se esté desviando de la solución del problema. Por otro lado el submódulo de explicación al profesor presentará reportes de las actividades desarrolladas por el alumno, los temas vistos, el nivel de desempeño, el tiempo de práctica, errores más comunes y las habilidades más destacadas de éste.

En cuanto al módulo de diagnóstico del estudiante se empleará un Nivel Epistémico de diagnóstico, conformado por un *Modelo de Rastreo* (Tracing Model). El modelamiento del estudiante para el diagnóstico seguirá un arquitectura tipo *modelo de perturbación del estudiante* adjunto con una librería de errores. Para diseñar esta librería se empleará la *Teoría de la Reparación* basada en un proceso Generativo de Errores. Atendiendo la dificultad de seguir las fases del diagnóstico (Inferir, Interpretar y Clasificar) aparece la necesidad de categorizar las características del alumno por medio de un Sistema Clasificador como el propuesto por Holland¹⁵. El empleo de un Sistema Clasificador se justifica como consecuencia de la gran cantidad de datos (características del alumno como las habilidades, atributos personales, preferencias, ritmo de aprendizaje, estilo cognitivo, etc) en el espacio de búsqueda y a que la clasificación de estos datos resulta bastante difícil para poder tomar una decisión pedagógica adecuada. La función ejercida por el Sistema Clasificador se detallará en el capítulo 6.

Para el desarrollo del Módulo de Tutoría se requiere emplear un *Contexto Oportunístico*, de tal forma que la presentación del material esté sujeta a la interacción del estudiante con el MEC. En este módulo se establecerán las decisiones pedagógicas sobre qué presentar y en qué momento, de acuerdo al currículo, y también se representarán las estrategias didácticas y de retroalimentación que se aplicarán en el estudiante con ayuda del módulo de diagnóstico. Para la

¹⁵ Martínez, José y Rojas Sergio. Ibid p, 87.

realización del Módulo de Tutoría, se empleará un Sistema Experto basado en reglas (con una representación del conocimiento superficial y no profunda ya que esto aumentaría en un alto grado la complejidad del MEC) encargado de tomar las decisiones sobre la orientación de la enseñanza en el alumno. El módulo de Tutoría con ayuda del componente Hipermedia, permitirá al estudiante navegar a través de los contenidos del MEC libremente (presentando así una sesión que no es totalmente dirigida o secuencial sino que puede ser autocontrolada parcialmente por el estudiante), sin embargo en situaciones remediales este módulo podrá generar sesiones de refuerzo y retroalimentación las cuales deben ser vistas por el alumno.

Se desarrollará un componente adicional para el MEC llamado Componente de Gestión de Usuarios, el cual se encargará de realizar las funciones básicas de adicionar, eliminar, consultar y modificar información de la Base de Datos.

2.1.3 Aspectos de Rendimiento

Un aspecto importante a tener en cuenta, es el Tiempo de Respuesta del MEC, ya que éste debe ser bastante rápido con el fin de no perder la atención del alumno y de mantener una continuidad en la presentación del material. Para poder cumplir esto, se mantendrá un tamaño constante de la Base de Reglas del MEC, es decir, no se adicionaran nuevas reglas a la base de conocimientos del componente Tutor, lo cual permitirá que el sistema no se sobrecargue de información haciéndolo lento, y se evitará la existencia de ambigüedades en la base de conocimientos. Por otro lado se emplearán compresores de audio, gráficos y video ya que estos recursos multimediales ocupan bastante espacio en disco duro, y en ocasiones su acceso puede disminuir notablemente el desempeño del MEC. Entre los compresores más eficientes se conocen:

- Compresores de Audio: MP3 y MP4 los cuales ofrecen grandes niveles de compresión sin perjudicar la calidad del sonido, WMA (Windows Media Audio) es otro compresor de audio que ofrece porcentajes altos de compresión.
- Compresores de Video: En el mercado se encuentra gran cantidad de programas de edición de video como Premiere, Speed, Razor, Digital Video Producer, Indeo Video 5.04, Microsoft RLE, Intel Indeo Video R3.2, ASF y Cinepak Codec Radius, entre otros.
- Compresores de Gráficos: Dentro de las técnicas de compresión de gráficos más conocidas se encuentra el JPEG (Joint Photographic Experts Group) el cual es un método de compresión destinado a imágenes fijas que permiten el intercambio y recuperación de la información comprimida con independencia de la aplicación que la haya creado. Otro formato de compresión conocido es el WMF (Windows Media File) el cual es muy utilizado por Microsoft en sus imágenes predeterminadas.

2.1.4 Restricciones Técnicas y de Gestión

Dentro de las restricciones examinadas, se encontraron:

A NIVEL DE HARDWARE: Se pretende que el MEC funcione de una manera eficiente, en equipos con configuraciones básicas como sigue:

- Procesador Pentium o superior
- Pantalla a color (puede ser SVG o VGA)
- Unidad de CD-ROM
- Espacio libre en disco de 200 Mb o más.
- Altavoces estereofónicos de escritorio (Speakers) genéricos.
- Se requiere además que el sistema trabaje no con menos de 32 Mb de memoria RAM.

En cuanto a los dispositivos periféricos, el usuario hará uso únicamente del teclado y el mouse, como dispositivos de E/S del sistema.

A NIVEL DE SOFTWARE: En este nivel, se encuentran restricciones principalmente con la construcción del Sistema Experto, el cual se podría llamar un Seudo SE, ya que no contendrá todas las características de uno ideal, como son¹⁶:

soporte para análisis heurístico, procesamiento de símbolos y poder de explicación de su propio razonamiento a través de lenguaje natural.

El sistema experto, tendrá las características básicas de la Base de Conocimientos, Motor de Inferencia, y poder de explicación a través de la interfaz gráfica de usuario, empleando la Representación de Conocimiento Superficial, ya que la compleja requiere de recursos computacionales superiores y la intervención de un Ingeniero de Conocimientos que diseñe la base de conocimientos.

El Tutor no será diseñado para trabajar en sistemas distribuidos, sino que se empleará de la forma Stand Alone, por tal razón cada estudiante interactuará únicamente con su estación de trabajo.

A NIVEL DE PLATAFORMA TECNOLÓGICA: Se empleará el Lenguaje de Programación Orientado a Objetos Visual J++ v 6.0 edición profesional, el cual estará conectado a una Base de Datos en Access. Una restricción tecnológica que se identifica en el uso de Visual J++, es que por ser un producto de Microsoft® pierde ciertas funcionalidades al trabajarse en ambientes diferentes a Windows, sin embargo se empleará ya que el grupo desarrollador posee algunos conocimientos sobre el lenguaje, porque soporta ampliamente el paradigma Orientado a Objetos y porque es

¹⁶ ROLSTON. Op.cit p, 9.

compatible con el software multimedia. Para el desarrollo del micromundo explorativo y del material Hipermedia se empleará software para diseño de ambientes multimediales como los producidos de la empresa Macromedia® (principalmente Flash versión 5.0 y Director 8.0).

La razón por la cual se escogió Access para trabajar la Base de Datos, es porque es bastante familiar para el equipo desarrollador ya que es de dominio público, no consume demasiados recursos computacionales como de pronto lo hace Oracle, es de fácil adquisición y además el proceso de conectividad se puede llevar a cabo con Java por medio del JDBC. Un problema detectado al emplear Access, es que este manejador de Bases de Datos emplea únicamente el modelo relacional para BD, en contraste al modelo orientado a objetos que se empleará, lo cual significa que para utilizar Access es necesario que se realice la transición (mapping) entre el modelo estático del sistema a un modelo relacional, labor que representaría esfuerzo y tiempo para los desarrolladores. Para evitar este problema se intentará utilizar una herramienta que realice ésta transición, por medio de una versión Trial de Utilidades como Java Blend 1 u Object Driver.

2.2 ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DEL RIESGO

En todo Proyecto de Software es necesario realizar una buena Gestión del Riesgo, con el fin de evitar costos y tiempo en reparaciones y mantenimiento. Dentro de la Gestión de Riesgos se emplearán dos tipos de Estrategias de Control de Riegos:

Estrategias de riesgo reactivas: Aquellas que se inician cuando algún problema es evidente sobre el proyecto.

Estrategias de riesgo proactivas: Estas empiezan mucho antes de que comiencen los trabajos técnicos.

2.2.1 Tabla de Riesgo

En la Gestión del Riesgo se realizan los siguientes pasos: Identificación de Riesgos, Valoración de la Probabilidad del Riesgo, Valoración del Impacto del Riesgo, Priorización y Planeación ante contingencia (PRSGR, plan de reducción, supervisión y gestión de riegos). Los tres primeros pasos se resumen en la Tabla de Riesgos. Los Riesgos obedecen a las siguientes categorías: Riesgos del proyecto, Riesgos técnicos, Riesgos del negocio, Riesgos conocidos, Riesgos predecibles, Riesgos impredecibles. Otra clasificación consistente con Objectory Process sugiere el enfoque a los riesgos de requerimientos, Tecnológicos, de Habilidades y Políticos. En la Tabla de Riesgo del Proyecto, se encuentra una columna donde se describe el Riesgo, en la siguiente se determina la probabilidad media de ocurrencia, en la siguiente se determina el impacto que el Riesgo puede

tener y por último se incluye una columna de Actividades PRSGR. Para determinar el impacto del Riesgo, se poseen los siguientes valores: 1 → Catastrófico, 2 → Crítico, 3 → Marginal y 4 → Despreciable. (Ver tabla de Evaluación del Impacto).

Para seleccionar los riesgos a tener en cuenta en el plan se realiza lo siguiente: una vez se ha desarrollado la tabla de riesgos, la tabla es ordenada por probabilidad y por impacto. Los riesgos de alta probabilidad y de alto impacto pasan a lo alto de la tabla, y los riesgos de baja probabilidad caen a la parte baja. Posteriormente se utiliza la regla de Pareto para definir los riesgos presentes en el plan, esta regla dice que del 100% de los riesgos sólo el 20% afecta al proyecto. Así que partiendo de este postulado se dibuja la línea de corte, así pues, sólo los riesgos arriba de ella serán considerados en plan que se desarrolla a continuación. (La siguiente tabla de Gestión del Riesgo es el resultado de aplicar la regla de Pareto y la Priorización del impacto del riesgo).

DESCRIPCIÓN RIESGO	PROB. MEDIA	IMPACTO	ACTIVIDAD PRSGR
1. Los participantes tienen poca o ninguna experiencia con este tipo de proyectos.	90%	Crítico	1
2. No se cuenta con métricas de productividad para el desarrollo de software	90%	Marginal	2
3. Inexactitud en el tamaño del producto en PF (Puntos de Función)	80%	Marginal	3
4. Inexactitud en el tamaño estimado del producto en LDC	80%	Marginal	3
5. Inexactitud en el dimensionamiento de la BD del producto	80%	Marginal	3
6. No se tiene un amplio conocimiento en el uso de las herramientas de desarrollo	60%	Catastrófico	4
7. Se requiere el uso de métodos de desarrollo formales y enfoques de IA	60%	Crítico	5
8. Alta necesidad de Interoperabilidad con otros productos	30%	Marginal	
9. Fecha de entrega no factible	25%	Desprec.	

Tabla 10. Tabla de Gestión del Riesgo

2.2.2 Plan RSGR para cada Riesgo

Todas las actividades de análisis de riesgos presentadas en este trabajo tienen un solo objetivo, ayudar al equipo del proyecto a desarrollar una estrategia para tratar los riesgos, o dado el caso mitigar su impacto.

Una estrategia eficaz debe considerar los siguientes aspectos:

- Reducir el riesgo
- Supervisar el riesgo
- Gestión del riesgo y planes de contingencia

COMPONENTES					
CATEGORIA		RENDIMIENTO	SOPORTE	COSTO	PLANIFICACIÓN TEMPORAL
CATASTRÓFICO	1	Dejar de cumplir los requisitos provocaría el fracaso de la MISIÓN.		Malos resultados en una aumento de costos y retrasos en la planificación temporal .	
	2	Degradación significativa para no alcanzar el rendimiento técnico	El software no responde o no admite soporte	Recortes financieros significativos, presupuestos excedidos	Fecha de entrega inalcanzable
CRÍTICA	1	Dejar de cumplir los requisitos degradaría el rendimiento del sistema hasta un punto donde el éxito de la misión es cuestionable		Malos resultados en retrasos operativos y/o aumento del costo	
	2	Alguna reducción en el rendimiento técnico	Pequeños retrasos en modificaciones de software	Algunos recortes de los recursos financieros, posibles excesos del presupuesto	Posibles retrasos de la fecha de entrega
MARGINAL	1	Dejar de cumplir los requisitos degradaría la misión secundaria		Los costos, impactos y/o retrasos recuperables de la planificación temporal.	
	2	De mínima a pequeña reducción en el rendimiento técnico	El soporte de software responde	Recursos financieros suficientes	Planificación temporal realista y alcanzable
DESPRECIABLE	1	Dejar de cumplir los requisitos provocaría inconveniente o impactos no operativos		Los errores provocan impactos mínimos en el costo y/o planificación temporal.	
	2	No hay reducción en el rendimiento técnico	Software fácil de dar soporte	Posible superávit de presupuesto	Fecha de entrega fácilmente alcanzable

Tabla 11. Tabla de Evaluación del Impacto

Actividades PRSGR

1. *Los participantes tienen poca o ninguna experiencia con este tipo de proyectos.*

Reducción:

Estrategia General: Una manera adecuada de evitar este riesgo es realizar RTF (Revisiones Técnicas Formales) con los directores del proyecto, con el fin de recibir orientación y solucionar inquietudes.

Supervisión:

Factores a Supervisar:

- Entendimiento de obligaciones entre miembros del equipo desarrollador.
- Es muy importante monitorear la productividad de cada miembro.
- La claridad de conceptos relacionados con el proyecto, y su adecuada aplicación.
- Repartición de cargas laborales dentro del proyecto.

Gestión:

Plan de Contingencia: Puede ser necesario volver a estimar tiempos y esfuerzo para procesos restantes si las estimaciones iniciales están muy alejadas de la realidad, de tal forma que el proyecto pueda organizarse de mejor manera. Es probable que sea necesario destinar mas horas de trabajo por parte de cada miembro del equipo.

2. *No se cuenta con métricas de productividad para el desarrollo de software*

Reducción:

Estrategia General: Empezar una investigación con el fin de identificar posibles factores a medir en la productividad del equipo desarrollador, puede ser pertinente dirigir al equipo hacia la aplicación de técnicas de auto evaluación.

Supervisión:

Factores a Supervisar:

- Líneas de código por caso de uso
- Tiempo gastado por caso de uso
- Esfuerzo de personal por caso de uso
- Tiempo de comprensión de problemas y emprendimiento de soluciones

Gestión:

Plan de Contingencia: Si el proyecto se ha tornado impredecible por la falta de regularidad de los miembros en cuanto a la productividad, es necesario asignar tareas muy específicas y colocar plazos de cumplimiento más cortos pero factibles de tal forma que se pueda aumentar y estabilizar la productividad de los miembros.

3. *Inexactitud en el tamaño del producto en Puntos de Función, Inexactitud en el tamaño estimado del producto en LDC, Inexactitud en el dimensionamiento de la BD del producto.*

Reducción:

Estrategia General: Mitigar el impacto de este riesgo pues es inminente su realización, ya que las estimaciones realizadas fueron hechas sin datos históricos, así que en determinados casos será necesario evitar tomar en cuenta estas estimaciones pues pueden desviar u ocasionar malos funcionamientos en el proyecto.

Supervisión:

Factores a Supervisar:

- Líneas de código por caso de uso (LDC)
- Aproximación de las estimaciones iniciales
- Grado de incertidumbre generado en cuanto al tamaño real del producto
- Causas de la falta de concordancia entre estimaciones y realidad

Gestión:

Plan de Contingencia: Puede ser pertinente consignar los cambios, desfases, etc, generados, perfectamente explicados en documentos de tal forma que en futuro se pueda contar con datos históricos que permitan un mejor desempeño en proyectos similares.

4. *No se tiene un amplio conocimiento en el uso de las herramientas de desarrollo*

Reducción:

Estrategia General: Empezar desde el inicio del proyecto una búsqueda de documentos y posibles herramientas para utilizar en la etapa de pruebas, una vez conseguido esto se debe buscar la forma de aprenderlas mientras se aplican al desarrollo del proyecto. Por otro lado se debe realizar una documentación amplia del código de tal forma que en un futuro sea más fácil realizar ajustes.

Supervisión:

Factores a Supervisar:

- Avance de las búsquedas de documentación y herramientas
- Avance del delegado en el aprendizaje de la herramienta
- Aplicación de lo aprendido en pruebas de caja negra y caja blanca
- Desempeño del sistema ante las pruebas aplicadas

Gestión:

Plan de Contingencia: Una vez concretado el riesgo es conveniente realizar un gran número de pruebas de caja blanca de una manera muy empírica, y posiblemente destinar personas y tiempo adicionales sólo para revisar el funcionamiento de la herramienta y solucionar inconvenientes teniendo como ayuda la documentación existente .

5. Se requiere el uso de métodos de desarrollo formales y enfoques de IA

Reducción:

Estrategia General: Enfocar los esfuerzos de los desarrolladores hacia el entendimiento y estudio de este tipo de modalidades de programación brindando las herramientas necesarias para su completo aprendizaje y desenvolvimiento.

Supervisión:

Factores a Supervisar:

- Avance del equipo desarrollador en los casos de uso que involucran estos tópicos
- Avance del equipo en el aprendizaje de las técnicas de IA
- Aplicación de lo aprendido en el desarrollo de los casos de uso específicos del proyecto

Gestión:

Plan de Contingencia: Se puede recurrir al uso de herramientas y consejos de expertos que faciliten la implementación de las técnicas de IA.

2.3 MODELADO DEL DOMINIO DEL PROBLEMA (ETAPA INICIAL DE ELABORACIÓN)

A continuación se pretende modelar el entorno donde se encuentra sumergido el problema, teniendo en cuenta los requerimientos analizados, las especificaciones, restricciones y necesidades educativas que debe atender el MEC.

2.3.1 Actores

El término actor se emplea para llamar así al usuario o sistema externo, que desempeña un papel concreto o requiere información del sistema actual (MEC). Los posibles actores identificados que interactúan con el sistema son:

- Estudiante (Actor Primario)
- Profesor (Actor Secundario)
- Sistema Experto (Actor Primario)
- Sistema Clasificador (Actor Primario)

El Actor "Estudiante" hace referencia al rol que desempeñará el individuo que desee emplear el Tutor para aprender sobre las operaciones básicas en aritmética de cuarto de primaria. El Actor Profesor es aquel individuo que supervisa la enseñanza por medio del MEC y quien revisa los resultados observables y el desempeño del estudiante a través del sistema. Los actores Primarios interactúan directamente con el sistema, los secundarios supervisan, mantienen y reciben información del sistema.

Tanto el Sistema Experto como el Sistema Clasificador se han considerado como actores ya que sus acciones son independientes de los usuarios externos, y además poseen funciones específicas que sólo le competen a cada uno. Foulter¹⁷ escribe en su libro: “...*Obsérvese que no es necesario que los actores sean seres humanos, a pesar de que los actores estén representados por figuras humanas en el diagrama de casos de uso. El actor puede ser también un sistema externo que necesita información del sistema actual...*”. A pesar que el SE no es un sistema externo, sí necesita de la información de otros componentes del MEC, con lo cual puede llevar a cabo su proceso de tutorización. En el modelamiento se realizará un prototipo de diseño aunque no será llevado a la implementación, de un sistema de Lenguaje Natural. El diseño de este sistema permite generar expectativas para un trabajo futuro en el desarrollo del MEC, y no será implementado puesto que su construcción no se especificó en el alcance ni en los objetivos de este proyecto.

2.3.2 Casos de Uso (por actor)

Un caso de uso¹⁸ es, en esencia, una interacción típica entre un usuario y un sistema de computo. Ivar Jacobson es ampliamente conocido por emplear los casos de uso en su método Objectory para describir los requerimientos del usuario y además por utilizarlos como elemento primario de planeación y desarrollo de proyectos. Los casos de uso primordiales en el desarrollo del MEC se enuncian a continuación:

Casos de Uso para Estudiante:

- Validar Contraseña
- Registrar Material Didáctico utilizado
- Obtener ayuda del MEC
- Realizar Ejercicios
- Presentar contenidos multimedia
- Gestionar Contenidos
- Controlar Asistencia de alumnos

Casos de uso con respecto al micromundo explorativo

- Iniciar Mundo
- Finalizar Mundo
- Cargar Escenario del Hiperespacio
- Cambiar de Escenario
- Salir de Escenario
- Recoger Objeto
- Soltar Objeto
- Usar herramienta
- Interactuar con personaje
- Resolver reto
- Realizar control de Navegación

Casos de uso para Profesor:

¹⁷ FOULER, Martín y SCOTT Kendall. UML gota a gota. Ed. Prentice Hall. P, 53.

¹⁸ Ibid p, 49

- Validar Contraseña
- Ingresar datos Estudiante
- Eliminar datos estudiante
- Modificar datos estudiante
- Buscar datos del estudiante
- Visualizar Resultados de Desempeño del Estudiante
- Indicar Estrategia Pedagógica
- Controlar asistencia de alumnos

Casos de Uso para el Sistema Experto

- Activar Motor de Inferencia
- Recorrer Reglas de Producción
- Buscar Estrategia de Solución

Casos de uso para generar el Lenguaje Natural

- Analizar oración Morfológicamente
- Analizar oración sintácticamente
- Analizar oración Semánticamente
- Retornar respuesta

Casos de uso para el Módulo de Tutoría

- Adaptar características de enseñanza
- Evaluar Actividades del Alumno
- Seleccionar Material Didáctico
- Retroalimentar información
- Ofrecer Ayuda al estudiante

Casos de uso para el modelamiento del estudiante

- Aplicar Modelo de Perturbación
- Detectar Inconsistencias en el estudiante
- Generar Librería de Errores
- Capturar características del alumno
- Capturar conocimiento del dominio
- Aplicar Estrategia de Rastreo

Casos de Uso para el Sistema Clasificador

- Aplicar reglas y mensajes
- Asignación de créditos
- Activar Algoritmo genético
- Mutar cromosoma
- Cruzar cromosomas
- Seleccionar cromosomas
- Generar población
- Evaluar cromosoma

Casos de uso para el Diagnóstico del estudiante

- Diagnosticar Estado del Estudiante

Casos de uso para el modelamiento del estudiante

- Capturar características del alumno

2.3.3 Formato de casos de uso en Formato de Alto Nivel

A continuación se especificarán los Casos de Uso más importantes, influyentes y riesgosos para el Proyecto en el Formato de Alto Nivel:

Caso de Uso:	Validar Contraseña
Actores:	Estudiante, Profesor,
Tipo:	Primario
Descripción:	Verifica el nombre y password del usuario y carga la interfaz determinada según el usuario (profesor o estudiante).
Referencias cruzadas	Iniciar Mundo

Caso de Uso:	Evaluar Actividades del alumno
Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	La evaluación puede ser de dos formas, diagnóstica (captura características de aprendizaje del alumno) y formativa (evalúa lo aprendido en determinado escenario).
Referencias cruzadas	Cargar Escenario

Caso de Uso:	Registrar Material Didáctico
Actores:	Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	Se registra los temas vistos por el alumno, los escenarios multimedia visitados, la información consultada, etc.
Referencias cruzadas	Cargar escenario

Caso de Uso:	Obtener ayuda del MEC
Actores:	Estudiante, Sistema Experto
Tipo:	Primario
Descripción:	El alumno solicita ayuda para solucionar un problema o procedimiento y el SE proporciona la orientación adecuada
Referencias cruzadas	Realizar Evaluación

Caso de Uso:	Realizar Ejercicios
Actores:	Estudiante
Tipo:	Secundario
Descripción:	El alumno refuerza aquellos conocimientos débiles en la realización de procedimientos (suma, resta, etc.) con el fin de seguir a través del Tutor
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia, realizar evaluación

Caso de Uso:	Presentar contenidos multimedia
Actores:	Sistema Experto, Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	De acuerdo a las características identificadas en el alumno el SE habilita aquellos temas que el estudiante puede acceder.
Referencias cruzadas	Diagnosticar estado estudiante

Caso de Uso:	Capturar características del alumno
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Registra del estudiante el ritmo de aprendizaje, el tiempo de respuesta, el grado de interés y exploración, etc.
Referencias cruzadas	Diagnosticar estado del estudiante

Caso de Uso:	Controlar Asistencia de Alumnos
Actores:	Estudiante, Profesor
Tipo:	Primario
Descripción:	Genera un registro del tiempo que el estudiante interactuó con el MEC en una sesión de estudio.
Referencias cruzadas	Finalizar Mundo

Caso de Uso:	Iniciar Mundo
Actores:	Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	El alumno inicia una sesión de estudio con el MEC. Esta puede ser el último escenario que vio o uno que eligió para repasar.
Referencias cruzadas	Cargar escenario

Caso de Uso:	Finalizar Mundo
Actores:	Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	El alumno termina la sesión de estudio. El MEC registra el tiempo que trabajó con él, el último escenario visto y el material didáctico empleado
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia

Caso de Uso:	Cargar Escenario del Hiperespacio
Actores:	Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	Se carga un escenario según el registro de avance del estudiante o según una elección del mismo. Para esto se realiza un búsqueda en el hiperespacio multimedia.
Referencias cruzadas	Iniciar Mundo

Caso de Uso:	Cambiar de Escenario
Actores:	Estudiante
Tipo:	Secundario
Descripción:	El alumno elige otro escenario de estudio. Lógicamente debe estar habilitado para su ejecución
Referencias cruzadas	Cargar escenario.

Caso de Uso:	Salir de Escenario
Actores:	Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	El alumno sale del escenario actual sin salir del micromundo. Puede entonces seleccionar otro escenario o salir del MEC.
Referencias cruzadas	Ninguna

Caso de Uso:	Recoger Objeto
Actores:	Estudiante
Tipo:	Secundario
Descripción:	El estudiante puede recoger herramientas u objetos que se encuentran en el micromundo y que le pueden ser de gran ayuda para resolver los retos.
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia

Caso de Uso:	Soltar Objeto
Actores:	Estudiante
Tipo:	Secundario
Descripción:	El alumno puede dejar botado un objeto y recoger otro.
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia

Caso de Uso:	Usar herramienta
Actores:	Estudiante
Tipo:	Secundario
Descripción:	El alumno hace click sobre la herramienta y ésta se activa para que el estudiante la emplee.
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia

Caso de Uso:	Interactuar con personaje
Actores:	Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	El alumno (actor principal del micromundo) puede

Caso de Uso:	Resolver reto
Actores:	Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	Cuando el estudiante ha resuelto el reto impuesto

	interactuar con otro personaje del micromundo, pidiendo alguna pista o consejo.
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia

	por el micromundo, se le otorga una recompensa o estímulo.
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia

Caso de Uso:	Realizar control de Navegación
Actores:	Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	El MEC habilita los nodos y conexiones determinadas para que el estudiante pueda navegar por el micromundo
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia

Caso de Uso:	Gestionar Contenidos
Actores:	Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	Se ejecutan las acciones de abrir, leer y cerrar el archivo de contenidos donde se encuentra la información que aprenderá el alumno.
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia

Caso de Uso:	Gestionar BD Usuarios
Actores:	Profesor
Tipo:	Primario
Descripción:	Gestiona la Base de Datos que contiene la Información concerniente al estudiante y su desempeño en el MEC.
Referencias cruzadas	Validar Contraseña

Caso de Uso:	Ingresar datos Estudiante (Gestionar BD Usuarios)
Actores:	Profesor, Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	Almacena información de los usuarios como el nombre, password, asistencia, etc. También lleva el registro de avance del alumno.
Referencias cruzadas	controlar asistencia, gestionar BD Usuarios

Caso de Uso:	Eliminar datos Estudiante (Gestionar BD Usuarios)
Actores:	Profesor
Tipo:	Primario
Descripción:	Elimina un registro de la tabla Usuario de la Base de Datos.
Referencias cruzadas	controlar asistencia, buscar e ingresar datos estudiante

Caso de Uso:	Modificar Datos Estudiante
Actores:	Profesor
Tipo:	Secundario
Descripción:	Se editan lo datos del estudiante.
Referencias cruzadas	buscar e ingresar datos estudiante

Caso de Uso:	Buscar Datos Estudiante (Gestionar BD Usuarios)
Actores:	Profesor, Estudiante
Tipo:	Primario
Descripción:	Realiza una búsqueda del registro del estudiante o del profesor, teniendo en cuenta su nombre o código.
Referencias cruzadas	cargar escenario, controlar asistencia, ingresar datos
Caso de Uso:	Indicar Estrategia Pedagógica

Caso de Uso:	Visualizar Resultados de Desempeño del Estudiante
Actores:	Profesor
Tipo:	Primario
Descripción:	Se presenta al profesor datos acerca del rendimiento del estudiante a través del uso del MEC.
Referencias cruzadas	ninguna
Caso de Uso:	Activar Motor de Inferencia

Actores:	Profesor
Tipo:	Primario
Descripción:	El profesor le indica al MEC si el estudiante aún requiere de algún tipo de repaso o de ejercitación sobre los temas vistos.
Referencias cruzadas	Diagnosticar Estado del Estudiante

Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	Hace uso del motor de inferencia para que éste genere una estrategia de solución a un problema o procedimiento matemático.
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia

Caso de Uso:	Recorrer Reglas de Producción
Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	El motor de inferencia recorre las reglas por encadenamiento hacia adelante y descarta aquellas que ya a visitado.
Referencias cruzadas	Activar motor de Inferencia

Caso de Uso:	Buscar Estrategia de Solución
Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	El sistema experto busca las posibles soluciones a un problema o procedimiento (un problema con suma, resta, multiplicación, etc)
Referencias cruzadas	Evaluar estudiante

Caso de Uso:	Analizar oración Morfológicamente
Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	Se descompone la oración en palabras y se generan marcas de identificación.
Referencias cruzadas	Emplear Lenguaje Natural

Caso de Uso:	Analizar oración sintácticamente
Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	Se identifica la sintaxis de la oración como el sujeto, verbo, artículo, etc.
Referencias cruzadas	Emplear Lenguaje Natural

Caso de Uso:	Analizar oración Semánticamente
Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	Empleando una representación del conocimiento se realiza un emparejamiento con las estructuras sintácticas
Referencias cruzadas	Emplear Lenguaje Natural

Caso de Uso:	Retornar respuesta
Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	Devuelve una acción, oración o pregunta como respuesta al requerimiento del alumno.
Referencias cruzadas	Emplear Lenguaje Natural

Caso de Uso:	Retroalimentar información
Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	Se refuerzan y repasan aquellos temas que han dejado estructuras mentales débiles
Referencias cruzadas	Evaluar actividades alumno

Caso de Uso:	Seleccionar Material Didáctico
Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	Se identifica el próximo material a ser presentado al alumno
Referencias cruzadas	Presentar contenidos multimedia

Caso de Uso:	Aplicar reglas y mensajes
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	De acuerdo con los datos de entrada capturados por los detectores, se comparan con la base de reglas del SC.
Referencias cruzadas	ninguna

Caso de Uso:	Asignación de créditos
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Se asignan probabilidades a las reglas, dependiendo de la función de aptitud de cada una.
Referencias cruzadas	Aplicar reglas y mensajes

Caso de Uso:	Activar Algoritmo genético
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Se ejecuta una evolución de n generaciones de la población de reglas existentes.
Referencias cruzadas	Asignación de créditos

Caso de Uso:	Generar población
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Se genera una población de n individuos sobre los cuales se aplicarán los operadores genéticos
Referencias cruzadas	Activar AG

Caso de Uso:	Mutar cromosoma
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Aleatoriamente se selecciona una posición del cromosoma y se muta
Referencias cruzadas	Activar AG

Caso de Uso:	Cruzar cromosomas
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Se cruzan dos cromosomas desde un punto de cruce aleatorio.
Referencias cruzadas	Activar AG

Caso de Uso:	Seleccionar cromosomas
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Se asignan probabilidades a los cromosomas de reproducirse en la siguiente generación.
Referencias cruzadas	Activar AG

Caso de Uso:	Evaluar cromosoma
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Cada cromosoma se decodifica y se evalúa con el fin de calcular su aptitud.
Referencias cruzadas	Activar AG

Caso de Uso:	Diagnosticar Estado del Estudiante
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Se clasifica el estudiante dentro de un grupo de valores correspondientes a los estilos cognitivos individuales.
Referencias cruzadas	Evaluar actividades del alumno
Caso de Uso:	Aplicar Estrategia de Rastreo

Caso de Uso:	Aplicar Modelo de Perturbación
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Dado un ejercicio o problema, se toma la información diferencial entre la respuesta del alumno y la que genera el SE.
Referencias cruzadas	Evaluar actividades del alumno
Caso de Uso:	Adaptar características de enseñanza

Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Se sigue la cadena de razonamiento del alumno para detectar las malas reglas que emplea.
Referencias cruzadas	Diagnosticar Estado del Estudiante

Actores:	SE
Tipo:	Primario
Descripción:	Se adopta una estrategia pedagógica para enseñar los temas al alumno, individualizando ésta según el diagnóstico del alumno.
Referencias cruzadas	Diagnosticar Estado del Estudiante

Caso de Uso:	Detectar Inconsistencias en el estudiante
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Se detectan los malentendidos (misconceptions) del alumno y errores más comunes.
Referencias cruzadas	Diagnosticar Estado del Estudiante

Caso de Uso:	Generar Librería de Errores
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Se generan reglas que representan el razonamiento que da lugar a los errores y se agregan a una librería
Referencias cruzadas	Detectar inconsistencias en el alumno

Caso de Uso:	Capturar conocimiento del dominio
Actores:	Sistema Clasificador
Tipo:	Primario
Descripción:	Describe los conocimientos que el alumno maneja correctamente, los que posee mal estructurados y los que no posee.
Referencias cruzadas	Diagnosticar Estado del Estudiante

2.3.4 Diagramas de Casos de Uso

En los siguientes diagramas se presentan los actores (representados por una figura humanoide) y casos de uso (representados por un óvalo) con sus respectivas relaciones. Las relaciones que se emplearán serán de tipo: <<uses>> cuando se tiene una porción de comportamiento que es similar en más de un caso de uso y no se quiere copiar la descripción de tal conducta. <<extends>> cuando se tiene un caso de uso que es similar a otro, pero que hace un poco más. <<include>> cuando la funcionalidad de un caso de uso se complementa con la de otro, es decir, incluye una funcionalidad específica complementaria. Y <<communicate>> cuando un actor hace uso directo de un caso de uso. Para la elaboración de los diagramas se empleó la Herramienta Rational Rose 2000 edición estudiantil la cual se fundamenta en la notación de UML.

**DIAGRAMA DE CASOS DE USO PARA ESTUDIANTE
FRONTERAS Y LÍMITES DEL SISTEMA**

los casos de uso que Gestionan la Base de Datos tienen Casos de Uso que los extienden y se describen en el siguiente diagrama

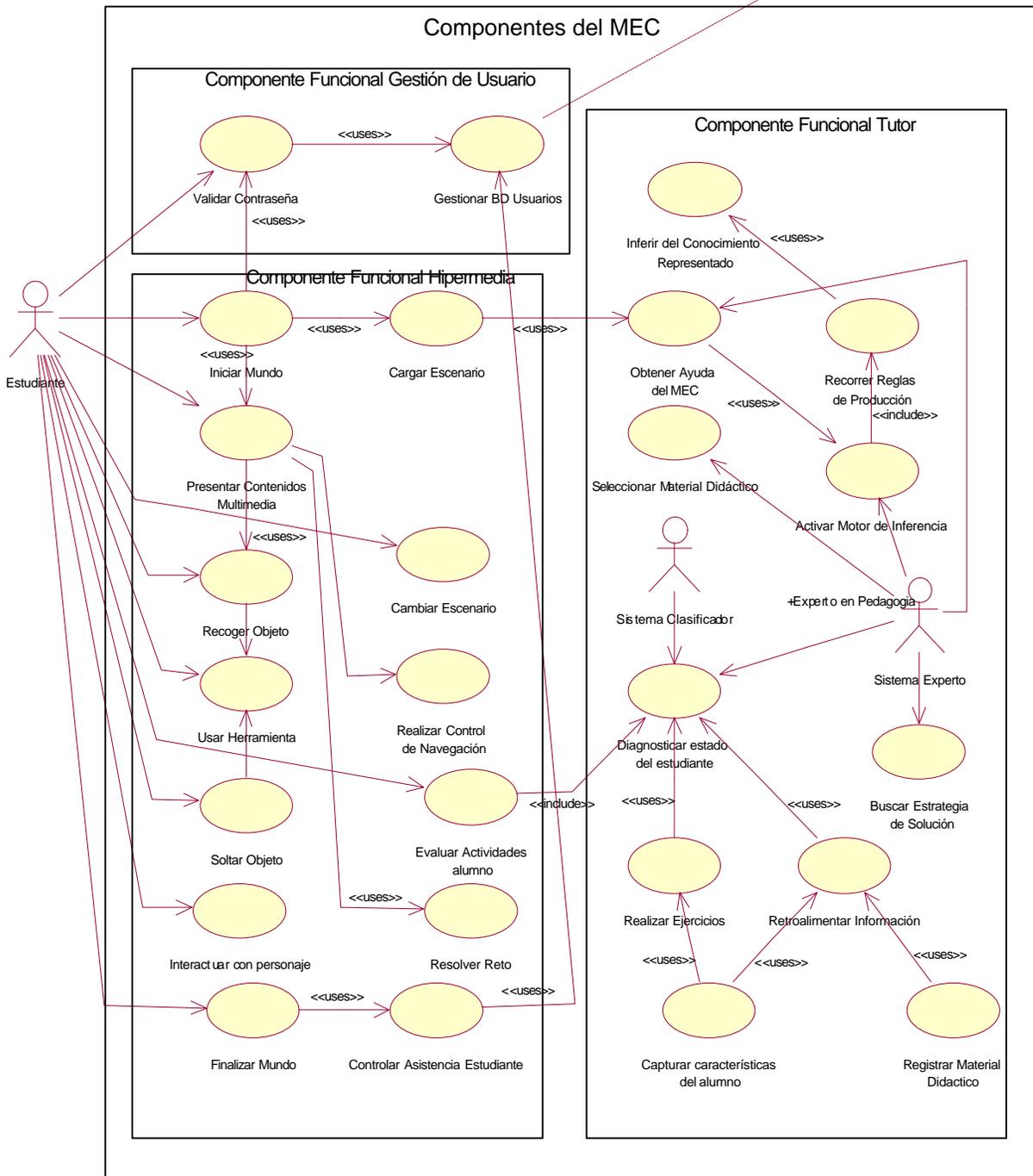
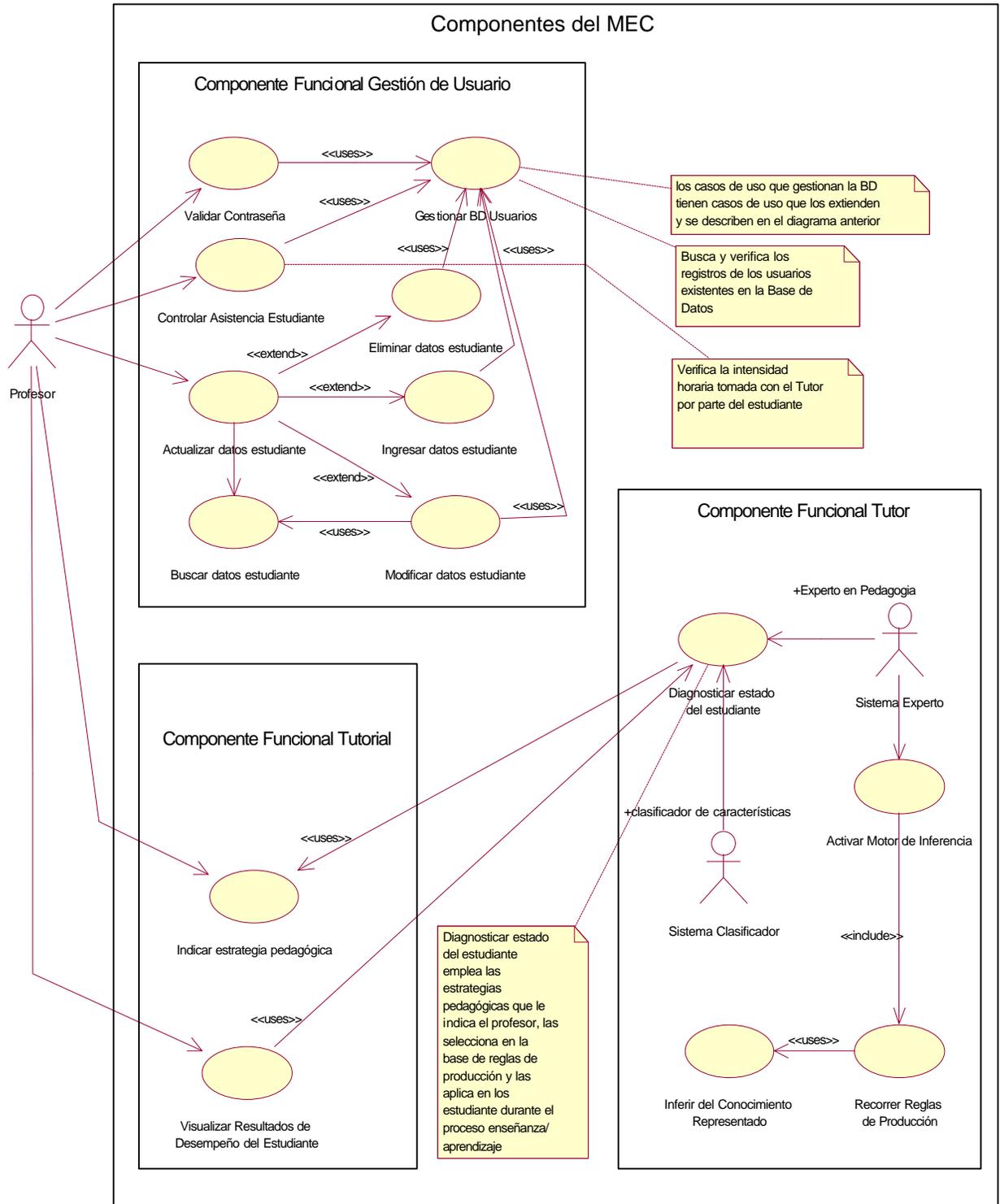
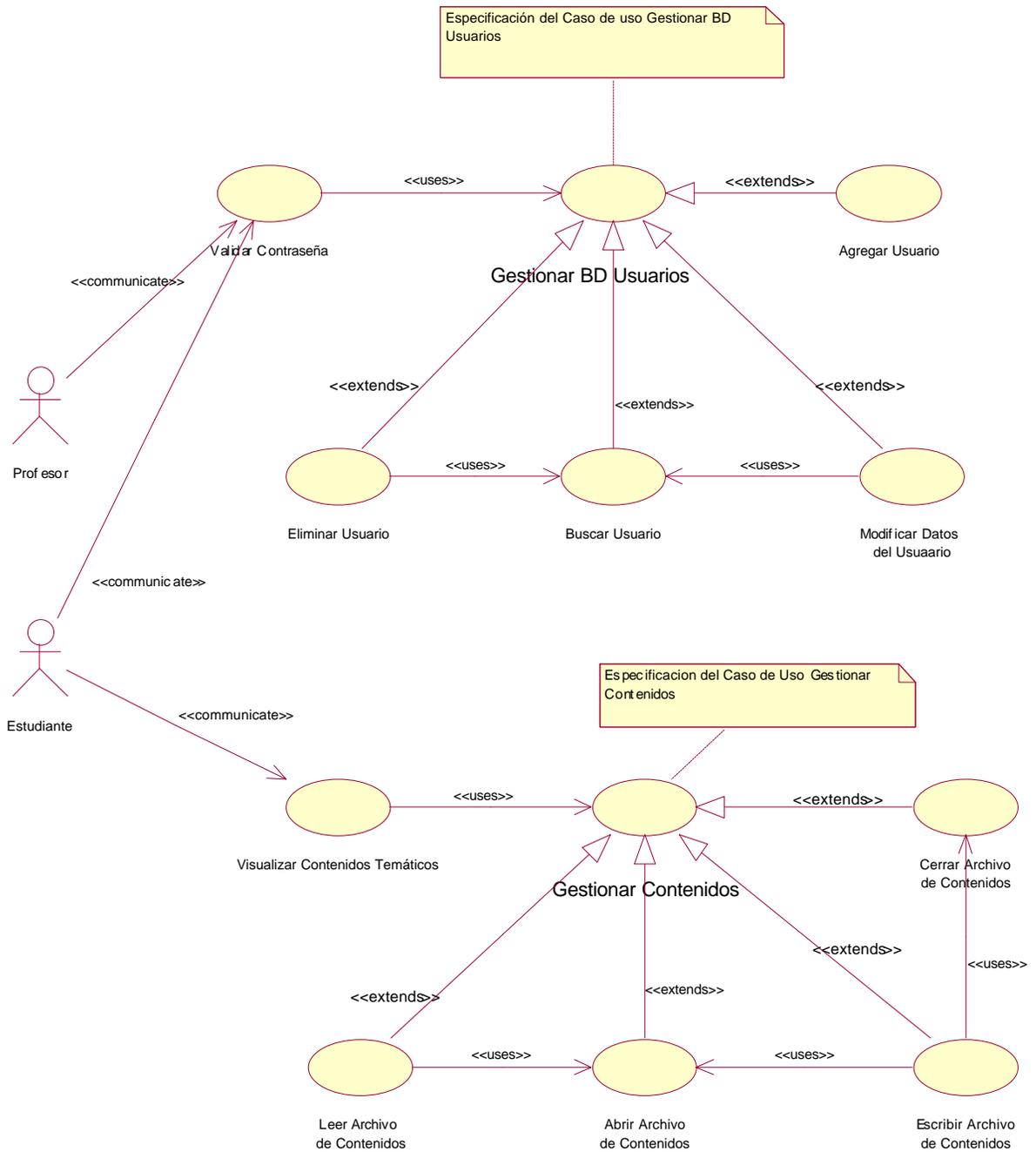


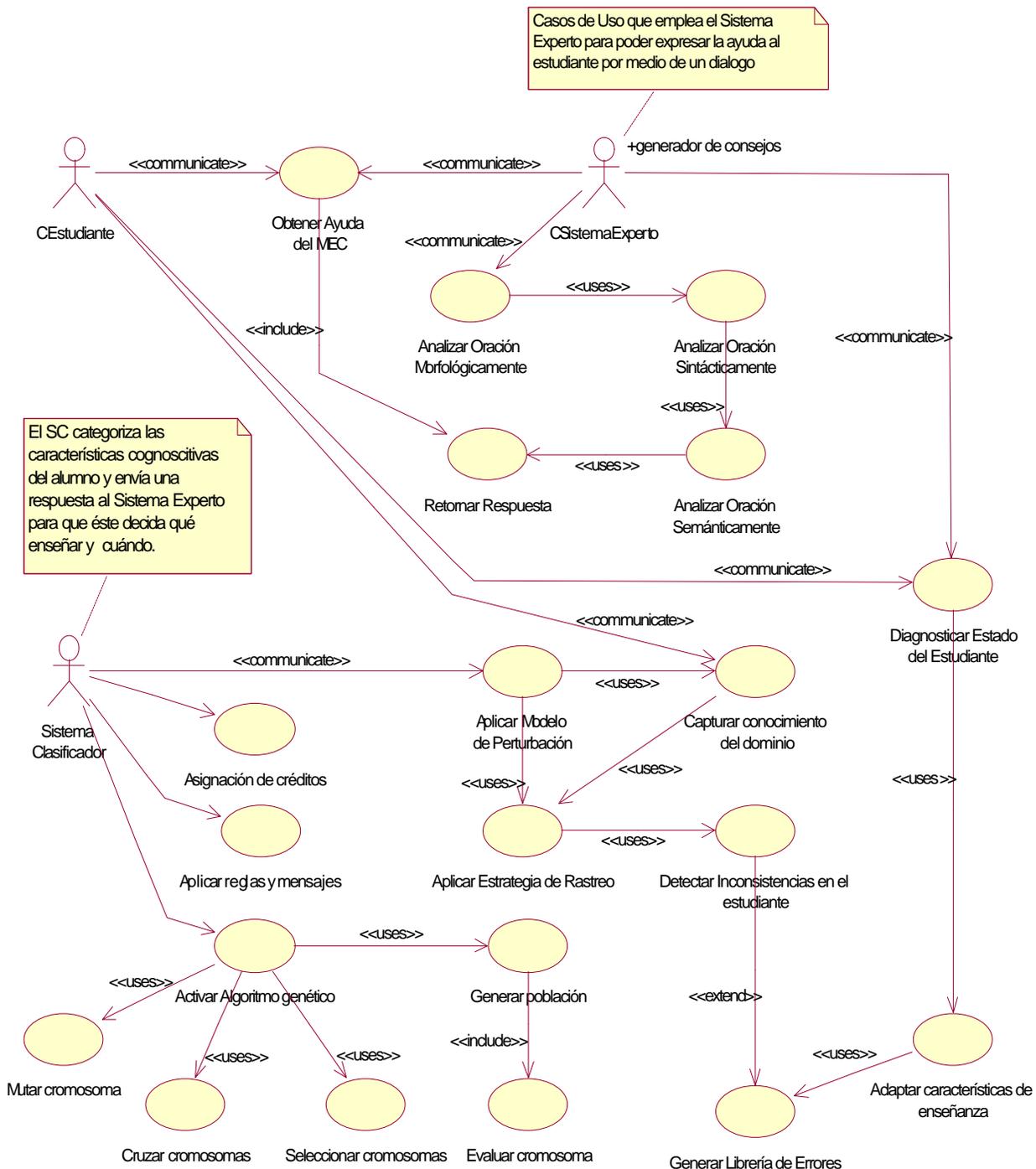
DIAGRAMA DE CASOS DE USO PARA PROFESOR.
FRONTERAS Y LIMITES DEL SISTEMA



ESPECIFICACION DE LOS CASOS DE USO EXTENDIDOS



ESPECIFICACION DE LOS CASOS DE USO PARA EL SISTEMA CLASIFICADOR Y EL SISTEMA EXPERTO



2.4 PLANEACIÓN TEMPORAL CON BASE EN CASOS DE USO

2.4.1 Propósito del plan

La Planeación del proyecto de software tiene como propósitos definir el ámbito del MEC y distribuir las actividades entre el grupo desarrollador; establecer los riesgos y sugerencias técnicas de aversión a riegos, definir los costos y la planificación temporal para la revisión de la gestión de los procesos, proporcionar un enfoque general del desarrollo de software para todo el personal relacionado con el proyecto, y describir el compromiso entre el cliente (directivos del Colegio Minuto de Dios y Jurados del proyecto de grado) y los desarrolladores en cuanto a la entrega del Producto de Software.

A continuación se describirá la planeación del Proyecto basada en Casos de uso empleando el Modelo de Procesos Iterativo consistente con Objectory Process.

2.4.2 Clasificación de los casos de Uso por categoría

Para realizar la siguiente clasificación, se tomará en cuenta el nivel de prioridad de cada Caso de uso sugerido por Fowler¹⁹:

- *Es indispensable tener esta función en cualquier MEC:* en este nivel se encuentran los siguientes casos de uso:
 - Iniciar Mundo
 - Finalizar Mundo
 - Cargar Escenario del Hiperespacio
 - Presentar contenidos multimedia
 - Gestionar Contenidos
 - Cambiar de Escenario
 - Salir de Escenario
 - Recoger Objeto
 - Soltar Objeto
 - Usar herramienta
 - Interactuar con personaje
 - Resolver reto
 - Realizar control de Navegación
 - Capturar características del alumno
 - Capturar conocimiento del dominio

- *Se puede vivir sin esta función por breve tiempo:*
 - Registrar Material Didáctico utilizado
 - Obtener ayuda del MEC
 - Realizar Ejercicios

¹⁹ FOWLER, M. Op.cit, p. 30

- Visualizar Resultados de Desempeño del Estudiante
 - Indicar Estrategia Pedagógica
 - Activar Motor de Inferencia
 - Recorrer Reglas de Producción
 - Buscar Estrategia de Solución
 - Analizar oración Morfológicamente
 - Analizar oración sintácticamente
 - Analizar oración Semánticamente
 - Retornar respuesta
 - Adaptar características de enseñanza
 - Evaluar Actividades del Alumno
 - Seleccionar Material Didáctico
 - Retroalimentar información
 - Aplicar reglas y mensajes
 - Asignación de créditos
 - Activar Algoritmo genético
 - Mutar cromosoma
 - Cruzar cromosomas
 - Seleccionar cromosomas
 - Generar población
 - Evaluar cromosoma
 - Diagnosticar Estado del Estudiante
 - Aplicar Estrategia de Rastreo
 - Aplicar Modelo de Perturbación
 - Detectar Inconsistencias en el estudiante
 - Generar Librería de Errores
- *Es una función importante pero se puede vivir sin ella durante un rato*
- Validar Contraseña
 - Controlar Asistencia de alumnos
 - Gestionar Base de Datos de Usuarios
 - Ingresar datos Estudiante
 - Eliminar datos estudiante
 - Modificar datos estudiante
 - Buscar datos del estudiante

2.4.3 Riesgo Arquitectónico por Caso de Uso

En esta parte se evalúa qué tan comprometido se verá el proyecto si se deja de lado un Caso de Uso hasta muy avanzado, es decir, qué grado de importancia estructural posee un caso de uso para desarrollar el esqueleto del MEC. Para esto se trabaja también una Clasificación:

- **Alto Riesgo:** Iniciar Mundo, Finalizar Mundo, Cargar Escenario del Hiperespacio, Presentar contenidos multimedia, Gestionar Contenidos, Realizar control de Navegación, Capturar características del alumno, Capturar conocimiento del dominio, Visualizar Resultados de Desempeño del Estudiante, Activar Motor de Inferencia, Recorrer Reglas de Producción, Buscar Estrategia de Solución, Adaptar características de enseñanza, Evaluar Actividades del Alumno, Seleccionar Material Didáctico, Diagnosticar Estado del Estudiante.

- **Riesgo posible pero no probable:** Validar Contraseña, Cambiar de Escenario, Salir de Escenario, Recoger Objeto, Soltar Objeto, Usar herramienta, Interactuar con personaje, Resolver reto, Registrar Material Didáctico utilizado, Obtener ayuda del MEC , Realizar Ejercicios, Indicar Estrategia Pedagógica , Analizar oración Morfológicamente, Analizar oración sintácticamente, Analizar oración Semánticamente, Retornar respuesta, Retroalimentar información, Aplicar reglas y mensajes, Asignación de créditos, Activar Algoritmo genético, Mutar cromosoma, Cruzar cromosomas, Seleccionar cromosomas, Generar población, Evaluar cromosoma, Aplicar Estrategia de Rastreo, Aplicar Modelo de Perturbación, Detectar Inconsistencias en el estudiante, Generar Librería de Errores.
- **Poco Riesgo:** Controlar Asistencia de alumnos, Gestionar Base de Datos de Usuarios, Ingresar datos Estudiante, Eliminar datos estudiante, Modificar datos estudiante, Buscar datos del estudiante.

2.4.4 Riesgo de Calendarización Por caso de Uso

En esta parte se evalúa la seguridad que se tiene en la estimación del esfuerzo requerido para el desarrollo de cada Caso de Uso. Se emplea la siguiente clasificación (Entre paréntesis el tiempo estimado para realizar Análisis, Diseño, código, pruebas, integración y documentación de cada caso de uso) :

- **Se sabe con seguridad cuánto esfuerzo (persona/tiempo) requiere cada caso de uso:**
 - Iniciar Mundo (1 día)
 - Finalizar Mundo (1 día)
 - Cargar Escenario del Hiperespacio (2 días)
 - Cambiar de Escenario (1 día)
 - Gestionar Contenidos (5 días)
 - Salir de Escenario (1 día)
 - Recoger Objeto (2 días)
 - Soltar Objeto (1 día)
 - Usar herramienta (2 días)
 - Interactuar con personaje (2 días)
 - Resolver reto (2 días)
 - Ingresar datos Estudiante (2 días)
 - Eliminar datos estudiante (2 días)
 - Modificar datos estudiante (2 días)
 - Buscar datos del estudiante (2 días)
 - Registrar Material Didáctico utilizado (4 días)
 - Indicar Estrategia Pedagógica (3 días)
 - Controlar Asistencia de alumnos (2 días)
 - Validar Contraseña (1 día)
- **Se puede estimar el tiempo sólo hasta el mes persona más próximo:**
 - Presentar contenidos multimedia (4 meses)

- Realizar control de Navegación **(1 semana)**
 - Capturar características del alumno **(1 semana)**
 - Capturar conocimiento del dominio **(1 semana)**
 - Analizar oración Morfológicamente **(3 días)**
 - Evaluar Actividades del Alumno **(1 semana)**
 - Seleccionar Material Didáctico **(1 semana)**
 - Retroalimentar información **(1 semana)**
 - Visualizar Resultados de Desempeño del Estudiante **(4 días)**
 - Realizar Ejercicios **(1 semana)**
- **No se tiene la menor idea de cuánto esfuerzo y tiempo requiera:** no se puede estimar el tiempo ya que no se poseen datos históricos para la elaboración de los siguientes casos de uso:
- Obtener ayuda del MEC
 - Activar Motor de Inferencia
 - Recorrer Reglas de Producción
 - Buscar Estrategia de Solución
 - Analizar oración sintácticamente
 - Analizar oración Semánticamente
 - Retornar respuesta
 - Adaptar características de enseñanza
 - Activar Algoritmo genético
 - Aplicar reglas y mensajes
 - Asignación de créditos
 - Mutar cromosoma
 - Cruzar cromosomas
 - Seleccionar cromosomas
 - Generar población
 - Evaluar cromosoma
 - Diagnosticar Estado del Estudiante
 - Aplicar Estrategia de Rastreo
 - Aplicar Modelo de Perturbación
 - Detectar Inconsistencias en el estudiante
 - Generar Librería de Errores

Para efectos de poder calcular el Esfuerzo de la Iteración, se destinará 5 meses (20 semanas) para la elaboración de esta última categoría, es decir, 1 semana aprox. Por cada caso de uso.

Tomando como referencia a Fowler quién define “...La etapa de construcción consta de muchas iteraciones, donde cada iteración construye software de calidad para producción, probado e integrado, que cumple un subconjunto de requerimientos del proyecto.” Para el desarrollo de las iteraciones se ha decidido tratar los riesgos con mayor prioridad, riesgo arquitectónico y riesgos de calendarización, antes que los demás con el motivo de no dejar los casos de uso riesgosos para el final y poder cumplir con lo acordado con el cliente en la fecha propuesta (30/04/02). Teniendo esto en cuenta, se ha decidido desarrollar el proyecto en 5 iteraciones así: Componente Hipermedia (desarrollo del material multimedia y micromundos Explorativos), Módulo Experto y de Tutoría (desarrollo del Sistema Experto), Modelo del Alumno y Diagnóstico (desarrollo del Sistema Clasificador), desarrollo del módulo de Lenguaje Natural y desarrollo del componente de gestión

de usuarios . A continuación se describirán los casos de uso a desarrollar en cada iteración.

Primera Iteración (incluyendo Análisis, Diseño, Codificación, Pruebas, Integración y Documentación):

- Iniciar Mundo, Finalizar Mundo, Cargar Escenario del Hiperespacio, Cambiar de Escenario, Gestionar Contenidos, Salir de Escenario, Recoger Objeto, Soltar Objeto, Usar herramienta, Interactuar con personaje, Resolver reto, Registrar Material Didáctico utilizado, Presentar contenidos multimedia, Realizar control de Navegación, Realizar Ejercicios, Generar Librería de Errores, . \cong 23 semanas

Segunda Iteración

- Evaluar Actividades del Alumno, Seleccionar Material Didáctico, Retroalimentar información, Obtener ayuda del MEC, Activar Motor de Inferencia, Recorrer Reglas de Producción, Buscar Estrategia de Solución, Adaptar características de enseñanza, Capturar conocimiento del dominio, Indicar Estrategia Pedagógica, Detectar Inconsistencias en el estudiante, Aplicar Estrategia de Rastreo, Aplicar Modelo de Perturbación \cong 15 semanas

Tercera Iteración

- Activar Algoritmo genético, Aplicar reglas y mensajes, Asignación de créditos, Mutar cromosoma, Cruzar cromosomas, Seleccionar cromosomas, Generar población, Evaluar cromosoma, Diagnosticar Estado del Estudiante, Capturar características del alumno \cong 8 semanas

Cuarta Iteración

- Analizar oración Morfológicamente, Analizar oración sintácticamente, Analizar oración Semánticamente, Retornar respuesta \cong 3.5 semanas

Quinta Iteración

- Gestionar Base de Datos de Usuarios, Ingresar datos Estudiante, Eliminar datos estudiante, Modificar datos estudiante, Buscar datos del estudiante, Controlar Asistencia de alumnos, Validar Contraseña, Visualizar Resultados de Desempeño del Estudiante \cong 2 semanas

En total el proyecto requiere 52 semanas de desarrollo aproximadamente. Después de haber definido las iteraciones del proyecto, se procede a realizar el calendario de compromisos (cronograma de actividades) por medio de diagramas de planeación del tipo Pert ó del tipo Gannt. En estos diagramas se graficarán las actividades, recursos y tiempo que se dedicará por Caso de Uso en cada iteración, de tal forma que se genere un compromiso del desarrollador con el cliente en la entrega del Proyecto terminado.

2.5 MODELO ESTÁTICO DEL DOMINIO DEL PROBLEMA

El Modelo Estático del MEC está representado por las Clases subyacentes a los Casos de Uso. Una clase es una abstracción de un conjunto de objetos que comparten los mismos atributos,

operaciones, relaciones y semántica. Gráficamente una clase se representa como un rectángulo, generalmente incluyendo su nombre, atributos y operaciones.

2.5.1 Listado de clases y objetos

Los sustantivos que residen en el espacio de la solución del problema y que forman los cimientos para los casos de uso descritos anteriormente, se listan a continuación:

- Estudiante
- Profesor
- Sistema Experto
- Sistema Clasificador
- MEC
- Módulo Tutoría
- Módulo Diagnóstico del alumno
- Módulo Experto
- Reglas de Producción
- Módulo Hiperespacio
- Gestor de Datos (Base de Datos)
- Módulo de Lenguaje Natural
- Cromosoma
- Guión
- Mundo
- Escenario (nodo multimedia)
- Pista
- Personaje
- Herramienta
- Reloj
- Reto
- Algoritmo Genético

2.5.2 Diagrama de Clases

El diagrama de clases describe los objetos que hay en el sistema y las diversas clases de relaciones estáticas que existen entre ellos. Los diagramas de clase también muestran los atributos y operaciones de una clase y las restricciones a que se ven sujetos, según la forma en que se conecten los objetos.

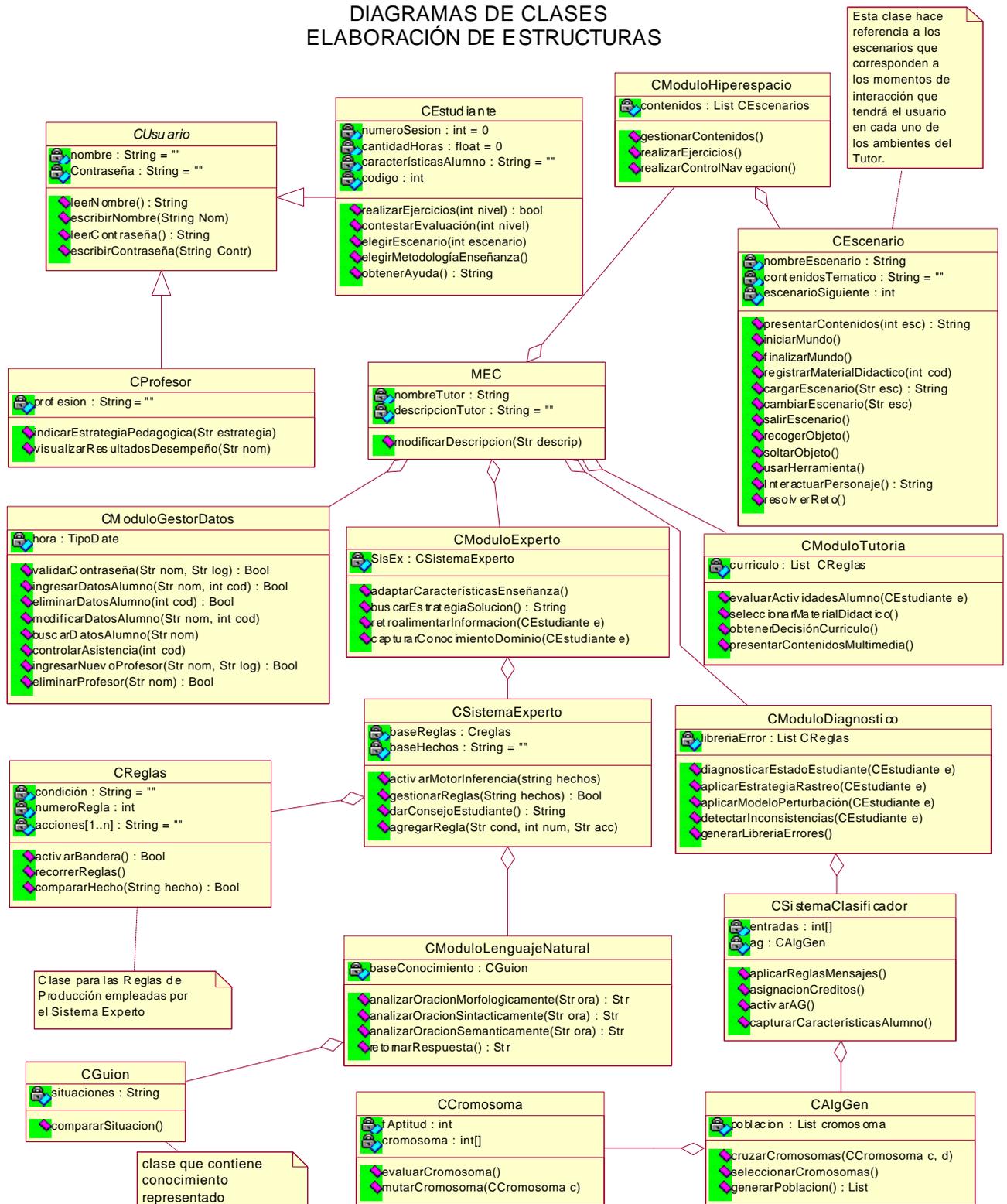
2.5.2.1 Elaboración de Estructuras

A continuación se presentará el Diagrama de Clases del MEC, donde se indicarán los atributos, servicios y relaciones entre clases, se especificará también las relaciones de herencia y agregación (parte/todo). *Cabe mencionar que cada clase contiene operaciones que acceden a los atributos de la misma (leer() y escribir()) y constructores (paramétricos y por defecto), aunque no se especifiquen en el diagrama por cuestión de legibilidad.*

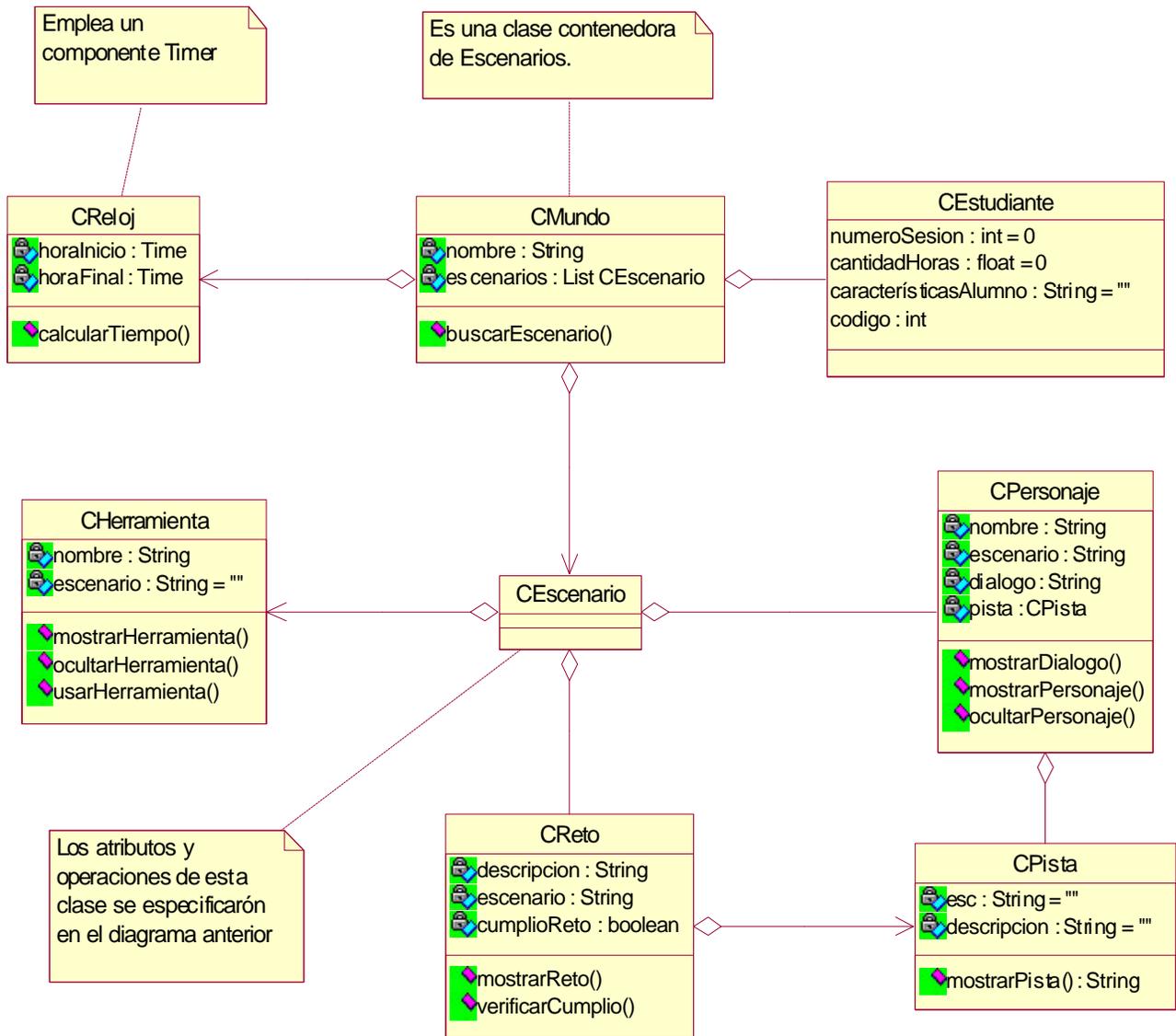
2.5.2.2 Diagrama de Asociaciones

Este diagrama representa las asociaciones entre las diferentes clases mencionadas anteriormente. Las asociaciones indican la multiplicidad (1..*, 0.1..*, etc) y la navegabilidad entre los objetos.

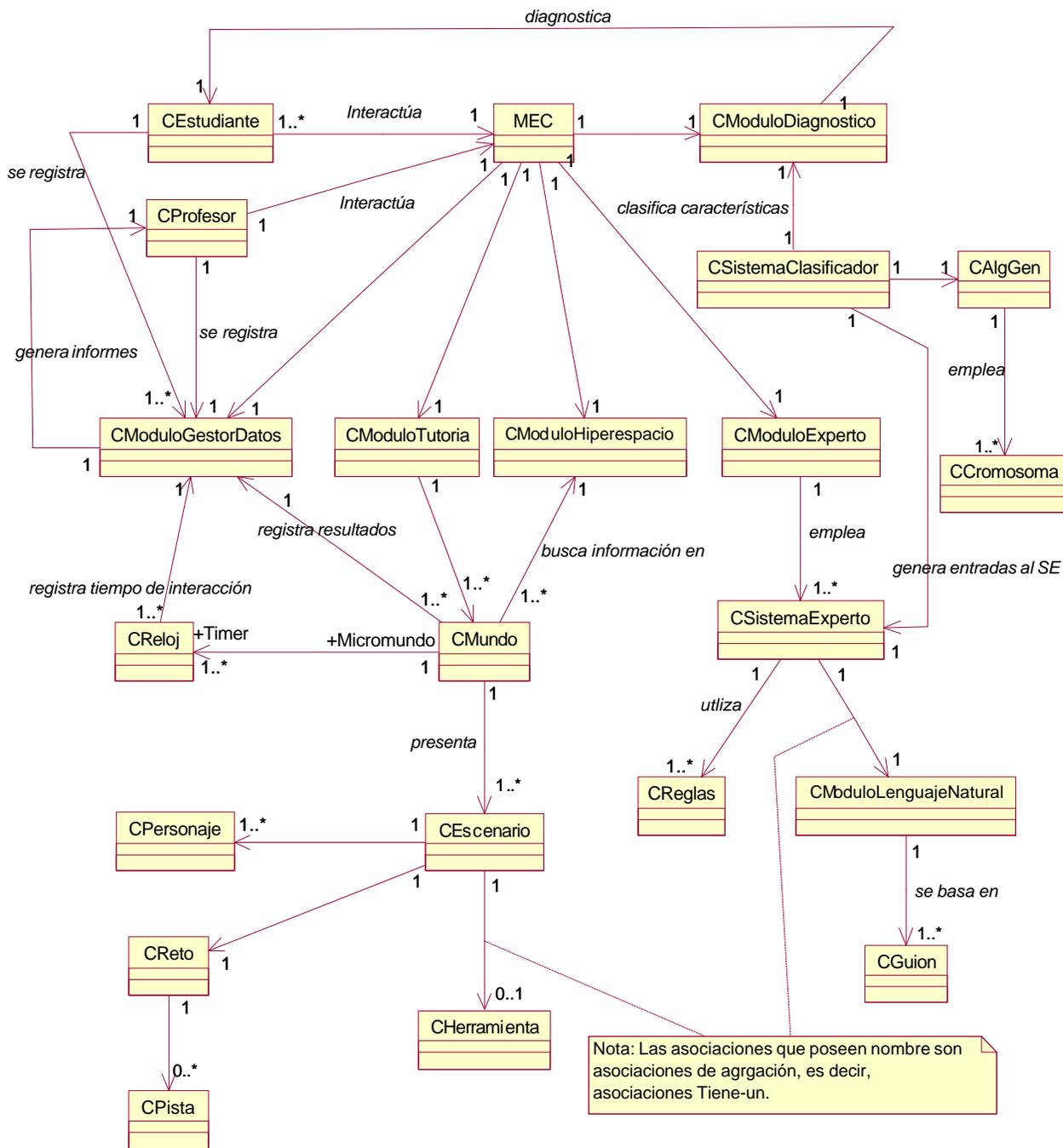
DIAGRAMAS DE CLASES ELABORACIÓN DE ESTRUCTURAS



DIAGRAMAS DE CLASES ELABORACION DE ESTRUCTURAS



DIAGRAMAS DE ASOCIACIONES ENTRE CLASES



2.5.2.3 Diccionario de Clases, Atributos y Métodos

NOMBRE DE LA CLASE: CUsuario			
TIPO: Superclase (Clase Abstracta)			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
nombre	String	Define el nombre del usuario define el password o clave de acceso del usuario	[1..25]
contraseña	String		[1..8]
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
leerNombre	Retorna el nombre del usuario		String
escribir Nombre	Asigna un valor al atributo nombre		
leerContraseña	Retorna la contraseña al Sistema y no al usuario		String
escribirContraseña	Asigna un valor al atributo contraseña		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
escribirNombre	nombre	String	Nombre del usuario
escribirContraseña	contraseña	String	Contraseña del usuario

NOMBRE DE LA CLASE: CProfesor			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
profesion	String	almacena la profesión o grada académico del profesor	[1..20]
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
indicarEstrategia	El profesor indica si desea hacer un repaso sobre algún estudiante, disminuir el ritmo de enseñanza, Retroalimentar información, etc		String
visualizarResultadosDesempeño	Se le presenta al profesor un informe del estado del alumno con respecto al aprendizaje del MEC		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
indicarEstrategia	estrategia	String	Estrategia pedagógica

NOMBRE DE LA CLASE: CEstudiante			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
numeroSesion	Short int	corresponde a una identificación de la sesión en que va el estudiante	1..300
cantidadHoras	Float	almacena el número de horas por sesión que toma el alumno	1-10

caracteristicasAlumno	String	almacena características como desempeño, ritmo de aprendizaje.	1..300
codigo	int	Código del estudiante	1-999999
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
realizarEjercicios	Se remite a la sesión de ejercicios del nivel		Bool
contestarEvaluacion	Carga el formato de preguntas		
elegirEscenario	Elige un escenario de estudio		String
elegirMetodologiaEnseñanza	Elige entre enseñanza secuencial o personalizada (el estudiante puede entrar en cualquier sesión)		
obtenerAyuda	El alumno requiere la ayuda del MEC		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
realizarEjercicios	nivel	Int	Nivel donde se encuentran los ejercicios
contestarEvaluación	nivel	Int	Nivel donde se encuentra la evaluación
elegirEscenario	escenario	int	Escenario específico de los contenidos temáticos

NOMBRE DE LA CLASE: MEC			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
nombreTutor	String	almacena el nombre del Tutor	[1..15]
descripcionTutor	String	almacena una breve descripción del Tutor	[1..40]
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
modificarDescripcion	Modifica la descripción del tutor		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
modificarDescripcion	descrip	String	Definición del Tutor

NOMBRE DE LA CLASE: CModuloGestorDatos			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
hora	Time 00:00:00	almacena el tiempo de interacción con el sistema	00:00:00 – 24:00:00
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
validarContraseña	Comprueba que la contraseña sea válida		Bool
ingresarDatosAlumno	Almacena en la BD los datos del estudiante		Bool
eliminarDatosAlumno	Elimina los datos de la BD		Bool
modificarDatosAlumno	Edita la información del alumno de la BD		Bool
buscarDatosAlumno	Busca los datos de un alumno en la BD		Bool

ingresarNuevoProfesor eliminarProfesor controlarAsistencia	Ingresa los datos del Profesor a la BD Elimina los datos del profesor de la BD Visualiza la intensidad horaria por semana que el estudiante interactúa con el Tutor	Bool	
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
validarContraseña	nom, log	String, String	Nombre y password
gestionarBDUsuarios	cod	Int	Código del alumno
ingresarNuevoProfesor	nom, log	String, String	Nombre y password
eliminarProfesor	nom	String	Nombre del profesor
ingresarDatosAlumno	nom, cod	String, int	Nombre y código
eliminarDatosAlumno	cod	Int	Código
modificarDatosAlumno	nom, cod	String, int	Nombre y código
buscarDatosAlumno	nom	String	Nombre

NOMBRE DE LA CLASE: CModuloTutoria			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
Curriculo	List CReglas	Lineamientos curriculares de 4°	1..200
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
evaluarActividadesAlumno	Se ponderan los resultados del alumno		CReglas
seleccionarMaterialDidactico	Se elige el material a presentar al alumno		
obtenerDecisionCurriculo	Se obtiene una decisión de qué material presentar al alumno		
presentarContenidosMultimedia	Se presentan los contenidos temáticos según la navegación del alumno por el MEC		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
evaluarActividadesAlumno	e	CEstudiante	Estudiante que interactúa con el MEC

NOMBRE DE LA CLASE: CEscenario			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
numeroEscenario	int	es un identificador del escenario	1..10
contenidoTematico	String	contiene el contenido temático por escenario de estudio (pantallazo)	[1..100]
escenarioSiguiente	Int	indica cual escenario continua	1..10
acceso	boolean	indica si el escenario esta habilitado	true - false
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
iniciarMundo	Carga un micromundo explorativo multimedia		String
finalizarMundo	Abandona el micromundo y realiza control de avance		
registrarMaterialDidactico	Registra el material usado por el alumno: ejemplos, ejercicios, etc. dentro del escenario		
cargarEscenario	Presenta en pantalla el último escenario visitado		
cambiarEscenario	Carga un escenario visitado anteriormente.		
salirEscenario	Abandona el escenario y almacena el registro de avance		

RecogerObjeto	El usuario obtiene un objeto, herramienta del escenario	String	
SoltarObjeto	El usuario desecha la herramienta para obtener otra		
UsarHerramienta	El usuario hace uso de la herramienta		
InteractuarPersonaje	El personaje del micromundo da pistas al alumno		
resolverReto	El alumno logra la meta del escenario o del Mundo		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
registrarMaterialDidactico	Cod	Int	Código alumno
cargarEscenario	Esc	Int	Número del escenario
cambiarEscenario	esc	Int	Número del escenario

NOMBRE DE LA CLASE: CMundo			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
nombre	String	Nombre del micromundo explorativo	1..20
escenarios	List CEscenario	Escenarios pertenecientes al micromundo	1..100
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
buscarEscenario	Busca un escenario en la lista de escenarios		CEscenario
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
buscarEscenario	nombre	String	Nombre del escenario

NOMBRE DE LA CLASE: CRelej			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
horalnicio	Time	Hora en que el alumno inicia la sesión	00:00:00
horaFinal	Time	Hora en que finaliza la sesión	00:00:00
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
calcularTiempo	Calcula el tiempo que el estudiante empleó el MEC		Time
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
calcularTiempo	HIn, HFin	Time	Hora inicial y final

NOMBRE DE LA CLASE: CHerramienta			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
nombre	String	Nombre de la herramienta	1..20
escenario	int	Escenario donde aparece le herramienta	1..200
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
mostrarHerramienta	Activa la herramienta capturada por el alumno		
ocultarHerramienta	Oculta la herramienta		
usarHerramienta	Hace uso de la herramienta para la solución de un problema		

NOMBRE DE LA CLASE: CPersonaje			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
nombre	String	Nombre del personaje	1..20
escenario	Int	Escenario donde aparece el personaje	1..200
dialogo	String	Comentario que hace el personaje al encontrar al alumno	1..200
pista	CPista	Pista que da el personaje al alumno	1
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
mostrarDialogo	Presenta el dialogo en pantalla		String
mostrarPersonaje	Presenta al personaje en pantalla		
ocultarPersonaje	Oculta al personaje del escenario		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
mostrarPersonaje	escenario	int	Escenario donde aparece el personaje

NOMBRE DE LA CLASE: CPista			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
esc	Int	Escenario donde aparece la pista	1..200
descripcion	String	Pista dada al alumno	1..200
numPista	int	Número de la pista	1..5
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
mostrarPista	Presenta en pantalla la pista		String
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
mostrarPista	pista	int	Número de pista a presentar

NOMBRE DE LA CLASE: CReto			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
descripcion	String	Solución del problema presentado al alumno	1-50
escenario	Int	Escenario donde pertenece el reto	1-200
cumplioReto	Boolean	Indica si el alumno alcanzó el reto o no	false-true
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
mostrarReto	Presenta en pantalla el reto y la solución		String
verificarCumplio	Verifica si la respuesta del alumno coincide con la del reto		Boolean
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
verificarCumplio	respuesta	string	Respuesta del alumno

NOMBRE DE LA CLASE: CModuloHiperespacio			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
contenidos	List CMundo	Totalidad del contenido multimedia	1-10
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
gestionarContenidos	Abre, lee, y cierra el archivo de contenidos		boolean
realizarEjercicios	Presenta ejercicios al estudiante		
realizarControlNavegacion	Habilita o deshabilita escenarios multimedia		

NOMBRE DE LA CLASE: CModuloLenguajeNatural			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
baseConocimiento	CGuion	Conocimiento empleado en el dialogo	1..20
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
analizarOracionMorfologicamente	Descompone una oración en palabras		String []
analizarOracionSintacticamente	Categoriza las palabras en artículos, sustantivos, verbos, etc		String []
analizarOracionSemanticamente	Empareja las palabras con el conocimiento representado		
retornarRespuesta	Emite un concepto respecto a la pregunta		String
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
analizarOracionMorfologicamente	Ora	String	Oración a analizar
analizarOracionSintacticamente	Ora	String []	Palabras a analizar

NOMBRE DE LA CLASE: CGuion (Método de Representación del conocimiento)			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
elemento	String []	Elementos constitutivos del guión	1..30
situaciones	String []	Situaciones presentes en cada elemento	1..30
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
compararSituación	Compara un hecho con una situación del guión		boolean
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
compararSituación	hecho	String	Hecho capturado del entorno

NOMBRE DE LA CLASE: CModuloExperto			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
sisEx	CSistemaExperto	Sistema experto con conocimiento del dominio del problema	1

METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
adaptarCaracteristicasEnseñanza buscarEstrategiaSolucion retroalimentarInformación capturarConocimientoDominio	Personaliza la enseñanza al alumno Resuelve el problema como un experto Genera refuerzo de contenidos al alumno Identifica los conocimientos aprendidos por el alumno		String
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
retroalimentarInformación capturarConocimientoDominio	e e	Cestudiante CEstudiante	Estudiante que interactúa con el MEC

NOMBRE DE LA CLASE: CSistemaExperto			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
baseReglas	CReglas	es cada regla del tipo Si Entonces que emplea el Sistema Experto	[1..100]
baseHechos	String []	son las observaciones del desempeño del estudiante hechas por el Tutor	[1..40]
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
activarMotorInferencia	Inicia el proceso de inferencia		Bool
darConsejoEstudiante	Presenta una ayuda al estudiante, dependiendo de la inferencia hecha por el motor de inferencia		Bool
agregarRegla	El Sistema experto puede inferir nuevas reglas y adicionarlas a la base de reglas.		Bool
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
agregarRegla	cond, num, acc	String, int, String	Condición, número y acciones de la regla
activarMotorInferencia	hechos	String	Hechos a ser comparados

NOMBRE DE LA CLASE: CReglas			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
condicion	String []	es el enunciado de la regla, es decir la premisa (después del Si).	[1..15]
acciones	String	es el consecuente de la regla (después del Entonces)	[1..15]
numeroRegla	Short int	es una numeración para poder ordenar las reglas	1-100
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
activarBandera	Activa una variable booleana cuando se visita una regla y se tiene éxito.		Bool
recorrerReglas	Emplea el encadenamiento hacia delante para recorrer la base de reglas, también puede emplear la recursividad y el backtracking.		
compararHechos	Compara los hechos de la base de hechos con las		Bool

	condiciones de las reglas (premisas)		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
compararHechos	hecho	String	Hecho que será comparado con las reglas de producción

NOMBRE DE LA CLASE: CModuloDiagnostico			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
libreriaError	List CReglas	Colección de errores cometidos por los alumno	1..200
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
diagnosticarEstadoEstudiante	Detecta los estilos cognoscitivos del alumno		
aplicarEstrategiaRastreo	Emplea el modelo de rastreo o tracing model		
aplicarModeloPerturbacion	Aplica el modelo de perturbación en el alumno		
detectarInconsistencias	Selecciona en los malentendidos y errores del alumno		
generarLibreriaErrores	Clasifica los errores cometidos por el alumno		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
diagnosticarEstadoEstudiante	e	CEstudiante	Estudiante que interactúa con el MEC
aplicarEstrategiaRastreo	e	CEstudiante	
aplicarModeloPerturbacion	e	CEstudiante	
detectarInconsistencias	e	CEstudiante	

NOMBRE DE LA CLASE: CSistemaClasificador			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
entradas	Int []	Son las entradas (características del alumno) detectadas por el SC	1..30
ag	CAlgGen	Algoritmo genético empleado	1
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
aplicarReglasMensajes	Reglas para clasificar las entradas		
asignacionCreditos	Asignación de probabilidades a las reglas		
activarAG	Iniciar los operadores del AG		
capturarCaracteristicasAlumno	Detectar características y habilidades del alumno		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
capturarCaracteristicasAlumno	Características	String	Carac. Del alumno

NOMBRE DE LA CLASE: CalgGen			
TIPO: Clase Concreta (AlgoritmoGenetico)			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
poblacion	List CCromosoma	Población de cromosomas al azar con las que inicia y opera el AG	50-100

METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
cruzarCromosoma	Emplea el operador de cruce en dos cromosomas		List CCromosoma
seleccionarCromosoma	Selecciona los cromosomas más aptos		
generarPoblacion	Genera aleatoriamente la población de cromosomas		
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
cruzarCromosoma	c, d	CCromosoma	Cromosomas a cruzar

NOMBRE DE LA CLASE: CCromosoma			
TIPO: Clase Concreta			
ATRIBUTOS			
Nombre	Tipo	Descripción	Dominio
fAptitud	Int	Aptitud del cromosoma	1
cromosoma	Int []	Cadena de genes del cromosoma	1-15
METODOS			
Nombre	Descripción		Tipo Retorno
evaluarCromosoma	Calcula la aptitud del cromosoma por medio de la función de aptitud		Int
mutarCromosoma	Aplica el operador de mutación sobre el cromosoma		Cromosoma
Parámetros	Nombre	Tipo	Descripción
mutarCromosoma	c	CCromosoma	Cromosoma a ser mutado

2.6 RESUMEN

La decisión de construir o no un MEC trasciende más allá del simple hecho de crear ambientes lúdicos que involucren voz, datos, sonidos y animaciones (hipermedia), requiere además de un intenso estudio llamado proceso de identificación de las necesidades educativas. En este proceso se determina exactamente cuáles son las debilidades y fortalezas de un grupo representativo de estudiantes seleccionados por edad, grado y aspectos socio-culturales, teniendo en cuenta los lineamientos curriculares propuestos por el Ministerio de Educación Nacional. La identificación de las necesidades educativas es un factor crucial para decidir si se debe implementar un MEC o no, y en el caso de realizarlo, definir las características específicas que éste debe contener. A partir de la identificación de las necesidades educativas, se puede generar un modelo conceptual del dominio del problema a tratar, lo cual es muy útil cuando se está desarrollando un Análisis Orientado por Objetos ya que permite llevar a cabo un mayor nivel de especificidad del problema.

En este caso específico, se detectó una gran deficiencia en el aprendizaje de los algoritmos básicos de la adición, sustracción, multiplicación y división de números naturales, generada en un gran porcentaje por la ausencia de la individualización de la enseñanza. Se propone entonces desarrollar un MEC del tipo Sistema Tutor Inteligente que empleará ambientes de aprendizaje como los Micromundos Explorativos y técnicas de Inteligencia Artificial como los SE y los SC, que conduzcan a una enseñanza personalizada con alto nivel de adaptabilidad.

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN ORIENTADA A OBJETOS DEL MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO (ETAPA REFINADA DE ELABORACIÓN)

El diseño de un MEC está en función directa de los resultados de la fase de análisis. La orientación y contenido del MEC se derivan de la necesidad educativa o problema que lo justifican, del contenido y habilidades que subyacen a esto, así como de lo que se supone que los destinatarios saben sobre el tema; el tipo de software establece en buena medida una guía para el tratamiento y las funciones educativas que deberían cumplirse para satisfacer la necesidad. En el diseño se establece el ambiente y las actividades de aprendizaje que el MEC debe ofrecer, el sistema de comunicación entre usuario y programa, como también las especificaciones computacionales que sirven de base para su desarrollo.

3.1 DISEÑO EDUCATIVO

El diseño educativo se centra en establecer la solución a las siguientes cuatro preguntas:

- ¿Qué aprender con apoyo del MEC?
- ¿En qué ambiente o micromundo aprenderlo?
- ¿Cómo saber que el aprendizaje se está logrando?
- ¿Cómo motivar y mantener motivados a los usuarios?

3.1.1 ¿Qué aprender con el apoyo del MEC?

La respuesta a este interrogante resulta de establecer la diferencia entre lo que se espera que sepa el estudiante cuando termine de usar el material y lo que se supone que domina al iniciar su estudio. Para lograr esto, es importante verbalizar en términos operacionales, específicos, los aprendizajes final e inicial del proceso de enseñanza-aprendizaje que se apoyará con el MEC. A partir de los comportamientos esperados, se decompone el objetivo terminal en los comportamientos constituyentes o subyacentes, hasta llegar al punto donde se supone que están los estudiantes como nivel de entrada. A continuación se plantean los objetivos de instrucción que se espera sean alcanzados por los estudiantes que interactúen con el MEC.

Objetivos Específicos

Según el NSMI¹, expresar en términos específicos un objetivo equivale a hallar la respuesta a las siguientes tres preguntas:

- Conducta: ¿Qué debe ser capaz de hacer el alumno como evidencia de que aprendió?
- Condiciones: ¿Bajo qué circunstancias, con qué recursos y limitaciones, deberá demostrar que aprendió?
- Criterio: ¿Qué tan bien debe ser capaz de hacer lo que aprendió? ¿qué nivel mínimo de logro debe alcanzar para poder estar seguros de que aprendió?

Siguiendo la Taxonomía de resultados de aprendizaje de Gagné (Anexo A), el desarrollo de los objetivos de instrucción del MEC se enfocará en las categorías de Información Verbal, Habilidades Intelectuales, Estrategias Cognoscitivas y Actitudes, puesto que son válidas para la adquisición de conocimiento estático y la solución de problemas.

Subobjetivos:

1. El alumno estará en capacidad de Identificar el sistema de numeración decimal (las unidades, decenas, centenas, etc; en un número) durante el desarrollo de una operación básica haciendo uso de una tabla de descomposición en unidades, decenas, etc.
2. El alumno podrá expresar un número mediante la suma de los valores relativos de sus cifras por medio de descomposición polinómica.
3. El alumno estará en capacidad de aplicar el algoritmo de la adición en la realización de sumas y deberá obtener correctamente un porcentaje no menor al 80% de los ejercicios propuestos sin ayuda de la calculadora.
4. El alumno empleará correctamente el algoritmo de la sustracción en la solución de restas y deberá obtener correctamente un porcentaje no menor al 80% de los ejercicios propuestos sin ayuda de la calculadora.
5. El alumno identificará las propiedades de la adición y la sustracción y las aplicará en la solución de problemas de este tipo.
6. El alumno podrá identificar los múltiplos de un número sin ayuda visual de las tablas de multiplicar.
7. El alumno identificará las propiedades de la multiplicación y las aplicará en la solución de problemas.
8. El alumno empleará correctamente el algoritmo básico de la multiplicación sin ayuda de la calculadora.

¹ NSMI. National Special Media Institute. 1970. (mimeografiado)

9. El alumno hará uso de multiplicaciones abreviadas (por 10,100,1000; por 20,30,40; por 9,99,999; por 11,101,1001) .
10. El alumno podrá realizar divisiones como restas repetidas.
11. El alumno estará en capacidad de relacionar la división con la multiplicación en la identificación de los múltiplos de un número.
12. El alumno podrá realizar divisiones con divisores de una cifra sin ayuda de la calculadora.
13. El alumno podrá realizar divisiones con divisores de más de una cifra sin ayuda de la calculadora.
14. El alumno podrá identificar los divisores de un número sin ayuda visual de las tablas de multiplicar.
15. El alumno empleará las propiedades de la división para el desarrollo de problemas.
16. El alumno empleará los números primos menores de 100 por identificación de sus divisores.
17. El alumno aplicará los criterios de divisibilidad para reconocer los divisores de un número dado.
18. El alumno empleará el algoritmo básico de la división para hallar cocientes y residuos sin ayuda de la calculadora.

Objetivo Terminal

Al finalizar el estudio del MEC el alumno estará en capacidad de resolver problemas de suma, resta, multiplicación y división de números naturales inmersos en un micromundo explorativo. Así mismo será capaz de reconocer las operaciones, sus propiedades y el orden en que deben ser empleadas para la solución del problema.

Conducta de Entrada

Al iniciar el estudio del MEC el alumno deberá poseer los siguientes conocimientos indispensables para la utilización MEC:

- El alumno debe reconocer el sistema de numeración decimal, es decir, debe saber contar y ordenar los números.
- El alumno debe ser capaz de relacionar los números con objetos (5 manzanas, 3 carros, etc)
- El alumno debe ser capaz de emplear el número en diferentes contextos (como secuencia verbal, para contar, como cardinal, como ordinal, para medir, etc.)
- El alumno estará en capacidad de realizar operaciones básicas con conjuntos como la unión, intersección, complemento, etc.
- El alumno debe saberse las tablas de multiplicar con un porcentaje de error no mayor al 30%
- El alumno debe estar en capacidad de leer correctamente.
- El alumno debe estar en capacidad de emplear el mouse y debe haber empleado el computador por lo menos para jugar.

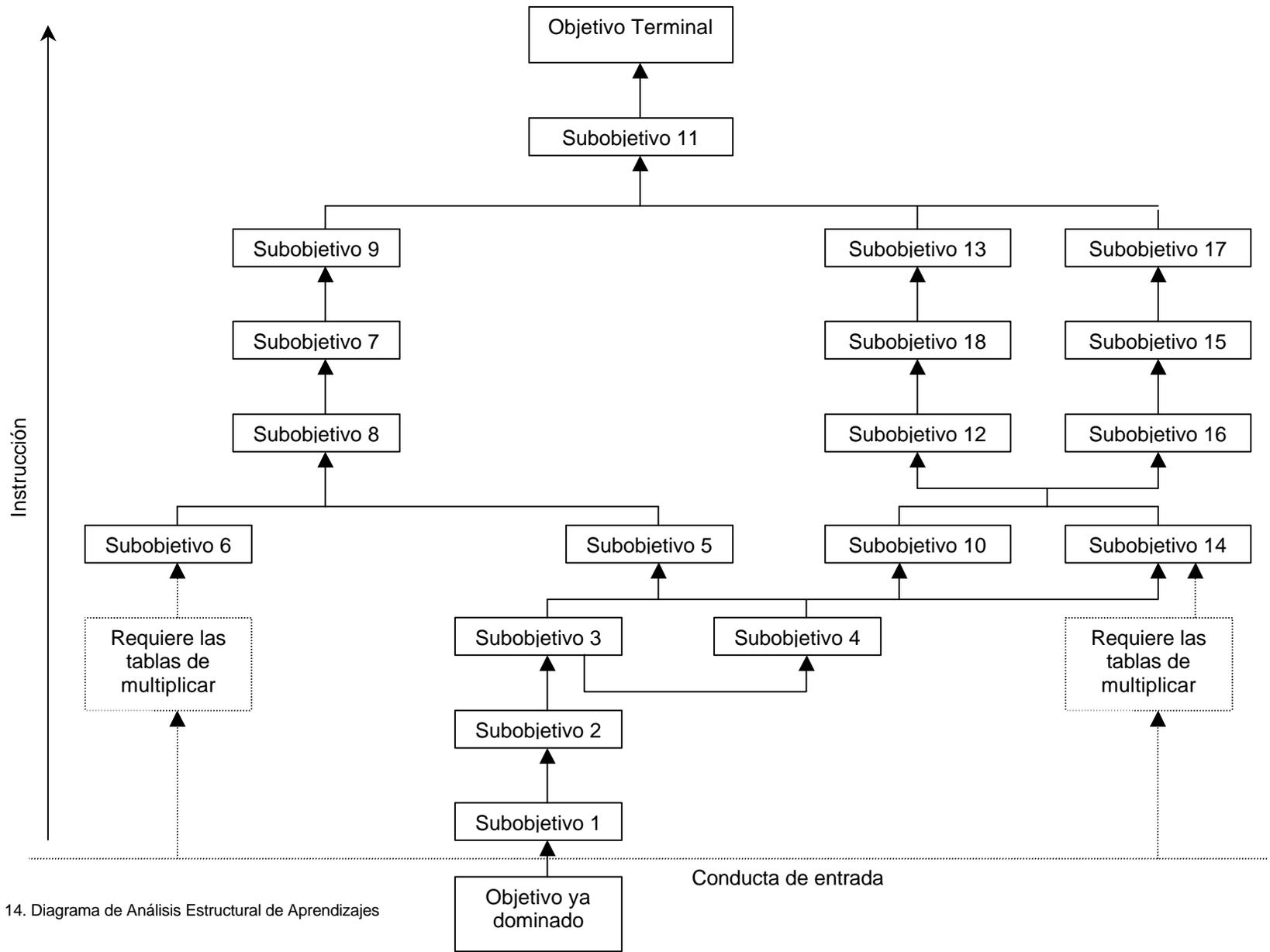


Figura 14. Diagrama de Análisis Estructural de Aprendizajes

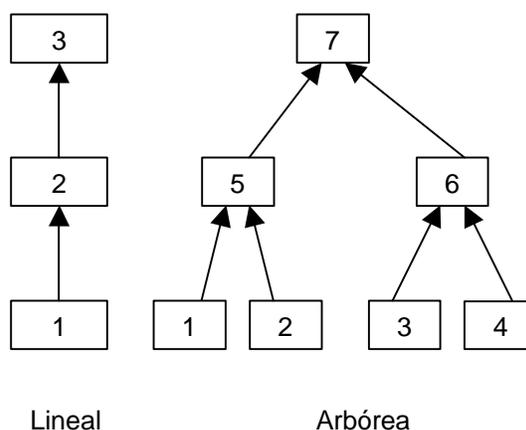
Análisis de Tareas de Aprendizaje

Para llenar el vacío entre las situaciones inicial y final de aprendizaje, es necesario descomponer el objetivo terminal en todas las tareas de aprendizaje subyacentes, detallándolas hasta el punto en que se hallen todas las habilidades, conocimientos y destrezas que es necesario adquirir, como complemento a las que ya se traen, para lograr el objetivo propuesto.

El anterior diagrama de la figura 13, se basó en los modelos propuestos por Baker², quien describe las estructuras de aprendizaje y sus relaciones, entre las cuales se encuentran: lineal, lineal en paralelo, de bloque, de árbol y de menú. En el Diagrama anterior se empleó una estructura combinada que emplea estructuras lineales y arbóreas.

En una estructura lineal solo hay una secuencia de instrucción posible, aquella que indica la jerarquía entre los aprendizajes subyacentes.

En la estructura en árbol cada aprendizaje “padre” tiene al menos dos aprendizajes “hijos” que dependen del padre. Este tipo de estructura es más elástica que las otras y, consecuentemente, las secuencias que permite son más variadas. Esto se debe a que entre los aprendizajes de cada grupo de hijos no hay relaciones jerárquicas. El alumno puede pasar a aprender lo especificado en un nodo padre cuando ha completado todos los aprendizajes de los nodos hijos, independientemente del orden en que estos se logren.



3.1.2 ¿En qué ambiente o micromundo aprenderlo?

El micromundo empleado para la creación de situaciones vivenciales será de tipo gráfico principalmente, aunque también tendrá escenarios enriquecidos con sonidos y descripciones verbales.

² BAKER, F.B. Computer Managed Instruction: Theory and Practice . N.J. 1978.

El micromundo exigirá el logro de cuatro destrezas constituyentes y relacionadas jerárquicamente: suma, resta, multiplicación y división de números naturales. La idea principal del micromundo es la siguiente:

El Capitán TAHAN (estudiante que interactúa con el micromundo) es el héroe de la historia. Es el año 3005 y TAHAN es parte de un experimento desarrollado en el año 2500. TAHAN es una combinación genética de las mejores características cromosómicas que mediante las modernas técnicas de criogenia pudo mantenerse congelado todo ese tiempo. Su cuerpo ha sido descongelado con un solo objetivo: Recuperar los 4 elementos del planeta Tierra (agua, aire, fuego y tierra). La historia inicial comienza a finales del siglo XX cuando los humanos, por hacer mal uso de sus recursos naturales, deben buscar colonizar otros planetas de la vía láctea. Se emprendieron numerosas misiones espaciales con el fin de encontrar más de estos recursos. Surge un imprevisto y los astronautas no regresan a la Tierra, por el contrario un grupo invasor de alienígenas invade el planeta Tierra y saquea los cuatro elementos que se encuentran en un templo sagrado. TAHAN debe viajar a cada uno de los planetas Alienígenas: Adicionix, Sustracciolandia, Multiplex Sum, y DiviRex. En cada Planeta se encuentran extraterrestres cuidando uno de los elementos robados, y TAHAN debe descifrar los distintos retos que le imponen estos seres para poder descubrir el lugar donde se encuentra cada elemento. Cuando TAHAN logre hacerlo se encontrará con nuevos retos, los cuales lo guiarán por el aprendizaje de los objetivos anteriormente mencionados hasta llegar al final de cada mundo, y por último, al final del MEC. Por ejemplo, uno de los retos es descifrar el idioma hablado en uno de los planetas, el cual es un lenguaje matemático, algo así como: $3'523.922 ? 4'637.279$, donde TAHAN (el alumno) deberá encontrar la operación adecuada (valor de ?) entre estos dos números de tal forma que al hallar su total resulte un tercer número que corresponde a una cadena cifrada de caracteres (palabra), por ejemplo, el número 01 corresponde a la letra A, el 02 a la B, y así sucesivamente hasta el número 27 (letra z). En el planeta Adicionix, por ejemplo, la operación es la suma, entonces la adición de los dos números anteriores da como resultado $8'151.201$, el cual si se descompone quedaría: 08 15 12 01, y remplazándolo por sus respectivas letras daría la palabra "hola". Pero esto sólo es el principio, TAHAN, después de haber descifrado el idioma, deberá enfrentarse a nuevos retos, guiado por pistas y por las herramientas que adquiere a través de su travesía. Cuando TAHAN no resuelve correctamente los retos, entonces es enviado a una zona de rehabilitación donde practicará y reforzará sus conocimientos.

3.1.3 ¿Cómo saber que el aprendizaje se está logrando?

La respuesta a esta pregunta lleva necesariamente al terreno de las situaciones de evaluación. Es necesario poder demostrar, cuando se requieran, cada una de las destrezas que interesa afianzar, los conocimientos que se busca acomodar, las habilidades que se quieren desarrollar, para así saber que se poseen. Para esto son útiles las situaciones de evaluación.

Las situaciones de evaluación diseñadas en este MEC tienen una función muy importante en el aprendizaje: ayudan al alumno a lograr los objetivos, sea anticipando preguntas o situaciones para resolver, con las que se favorezca la atención o percepción selectiva sobre lo que interesa aprender, o ya sea ofreciendo oportunidades de práctica sobre aquello que se aprendió y que se debe generalizar y transferir a variados contextos.

3.1.3.1 Diseño de las evaluaciones teniendo como soporte los estilos cognitivos de procesamiento aritmético.

Antes de especificar las situaciones de evaluación, es necesario determinar aquello que se medirá y se evaluará. A diferencia de los modelos del estudiante tradicionales que solo buscan representar los conocimientos adquiridos por el alumno, proponemos el diseño de un modelo del estudiante que represente el perfil cognitivo del alumno a través de la identificación del estilo cognitivo, lo cual aportará ciertos indicadores útiles a la hora de individualizar la enseñanza a las necesidades de cada estudiante y darán un norte para el diseño de las situaciones de evaluación que pretenderán detectar estos estilos en cada persona.

A continuación se describen las variables e indicadores de cada una de las dimensiones propuestas por Rogers (descritas en la sección 1.1.3), con el fin de establecer patrones de identificación del estilo cognitivo en el alumno durante la interacción con el MEC:

Alumno Adaptador

- Variable: Requerimiento de ayuda por parte del alumno.

Indicador: el alumno, después de recibir una instrucción para realizar una tarea, no requiere de ayuda por parte del MEC.

- Variable: Grado de realidad en la ejercitación.

Indicador: el alumno resuelve de una mejor manera las situaciones que implican hechos reales.

- Variable: grado de ejercitación que realiza el alumno durante la interacción con el MEC.

Indicador: el alumno realiza ejercicios adicionales a los propuestos por el MEC.

- Variable: Estrategia de solución a problemas y procedimientos

Indicador: el alumno emplea la estrategia del ensayo y error.

Alumno Convergente

- Variable: grado de ejercitación que realiza el alumno durante la interacción con el MEC.

Indicador: el alumno realiza ejercicios adicionales a los propuestos por el MEC.

- Variable: Grado de interés por examinar nodos Hipermedia conceptuales de forma adicional.

Indicador: el alumno realiza visitas a más del 60% de los hipervínculos existentes en cada mundo Hipermedia.

- Variable: Empleo de herramientas del micromundo

Indicador: el alumno tiende a emplear frecuentemente dichas herramientas. Más de 4 herramientas por objetivo Instruccional.

- Variable: Estrategia de solución a problemas y procedimientos.

Indicador: la estrategia empleada por el estudiante aplica conocimientos enseñados por el MEC en más de un 60% y el resto son estrategias heurísticas.

Alumno Divergente

- Variable: grado de ejercitación que realiza el alumno durante la interacción con el MEC.

Indicador: el alumno realiza ejercicios adicionales a los propuestos por el MEC.

- Variable: Grado de interés por examinar nodos Hipermedia conceptuales de forma adicional.

Indicador: el alumno visita menos del 60% de los hipervínculos y explicaciones complementarias del contenido Hipermedia.

Alumno Asimilador

- Variable: Grado de interés por examinar nodos Hipermedia conceptuales de forma adicional.

Indicador: el alumno realiza visitas a más del 60% de los hipervínculos existentes en cada mundo Hipermedia.

- Variable: grado de conceptualización

Indicador: el alumno responde bien a preguntas de tipo conceptual.

- Variable: grado de ejercitación que realiza el alumno durante la interacción con el MEC.

Indicador: el alumno realiza únicamente la ejercitación propuesta por el MEC y no ingresa a nodos Hipermedia de ejercitación por su propia cuenta.

- Variable: Requerimiento de ayuda.

Indicador: el alumno emplea más del 60% de las ayudas disponibles en un mundo Hipermedia.

Alumno Analítico:

- Variable: Nivel de Orientación en el proceso de aprendizaje.

Indicadores: el alumno prefiere tomar sesiones de estudio no secuenciales y no emplea normalmente la ayuda del MEC.

- Variable: nivel de desempeño de la MCP.

Indicadores: tomando como referencia la Teoría del Procesamiento de Información, si el alumno después de 18 segundos recuerda un dato enseñado previamente, entonces posee un buen desempeño de su MCP.

- Variable: Manejo de información Incoherente

Indicadores: el alumno identifica y expresa la incoherencia o inconsistencia por la cual no puede resolver un problema.

- Variable: nivel de representación perceptual.

Indicador: el alumno logra hacer una representación perceptual o gráfica aceptable superando los distractores, reestructurando el campo de percepción e identificando los elementos constitutivos de un todo. Se emplea el EFT.

- Variable: Estrategia de solución de problemas.

Indicadores: el alumno establece un plan correcto de solución al problema.

- Variable: desempeño en la resolución de procedimientos

Indicadores: el alumno comete errores de conteo o mecánicos en la solución de los algoritmos de suma, resta, multiplicación y división de números naturales.

- Variable: nivel de reflexividad/impulsividad.

Indicador: el alumno tiende a ser reflexivo, y sus tiempos de respuesta para cálculos mentales de sumas, restas, multiplicaciones y divisiones simples de números naturales superan el segundo³

Alumno Holístico

- Variable: Nivel de Orientación en el proceso de aprendizaje.

Indicadores: el alumno prefiere tomar sesiones de estudio secuenciales y emplea constantemente la ayuda del MEC.

- Variable: nivel de desempeño de la MCP.

Indicadores: tomando como referencia la Teoría del Procesamiento de Información, el alumno después de 18 segundos y sin refuerzo, no recuerda un dato enseñado previamente.

- Variable: Manejo de información Incoherente

Indicadores: el alumno presenta dificultades en detectar la incoherencia en el problema y plantea una solución errónea.

- Variable: nivel de representación perceptual.

Indicador: el alumno no logra hacer una representación perceptual o gráfica del problema a causa de los distractores. Se emplea el EFT.

- Variable: Estrategia de solución de problemas.

Indicadores: el alumno establece un plan incorrecto de solución al problema.

- Variable: desempeño en la resolución de procedimientos en la solución de un problema.

Indicadores: el alumno, en la ejecución de la solución de un problema, realiza procedimientos algorítmicos de suma, resta, multiplicación y división de números naturales satisfactoriamente.

- Variable: nivel de reflexividad/impulsividad.

³ HEDERICH, Op.cit. p, 256.

Indicador: el alumno tiende a ser impulsivo, y sus tiempos de respuesta para cálculos mentales de sumas, restas, multiplicaciones y divisiones simples de números naturales están en el orden máximo del segundo⁴.

En esta visión tridimensional de los tipos de alumnos y sus estilos cognitivos, resulta difícil identificar la ubicación espacial exacta de cada tipo de alumno o el lugar preciso en el que un alumno deja de ser asimilador para convertirse en divergente, por ejemplo. Por tal motivo, se propone emplear un Sistema Clasificador, que por medio del aprendizaje por refuerzo, colabore en la tarea de categorizar los estudiantes dentro de un tipo de alumno, de acuerdo a su estilo cognitivo, para poder así generar situaciones de enseñanza acordes a cada individuo.

3.1.3.2 Estrategias Tutoriales

Teniendo en cuenta las dimensiones de los estilos cognitivos mencionadas en la sección 1.1.3, se diseñarán las estrategias tutoriales⁵ correspondientes a cada uno de los tipos de alumnos identificados. Estas estrategias tutoriales serán aplicadas por el sistema experto a cada uno de los estudiantes después de realizar la evaluación, con el objetivo de afianzar y estructurar aquellos conocimientos inestables en cada individuo. El objetivo de las estrategias tutoriales no es tratar de unificar el proceso de aprendizaje de los alumnos, sino por el contrario intenta generar un perfil de enseñanza para cada tipo de alumno según su estilo cognitivo.

Estrategia para el Alumno Divergente:

- Inicialmente, es necesario que este tipo de alumno reciba sesiones de ejercitación y práctica variadas, en contextos vivenciales y significativos para su aprendizaje.
- La Instrucción teórica es importante para él antes de realizar cualquier tipo de tarea.
- Durante la ejecución y resolución de problemas requiere la orientación por parte del MEC.
- Para él es importante interrelacionar con los personajes del micromundo explorativo.
- Requiere de ayudas durante su interacción con el MEC.
- Requiere de sesiones de ejercitación adicionales.

Estrategia para el Alumno Asimilador:

- Para este alumno es necesario habilitar todos los enlaces e hipervínculos entre los nodos Hipermedia, presentando información adicional y complementaria al tema que se está enseñando.

⁴ Ibid. p, 260.

⁵ HEDERICH, Christian. Estilos cognitivos en el contexto escolar. Proyecto de Estilos cognitivos y logro educativo en la ciudad de Bogotá. 2001. p, 27.

- Este alumno puede asimilar de una mejor forma el empleo de mapas y estructuras conceptuales después de ver un tema específico.
- Se debe procurar no proporcionar demasiada ejercitación y práctica sobre un tema ya que puede ocasionar su desmotivación.
- Se debe proporcionar ayudas y herramientas para el desarrollo de las tareas.

Estrategia para el Alumno Convergente:

- Se debe proporcionar al alumno situaciones adicionales de ejercitación.
- Se deben habilitar nodos Hipermedia con contenido adicional y complementario al tema enseñado.
- Se deben habilitar todas las herramientas del micromundo disponibles para que el alumno las emplee.
- Requiere la enseñanza de algoritmos concretos para la suma, resta, multiplicación y división de números naturales.
- Este alumno puede asimilar de una mejor forma el empleo de mapas y estructuras conceptuales después de ver un tema específico.

Estrategias para el Alumno Adaptador:

- Se debe proporcionar ayuda y guías moderadas para el desarrollo de tareas.
- Es necesario que este tipo de alumno reciba sesiones de ejercitación y práctica variadas, en contextos vivenciales y significativos para su aprendizaje.
- Se deben habilitar nodos Hipermedia con contenido adicional y complementario al tema enseñado.
- Se debe proporcionar al alumno situaciones adicionales de ejercitación.

Estrategias para el Alumno Analítico:

- Se debe proporcionar autocontrol al estudiante para que seleccione las unidades de enseñanza que desea ver, sin forzarlo a seguir un modelo secuencial de aprendizaje, ya que prefiere aprender a su propio ritmo y sólo aquello que le interesa.
- El MEC se debe limitar a registrar las acciones del estudiante en la solución de problemas sin aportar mucha orientación para su desarrollo.
- No es necesario empaquetar la información en unidades de procesamiento ya que el alumno posee un buen desempeño de su MCP-MF.
- Se le puede mostrar al estudiante otras estrategias alternas de solución a un problema específico.
- En cuanto a la forma y estructura del contenido, requiere un cuadro de resumen que permita ver el panorama global y el contexto de lo visto.

- Se deben generar situaciones donde el alumno pueda competir y obtener reconocimiento individual por sus logros.

Estrategias para el Alumno Holístico:

- Se debe proporcionar secuencialidad en la presentación de los temas.
- Se debe proporcionar al alumno orientación y ayuda durante la solución de problemas.
- Es recomendable empaquetar las unidades de información en unidades de procesamiento más compactas para no saturar la MCP-MF del alumno.
- Es recomendable no confundir al alumno enseñando otras estrategias de solución de problemas, si no por el contrario, se debe reforzar la estrategia ya enseñada al alumno.
- En cuanto a la forma y estructura del contenido, requiere una introducción que indique las partes y estructura del material de aprendizaje.
- Se debe generar actividades claramente guiadas y con demostraciones ilustrativas.

3.1.3.3 Especificación de situaciones de Evaluación

Siguiendo la taxonomía de aprendizaje formulada por Gagné, se diseñarán situaciones de evaluación que midan los resultados concretos de las habilidades intelectuales del alumno (Discriminación, Conceptos, Uso de reglas y Solución de problemas) y el estilo cognitivo correspondiente.

Las situaciones de evaluación no se presentarán al alumno de forma concreta, es decir, no existirá una sesión como tal llamada evaluación para el estudiante, sino que la evaluación se realizará durante la interacción del alumno con el MEC en escenarios interactivos que capturan dicha información. Por ejemplo, el alumno puede estar tratando de resolver uno de los retos del micromundo, y mientras tanto la evaluación se ejecuta para registrar aquellas habilidades a ser diagnosticadas. Estas habilidades que se registran se obtienen de la respuesta del alumno a preguntas concretas (completar, selección múltiple, doble alternativa, etc), de la solución de procesos (desarrollo del algoritmo de la suma, resta, multiplicación y división) y de la navegación por el hipertexto del ambiente multimedia. Las situaciones de evaluación para cada subobjetivo se mencionan a continuación:

Subobjetivo 1: Al alumno se le presenta una situación donde debe tomar un número y ubicarlo correctamente en la tabla de descomposición en unidades, decenas, centenas, etc.

Subobjetivo 2: El alumno deberá solucionar un problema donde se requiere que descomponga polinómicamente un número y lo exprese como una suma equivalente. Por ejemplo, $255 = 200 + 50 + 5$.

Subobjetivo 3 y 4: Se plantearán al alumno inicialmente sumas y restas simples, y a medida que las resuelva, se va aumentando su complejidad hasta llegar a números de 5 cifras. Se evaluará el procedimiento y la estrategia de solución que emplea el alumno para el desarrollo de la operación.

Subobjetivo 5: Se plantearán proposiciones falsas y verdaderas, donde el alumno deberá estar en capacidad de identificar la validez de la misma, haciendo uso de las propiedades de la suma y la resta de números naturales.

Subobjetivo 6: Se planteará una situación donde el alumno deberá identificar los posibles múltiplos naturales de un número determinado. Se evaluará el tiempo de respuesta, la veracidad de la respuesta y la completitud en las alternativas de solución.

Subobjetivo 7: El alumno deberá estar en capacidad de aplicar las propiedades de la multiplicación en la solución de un problema.

Subobjetivo 8: El alumno se enfrentará a una situación donde se requiere desarrollar correctamente el algoritmo de multiplicación en números de más de dos cifras. Se identificarán los procedimientos erróneos que realice el alumno para desarrollar el ejercicio.

Subobjetivo 9: Se plantea una situación donde el alumno debe obtener agilidad y destreza en la solución de multiplicaciones abreviadas (por 10,100,1000; por 20,30,40; por 9,99,999; por 11,101,1001) en un tiempo determinado.

Subobjetivo 10: Se plantea un problema cuya solución radique en la realización de una división y el alumno lo deberá solucionar empleando restas repetidas.

Subobjetivo 11: Se plantea un problema donde el alumno tenga que desarrollar multiplicaciones y las verifique por medio de la división y viceversa.

Subobjetivo 12: se plantea una situación de agilidad y destreza donde el alumno deberá escribir rápidamente el resultado de divisiones simples.

Subobjetivo 13: Se plantea una situación donde el alumno tendrá que desarrollar una división de más de una cifra para resolver un problema.

Subobjetivo 14: El alumno deberá indicar los posibles divisores de un número dado. Se evaluará el tiempo de respuesta, la veracidad de la respuesta y la completitud en las alternativas de solución.

Subobjetivo 15: El alumno se enfrentará a una situación donde debe determinar la validez de unos enunciados empleando las propiedades de la división.

Subobjetivo 16: El alumno se encontrará en una situación didáctica donde deberá identificar qué números son primos y cuales no, hallando sus divisores.

Subobjetivo 17: Se plantean varias situaciones donde el alumno deberá emplear diferentes criterios de divisibilidad para hallar las soluciones correspondientes.

Subobjetivo 18: Se proponen divisiones de 1, 2, 3 y 4 cifras que el alumno deberá resolver correctamente.

3.1.3.4 Retroinformación, refuerzo y nivel de logro

Es importante diferenciar la *retroinformación del refuerzo*. Ambos conceptos están ligados a la actividad del alumno pero, mientras la retroinformación pretende favorecer la comprensión de lo que obtuvo el alumno y las razones detrás de esto, el refuerzo busca llegar emotivamente al estudiante y afianzar o extinguir el comportamiento. Por ejemplo, si el alumno está sumando dos números y no acierta, un refuerzo negativo podría ser un pito que suena y una retroinformación indicarle que no es la respuesta esperada y dar una pista para que intente hallarla de nuevo. En el micromundo explorativo el alumno tendrá oportunidad de ver los resultados y consecuencias de sus acciones y la reorientación por parte del MEC se enfocaría a encaminar el proceso de razonamiento del alumno con el fin de hallar la solución al problema. Esto lo logra el MEC por medio de pistas y ayudas pero cuidando de “iluminar con luz indirecta”, es decir, sin dar pistas que dejen la respuesta demasiado obvia.

Los distintos modelos cognitivos mencionados anteriormente requieren distintos tipos de retroalimentación; esta información básica acerca de los estilos cognitivos permite una aproximación al tema a partir de la cual es posible iniciar una búsqueda más minuciosa que aporte elementos para una mejor conducción del proceso educativo.

Las sesiones de retroinformación se diseñarán bajo dos parámetros: la retroinformación general y la retroinformación personalizada. En la primera se ofrece información de repaso y refuerzo al alumno, sin tener en cuenta su estilo cognitivo. En la segunda, se ofrece información diferencial al estudiante, empleando la estrategia pedagógica adecuada a su estilo cognitivo. Se decidió tomar esta decisión ya que personalizar todo el material educativo es una labor bastante dispendiosa que requeriría mayor esfuerzo, tiempo y costos, ya que se tendría que realizar 8 materiales didácticos completamente diferentes para cada uno de los estilos cognitivos. Los subobjetivos que emplearán retroinformación personalizada son los siguientes:

Subobjetivo 1: las opciones para este subobjetivo son:

- Se presenta un ejemplo cotidiano donde se requiere resolver una adición, para hacer esto, se emplea la descomposición en unidades, decenas, y centenas.
- Se presenta una estructura conceptual de cómo descomponer números.
- Se enseña el uso del ábaco para ubicar correctamente las unidades, decenas y centenas.
- Se enseña en un mínimo de pasos a descomponer números.

Subobjetivo 3: las opciones para este subobjetivo son:

- Se propone una situación cotidiana donde se requiere el empleo de la adición, luego se muestra claramente los pasos para el algoritmo de la suma.

- Se presenta una estructura conceptual con su respectiva explicación de los pasos para desarrollar un algoritmo de la adición.
- Se presentan otras estrategias para realizar sumas, como por ejemplo completando decenas y descomposición polinomial: $9 + 5 = 9 + 1 + 4 = 10 + 4 = 14$.
- Se presenta resumidamente el algoritmo de la adición, empleando sumas abreviadas.

Subobjetivo 4: las opciones para este subobjetivo son:

- Se propone una situación de la vida real donde se requiere emplear la suma y la resta, y se muestra el algoritmo de la resta.
- Se presenta una estructura conceptual del algoritmo de la sustracción.
- Se presentan formas alternativas de realizar la sustracción, como por ejemplo apoyándose en el conteo o en el uso de la recta numérica.
- Se presentan formas abreviadas de realizar restas.

Subobjetivo 8: las opciones para este subobjetivo son:

- se presenta un ejemplo cotidiano donde se requiera emplear la multiplicación para poder resolverlo.
- Se elabora una estructura conceptual con una breve descripción para el algoritmo de la multiplicación.
- Se enseñan otras estrategias de solución para el algoritmo de la multiplicación como las o la multiplicación rusa.
- Se presentan formas simples de realizar multiplicaciones abreviadas.

Subobjetivo 17: las opciones para este subobjetivo son:

- Se presenta una situación cotidiana donde se requiera emplear la división y para poder realizar esto, se debe utilizar los criterios de divisibilidad.
- Se presenta una estructura conceptual indicando los diversos criterios de divisibilidad.
- Se explican detalladamente todos los criterios de divisibilidad.
- se presentan claves para recordar los distintos criterios de divisibilidad.

Subobjetivo 18: las opciones para este subobjetivo son:

- Se propone una situación de la vida real donde se requiera emplear multiplicaciones y divisiones, y se explica paso a paso el algoritmo de la división.
- Se presenta una estructura conceptual de los pasos y restricciones del algoritmo de la división.
- Se presentan claves y formas abreviadas para realizar divisiones.

Una de las decisiones que se programarán en el MEC es decidir si alguien alcanza el nivel mínimo de logro y, con base en esto, permitir que el alumno avance en la navegación del material. Los subobjetivos que requieren cierto nivel de logro son los siguientes:

Subobjetivo 1: El alumno debe poder descomponer más del 70% de las cifras que se le indiquen.

Subobjetivo 2: El alumno debe estar en capacidad de expresar el 70% de los números propuestos en sumas equivalentes.

Subobjetivo 3: El alumno deberá realizar correctamente el 80 % de las sumas propuestas de 1, 2 y 3 cifras.

Subobjetivo 4: El alumno deberá realizar correctamente el 80 % de las restas propuestas de 1, 2 y 3 cifras.

Subobjetivo 6: El alumno deberá identificar por lo menos una pareja de múltiplos de un número.

Subobjetivo 8: El alumno deberá realizar correctamente el 80 % de las multiplicaciones propuestas de 1, 2 y 3 cifras.

Subobjetivo 9: El alumno deberá desarrollar correctamente multiplicaciones abreviadas por lo menos en un 80 %.

Subobjetivo 12: El alumno estará en capacidad de resolver divisiones de un solo divisor en un 90% como mínimo.

Subobjetivo 17: El alumno empleará correctamente los criterios de divisibilidad en un 70% de los ejercicios propuestos.

Subobjetivo 18: El alumno estará en capacidad de resolver divisiones de más de una cifra en un 80% de los ejercicios como mínimo.

3.1.3.5 Tipos de Evaluación y de decisiones del MEC

El MEC aplicará 3 tipos básicos de evaluación:

- *Evaluación Diagnóstica:* Se realizará al iniciar cada mundo (suma, resta, multiplicación y división) antes de empezar la interacción con el MEC. A través de este tipo de evaluación será posible tomar decisiones que orienten al alumno sobre dónde comenzar su proceso de aprendizaje y qué aspectos debe reforzar o a cuáles debe prestar atención. A pesar que es el alumno quién decide por donde iniciar su recorrido en el Micromundo, es por medio de la evaluación diagnóstica que se decide qué escenarios Hipermedia se deben habilitar y cuáles no, qué conceptos requieren ejercitación y práctica, etc.
- *Evaluación Formativa:* Son situaciones de evaluación que se proponen a todo lo largo del proceso de enseñanza – aprendizaje y que buscan ayudar al alumno a descubrir o practicar, así como a transferir y afianzar las destrezas, conceptos o habilidades en estudio. Aunque esta evaluación puede usarse para tomar decisiones de promoción o retención, lo más importante

de ellas es que el alumno tenga la oportunidad de enfrentar situaciones y recibir orientación (implícita o explícita) respecto a sus actuaciones.

- *Evaluación Sumativa*: esta evaluación busca establecer cuál es el nivel de logro alcanzado al final del uso del MEC y, servirá para promover o retener, además de permitir documentar el rendimiento del alumno.

3.1.4 ¿Cómo motivar y mantener motivados a los usuarios?

La motivación que impartirá el MEC será de tipo Extrínseca e Intrínseca. Para la motivación Extrínseca se diseñarán situaciones de premio y de castigo, es decir, cuando el alumno alcance las metas esperadas será recompensado (con herramientas, felicitaciones y nombramientos en la galería de la fama), mientras que cuando no los logre verá el efecto de sus acciones y no podrá obtener el propósito asignado (recuperar los 4 elementos). Por otro lado la motivación Intrínseca se obtendrá tratando de despertar o de hallar motivadores intrínsecos, por ejemplo permitir que el alumno tenga experiencias iniciales exitosas y que promuevan una actitud positiva frente al uso del computador; asimismo, se propondrán ambientes o situaciones que sean amigables e interesantes, que despierten curiosidad, que generen “conflictos conceptuales” o “desequilibrios cognitivos”, que según Piaget⁶ y Berlyne⁷, mueven al estudiante a indagar, a trabajar en busca del conocimiento y a partir de la interacción con el micromundo, a adquirirlo.

Retos, Fantasías y Curiosidad

Los estudios sobre la motivación intrínseca hechos por Bruner⁸, Csikszentmihalyi⁹ y Malone¹⁰ muestran que los retos, las fantasías y la curiosidad influyen significativamente en generar y mantener la motivación intrínseca. Cada uno de ellos presenta una faceta que se considerará al hacer el diseño educativo.

Retos: Son ambientes excitantes, retadores, donde el alumno puede enfrentar metas valederas, propuestas por el MEC. Las siguientes son cualidades que se tendrán en cuenta par el desarrollo de los ambientes didácticos:

- Las metas serán inciertas de alcanzar. Esto se logra por medio de: Un nivel de dificultad apropiado, metas de diferente nivel de complejidad, información oculta (pistas), y aleatoriedad en los eventos. Por ejemplo, en el diseño del micromundo se plantean retos que su solución no es tan obvia, y los cuales pueden ser parte de retos mayores.

⁶ Piaget, J. Play, Dreams and Imitation in Child. New York. 1951. p, 175.

⁷ BERLYNE, D.E. Structure and Direction in Thinking. New York. 1965. p, 38.

⁸ BRUNER, J.S. Toward a Theory of Instruction. Cambridge. 1966

⁹ CSIKSZENTMIHALYI, M. Intrinsic Rewards and emergent motivation. N.J. 1979.

¹⁰ MALONE, T.W. Toward a Theory of intrinsically Motivating Instruction. Cognitive Science. 1981. p, 333-369.

- Las metas o desafíos tendrán sentido personalmente, serán significantes.
- Los retos o desafíos son cautivantes porque tocan la autoestima de la persona. El éxito hace sentir mejor a las personas y el fracaso disminuye su autoestima. Por ejemplo cuando TAHAN logra un reto, recibe un reconocimiento por esto, que en ocasiones puede ser la entrega de una herramienta.

Fantasías: Piaget explica la fantasía en los juegos infantiles, primariamente, como un intento de asimilar experiencia en las estructuras existentes en su mente, con mínimas necesidades de “acomodarlas” a las demandas de una realidad externa.

Las fantasías desarrolladas en el Micromundo presentarán un enfoque extrínseco en cuanto se sobrepone una fantasía al currículo de Matemáticas, de modo que el alumno progresa hacia el logro de la fantasía, y presentarán un enfoque intrínseco en cuanto que las fantasías no dependen de la destreza sino que la destreza depende de las fantasías. Esto implica que los problemas se presenten en términos de los elementos de un mundo fantástico y que los alumnos reciben retroinformación en un ambiente constructivo natural. Por tal razón, los ambientes de retroinformación y refuerzo serán situaciones dentro del contexto del micromundo.

Curiosidad: Siguiendo la idea de Berlyne acerca de la curiosidad, se diseñará un ambiente educativo que despierte curiosidad empleando un nivel equilibrado de complejidad de información, es decir, los ambientes no serán tan complicados ni tan sencillos con respecto al conocimiento o destreza que ya posee el alumno. El ambiente debe ser novedoso y sorprendente, pero no incomprendible. Otro aspecto que se tomará en cuenta y que fue enunciado también por Berlyne, es que el principal factor que genera curiosidad es lo que se llama un “conflicto conceptual”, es decir, un conflicto entre ideas o actitudes incompatibles que es evocado por una situación estimulante (p.ej. cuando aparentemente falta consistencia en un argumento, como podría ser el caso de la extraña forma de hablar de los alienígenas de los diferentes planetas por medio de operaciones matemáticas).

3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ENTRE EL ALUMNO Y EL MEC

La zona de intercomunicación entre el usuario de un programa y éste es mucho más que un canal o un dispositivo de entrada o salida. Incluye un procesador de atención que hace entendible para cada uno de los otros procesadores de un sistema computacional completo, el humano y el del programa, aquello que uno u otro desean comunicar. Este procesador de atención es llamado Interfaz.

3.2.1 Principios psicológicos relativos a la Percepción empleados en las Interfaces

Para el diseño del sistema interactivo se tendrá en cuenta algunos elementos y aportes de la psicología enunciados por La Gestalt, Kohler¹¹, Lewin¹² y Wertheimer¹³ y se presentan a continuación:

- Un principio básico es que la percepción se ve influenciada por las expectativas (internas o generadas) y se convierte en percepción selectiva; lo que se desea ver u oír, o a lo que se sugiere prestar atención, puede afectar lo que se percibe.
- Un principio complementario al anterior es que la organización facilita la percepción: la forma en que estén organizados los elementos de un estímulo afecta su percepción. Flemming¹⁴ estableció ciertas reglas de organización de la percepción que ayudan a entender el fenómeno. Estas reglas se tendrán en cuenta como parámetros de diseño para las interfaces.

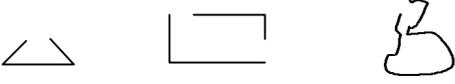
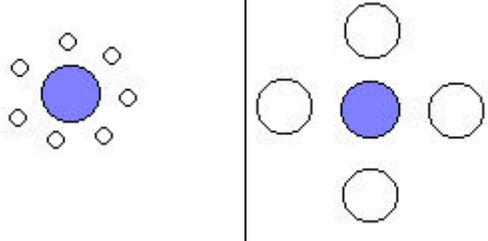
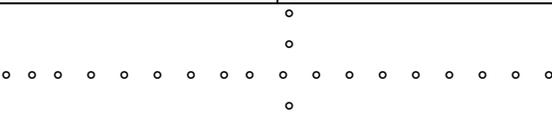
REGLAS	EJEMPLOS
1. Reglas de Proximidad: Se tiende a considerar como un grupo las cosas que están juntas	Grtyune ffffffff CEÉAEÁÉE oooooooo
2. Regla de semejanza: Se tiende a ver como un grupo o conjunto, los objetos de la misma forma, tamaño o color.	CECECECECECECECEAEAEAEAEAEAEAEAE AAAAAAAAAAAAAaaaaaaaaaaaaaa
3. Regla del cierre: Se tiende a advertir como completas las formas incompletas	
4. Regla del contexto: Se tiende a dejar que las percepciones sean influidas por las características del contexto del objeto. En el ejemplo los círculos llenos con color son de igual tamaño, aunque no parezca.	
5. Regla de continuidad: Se tiende a mirar los grupos de puntos como líneas, no como puntos separados.	

Tabla 12. Reglas de Organización de la Percepción

- Siguiendo la corriente de los psicólogos cognitivistas, mencionan que si bien el campo Perceptual es ilimitado, la memoria de corto plazo es limitada. Por este motivo la cantidad

¹¹ KOHLER, W. Gestalt Psychology: An introduction to new concepts in modern psychology. New York. 1987

¹² LEWIN, K. Force field Análisis. La Joya. 1959.

¹³ WERTHEIMER, M. Gestalt Theory. Social Research. 1974. p. 78 – 99.

¹⁴ FLEMMING, N.A. y LEVIE, J. Reglas gestálticas de la organización de la percepción. 1980.

de información que presenta el material estará preferiblemente limitada a aquello que es pertinente que el observador preste su atención y en la medida de lo posible, se proporcionarán ayudas para codificar la información, organizándola de manera que el destinatario pueda fácilmente crear bloques o grupos que faciliten el procesamiento, por ejemplo, el número 6104125 se puede captar en dos unidades de información si se codifica como 610 4125, pero también puede ocupar más unidades dependiendo del nivel de desagregación, así: 61 04 125 (3 unidades) ó 6 10 41 25 (4 unidades) ó 6 1 0 4 1 2 5 (7 unidades). El material Hipermedia proveerá cierto orden y ritmo de despliegue de la información, para dosificar la cantidad que el alumno procesa a la vez.

3.2.2 Diseño de Zonas de Comunicación entre el Usuario y el MEC

La interfaz hombre-máquina tendrá básicamente tres tipos de zonas de comunicación:

- *Zonas de trabajo:* Son aquellas donde el usuario tiene a disposición lo que le sirve de base para aprender (p, eje. Teoría, ejemplos, ejercicios, modelos), lleva a cabo las operaciones que quiere efectuar sobre el objeto de estudio (p, eje. Responder preguntas, alterar el estado de una variable) y aprecia el efecto de las decisiones que toma (p, eje. Recibe retroinformación, pistas, refuerzo). Las fantasías del micromundo coincidirán en gran parte con las zonas de trabajo.
- *Zonas de Control del MEC:* En éstas es posible alterar el flujo y el ritmo de ejecución del programa. El control de ejecución está asociado con la posible activación de las secciones del MEC a partir de los menús de trabajo, cualquiera que sea el tipo de estos (desplegables, textuales, gráficos); asimismo se relaciona con las posibilidades de abandono y reinicio que ofrezca el software. El control del ritmo tiene que ver con la posibilidad que debe tener el usuario de decidir cuándo sigue la acción, por ejemplo, empleando botones “siguiente” que adelanten al próximo escenario.
- *Zonas de contexto para la acción :* A través de estas sabe el usuario en qué programa y módulo se encuentra, a qué ayudas o accesorios puede recurrir, cómo navegar por el software, cómo escoger una opción, dar una respuesta, etc.

A continuación se presentan las zonas de comunicación de las interfaces principales:

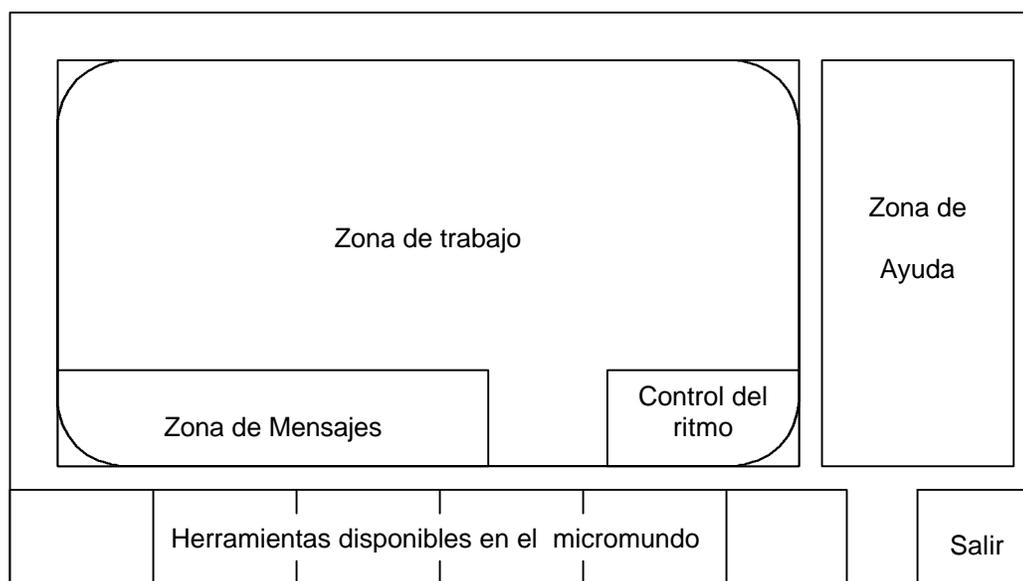


Figura 15. Zonas de Comunicación de la Interfaz Escenario de Interacción

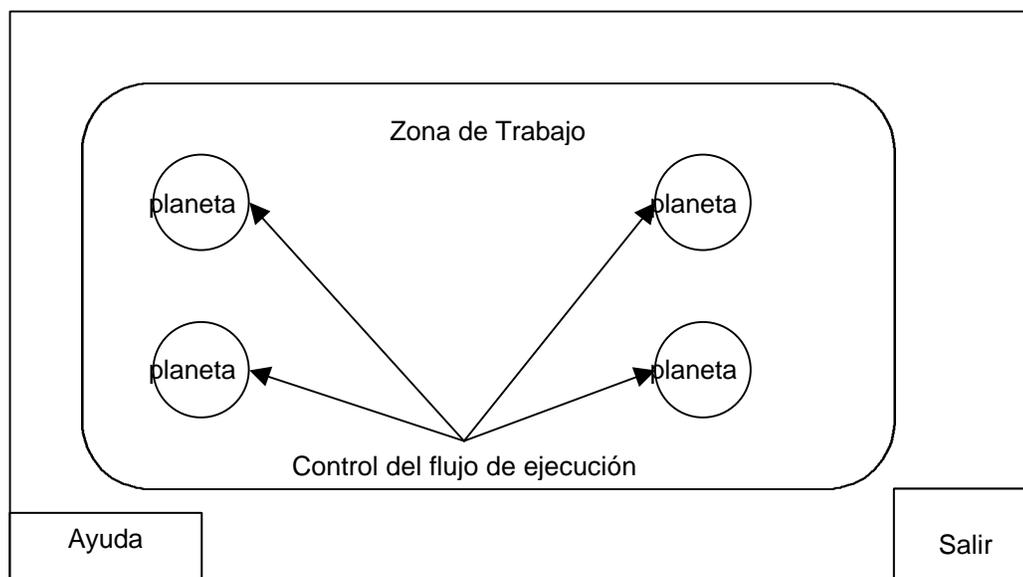


Figura 16. Zonas de Comunicación de la Interfaz Selección de Escenario

Las zonas de comunicación poseen elementos constitutivos cuyas características deben ser especificadas. Algunos de estos elementos se determinarán a continuación:

- *El Texto:* el texto que empleará el MEC tanto para la presentación de mensajes, pistas y elementos de control, se basará en las Investigaciones realizadas por Hathaway¹⁵ acerca de las variables de la pantalla del computador y su impacto en el aprendizaje. Inicialmente el texto se encontrará a doble espacio y con una densidad de máximo 80 caracteres por línea, ya que

¹⁵ HATHAWAY, M.D. Variables of Computer Screen Display and How They Affect Learning. Educational Technology. 1989.

esto proporciona que la lectura sea más rápida y precisa, según estudios de Kolars¹⁶. Por otro lado, el texto no tendrá una velocidad de aparición propia, sino que será controlada por el usuario. El texto escrito con letras mayúsculas y minúsculas y no en mayúsculas sostenidas proporciona mayor legibilidad y velocidad de lectura. El tamaño de la letra debe estar entre 0.3 y 0.5 mm para un lector que se encuentra de 40 a 60 cm de la pantalla según estudios de Smith¹⁷ sobre legibilidad.

- *Elementos Visuales:* El diseño de los elementos visuales se apoyará en las conclusiones obtenidas por Dwyer¹⁸ sobre el aprendizaje visual autoadministrado. El máximo aprendizaje que se puede obtener de una presentación visual a ritmo propio depende de una asociación razonada de varias clases de técnicas de codificación antes que de la simple naturaleza del estímulo que contiene la visualización en sí. Entre las técnicas de codificación con que se orientará la observación de un elemento visual en el MEC están: tamaño de la imagen, flechas, movimiento, preguntas, instrucciones orales, organizadores previos y reforzamiento visual. Por otro lado se evitará la redundancia de estímulos ya que no siempre mejora la discriminación y además puede alterar considerablemente la sencillez con que se identifiquen las formas del elemento visual. El realismo en los elementos visuales se trabajará de una forma moderada (es decir, se incluirán ambientes reales y caricaturescos o animados), ya que existe evidencia para sustentar que la adición de realismo más allá de cierto límite tiene poco efecto en sostener la atención del estudiante y mejorar su rendimiento. Dwyer también sostiene que los estudiantes aprenden mejor cuando ellos están envueltos en buscar cierta información del elemento visual que cuando sólo están observando la imagen. Por tal motivo, el alumno tendrá que enfocar su atención en la búsqueda de las herramientas, pistas y objetos dentro del micromundo. Un principio importante en la composición de imágenes es crear la ilusión de profundidad de campo o perspectiva y crear el balance de imagen, es decir, atender proporcionadamente la relación entre los objetos que aparecen en la pantalla y sus bordes. Como último factor esencial de los elementos visuales que se tendrá en cuenta, es el color, el cual tiene potencial para ser una variable significativa en el aprendizaje ya que se ha confirmado su importancia para facilitar el procesamiento de la información (codificación, almacenamiento y recuperación) y para tal propósito se sigue la Teoría básica del color de Hayten¹⁹ con el fin de realizar combinaciones armónicas y estéticas del color.
- *Sonidos:* Los cuatro sistemas que componen el sistema sonoro (palabra, música, ruidos, y silencio), al integrarse en un material audiovisual abren su significación autónoma para incorporarse a la funcionalidad de los otros. Se integran en una sincronía (simultaneidad de sonidos) y a la vez en una diacronía (sucesividad de sonidos) que son capaces de modificar la significación autónoma de cada uno de ellos. La Palabra se empleará en las narraciones,

¹⁶ KOLERS, P. y DUHNICKY R. Eye Movement Measurement for Readability on Microcomputer Screen. 1988. p, 517-527.

¹⁷ SMITH, S. L. Letter Size and Legibility, Human Factors. 1979. p, 661 - 670

¹⁸ DWYER, F.M. The Program of Systematic Evaluation. A Brief Review. 1981. p, 23 – 38.

¹⁹ HAYTEN, P.J. El color en Publicidad y Artes Gráficas. Barcelona. Las ediciones del arte. 1988.

conversaciones entre personajes y en las pistas generadas por el Micromundo para el alumno. La música se empleará como una imagen acústica abstracta, es decir, no sugerirá ni reflejará realidades, sólo sugerirá sentimientos o estados de ánimo de los personajes del micromundo. Principalmente se utilizará la Música Extradiegética, es decir, música que se añade de fondo o contrapunto en un escenario Hipermedia. Los ruidos empleados en el Micromundo serán de tipo icónico, los que al ser escuchados permiten apreciar a qué objeto o realidad sonora pertenecen.

3.2.3 Clasificación de Usuarios

Los usuarios que intervienen e interactúan con el MEC son básicamente de dos tipos, Profesor y Estudiante. El profesor realiza funciones de supervisión y control como la gestión de usuarios del MEC y la visualización del desempeño del alumno. En la primera de ellas, el profesor es el encargado de ingresar, eliminar y modificar la información personal referente al estudiante, y en la segunda el profesor examina el rendimiento del estudiante de tal forma que pueda planear estrategias pedagógicas que exploten el potencial del alumno de acuerdo a su estilo de aprendizaje.

Por otro lado, el alumno requiere funcionalidades mucho más interactivas con el MEC, como la visualización de los contenidos Hipermedia, la exploración por el micromundo interactivo, la presentación de evaluaciones y la realización de ejercicios y situaciones de retroinformación.

La navegación por las interfases del MEC se verán restringidas al tipo de usuario que ingrese, ya que cada uno posee funcionalidades completamente diferentes y además porque genera un acceso restringido jerárquico, por tal motivo se empleará una validación de nombre y contraseña con la cual se habilitarán funciones del MEC respectivas al tipo de usuario.

3.2.4 Diseño de Diagramas de Navegación de Interfases

En este diagrama se especifica el flujo y el control entre las interfases las cuales se pueden llevar a cabo por medio de las zonas de control del flujo de ejecución, es decir, los íconos, botones, palabras subrayadas (hot word) y áreas sensibles (hot spot).

A continuación se presentan los diagramas de navegación discriminados para cada tipo de usuario, según sus necesidades dentro del MEC.

DIAGRAMA DE NAVEGACIÓN DE INTERFASES PARA EL USUARIO ESTUDIANTE

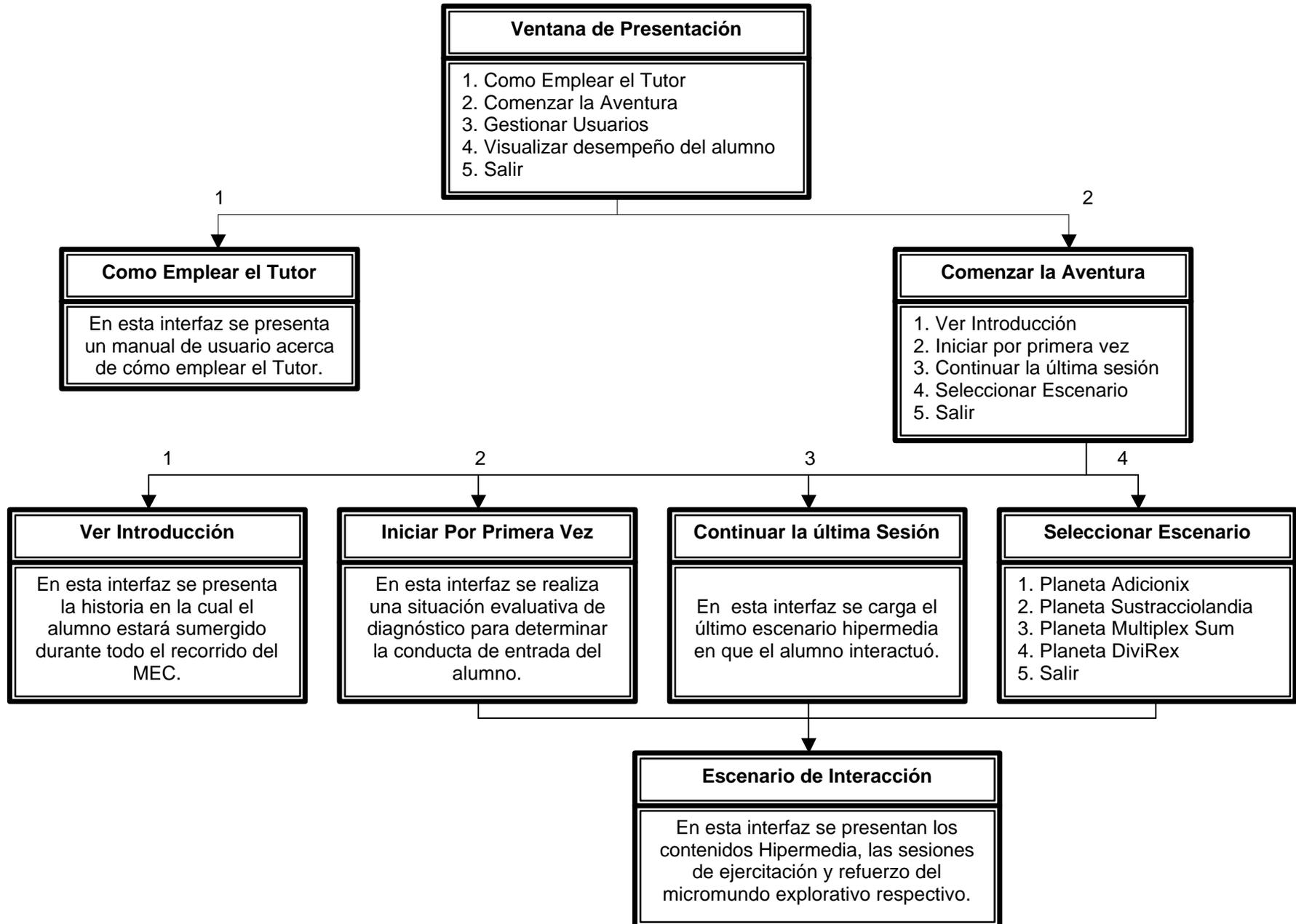
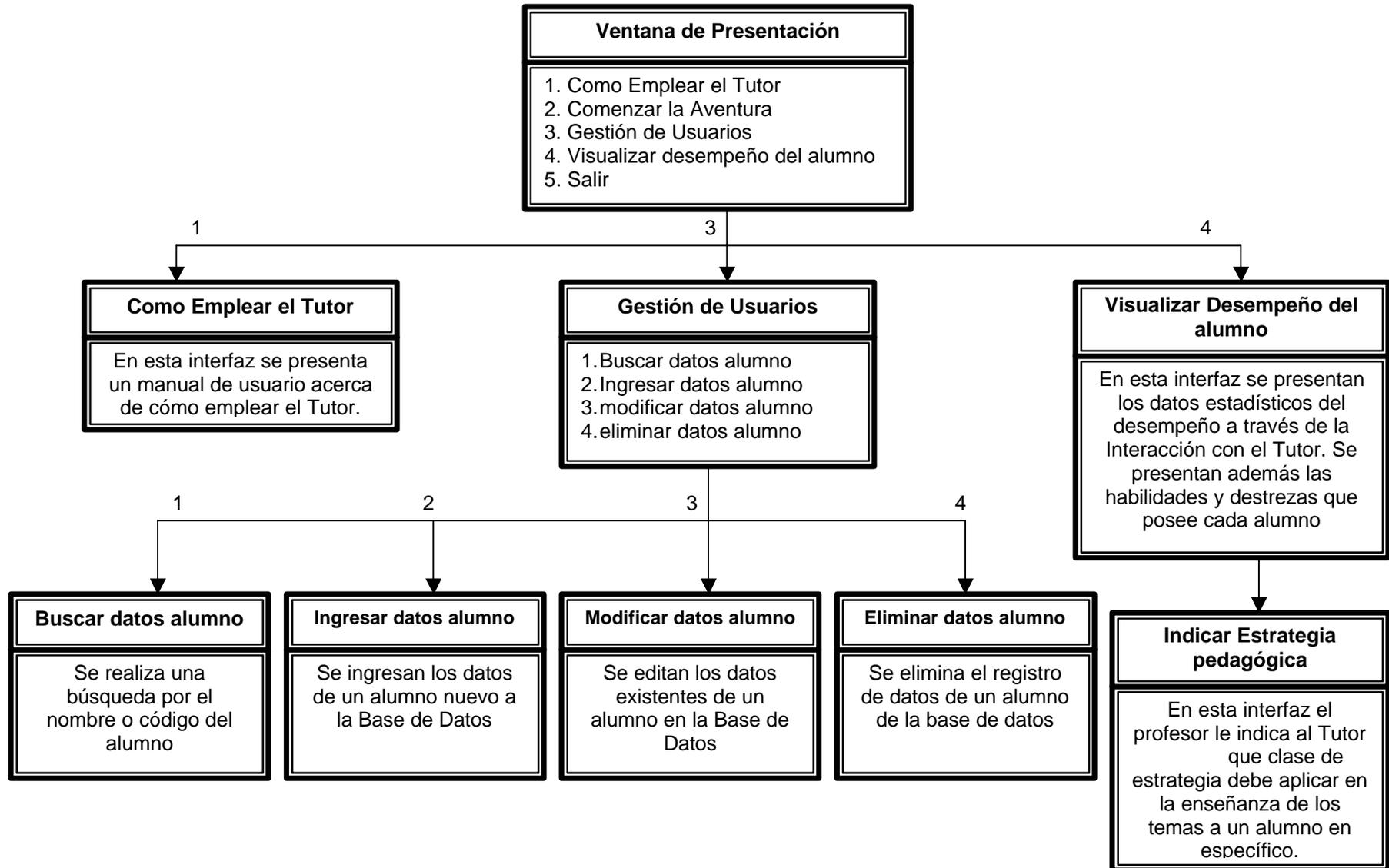


DIAGRAMA DE NAVEGACIÓN DE INTERFASES PARA EL USUARIO PROFESOR



3.2.5 Reutilización de Clases en las Interfaces

El diseño de las interfases del MEC se llevará a cabo aprovechando ciertos beneficios del Principio de reutilización del código, como lo son las clases ya definidas e implementadas. Muchas de estas clases provienen del **JDK 1.3.** , otras del **SDK (Software Development Kit) for Java**, y algunas de los ejemplos implementados en la herramienta que se utilizará para el desarrollo, Visual J++ 6.0. Gracias a que Visual J++ es un producto de Microsoft, posee una gran variedad de clases que no están disponibles en otros lenguajes basados en Java, el MFC (Microsoft Foundation Class).

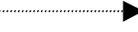
MFC: Es un conjunto de bibliotecas de clases que trabajan transparentemente con el Desarrollo Rápido de Aplicaciones (RAD) de la herramienta Visual J++. La combinación de este paquete (Framework) de clases y la herramienta RAD hace fácil y rápida la construcción de aplicaciones poderosas y componentes para la plataforma de Microsoft que usa el idioma de Java. WFC trae el lenguaje Java para la plataforma Win32 y el modelo de objetos dinámicos HTML (DHTML), el cual es un estándar W3C (World Wide Web Consortium) soportado por Internet Explorer 4.0. Así pues la utilización de la WFC garantiza además la utilización de controles Active X, OLE, conectores de bases de datos JDBC y ODBC.

Para el desarrollo de la interfaz se utilizarán ciertos paquetes (packages) que contienen clases, interfaces, atributos, etc; y que soportan el desarrollo al estilo drag an drop (arrastrar y soltar). Ver Anexo F de las Clases Reutilizadas de la MFC.

3.3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL DEL MEC

En el diseño computacional se establece cuál será la estructura lógica que permita que el MEC cumpla con las funciones requeridas. En este diseño se especificará en detalle cada una de las cinco iteraciones propuestas para el desarrollo incremental, haciendo evidente cómo el MEC cumple con su cometido de ofrecer un ambiente para aprender lo deseado y servir de entorno para el cumplimiento de las demás funciones requeridas. Íntimamente ligados a la estructura lógica están los modelos dinámicos del sistema, los cuales presentan las relaciones de interacción entre las clases y objetos descritos anteriormente. Siguiendo el Proceso Unificado en UML, los diagramas de Interacción, de Transición de Estados y de Actividades proporcionan la visión dinámica del sistema. Mientras los diagramas de paquetes representan parte de la visión estática del sistema e indican la forma de agrupar las clases.

3.3.1. Diagramas de Paquetes

Cumpliendo con uno de los principios del paradigma Orientado a Objetos, JAVA concibe la Modularidad por medio de los Package's (Paquetes o Módulos), con lo cual se pretende agrupar las clases en unidades de nivel más alto. Hablando estrictamente, los paquetes y las dependencias entre los mismos son elementos de un diagrama de clases, por lo cual un diagrama de clases es sólo una forma de un diagrama de clases. La dependencia () entre paquetes existe cuando los cambios a la definición de un elemento puede causar cambios en el otro. A continuación se especifica el Diagrama de Paquetes del MEC:

Contenido de los Paquetes

Paquete Usuarios del Tutor. Clases:

- CUsuario
- CPersona
- CEstudiante

Paquete Componente Tutor. Clases:

- CModuloExperto
- CModuloDiagnostics
- CModuloLenguajeNatural
- CGuion

Paquete Componente Tutorial. Clases:

- CModuloTutoria
- CmoduloHiperespacio

Paquete Componente Gestión de Usuarios.

Clases:

- CModuloGestorDatos

Paquete Micromundo Explorativo. Clases:

- CEscenario
- CMundo
- CReloj
- CPersonaje
- CHerramienta
- CReto
- Cpista

Paquete Sistema Clasificador. Clases:

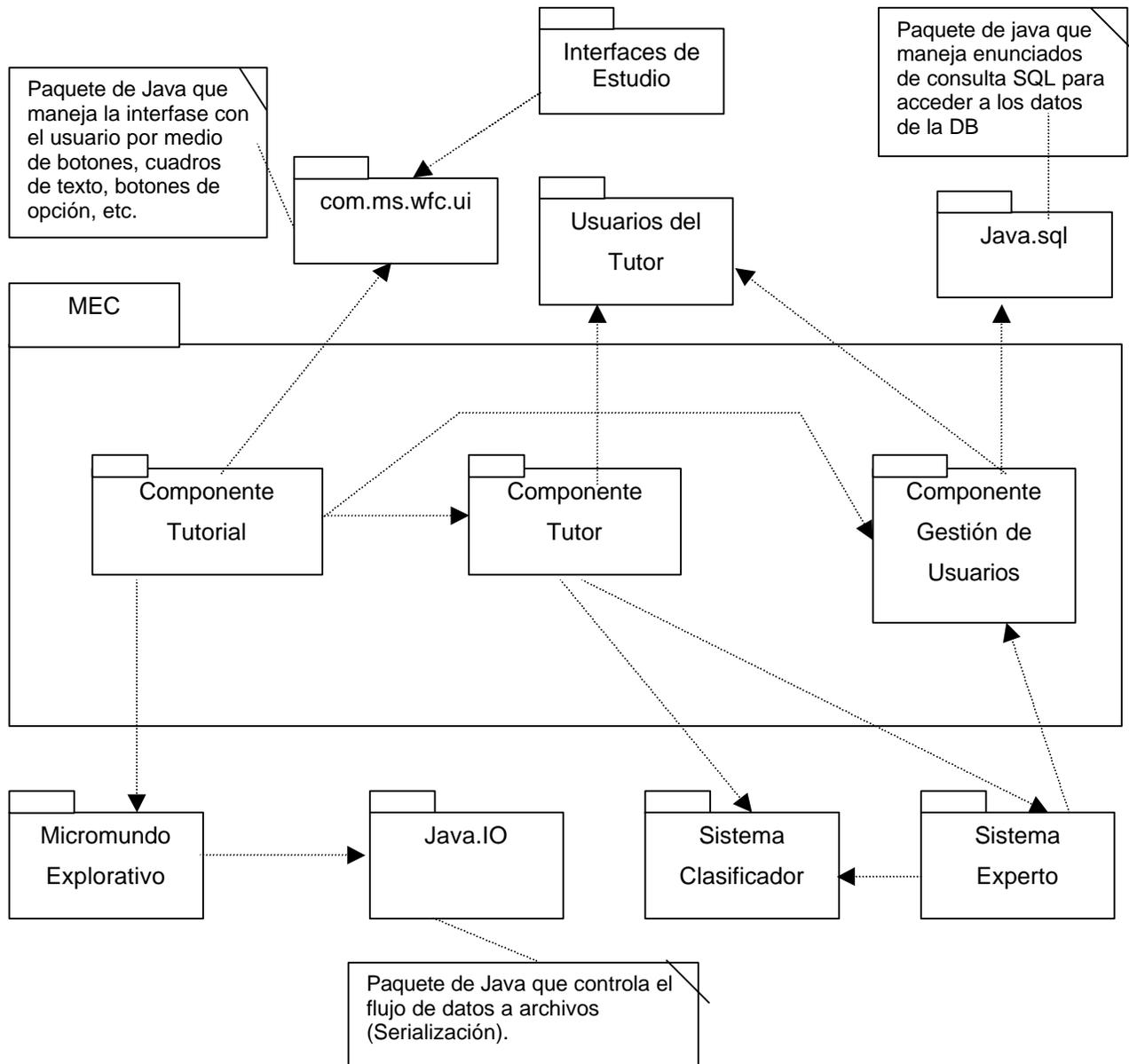
- CSistemaClasificador
- CAIgen
- CCromosoma

Paquete Sistema Experto. Clases:

- CSistemaExperto
- CReglas
- CHecho

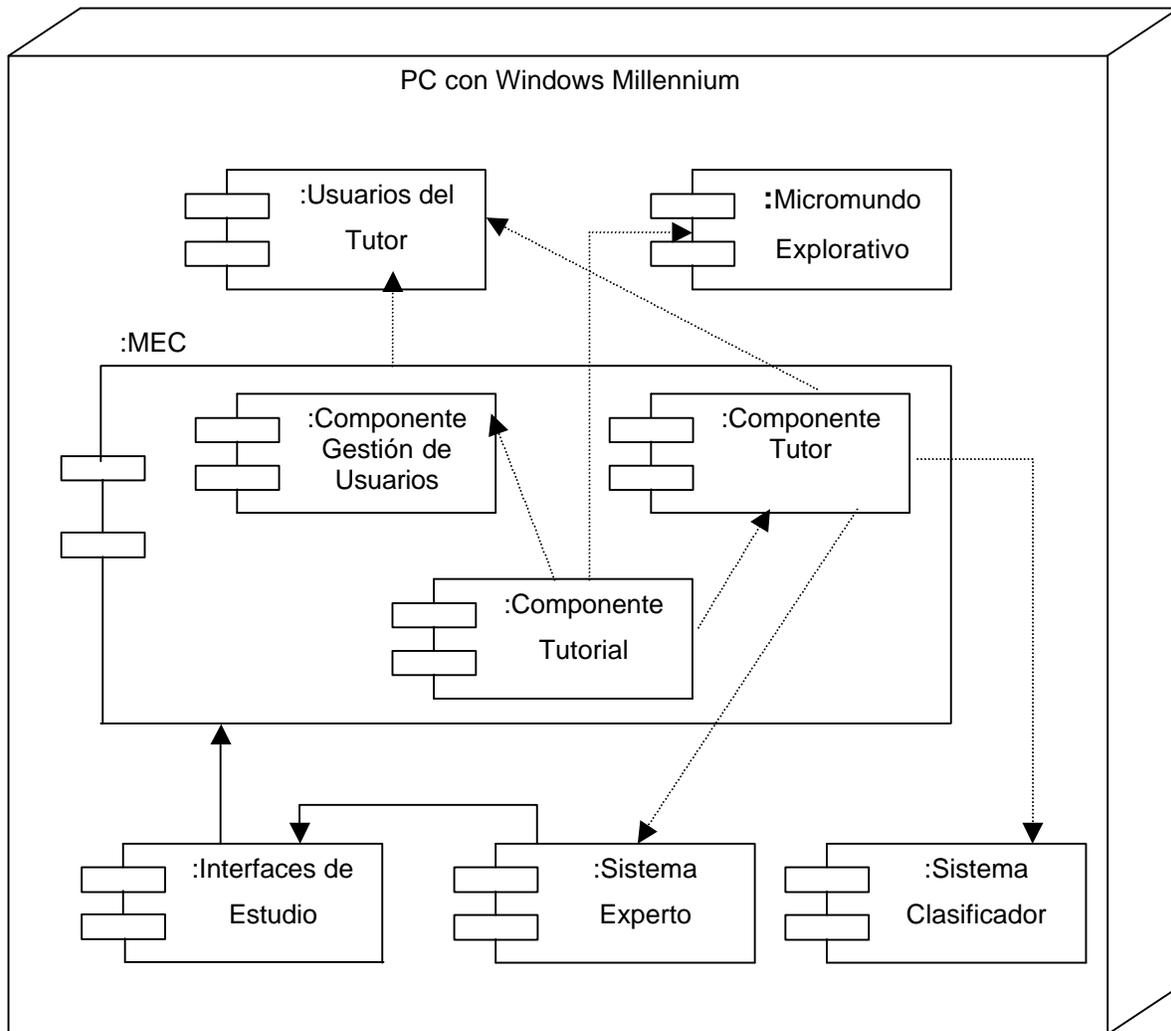
Paquete Interfaces de Estudio. Contenido

- Todas las Formas, Botones, Cuadros de dialogo, Cuadros de Texto, etc. Que se emplean en la interfaz de usuario.



3.3.2 Diagramas de Emplazamiento

Este tipo de diagramas muestra las relaciones físicas entre los componentes de Software y Hardware en el Sistema Entregado. Así el diagrama de emplazamiento es un buen sitio para mostrar cómo se enrutan y se mueven los componentes y objetos, dentro de un sistema distribuido, sin embargo, como el MEC está diseñado para un ambiente Stand Alone, no podrá apreciar el comportamiento distribuido con otros componentes de hardware y Software.



3.3.3 Visión Dinámica del Sistema

Los diagramas de comportamiento que se emplearán en el diseño de cada una de las cinco iteraciones se explicarán a continuación:

Construcción de Escenarios: un escenario se refiere a una sola ruta a través de un caso de uso, una ruta que muestra una particular combinación de condiciones dentro de dicho caso de uso. Los escenarios pueden ser categorizados en normales y de excepciones, los primeros denotan un comportamiento esperado en el caso de uso y los segundos implican la ocurrencia de excepciones en el recorrido por el escenario. La construcción de escenarios es la base para el desarrollo de los diagramas de Interacción en la vista dinámica del sistema.

*Diagramas de Interacción*²⁰: Son modelos que describen la manera en que colaboran grupos de objetos para cierto comportamiento. Habitualmente, un diagrama de interacción capta el comportamiento de un solo caso de uso. El diagrama muestra cierto número de objetos y los mensajes que se pasan con otros objetos dentro del caso de uso. Los diagramas de interacción pueden ser de dos tipos, de secuencia y de colaboración. En el diseño del presente MEC se emplearán los diagramas de secuencia ya que permiten ver claramente la línea de vida de los objetos y el paso de mensajes entre ellos.

Diagramas de Transición de Estados: son una técnica conocida para describir el comportamiento de un sistema. Describen todos los estados posibles en los que puede entrar un objeto particular y la manera en que cambia el estado del objeto, como resultado de los eventos que llegan a él.

Diagramas de Actividades: estos diagramas combinan ideas de varias técnicas: el diagrama de eventos de Jim Odell, las técnicas de modelado de estados de SDL y las redes de Petri. Estos diagramas son particularmente útiles en conexión con el flujo de trabajo y para la descripción del comportamiento que tiene una gran cantidad de proceso paralelo.

3.3.4 Implementación de Clases y Métodos Funcionales

La Implementación del MEC se llevará a cabo en Visual J++, como se había especificado anteriormente. Un aspecto importante en la codificación, es la representación de las asociaciones y relaciones existentes entre cada Clase. Para lo cual se realizó lo siguiente:

- Para las relaciones de Herencia, se empleará la palabra reservada *extends*, la cual indica que una clase extiende a otra.
- Para las Agregaciones o relaciones Parte/Todo, se optará por declarar un objeto (o lista de objetos, según el caso) dentro de una Clase Contenedora. Por ejemplo, la clase CSistemaExperto tiene cero o muchas Reglas de producción (CReglas), por lo tanto, en la clase CSistemaExperto se declarará un atributo de tipo CReglas, el cual es una lista de objetos de ese tipo.
- Las asociaciones entre las clases se implementarán de dos formas: la primera consiste en definir como un parámetro de entrada a un método de la Clase 1, un objeto de la Clase 2. Ejemplo:

```
import Package1.Clase2;
```

²⁰ FOWLER, Op.cit. p, 115.

```

public class Clase1
{
    //aquí van los atributos//
    public void metodo1 (Clase2 ejemplo)
    {
        //código del método//
    }
}

```

la segunda forma que se utilizará consiste en declarar un objeto de la Clase 2 en el código de la clase 1. Ejemplo:

```

import Package1.Clase2;
public class Clase1
{
    //aquí van los atributos//
    public void metodo1 ()
    {
        Clase2 ejemplo=new Clase2( );
        //código del método//
    }
}

```

En ambos casos será necesario importar el paquete y la clase con la cual se está realizando la asociación.

Nota: los diagramas de comportamiento del sistema y la implementación de los métodos funcionales principales se desarrollarán en cada una de las cinco iteraciones del proyecto, las cuales se especificarán en los cinco capítulos siguientes. Estas cinco iteraciones se han distribuido en capítulos siguiendo un patrón de orden en el desarrollo del documento, sin embargo estos capítulos son parte del numeral 3.3 (Diseño e Implementación Computacional del MEC).

3.4 RESUMEN

Una de las etapas fundamentales en la creación de un MEC se encuentra en la elaboración del Diseño. El diseño de un MEC (software educativo), a diferencia del diseño de otro tipo de software, requiere de unas etapas esenciales para su construcción. Inicialmente se debe elaborar un diseño educativo, en donde se establecen los objetivos pedagógicos y las tareas de aprendizaje. La

definición de estos elementos determina el esqueleto del MEC, y a partir de éste se comienza a agregar cierta musculatura por medio de la definición de situaciones de aprendizaje, situaciones de evaluación y diagnóstico, y situaciones de ejercitación.

Aprovechando los beneficios que proporciona la inclusión de un micromundo explorativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se ha propuesto el diseño de uno. Los Micromundos favorecen altamente el aprendizaje por descubrimiento logrando así que lo aprendido por el estudiante sea bastante significativo y se formen estructuras mentales sólidas.

Tras del propósito de lograr una enseñanza individualizada y teniendo en cuenta que el proceso de enseñanza-aprendizaje no se limita solamente al aula sino que es una actividad que se ejerce a todo momento de nuestra vida y que se ve afectada tanto por variables endógenas como exógenas, se propone elaborar estrategias pedagógicas que se adapten a cierto perfil psicológico del alumno donde se tenga en cuenta principalmente su estilo de aprendizaje, según estudios de la psicología cognitiva y diferencial. De aquí nace la idea de integrar una nueva dimensión en la elaboración del MEC, empleando un modelo del estudiante que contenga además de un registro de lo aprendido por el alumno, un esquema de su estilo cognitivo. El estilo cognitivo puede ser de gran ayuda para determinar qué tipo de material didáctico debe ser presentado al estudiante, con qué rapidez y en qué momento.

Tres aspectos importantes que se especifican en este capítulo son el Reto, la fantasía y la curiosidad. Estos tres elementos permiten la motivación intrínseca y extrínseca en el alumno, logrando así que la labor del aprendizaje sea más productiva y más amena.

Otra parte fundamental tratada en este capítulo fue el diseño comunicacional donde, a partir de ciertos postulados de la psicología de la percepción se estructuran las interfaces para lograr atraer la atención del alumno en la información presentada sin perder de vista el aspecto motivacional.

Por último, se elaboró el diseño computacional donde se especifica claramente los detalles tecnológicos y de ingeniería. Este diseño es importante porque presenta tanto las relaciones entre los elementos constitutivos del MEC como las restricciones entre los mismos. Este diseño será especificado en detalle por los siguientes cinco capítulos referentes a la etapa de construcción del MEC.

4. ITERACIÓN 1: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN HIPERMEDIA Y MICROMUNDOS EXPLORATIVOS (ETAPA DE CONSTRUCCIÓN I)

4.1. PRINCIPIOS BÁSICOS

Hipermedia: Este término suele utilizarse para hacer referencia a la convergencia entre hipertexto y multimedia, es decir, para denominar una estructura de información electrónica cuyos nodos contienen información en diversos formatos (texto, audio, video, gráficos, etc.),

Hipertexto: El Hipertexto¹ es una tecnología que organiza una base de información en bloques discretos de contenido llamados nodos, conectados a través de una serie de enlaces cuya selección provoca la inmediata recuperación de la información destino. En otras palabras, el Hipertexto es el texto que, visualizado en un espacio tridimensional, está formado por una serie de planos que se cortan en todos aquellos puntos que representan una relación entre los conceptos que incluyen. Estos puntos de intersección constituyen bifurcaciones en la lectura, encrucijadas en las que se ofrecen al lector diferentes caminos para explorar la información.

4.2. ELEMENTOS BÁSICOS DE UN HIPERTEXTO

Sus elementos básicos son: el nodo y el enlace.

El nodo: Es una unidad atómica de percepción, susceptible de contener cualquier elemento unitario de información, así como cualquier mezcla de ellos. Cada uno de los nodos que forman un hipertexto contienen una cantidad discreta de información.

Los nodos suelen clasificarse atendiendo a la forma de visualización en la pantalla, distinguiendo entre dos tipos según estén basados: en marcos o en ventanas². En los primeros, cada nodo tiene asignada una cantidad de espacio fija en la pantalla, donde la información que contienen debe adaptarse. Los nodos basados en ventanas ocupan, por el contrario, todo el espacio que necesitan para su presentación.

¹ DIAZ, Paloma., CATENAZZI, Nadia., y AEDO, Ignacio. De la Multimedia a la Hipermedia. RA-MA Editorial. Madrid-España. 1997. p. 3.

² NIELSEN, J. Hypertext and Hypermedia. Academic Press. EE.UU. 1990.

El Enlace: Los enlaces constituyen uno de los elementos más importantes de los sistemas hipertextuales, y se erigen como el rasgo característico que los diferencia de otras tecnologías. Un enlace es una conexión entre dos nodos que proporciona una forma de seguir las referencias entre un origen y un destino. Los enlaces, indicados normalmente en la pantalla por medio de palabras remarcadas, gráficos o íconos, deben ser fáciles de activar y producir una rápida respuesta, ya que en caso contrario el usuario tenderá a no utilizarlos, minimizando el valor del hipertexto.

4.3. DEFINICIÓN DE NODOS PARA EL MEC

Temas de repaso:

1. Sistemas de numeración decimal.
2. Descomposición polinómica de números naturales

Temas para la Suma:

3. Algoritmo de la Adición.
4. Suma de números de dos dígitos sin llevar.
5. Esquema vertical de suma para cantidades de dos cifras.
6. Esquema vertical llevando de unidades a decenas.
7. Suma con cantidades de tres cifras en esquema vertical.
8. La adición reagrupando unidades y decenas, y decenas en centenas.
9. Propiedades de la suma.

Temas para la Resta:

10. Algoritmo de la Sustracción.
11. Algoritmo de la resta prestando.
12. Práctica de resta en esquema vertical.
13. Verificación la sustracción por medio de la suma.
14. Empleo el algoritmo de la sustracción prestando centenas.
15. Propiedades de la sustracción.

Temas para la Multiplicación:

16. Multiplicaciones básicas.
17. Identificación y reconocimiento de múltiplos en un número.
18. Algoritmo de la multiplicación.
19. Multiplicaciones abreviadas (potencias de 10..., 9, 99, ..., 11,101,...)
20. Propiedades de la Multiplicación.
21. Esquema vertical de multiplicación por 1, 2 y 3 cifras.
22. Multiplicación con ceros en un factor.

23. Empleo del algoritmo de la multiplicación para hallar productos.

Temas para la División:

24. Relación existente entre la división con la sustracción.
25. La división como resta repetida.
26. Concepto y algoritmo de la división.
27. Relación existente entre la división con la multiplicación.
28. Desarrollo repartos con cocientes de más de una cifra y divisor de una cifra.
29. Desarrollo divisiones con residuo.
30. Propiedades de la División.
31. Divisores o factores de un número.
32. Reconocimiento número primos por identificación de sus divisores.
33. Criterios de divisibilidad.
34. Relación entre dos números mediante la división.

4.4. ESTRUCTURAS DE HIPERTEXTO EMPLEADAS EN EL DESARROLLO DEL MEC

Existen al menos siete estructuras básicas para representar los diversos modelos de hipertexto³: Lineal, Ramificada, Concéntrica, Paralela, Jerárquica, reticular y Mixta. En este caso, para el diseño del MEC, se utilizará la estructura Mixta, ya que reúne las características y ventajas de algunas estructuras básicas permitiendo dar un mejor uso y aplicabilidad al modelo. A continuación se hará una breve descripción de cada una de ellas.

Estructura de Hipertexto Lineal: representa una secuencia única y por tanto necesaria de nodos, entre los cuales la navegación posible consiste en acceder al nodo posterior o al nodo anterior.

Estructura de Hipertexto Ramificada: este modelo representa una trayectoria de navegación privilegiada en la que se han incluido nodos subordinados para permitir un mayor grado de interactividad al usuario.

Estructura de Hipertexto Paralela: en este modelo se representa una serie de secuencias lineales en las que es posible, además de la navegación lineal, también el desplazamiento entre los nodos de un mismo nivel.

Estructura de Hipertexto Concéntrica: este modelo, organiza una serie de secuencias lineales en torno a un nodo de entrada, pero sin permitir la navegación entre los nodos de un mismo nivel.

³ ORIHUELA, José Luis y SANTOS, María Luisa. Introducción al diseño digital. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid-España. 1999. p, 42.

Estructura de Hipertexto Jerárquica: También denominada “estructura en árbol”; constituye el clásico modelo de organización temática de la información que refleja la subordinación o dependencia de unos conocimientos respecto de otros, así como el orden que va de lo general a lo particular.

Estructura de Hipertexto Reticular: lo propio de las estructuras en red, maya o telaraña es la articulación de cada uno de los nodos con todos los restantes, permitiendo así, el máximo grado de flexibilidad en la navegación.

Estructura de Hipertexto Mixta: La estructura mixta combina dos o más modelos de los anteriormente descritos, como es el caso de la mayoría de las aplicaciones interactivas. Estas estructuras permiten aprovechar las ventajas funcionales de cada modelo y corregir sus deficiencias o limitaciones.

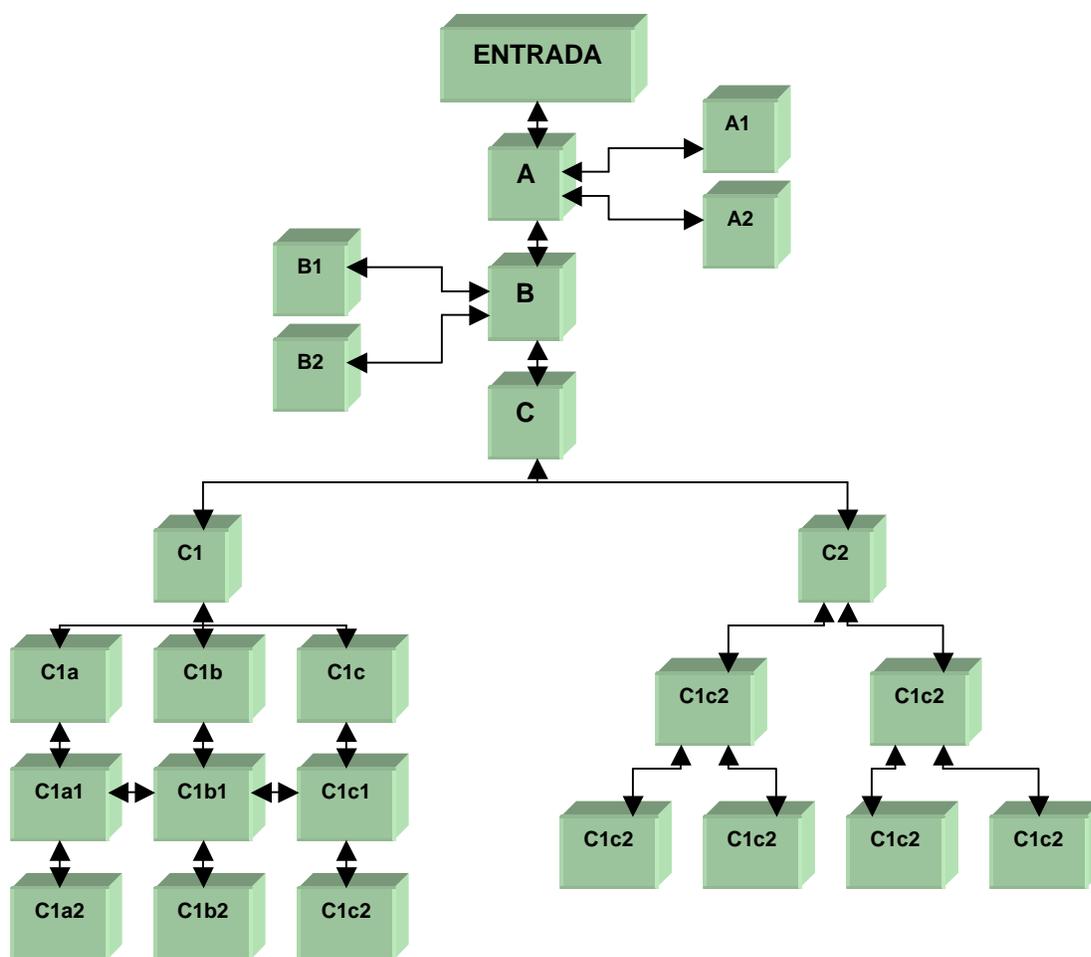
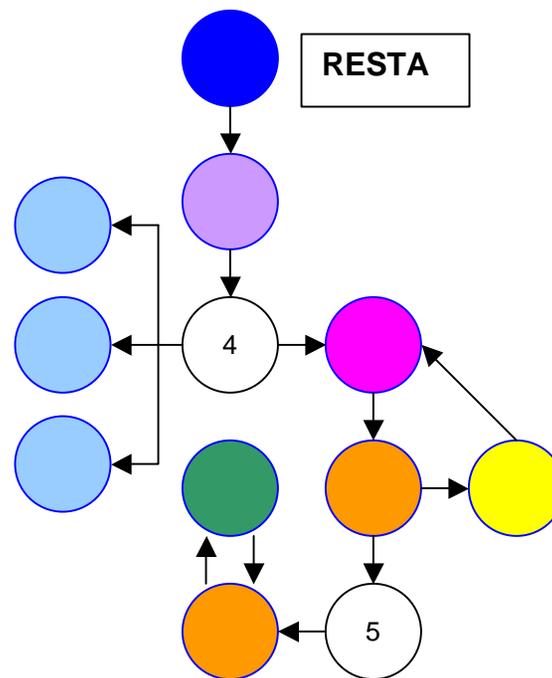
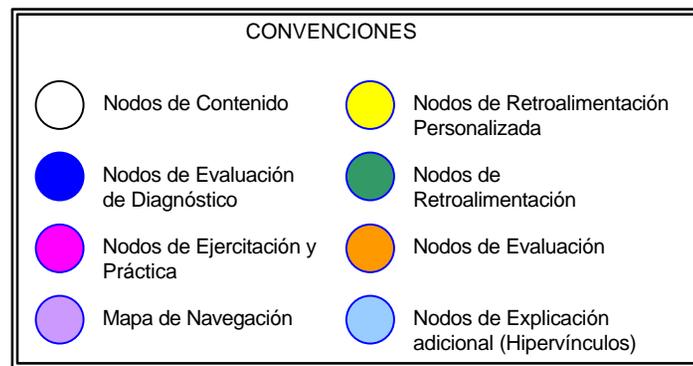
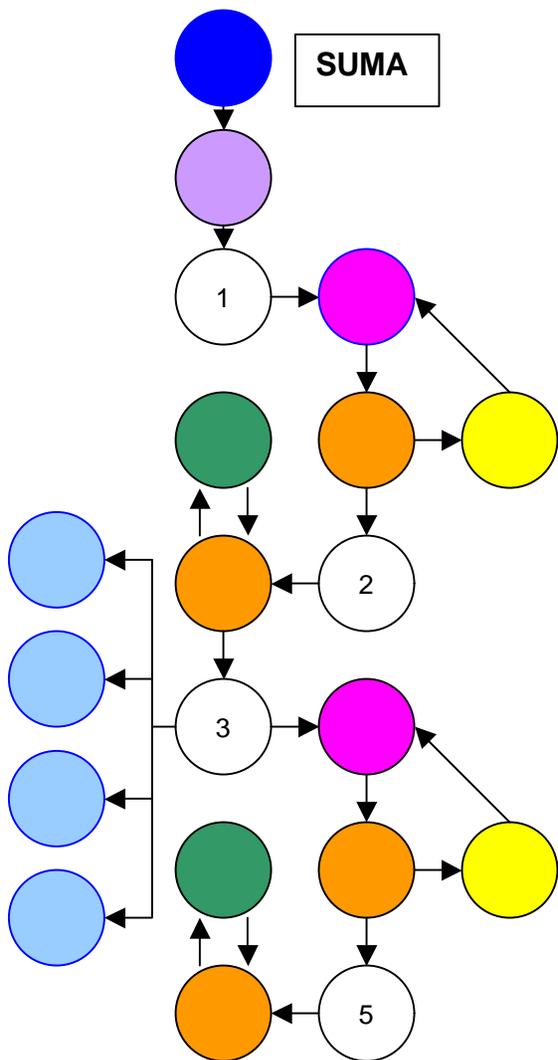
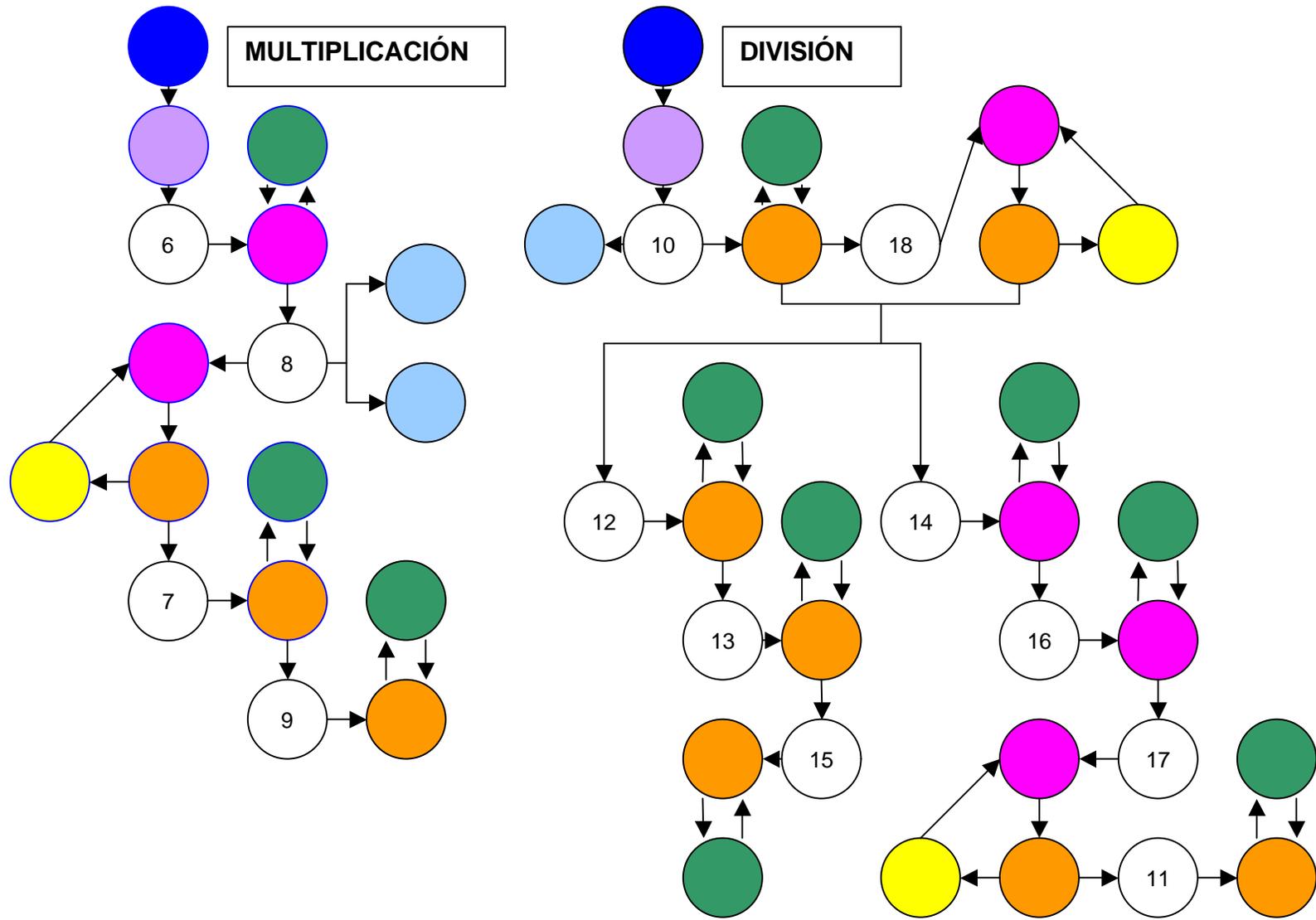


Figura 17. Estructura Mixta del Hipertexto

4.5 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA HIPERMEDIA PARA LA ADICIÓN Y SUSTRACCIÓN.



CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA HIPERMEDIA PARA LA MULTIPLICACIÓN Y DIVISIÓN.



4.6. DEFINICIÓN DE SITUACIONES DIDÁCTICAS.

4.6.1. Suma:

● Evaluación de Diagnóstico.

○ Mapa de Navegación: En este nodo se presenta un mapa de navegación indicando al estudiante los nodos con los temas que se tratarán en el planeta Adicionix.

1. Centemón es un monstruo de Adicionix, el cual posee una herramienta llamada “tabla de descomposición cifragaláctica”. El monstruo solo otorgará esta herramienta a quien sea capaz de derrotarlo descomponiendo correctamente la cantidad de canicas cósmicas que él posee. Centemón le explica a TAHAN lo que debe hacer, es decir, explica la descomposición en unidades, decenas, centenas, etc y sus equivalencias. Por ejemplo, 1 decena son 10 unidades, así.

● Centemón reta a TAHAN a superarlo descomponiendo números (cantidad de canicas cósmicas). Aquí se realiza una motivación intrínseca ya que se asegura el triunfo del alumno. Se plantean de 10 a 20 números que el alumno debe descomponer y ubicar sus respectivas unidades, decenas, etc.

● TAHAN ahora posee la “tabla de descomposición cifragaláctica” y ya sabe como usarla. El nuevo reto de TAHAN será utilizar esta herramienta para vencer a Centemón descomponiendo ahora la cantidad de verduras (tomates, zanahorias, etc) que posee su huerta espacial y empacando cantidades correctamente en cajas equivalentes a decenas, docenas, etc.

● En caso que TAHAN no haya podido realizar correctamente la descomposición en unidades, decenas, etc. se le proporcionará una sesión de retroalimentación personalizada. Después de esto TAHAN deberá regresar a practicar la descomposición con Centemón y ganar el nuevo reto.

2. Se plantea un problema y el alumno debe ubicar y descomponer correctamente cierta cantidad de cifras. Para esto, Centemón le cuenta a TAHAN el secreto para realizar la descomposición polinómica de números naturales de forma fácil y rápida. Esto le ayudará a obtener la primer pista para encontrar el elemento deseado.

● El problema consiste en averiguar cuanto tiene que caminar TAHAN para llegar al primer elemento (Tierra). Cada vez que se haga un cambio de columna cifragaláctica, significa que TAHAN recibirá una pista o una herramienta, es decir, si tiene que recorrer 4825 metros hasta encontrar el elemento, entonces la primer pista la recibirá a los 5 metros de distancia, la segunda a los 20 metros, la tercera a los 800 metros y la cuarta a los 4000 metros. TAHAN debe realizar correctamente esta descomposición.

● En este nodo se realizará la sesión de retroalimentación en caso que el alumno no supere la prueba.

3. Un anciano humano que se encuentra en ese planeta, dialoga con TAHAN, y le da una pista: La clave de todo en Adicionix es realizar correctamente sumas, y para esto los adicionitas son bastante buenos; por tal motivo, TAHAN debe superarlos, de tal forma que pueda vencerlos y

recuperar el elemento perdido. También le dice que entre más habilidad tenga para sumar, más rápido los vencerá. Él desea ayudar a TAHAN, así que para superar su siguiente prueba le enseña la clave para realizar sumas bien hechas. Este nodo contiene algunos hipervínculos que permiten al estudiante ahondar en otros temas referentes a la resolución de sumas. Los contenidos de estos nodos están representados por un círculo azul y son explicados a continuación.

- TAHAN recibe entrenamiento del grupo de Ninjas “mascara negra”, los cuales tienen una técnica sencilla y fácil de aprender a sumar cantidades de dos cifras sin llevar.

- Los Ninjas “mascara negra” están muy contentos por el desempeño de TAHAN, por esto han decidido entregarle su arma secreta, la “tabla de esquema vertical ultraespacial”, la cual le será de mucha ayuda de ahora en adelante. Pero antes, ellos explican como debe usarla.

- Con esta nueva herramienta, TAHAN parte a un nuevo lugar en busca de más pistas que le ayuden a encontrar el elemento perdido. Durante su recorrido se encuentra con dos extraños alienígenas, Sumatín y Sumatón, que dicen tener información acerca del elemento buscado. Para recibir esta información TAHAN los debe ayudar a encontrar la ruta a su cabañita, ya que se encuentran perdidos. Sumatín explica a TAHAN la forma de encontrar la ruta a su cabañita. Una vez dadas las instrucciones TAHAN deberá sumar la cantidad de pasos indicada por los alienígenas de forma correcta y así encontrar la ruta a la cabañita. Aquí se practica la suma de cantidades de dos cifras en esquema vertical llevando de unidades a decenas.

- Los alienígenas se encuentran muy agradecidos con TAHAN por esto le dan una nueva pista para encontrar el elemento extraviado. Antes de darle la pista ellos consideran que TAHAN debe recibir más entrenamiento, por esto le enseñan a utilizar la “tabla de esquema vertical ultraespacial” en sumas con cantidades de más de tres cifras.

- Después de aprender el algoritmo de la suma, TAHAN deberá ingresar a la Academia de Arte Sumamarcial, ya que debe ser entrenado para enfrentarse al Super- Ninja Chai. En esta academia TAHAN entrena todas las técnicas enseñadas por el abuelo para vencer a Chai, es decir, practica la realización de todo tipo de sumas.

- Ahora TAHAN debe enfrentar al Super-Ninja Chai, el más rápido de la academia al realizar sumas. TAHAN deberá vencerlo respondiendo correctamente cada uno de sus ataques (en este caso corresponden a operaciones con sumas). Si TAHAN posee la herramienta “tabla de esquema vertical ultraespacial”, que encontrará en un nodo de ayuda, la podrá usar para facilitar su trabajo.

- Si TAHAN no logra vencer a Chai deberá ingresar al nodo de retroalimentación personalizada, y después de esto, volver a la Academia para intentar vencerlo esta vez.

5. En el lugar donde viven los alienígenas se encuentran cuatro cabañitas (las cuales corresponden a cada una de las propiedades básicas de la suma) habitadas por los extraños seres que escondieron el elemento Tierra en su planeta; pero ellos solo lo entregarán si TAHAN logra resolver sus acertijos. El primero de ellos consiste en descifrar su extraño lenguaje. Para ello los alienígenas dan a TAHAN la pista prometida. Resulta que su lenguaje esta formado por cadenas de números que corresponden en su orden a las letras del alfabeto. Por ejemplo el 01 es la “a”, etc.

Adicionalmente, de acuerdo a la cabaña que visiten, deberán emplear sumas y la propiedad correspondiente para hallar la frase que lo conducirá al elemento Tierra. De acuerdo a la cabañita visitada se dará una explicación sobre las propiedades de la suma. Este es un nodo de selección de escenario, aquí TAHAN selecciona la cabañita a la que desea ingresar. En cada cabaña, el habitante correspondiente da una pista en su idioma y TAHAN por medio de sumas y operaciones arma la frase correcta que lo conducirá al primer Elemento.

● Después que TAHAN ha descifrado cada una de las frases, le es entregada una herramienta llamada “traductor mategalaxial”, el cual contiene todo el alfabeto y su correspondiente número, para facilitar y agilizar el trabajo de TAHAN. Estando en la puerta del Templo donde se encuentra el primer Elemento, TAHAN deberá vencer al maestro Plus que lo custodia. Para esto deberá hacer uso de todas las herramientas que le han sido otorgadas. Los diferentes retos propuestos tienen que ver con todos los temas vistos durante su recorrido por Adicionix. Si logra resolver un promedio del 80% de los ejercicios propuestos TAHAN recibirá como premio el Elemento Tierra.

● En caso contrario, TAHAN deberá ingresar a un nodo de retroalimentación y presentar nuevamente la prueba (vencer al maestro del Templo).

4.6.2. Resta:

● Evaluación de Diagnóstico.

● Mapa de Navegación: En este nodo se presenta un mapa de navegación indicando al estudiante los nodos con los temas que se tratarán en el planeta Sustracciolandia.

4. TAHAN ya tiene el primer elemento (Tierra) en su poder, ahora debe obtener el segundo elemento (Agua), el cual está escondido en el planeta Sustracciolandia. En su primera visita TAHAN se encuentra con una Lumicromita o mascota espacial la cual le fue asignada como guía durante su recorrido por el planeta. El primer reto de la Lumicromita consiste en enseñar las reglas de Sustracciolandia lo cual hará más fácil la búsqueda de TAHAN. La regla principal de este planeta es realizar correctamente restas. La Lumicromita enseña a TAHAN el algoritmo de la sustracción.

● TAHAN debe asumir su primer reto, el cual le dará la primera pista para hallar el elemento. Este consiste en vencer al líder de las Fuerzas Aéreas Ultragalácticas “Capitán Less” el cual cuenta con un arsenal de instrumentos espaciales para acabar con TAHAN. Él debe ser muy rápido y responder a cada disparo (operaciones y aplicaciones de la resta) con la respuesta correcta. Para esto debe practicar y la Lumicromita lo ayudará en su ejercitación.

● La prueba consiste en responder los ataques del “Capitán Less”. Uno de sus instrumentos lanzará restas sencillas; otro lanzará restas de unidades prestando en cantidades de dos cifras; otro lanzará restas un poco más complejas (de tres cifras, prestando decenas y centenas, en esquema vertical, etc). TAHAN tiene la opción de visitar algunos nodos de ayuda (Hipervínculos) antes de realizar esta prueba, y tendrá la opción de conseguir algunas herramientas. Para pasar la prueba TAHAN deberá responder cada ataque correctamente, de lo contrario deberá recibir mayor entrenamiento.

● Si TAHAN no supera al menos el 80% de la prueba deberá ingresar al nodo de retroalimentación personalizada. Después de esto recibirá nuevamente entrenamiento de la Lumicromita y finalmente deberá derrotar al “Capitán Less”.

● Este es un nodo Hipervínculo el cual contiene un tema de ayuda. Aquí la Lumicromita o mascota espacial enseña a TAHAN a restar unidades “prestando” en cantidades de dos y tres cifras. También se entrega una nueva herramienta a TAHAN para facilitar su labor, se trata de la “recta numérica intergaláctica”, la cual le permite organizar unidades en la recta y ver la diferencia.

● En este nodo se practica la resta en esquema vertical. Para esto; TAHAN podrá hacer uso de “la tabla de esquema vertical ultraespacial”.

● La Lumicromita enseña a TAHAN una forma de comprobar que esta restando correctamente: utilizando la suma.

5. El “Capitán Less” da a TAHAN la primer pista para hallar el elemento agua. Debe visitar el Monasterio de los Monjes Rex. Allí deberá ingresar a cada uno de los niveles del monasterio donde le será dada una lección de la vida (cada una corresponde a las propiedades de la resta) y a la vez le será entregada una pista que TAHAN deberá descifrar utilizando el “traductor mategalaxial”, ya que ellos utilizan un lenguaje similar al de los alienígenas de Adicionix, solo que en este caso las operaciones que TAHAN debe realizar corresponden a restas.

● TAHAN arma la frase y en ella encuentra el reto final: debe vencer al monstruo de dos cabezas que custodia el elemento agua. Este monstruo solo se puede vencer lanzando cubetas con agua a sus cabezas. Solo que las cubetas con agua que TAHAN necesita, contienen cada una diferentes aplicaciones, operaciones y/o problemas con restas. Si TAHAN resuelve los problemas en cada cubeta, podrá lanzarla al monstruo. Entre más grande sea la cubeta lanzada, más rápidamente será derribado el monstruo.

● Si TAHAN no logra derribar al monstruo deberá ingresar al nodo de retroalimentación y practicar el algoritmo de la resta con otros ejercicios. Luego deberá volver para enfrentar al monstruo de dos cabezas, derrotarlo y así recuperar el elemento Agua.

4.6.3. Multiplicación

● Evaluación de Diagnóstico.

● Mapa de Navegación: En este nodo se presenta un mapa de navegación indicando al estudiante los nodos con los temas que se tratarán en el planeta Multiplex Sum.

6. En su recorrido por Multiplex Sum TAHAN tiene la misión de encontrar el tercer elemento (Aire). Para esto, deberá buscar la ruta que lo conduzca hacia la guarida del brujo “Guru”. El cual dotará de ciertos poderes a TAHAN que le ayudarán a encontrar pistas para hallar el tercer elemento. En su camino se encuentra con una anciana que conoce al brujo Guru. Ella le indica a TAHAN la ruta a seguir. Esta consiste en identificar y reconocer múltiplos en un número dado. La anciana explica a TAHAN el procedimiento a seguir.

- Para encontrar la ruta correcta TAHAN deberá encontrar los múltiplos de algunos números y seguir por la casilla correspondiente.

- Si TAHAN no encuentra la ruta correcta deberá ingresar a un nodo de retroalimentación y volver a intentarlo nuevamente, para poder continuar con la siguiente sesión.

8. En la guarida TAHAN solicita ayuda al brujo Guru el cual tiene la primer pista para encontrar el tercer elemento. Guru explica a TAHAN que en su planeta es indispensable saber multiplicar, por esto es necesario que él aprenda algunos trucos (corresponden a hipervínculos dentro del nodo). Adicionalmente Guru enseña a TAHAN el algoritmo de la multiplicación.

- Para asegurar que TAHAN ha comprendido correctamente las enseñanzas de Guru es necesario realizar un ritual de práctica. En este ritual TAHAN debe responder a las oraciones del brujo (que corresponden a operaciones, aplicaciones y problemas con multiplicaciones), con la oración correcta (la respuesta correcta) en un tiempo determinado, de no ser así, deberá recibir un conjuro del brujo y será devuelto a la sesión anterior.

- Ahora TAHAN deberá vencer a Guru en un ritual mayor, o será presa de uno de sus conjuros. Esta vez TAHAN deberá elevar su alma a un nivel superior a la del brujo. Para esto, en cada nivel deberá resolver problemas relacionados con la multiplicación. A medida que su nivel aumente, la complejidad de las situaciones aumentará. Si logra tener un nivel superior al de Guru, este le dará la primer pista para hallar el elemento.

- Si TAHAN no logra derrotar al brujo deberá ingresar a un nodo de retroalimentación personalizada. En este nodo se dará el refuerzo correspondiente y posteriormente se enviará a TAHAN al nodo de práctica para que pueda vencer a Guru.

- En este nodo se explica a TAHAN como debe realizar multiplicaciones básicas. Él deberá elaborar sus propias tablas de multiplicar, las cuales se convertirán en otra herramienta que le será de gran ayuda para agilizar las operaciones con multiplicaciones.

- TAHAN aprenderá en este nodo a utilizar la “tabla de esquema vertical ultraespacial” para la multiplicación.

7. La primer pista conduce a TAHAN al Gimnasio “Multi- Max”, donde se practican diferentes deportes (cada uno de ellos corresponde a una propiedad de la suma). Este es un nodo de selección ya que TAHAN puede elegir el deporte que desea practicar primero. Cada equipo posee una pista diferente que conducirá a TAHAN al tercer elemento. Para esto, TAHAN debe primero aprender el deporte correspondiente. En cada uno de ellos se explica en que consisten sus reglas.

- En cada equipo se da una pista en un idioma parecido al de los planetas anteriores, el cual TAHAN deberá descifrar. Para esto deberá aplicar la propiedad correcta y realizar las multiplicaciones necesarias. En este caso podrá hacer uso del “traductor mategalaxial”.

- En caso que TAHAN no logre resolver correctamente las pistas deberá ingresar al nodo de retroalimentación y practicar nuevamente. Luego, intentará resolver correctamente las frases anteriores.

9. El tercer elemento se encuentra vigilado por dos líderes del ejercito megaespacial de Multiplex-Sum. Ellos sólo entregarán el elemento a TAHAN si este logra responder a sus ataques. Un alienígena ex –militar, enseña a TAHAN algunos trucos para responder el ataque de los líderes militares. El truco consiste en realizar multiplicaciones de forma abreviada.

- Los militares empiezan el ataque contra TAHAN lanzando misiles ultrasónicos que contienen aplicaciones, operaciones y/o problemas con multiplicaciones. Si TAHAN logra responder correctamente, por lo menos el 80% del ataque, podrá llevarse el elemento aire.

- Si TAHAN es vencido por los militares deberá ingresar a un nodo de retroalimentación y repasar todo lo aprendido para poder responder el ataque de los militares y así obtener el tercer elemento.

4.6.4. División:

- Evaluación de Diagnóstico.

- Mapa de Navegación: En este nodo se presenta un mapa de navegación indicando al estudiante los nodos con los temas que se tratarán en el planeta Divi-Rex.

10. TAHAN viaja al cuarto planeta: Divi-Rex en busca del elemento fuego. Este es su reto final. En su visita por Divi-Rex TAHAN se encuentra con “Midi” un pequeño alienígena de tan sólo 8 años considerado un genio ultraespacial. Midi será el encargado de ayudar a TAHAN a encontrar el cuarto elemento. Su primer misión consiste en enseñar a TAHAN algunas reglas básicas que le serán de utilidad para hallar el elemento. Midi enseña a TAHAN una regla muy sencilla: utilizar la división como una resta repetida.

- Después que Midi a enseñado a TAHAN la lección es necesario ponerlo a prueba. Esta consiste en relacionar correctamente la división con la resta acomodando diferentes frutas en varias cajas y comprobando cuantas veces podemos repartir ciertas cantidades de frutas entre otras cantidades de cajas.

- Si TAHAN no logra resolver la prueba anterior deberá ingresar al nodo de retroalimentación y prepararse mejor para presentar nuevamente la prueba. De lo contrario no podrá avanzar al siguiente nodo.

- En este nodo de hipervínculo se explica la relación entre la división y la sustracción de una manera sencilla.

18. Midi conoce a la persona que posee la primer pista para hallar el elemento. Se trata del profesor “Mr. Reparto”. Él ha prometido ayudar a TAHAN solo si es capaz de ayudarlo a organizar sus diferentes colecciones. Midi explica a TAHAN el algoritmo de la división para poder superar su primer reto.

- “Mr. Reparto” desea organizar un poco su escritorio, para esto solicita la ayuda de TAHAN. Este debe primero acomodar su colección de chispitas cósmicas en 5 luminoestuches, luego debe organizar sus cuadernos acomodándolos en cuatro cajas diferentes, y por último debe repartir sus llaves en los 6 llaveros megaespaciales.

● El profesor “Mr. Reparto” está muy contento con el trabajo de TAHAN, pero ahora debe solucionar otro problema y TAHAN lo debe resolver. El profesor necesita realizar otros repartos un poco más complejos (por ejemplo, deberá efectuar repartos con cocientes de más de una cifra y divisores de una cifra) y tratará de confundir a TAHAN dando algunas respuestas equivocadas. TAHAN deberá realizar correctamente cada reparto y responder adecuadamente (falso o verdadero) las afirmaciones del profesor.

● Si TAHAN no logra resolver correctamente, por lo menos, el 80% de los ejercicios propuestos deberá ingresar a un nodo de retroalimentación personalizada para ver nuevamente la lección. Posteriormente deberá regresar para ayudar al profesor y así obtener la primer pista para hallar el cuarto elemento.

14. La primer pista conduce a Midi y a TAHAN a la tribu de los “Divi-Caníbales” los cuales poseen la segunda pista. Esta tribu se dedica al cultivo de la pluricebada y deben atender un gran pedido realizado por el rey. TAHAN deberá ayudarlos a encontrar los empaques adecuados para llevar la pluricebada. Esto le ayudará a identificar los divisores o factores en un número dado.

● Los “Divi-Caníbales” ayudarán a TAHAN a encontrar el elemento fuego si logra pasar el camino de la muerte. Este consiste en caminar sobre carbones encendidos. Cada carbón posee un número determinado y TAHAN deberá hallar los divisores de dicho número para poder avanzar al siguiente carbón. En cada carbón TAHAN cuenta con un tiempo determinado, si supera este tiempo empezará a quemarse y no terminará la prueba.

● Si TAHAN no logra pasar el camino de la muerte deberá realizar una retroalimentación sobre el tema visto e intentar nuevamente superar la prueba.

12. TAHAN debe ir en busca de la tercera pista. Para esto deben encontrar a la persona indicada. Midi conoce a una bibliotecaria la cual les puede dar mucha ayuda ya que conoce bastantes libros. Ella posee la tercer pista, pero sólo la dará TAHAN si este le ayuda a organizar su biblioteca. Ella explica la forma en que debe hacerlo.

● TAHAN deberá organizar los libros de acuerdo a la forma y tamaño del estante. Los libros que sobren deberán ir a una caja. Para esto deberá realizar divisiones con divisor de una cifra y residuo. Si TAHAN logra organizar correctamente la biblioteca obtendrá la tercer pista.

● Si TAHAN no puede ayudar a la bibliotecaria, deberá ingresar al nodo de retroalimentación y prepararse mejor para superar este reto.

13. La bibliotecaria indica a TAHAN que la cuarta pista la podrá conseguir en la granja de “Don Sustraendo”. Él ofrece ayuda a TAHAN pero antes debe alistar un pedido de huevos. Si TAHAN lo ayuda terminará más rápido. Midi explica lo que deben hacer para alistar, empacar y enviar rápidamente el pedido y así obtener la siguiente pista.

● TAHAN debe realizar repartos de huevos en cubetas de 12 unidades y estas deberán ir empacadas a su vez en cajas de mayor tamaño donde caben 30 cubetas. De acuerdo a la cantidad de huevos TAHAN deberá realizar divisiones para empacar correctamente los huevos en las cubetas y las cajas.

● Si TAHAN no logra ayudar al granjero “Don Sustraendo” deberá solicitar ayuda en el nodo de retroalimentación e intentar nuevamente despachar el pedido correctamente.

15. Midi explica a TAHAN que la cuarta pista los conducirá al castillo encantado del valle “Divi-Rex”. Éste se encuentra dividido en varias habitaciones (correspondientes a cada una de las propiedades de la división), cada una habitada por un personaje diferente. Ellos a su vez le darán a TAHAN la quinta pista para encontrar el último elemento. Sólo que ellos utilizan un extraño lenguaje para comunicarse, muy similar al de los planetas anteriormente visitados, pero en este caso, para descifrarlo deberá utilizar correctamente las propiedades de la división. Midi será el encargado de enseñar a TAHAN las reglas que debe cumplir en cada habitación.

● En cada una de las habitaciones, el personaje correspondiente dará a TAHAN una pista diferente en su lenguaje, el cual él deberá descifrar. Para esto le será muy útil el “traductor mategalaxial”.

● Si TAHAN no consigue descifrar correctamente cada una de las frases deberá recibir ayuda adicional y reforzar el tema visto en un nodo de retroalimentación. Luego intentará obtener la quinta pista descifrando correctamente las frases de cada personaje.

16. Midi y TAHAN deben prepararse para pasar el “oráculo misterioso”; una antigua esfinge con la figura de dos personajes conocidos como “los primos”. Para poder atravesar el oráculo misterioso TAHAN deberá identificar los números primos. Midi enseña a TAHAN como saber si un número es primo o no.

● En el oráculo misterioso cada esfinge pronuncia un número diferente; TAHAN debe responder en un tiempo limitado si el número es primo o compuesto.

● Si TAHAN no logra distinguir entre los números primos y complejos deberá recibir una retroalimentación en este nodo. Luego podrá volver para intentar pasar el oráculo misterioso.

17. Luego de atravesar el oráculo misterioso, Midi y TAHAN deberán enfrentar su siguiente reto. Este consiste en ganar la “lumino-llama olímpica” en la competencia de cards. Si TAHAN lo logra podrá obtener la siguiente pista para conseguir el último elemento. En esta competencia TAHAN debe recorrer el Rally utilizando los criterios de divisibilidad. Midi le ayudará en su entrenamiento explicando en qué consisten estos criterios.

● Antes de ir a la pista TAHAN deberá practicar su lección para evitar equivocarse o que sus compañeros le tomen ventaja. Para esto Midi propone a TAHAN algunos ejercicios de entrenamiento para que él los resuelva. Estos consisten en hallar números divisibles por 6, 10 y 4; determinar si un número es divisible por los números anteriores, etc.

● La competencia ha comenzado!,TAHAN deberá avanzar, de acuerdo al número de salida, por los divisores de dicho número. Llegará primero a la meta quien consiga identificar todos los divisores del número dado dentro del cuadro de posibilidades.

● Si TAHAN no consigue ganar el Rally deberá ingresar a un nodo de retroalimentación personalizada y repasar el tema visto. Es indispensable que TAHAN gane la competencia.

11. Después de ganar el Rally TAHAN recibe como premio un viaje al castillo del “Rey Salomón”, quien tiene en su poder el elemento fuego. Este será su último reto, ya que deberá enfrentarlo para poder obtener el preciado elemento. En esta ocasión TAHAN y Midi deberán relacionar correctamente la división con la multiplicación, y adicionalmente deberán recordar todo lo aprendido durante el recorrido por este planeta. Midi enseña a TAHAN algunos trucos infalibles para realizar esta relación, que les permitirán enfrentar sin problemas al “Rey Salomón”.

● Uno de los súbditos del Rey propone un problema. Ahora, TAHAN y el rey intentarán resolverlo primero como una multiplicación y posteriormente como una división. El Rey de “Divi-Rex” es un hombre muy sabio, por esto no será sencillo vencerlo. TAHAN deberá ser muy rápido y cuidadoso para evitar equivocarse o perder tiempo. Otro de sus súbditos propondrá otra serie de ejercicios, problemas y/o aplicaciones relacionadas con todos los temas vistos anteriormente. TAHAN deberá tener muy presente todo lo aprendido para poder vencer al “Rey Salomón” y así obtener el elemento Fuego. Si lo logra TAHAN podrá volver a la Tierra con los cuatro elementos y salvarla de su destrucción.

● Si TAHAN no logra derrotar al Rey, deberá entrenarse mejor en el nodo de retroalimentación y posteriormente intentar ganar su última batalla.

4.7. SESIONES DE RETROALIMENTACIÓN Ó RETROINFORMACIÓN

Para el diseño de las sesiones de retroalimentación en cada una de las operaciones básicas se tomó como base los estilos cognitivos y la representación en Mentefactos. Los Mentefactos⁴ son formas gráficas para representar las diferentes modalidades de pensamientos y valores humanos. Los mentefactos definen cómo existen y se representan los instrumentos de conocimiento y sus operaciones intelectuales mediante conceptos como la supraordinada que es la generalidad, las isoordinadas que serían las características, las infraordinadas que son las distintas formas de presentación, sin ser excluidas; y las exclusiones son lo que no es, lo que no pertenece al concepto, sin salirse de la supraordinada. Es la forma más fácil de desarrollar un concepto. En forma esquemática, un Mentefacto se vería así:

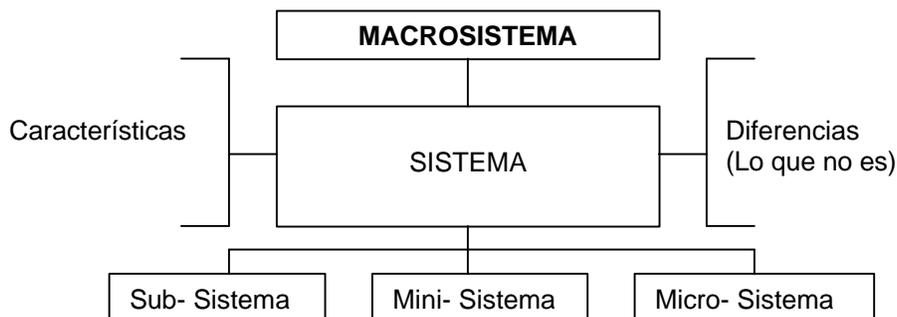
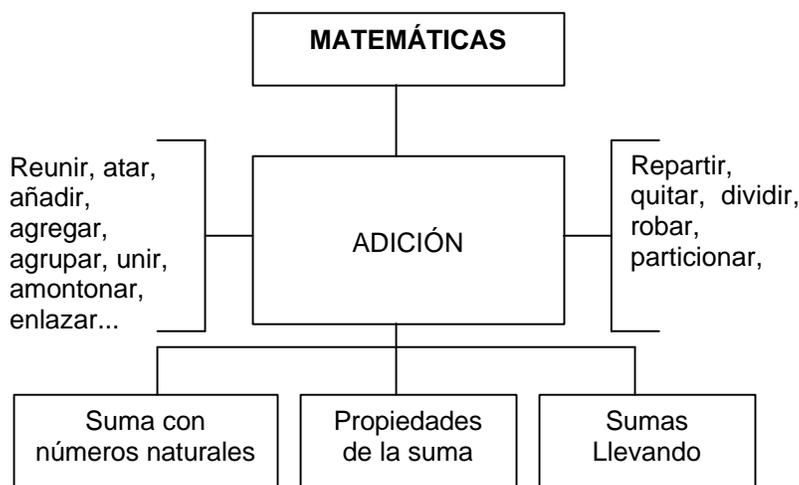


Figura 18. Representación de un Mentefacto

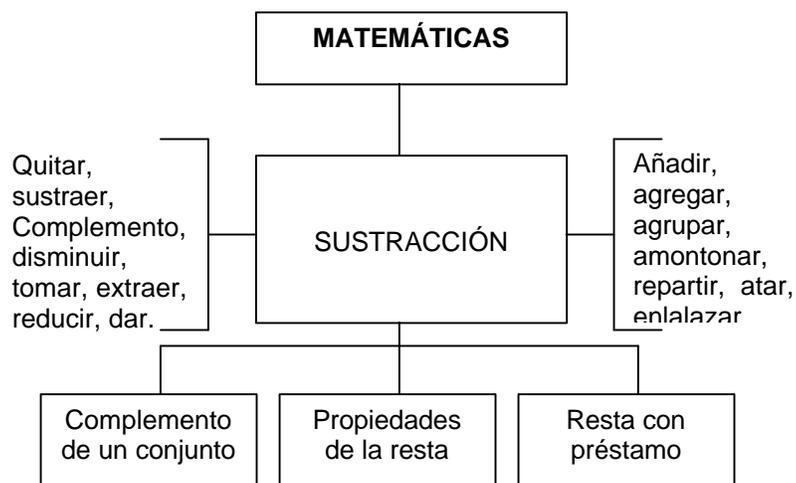
⁴ Definición tomada de la fundación Alberto Merani, Miguel de Zuburía Samper

Basados en estas representaciones del conocimiento se prepararon cada una de las sesiones de retroalimentación teniendo en cuenta el estilo cognitivo del estudiante y las características del mismo, es decir, los mentefactos forman el esqueleto en el cual se fundamenta la sesión de retroalimentación. Aunque éstos no serán presentados directamente al estudiante puesto que el estadio cognitivo no es apto para representaciones abstractas⁵, servirán para crear ambientes lúdicos en donde se distingan las características esenciales de cada operación aritmética.

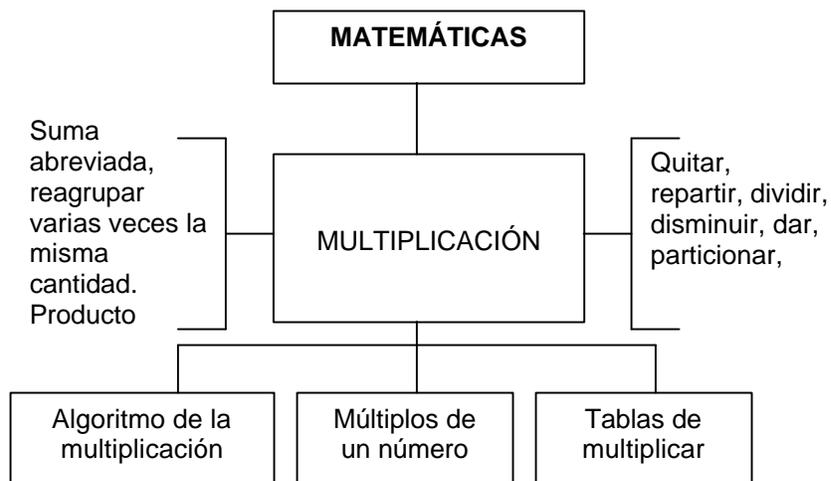
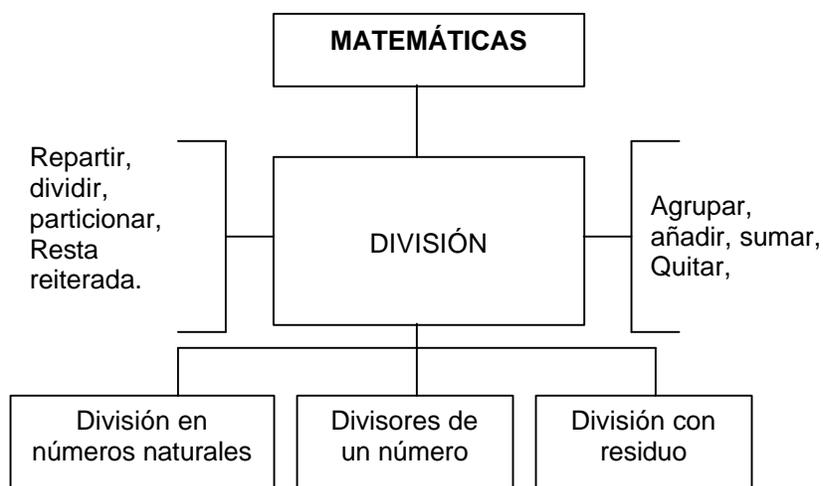
Mentefacto para la Adición:



Mentefacto para la Sustracción:



⁵ Según los estadios cognoscitivos identificados por Piaget

Mentefacto para la Multiplicación:**Mentefacto para la División:**

Los Mentefactos proporcionan la estructura básica de los conceptos que serán retroalimentados. La retroalimentación dependerá en gran medida además, del sensotipo y las preferencias identificadas en cada uno de los estilos cognitivos.

ALUMNO	ADICIÓN	SUSTRACCIÓN	MULTIPLICACIÓN	DIVISIÓN
Adaptador	El alumno deberá organizar una tienda espacial. Se busca retroalimentar el concepto de organización en unidades, decenas, etc. en una situación cotidiana	El alumno deberá comprar cierta cantidad de artículos cuidando de no sobrepasar el presupuesto establecido. Se aplica tanto las operaciones de	El alumno deberá organizar los artículos que se encuentran en una casa dentro de cajas. Si a cada caja le caben cierto número específico de artículos, el alumno deberá	El alumno deberá aplicar sus conocimientos acerca de las propiedades de la división, el algoritmo de la división y la identificación de números primos

ALUMNO	ADICIÓN	SUSTRACCIÓN	MULTIPLICACIÓN	DIVISIÓN
Adaptador	que permita el aprendizaje significativo de los conceptos.	resta como de suma en la solución del problema.	responder cuántos artículos logró empacar.	En la solución de un problema acerca de deportes de atletismo.
Convergente	Una atractiva animación acerca de un mago que realiza operaciones de suma rápidamente.	Gracias a que este tipo de alumno prefiere trabajar más con las cosas que con las personas, se plantea una máquina que realiza restas rápidamente.	Ya que su pregunta favorita es ¿cómo funciona?, se presenta una máquina musical donde para tocar un disco determinado hay que multiplicar la cantidad de discos por el número de la canción.	Aquí se presenta una máquina mágica capaz de partir en trozos iguales cualquier objeto que sea ingresado en su interior. Se explican los conceptos básicos del algoritmo.
Asimilador	El sensotipo de este alumno es auditivo/verbal, por tal motivo se presenta un cuento acerca de una familia que vive en una casa, donde cada alcoba representa una casilla de los sumandos, y cada piso representa los diferentes sumandos.	Aquí se presenta una canción que describe el algoritmo de la sustracción empleando las llamadas "palabras percha" ⁶ . Estas palabras intentan crear una especie de rima para poder lograr que la información se almacene de una manera más efectiva que permita su recordación.	Este tipo de alumno prefiere los hechos concretos, por tal motivo se presenta al alumno una rima que cuenta lo que le sucede a un personaje cuando sale a dar un paseo. También se tuvo en cuenta que este tipo de alumno prefiere situaciones fantasiosas para poderlas adaptar a su propia realidad.	En esta sesión se presenta un cuento que describe el algoritmo de la división empleando un multiplicador de memoria: Las palabras percha. Estas palabras buscan asociar la información que se va a recordar con palabras similares, por ejemplo: uno: desayuno, dos: tos, tres: Andrés...
Divergente	Como este alumno posee un sensotipo visual, se presenta una animación que simula el abastecimiento de agua a unas canecas, cada una con capacidad para 10 litros. Cuando se llena una hay que recurrir a una caneca más grande. Representación de unidades, decenas y centenas	Gracias a que su interés primario son las personas, se plantea un situación donde se esta incendiando la casa de un extraterrestre y para apagar el fuego se debe pedir prestado cubetas de agua a lo vecinos.	Ya que este tipo de alumno puede analizar situaciones concretas desde muchas perspectivas, se presentan las tablas de multiplicar empleando las propiedades de la multiplicación. Por ejemplo: $6 \times 3 = 3 \times 6$.	Se le presenta una imagen que describe el algoritmo de la división. Para esto se tiene en cuenta los principios psicológicos sobre percepción y la teoría del color.

⁶ STINE, Jean Marie. Multiplique el poder de su mente. Prentice Hall. México. 1997.

ALUMNO	ADICIÓN	SUSTRACCIÓN	MULTIPLICACIÓN	DIVISIÓN
Análítico	Aprovechando que este tipo de alumno posee un buen desempeño de si MCP, se le presentan varias operaciones que él debe memorizar, luego se le explica varios métodos de cómo puede solucionar la adición de los números que memorizó.	Este tipo de alumno tiende a ser sensible a las relaciones parte/todo, a emplear esquemas de organización, jerarquía y memorización. Por tal motivo se le presenta un rompecabezas cuya imagen final es el algoritmo de la sustracción.	Gracias a que este tipo de alumno es estratégicamente más flexible, se presentan variados métodos para solucionar multiplicaciones, entre ellos las multiplicaciones abreviadas por 10, 100, 1000; por 20, 30, 40; por 11, 101, 1001, etc.	En esta sesión de retroalimentación se le pide al alumno que imagine una sala, con todos sus elementos, luego cada elemento es asociado con un paso del algoritmo de la división, creando así imágenes visuales fáciles de recordar
Holístico	Se presenta al alumno un método concreto de sumar por conteo, haciendo hincapié en el sistema numérico decimal. La situación se ve envuelta en un problema con canastas de manzanas.	Gracias a que este tipo de alumno prefiere los estrategias rígidas, se presenta un problema y se le pide al alumno que identifique los pasos específicos para llegar a su solución. En caso de equivocarse se le indica la respuesta.	Aquí se presenta un modelo práctico para memorizar la tabla del 9 que es la que más problema presenta en su aprendizaje. Este método empaqueta la información debido a que el alumno holístico posee una MCP muy volátil.	En esta sesión se desarrolla un problema de división paso a paso en donde se exige la participación del alumno en la decisión acerca de ¿cuál es el paso siguiente paso?

Tabla 13. Descripción de las sesiones de retroalimentación según el estilo cognitivo

Para la realización de esas sesiones de retroalimentación, se tuvo en cuenta principalmente las estrategias pedagógicas sugeridas por Rogers⁷ y por Hederich⁸, sin embargo otros estudios realizados en el área de la psicología de percepción⁹, la teoría del color y didácticas de las matemáticas¹⁰ fueron tomados en cuenta para su desarrollo. Si desea ver únicamente las sesiones de retroalimentación del MEC, instale el archivo ejecutable Retroalimentación.exe que se encuentra en el CD (para mayor información acerca de la instalación de la aplicación, remítase al capítulo 10).

4.8. NAVEGACIÓN

El Hipertexto, en tanto representa la Información de un modo no secuencial, exige al usuario una cierta actividad, a diferencia del pasivo público –espectador, oyente, televidente- de los tradicionales medios audiovisuales analógicos. A esta interactividad del usuario se le denomina metafóricamente Navegación, y consiste en la acción y efecto de explorar un Hipertexto.

⁷ ROGERS, C.R. & FREIBERG, H.J. Freedom to Learn (3rd Ed). Columbus, OH: Merrill/Macmillan. 1994.

⁸ HEDERICH, Christian M y CAMARGO, Angela. Estilos Cognitivos como modalidades de procesamiento de la información. Universidad Pedagógica Nacional. 1998.

⁹ Para mayor información ver el capítulo 3, sección 3.2.1 sobre los principios psicológicos relativos a la percepción.

¹⁰ MAZA, Carlos. Didácticas para la enseñanza de las matemáticas. Ed. Magisterio.

La navegación que permiten los interactivos se diseña mediante las diversas estructuras hipertextuales además del variado sentido de los enlaces, y se orienta mediante el recurso de las metáforas, en particular los mapas de orientación y navegación, incluyendo los sistemas de ayuda. Para el caso del MEC, se trabajarán los mapas de orientación y navegación y los sistemas de ayuda, los cuales se explicarán a continuación:

4.8.1. Mapas empleados en el MEC:

Se denomina en comunicación Interactiva a la representación gráfica de la estructura hipertextual del MEC. Los mapas empleados se clasifican de acuerdo a su funcionalidad, en dos modalidades:

1. Mapas de Orientación: Solo ofrecen al usuario una perspectiva global de la estructura de la aplicación. En este caso, se encuentra representado por los nodos azules en cada planeta, donde se presentará el mapa con los nodos correspondientes a los contenidos temáticos, la ejercitación, evaluación y retroalimentación, de acuerdo al planeta visitado.
2. Mapas de Navegación: Permiten acceder directamente a cada uno de los nodos representados. Estos mapas se encuentran principalmente en los nodos de selección de escenario. Allí el alumno tendrá la opción de elegir el sitio que prefiere visitar, sin tener que llevar un orden.

4.8.2. Sistema de Ayudas en el MEC:

Los sistemas de ayuda son un recurso de diseño que contribuye a facilitar la navegación del usuario por el interactivo. Se entiende por ayuda el conjunto de información, orientaciones y pistas que el sistema aporta al usuario, referidos tanto al contenido de la aplicación como a su funcionamiento. Los sistemas de ayuda se manejarán con los hipervínculos que contienen algunos nodos de contenido. En estos hipervínculos se pretende aclarar los temas vistos o proporcionar datos adicionales al tema propuesto.

4.9. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS DEL MICROMUNDO INTERACTIVO

Elemento	Tipo de elemento
<i>Argumento e historia</i>	La historia tiene como protagonista a un hombre que fue creado 500 años atrás, y que gracias a la ciencia pudo permanecer congelado durante este tiempo. Él tiene como misión salvar a la tierra de una desaparición inminente, ya que, debido al mal uso que el hombre dio a sus recursos naturales, fueron hurtados y esparcidos en una galaxia desconocida los cuatro elementos componentes del planeta Tierra (agua, aire, tierra y fuego). El protagonista deberá ir en busca de los elementos, para lo cual tendrá que visitar cada uno de los cuatro planetas (Adicionix, Sustracciólandia, Multiplex-Sum y Divi-Rex) que poseen los diferentes elementos, y en cada uno de ellos superar los retos planteados. Él es la única esperanza del planeta Tierra...

Elemento	Tipo de elemento
<i>Variables Compensatorias</i>	Estas variables se medirán de acuerdo al número de retos que el estudiante pueda superar, ya que esto le permitirá avanzar al siguiente nodo.
<i>Variables de Control</i>	En algunos nodos se tendrá en cuenta el tiempo de respuesta del estudiante para dar solución a una situación determina.
<i>Variables de Resultado</i>	En estas variables se tendrá en cuenta la respuesta dada por el estudiante a los diferentes ejercicios planteados. Si la respuesta es acertada tendrá como premio una herramienta, una pista o ayuda adicional, o podrá avanzar al siguiente nodo.
<i>Mundo / Escenarios</i>	Cada uno de los escenarios se encuentra representado por un nodo (en la estructura hipertextual) de contenido, ejercitación y practica, evaluación y retroalimentación. En cada escenario se manejará una situación en la que los personajes deberán realizar alguna actividad (Aprender, practicar, resolver problemas, etc).
<i>Retos (Implícitos / explícitos)</i>	Los diferentes retos se encuentran especificados en los nodos de evaluación o nodos naranja, al igual que en los nodos de ejercitación y práctica (nodos fucsia). En algunos de ellos se plantean retos implícitos así como explícitos.
<i>Personajes y Roles</i>	<p>*TAHAN: es el protagonista de nuestra historia y el encargado de devolverle al planeta Tierra los cuatro elementos que fueron robados por alienígenas de una galaxia desconocida.</p> <p>*Centemón: Monstruo que posee la primer herramienta para TAHAN así como la primer pista.</p> <p>*Anciano humano: Enseña a TAHAN el algoritmo de la adición.</p> <p>*Súper Ninja Chai: Pertenece a la Academia de arte marciales "Summarcial" y es el más rápido realizando operaciones con sumas.</p> <p>*Ninjas Máscara Negra: enseñarán a TAHAN algunas técnicas para sumar diferentes cantidades.</p> <p>*Sumatín y Sumatón: dos pequeños alienígenas que se encuentran perdidos y deberán solicitar la ayuda de TAHAN para encontrar su casa.</p> <p>*Maestro Plus: Custodia la entrada del templo donde se encuentra oculto el primer elemento.</p> <p>*Lumicromita: Mascota Espacial encargada de guiar y ayudar a TAHAN durante su recorrido por Sustracciolandia.</p> <p>*Capitán Less: Líder de las Fuerzas Aéreas espaciales de Sustracciolandia.</p> <p>*Monstruo de dos cabezas: es el encargado de custodiar el elemento agua.</p> <p>*Guru: Brujo que posee los poderes necesarios para aprender correctamente el algoritmo de la multiplicación.</p> <p>*Líderes Militares: líderes del ejercito megaespacial deMultiplex-Sum.</p> <p>*Exmilitar: Encargado de entrenar a TAHAN con estrategias para la división.</p> <p>*Midi: Pequeño alienígena de 8 años considerado un genio ultraespacial. Será el guía y ayudará a TAHAN en su búsqueda por el elemento fuego.</p> <p>*Mr. Reparto: Profesor de Midi encargado de otorgar una pista a TAHAN.</p> <p>*Divi-Canivales: Tribu que se dedica al cultivo de la pluricebada.</p> <p>*Bibliotecaria: Encargada de organizar la biblioteca espaciadle Divi-Rex.</p> <p>*Don Sustraendo: Dueño de una granja productora de huevos para el Rey.</p> <p>*Los Primos: Nombre de la esfinge del oráculo misterioso.</p> <p>*Rey Salomón: Rey y sabio de Divi-Rex.</p>

Elemento	Tipo de elemento
<i>Objetos / Herramientas</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tabla de descomposición cifragaláctica: Permite separar unidades, decenas, centenas, etc. 2. Tabla de esquema vertical ultraespacial: Permite organizar operaciones en forma vertical. 3. Traductor mategalaxial: Organiza las letras del alfabeto con su número correspondiente. 4. Recta número-cósmica: Recta numérica. 5. Contímetro: realiza una función similar al abaco. 6. Barras de colores: permite asociar las cantidades con barras de colores de diferentes longitudes. 7. Pizarra electrónica: cumple la función de un block de notas donde el alumno podrá realizar sus cálculos. 8. Tablas de multiplicar espaciales: ayuda a practicar las tablas de multiplicar.
<i>Zonas de Comunicación</i>	Cada vez que el estudiante requiera algún tipo de ayuda podrá solicitarla al tutor por medio de las herramientas de ayuda.
<i>Mecanismos de Comunicación Usuario- Aplicación</i>	El usuario podrá obtener información por parte del tutor a través de las zonas de comunicación y las interfaces .
<i>Ambientación / Caracterización</i>	La historia se desenvuelve en el futuro y tiene como ambientación el espacio.
<i>Recuperación de estados anteriores</i>	En algunos casos el estudiante podrá decidir que nodos visitar sin conservar un orden específico o tener que necesariamente visitarlos todos. En otros casos, si el estudiante no puede superar el reto propuesto deberá ingresar a un nodo de retroalimentación y posteriormente volver al nodo para superar la prueba. El alumno podrá también desplazarse libremente hacia delante o hacia atrás por el material.
<i>Niveles de Dificultad</i>	Los niveles de dificultad se miden de acuerdo a la complejidad del tema visto. Sin embargo, a medida que se avanza por el micromundo la complejidad de los ejercicios va aumentando.
<i>Manejo de información del usuario</i>	Se posee un subsistema encargado de administrar la información de los estudiantes a través de una base de datos. El profesor o el administrador de usuarios son los únicos que podrán entrar a este subsistema.
<i>Mecanismos para Análisis de desempeño</i>	El desempeño del estudiante será medido por medio del sistema experto, el cual recogerá las respuestas del estudiante y analizará dichos resultados. Por otro lado, el Sistema clasificador será el encargado de representar el estilo cognitivo de cada estudiante.
<i>Ampliación de las posibilidades del micromundo</i>	El micromundo tiene la posibilidad de expandirse manejando muchos más contenidos, haciendo uso de mayores y mejores herramientas u ofreciendo mayor interactividad entre usuario-máquina, por ejemplo, en ambientes distribuidos.
<i>Personalización del ambiente</i>	En este caso, el estudiante juega a ser y actuar como el protagonista del micromundo, así este sería el responsable de sus buenas o malas acciones, y al final será el encargado de salvar su planeta.
<i>Soporte al trabajo en grupo</i>	Al tratarse de un tutor que personaliza la enseñanza, necesariamente debe ser trabajado de forma individual. Sin embargo, en futuros trabajos se espera poder aplicar el MEC en ambientes distribuidos bajo otro tipo de diseño.

Tabla 14. Elementos del Micromundo Explorativo del MEC

4.10. CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

ESCENARIO 1 NORMAL: *Presentar Contenidos*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Estudiante ingresa al Sistema	Se carga el menú principal de opciones
El estudiante elige la opción "Selección de Escenario" del Menú de Opciones	
Hace click en el botón Aceptar	Se despliega la ventana de Selección de Tema
El estudiante selecciona el planeta y hace click en aceptar	Se activa la gestión de contenidos la cual retorna el contenido seleccionado por el estudiante
	Se despliega la ventana presentación del tema y se muestran los contenidos encontrados en el archivo

ESCENARIO 1 DE EXCEPCIONES: *Presentar Contenidos*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Estudiante ingresa al Sistema	Se carga el menú principal de opciones
El estudiante elige la opción "Selección de Escenario" del Menú de Opciones	
Hace click en el botón Aceptar	Se despliega la ventana de Selección de Tema
El estudiante selecciona el planeta y hace click en Aceptar	Se activa la gestión de contenidos la cual retorna el contenido seleccionado por el estudiante
	Si no se encuentra información en el archivo aparece un mensaje "no existe información al respecto".

ESCENARIO 2 NORMAL: *Recoger Objeto*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante hace click sobre la herramienta que se encuentra en el escenario.	La herramienta es seleccionada. La herramienta desaparece y posteriormente aparece esta en la barra de herramientas, como una herramienta habilitada.

ESCENARIO 3 NORMAL: *Soltar Objeto*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Estudiante hace click sobre la herramienta, en la barra de herramientas	La herramienta es seleccionada Se despliega un formulario que contiene la herramienta u objeto seleccionado.

ESCENARIO 4 NORMAL: *Usar Herramienta*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Estudiante hace click sobre la herramienta, en la barra de herramientas	La herramienta es seleccionada Se despliega un formulario que contiene la herramienta u objeto seleccionado.
El estudiante hace uso de la herramienta seleccionada.	
Se hace click en el botón aceptar.	El formulario se cierra y aparece nuevamente la herramienta en la barra de herramientas.

ESCENARIO 5 NORMAL: *Interactuar con Personaje*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Estudiante hace click sobre el lugar o escenario al cual se debe desplazar el personaje.	El personaje se desplaza hacia el lugar o escenario señalado por el usuario. Se carga el escenario correspondiente.

ESCENARIO 6 NORMAL: *Resolver Reto*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Estudiante ingresa a los nodos o escenarios de evaluación o de ejercitación y practica.	Se carga el nodo o escenario correspondiente. Se presenta la situación al estudiante para que este la resuelva.
El estudiante elige la herramienta o herramientas que desea utilizar en la barra de herramientas y hace clic sobre ella.	Se despliega un formulario que contiene la herramienta u objeto seleccionado.
El estudiante hace uso de la herramienta seleccionada.	
El estudiante resuelve el reto y retorna una respuesta al sistema.	Las respuestas del estudiante son guardadas en memoria y posteriormente se realiza una comparación entre sus resultados y los del sistema.
Se hace clic en el botón Aceptar.	Aparece un mensaje indicando al estudiante si aprobó o no el reto.

ESCENARIO 6 DE EXCEPCIONES: *Resolver Reto*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Estudiante ingresa a los nodos o escenarios de evaluación o de ejercitación y practica.	Se carga el nodo o escenario correspondiente. Se presenta la situación al estudiante para que este la resuelva.
El estudiante elige la herramienta o herramientas que desea utilizar en la barra de herramientas y hace clic sobre ella.	Se despliega un formulario que contiene la herramienta u objeto seleccionado.
El estudiante hace uso de la herramienta seleccionada.	
El estudiante resuelve el reto y retorna una respuesta al sistema.	Las respuestas del estudiante son guardadas en memoria y posteriormente se realiza una comparación entre sus resultados y los del sistema.
	Aparece un mensaje indicando al estudiante si aprobó o no el reto.
Se hace clic en el botón Aceptar.	Si el estudiante no logra superar el reto deberá ingresar a un nodo o escenario de retroalimentación.

ESCENARIO 7 NORMAL: *Iniciar Mundo*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante elige la opción "Selección de Escenario" del Menú de Opciones	
Dar click en el botón Iniciar Mundo	Teniendo en cuenta que se tiene un objeto que dice que tipo de escenario se debe cargar, se revisa el valor de este atributo específico en el objeto, y se captura este valor. Se verifica que este valor sea menor o igual que el número de escenarios existentes. Se abre el archivo de contenidos.
	Se realiza una búsqueda en el archivo de contenidos

	de acuerdo al valor del atributo capturado, cuando se encuentra se carga el escenario correspondiente.
	Se presenta una interfaz con los temas correspondientes al mundo visitado.
	Se carga el escenario correspondiente.

ESCENARIO 8 NORMAL: *Finalizar Mundo*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante ha concluido satisfactoriamente su visita por el Mundo Seleccionado.	
Se hace click en el botón Finalizar Mundo.	Se cierra el escenario que se encuentra abierto.
	Se carga la interfaz de Selección de Mundo o Escenario.
El estudiante inicia un nuevo Mundo.	

ESCENARIO 9 NORMAL: *Cambiar Escenario*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Estudiante hace click en el botón Volver al Inicio.	Se carga la ventana de Selección de Mundo, con el botón seleccionado del mundo que se encuentra cargado actualmente.
El estudiante elige la opción Cambiar de Escenario.	Todos los botones quedan activos nuevamente.
El estudiante elige el botón o nuevo escenario que desea visitar.	Se carga el escenario seleccionado por el usuario.

ESCENARIO 10 NORMAL: *Cargar Escenario*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
Dar Clic en el botón Mostrar Tema	Teniendo en cuenta que se tiene un objeto que dice que tipo de escenario se debe cargar, se revisa el valor de este atributo específico en el objeto, y se captura este valor. Se verifica que este valor sea menor o igual que el número de escenarios existentes.
	Se abre el archivo de contenidos temáticos
	Se realiza una búsqueda en el archivo de contenidos de acuerdo al valor del atributo capturado, cuando se encuentra se carga la ventana de mostrar contenido temático, con el contenido específico encontrado en el archivo.
	Se cierra el archivo.

ESCENARIO 10 DE EXCEPCIONES: *Cargar Escenario*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
Dar Click en el botón Mostrar Tema	Teniendo en cuenta que se tiene un objeto que dice que tipo de escenario se debe cargar, se revisa el valor de este atributo específico en el objeto, y se captura este valor. Si el valor es mayor se despliega un cuadro de diálogo indicando que ya han sido estudiados los contenidos disponibles.
	Se abre el archivo de contenidos temáticos.
Dar Click en Aceptar (Cuadro de diálogo)	Se realiza una búsqueda en el archivo de contenidos de acuerdo al valor del atributo capturado, sino se encuentra se despliega un cuadro de diálogo informando que el contenido no existe.
	Se cierra el archivo.

ESCENARIO 11 NORMAL: *Salir Escenario*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante ha concluido un tema o sesión de evaluación, ejercitación o retroalimentación.	
El estudiante hace click en el Botón Salir.	Se descarga el escenario actual y se carga la ventana principal.

ESCENARIO 12 NORMAL: *Registrar Material*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Estudiante ha concluido una sesión de evaluación, ejercitación o retroalimentación.	Se registra en la BD el material utilizado por el estudiante durante su recorrido por los distintos escenarios.

ESCENARIO 13 NORMAL: *Realizar Control de Navegación*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante selecciona la Opción Sesión Personalizada	Se carga la interfaz que contiene el mapa de navegación personalizada y se habilitan todos los nodos para que el estudiante ingrese al nodo deseado.
El estudiante hace click sobre el nodo al que quiere acceder.	De acuerdo al nodo seleccionado por el usuario, se carga la interfaz correspondiente.

ESCENARIO 13 DE EXCEPCIONES: *Realizar Control de Navegación*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante selecciona la Opción Sesión Secuencial	Se carga la interfaz con la presentación de todos los contenidos de forma secuencial.

ESCENARIO 14 NORMAL: *Realizar Ejercicios*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
Dar click en el botón Continuar	Teniendo en cuenta que se tiene un objeto que dice que tipo de evaluación o ejercitación se debe cargar, se revisa el valor de este atributo específico en el objeto, y se captura este valor. Se verifica que este valor sea menor o igual que el número de evaluaciones o ejercitaciones disponibles.
	Se abre el archivo de evaluación o ejercitación.
	Se realiza una búsqueda en el archivo de evaluaciones o ejercitaciones de acuerdo al valor del atributo capturado, cuando se encuentra se carga la ventana con el escenario correspondiente y se realizan las diferentes preguntas.
Dar click en el botón terminar	Se guardan las respuestas del estudiante.
	Se cierra el archivo

ESCENARIO 15 NORMAL: Gestionar Contenidos

Escenario Normal 1: Búsqueda y presentación de contenidos.

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante ha seleccionado un tema de estudio, ejercitación y práctica, retroalimentación o evaluación de la ventana de selección.	Se realiza una búsqueda del archivo a presentar.
	Se abre el archivo de contenidos correspondiente.
	Se presentan los contenidos en un formulario de presentación.
	Se cierra el archivo de contenidos.
	Se registra el material didáctico utilizado.

Escenario Normal 2: Búsqueda y presentación de evaluación.

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante ha seleccionado un tema de estudio, ejercitación y práctica, retroalimentación o evaluación de la ventana de selección.	Se realiza una búsqueda del archivo a presentar.
	Se abre el archivo de evaluación correspondiente.
	Se presentan las preguntas en un formulario de presentación.
	Se cierra el archivo de evaluación.

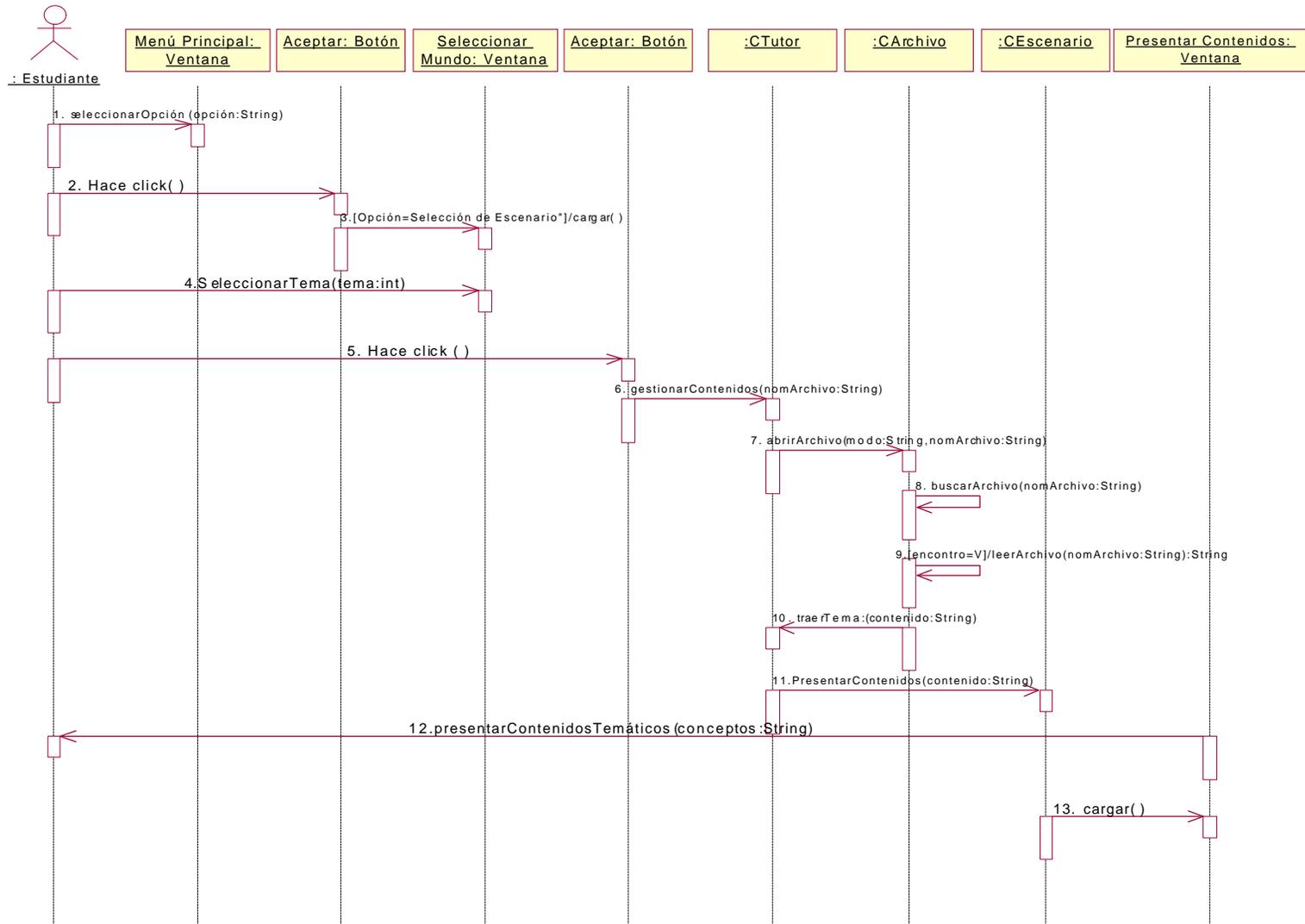
ESCENARIO 15 DE EXCEPCIONES: Gestionar Contenidos

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante ha seleccionado un tema de estudio, ejercitación y práctica, retroalimentación o evaluación de la ventana de selección.	Se realiza una búsqueda del archivo a presentar.
	Si no se encuentra el archivo aparece el cuadro de mensaje "no se encuentra información al respecto, por favor, consulte a su proveedor".
	Se carga el menú principal de opciones.

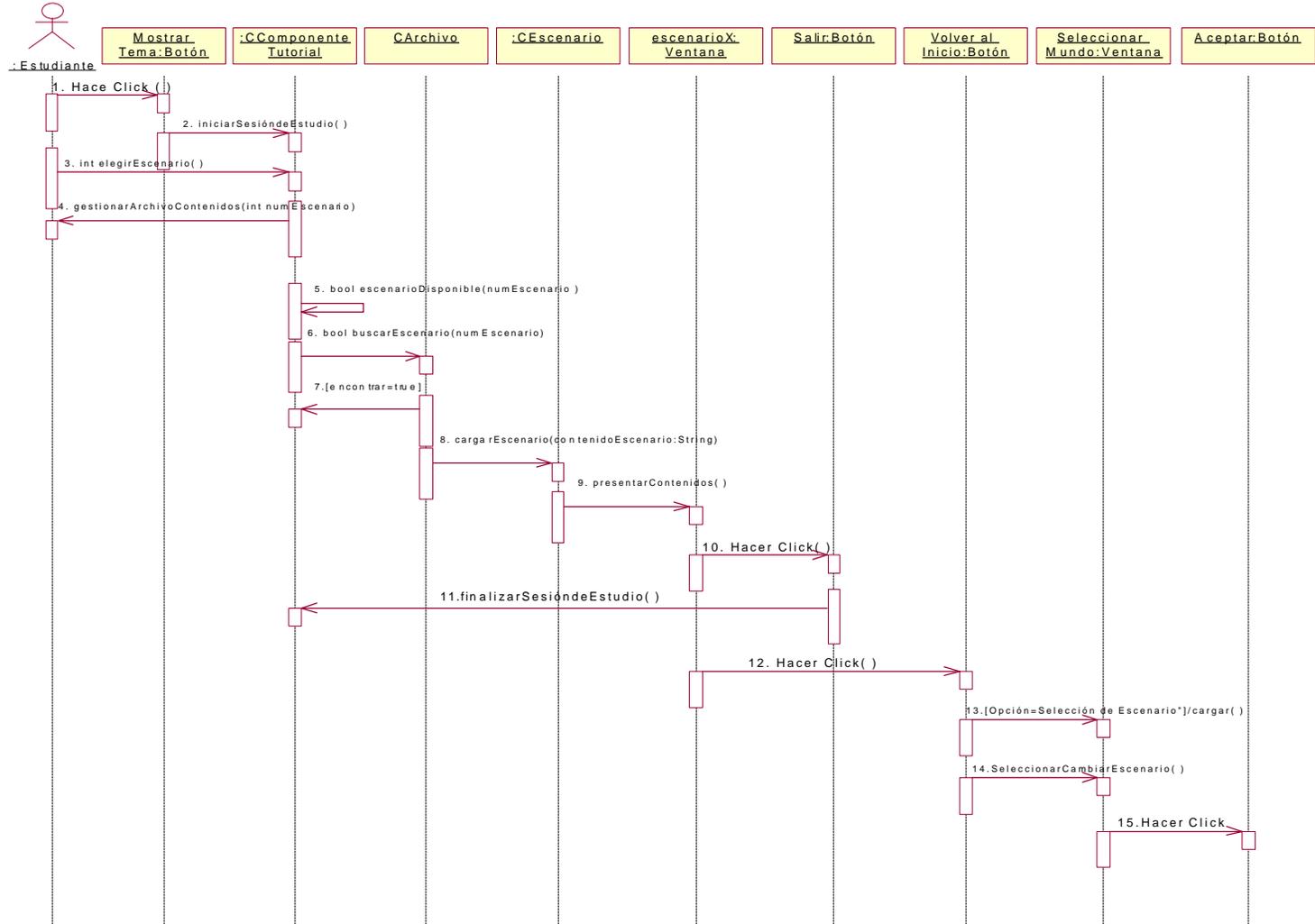
4.11 DIAGRAMAS DE SECUENCIA

A continuación se presentan los diagramas de secuencia de los escenarios anteriormente identificados.

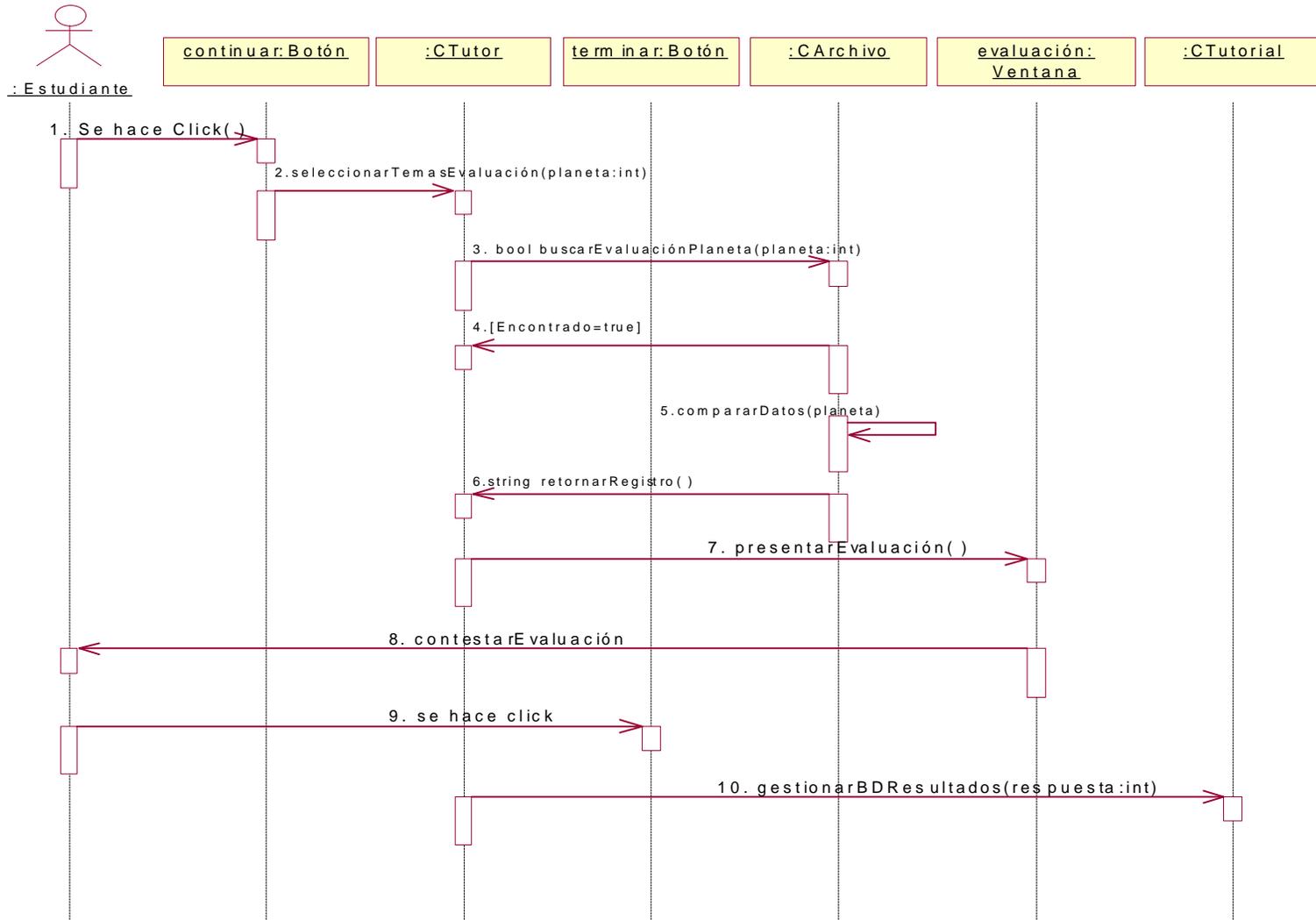
ESCENARIO: Presentar Contenidos



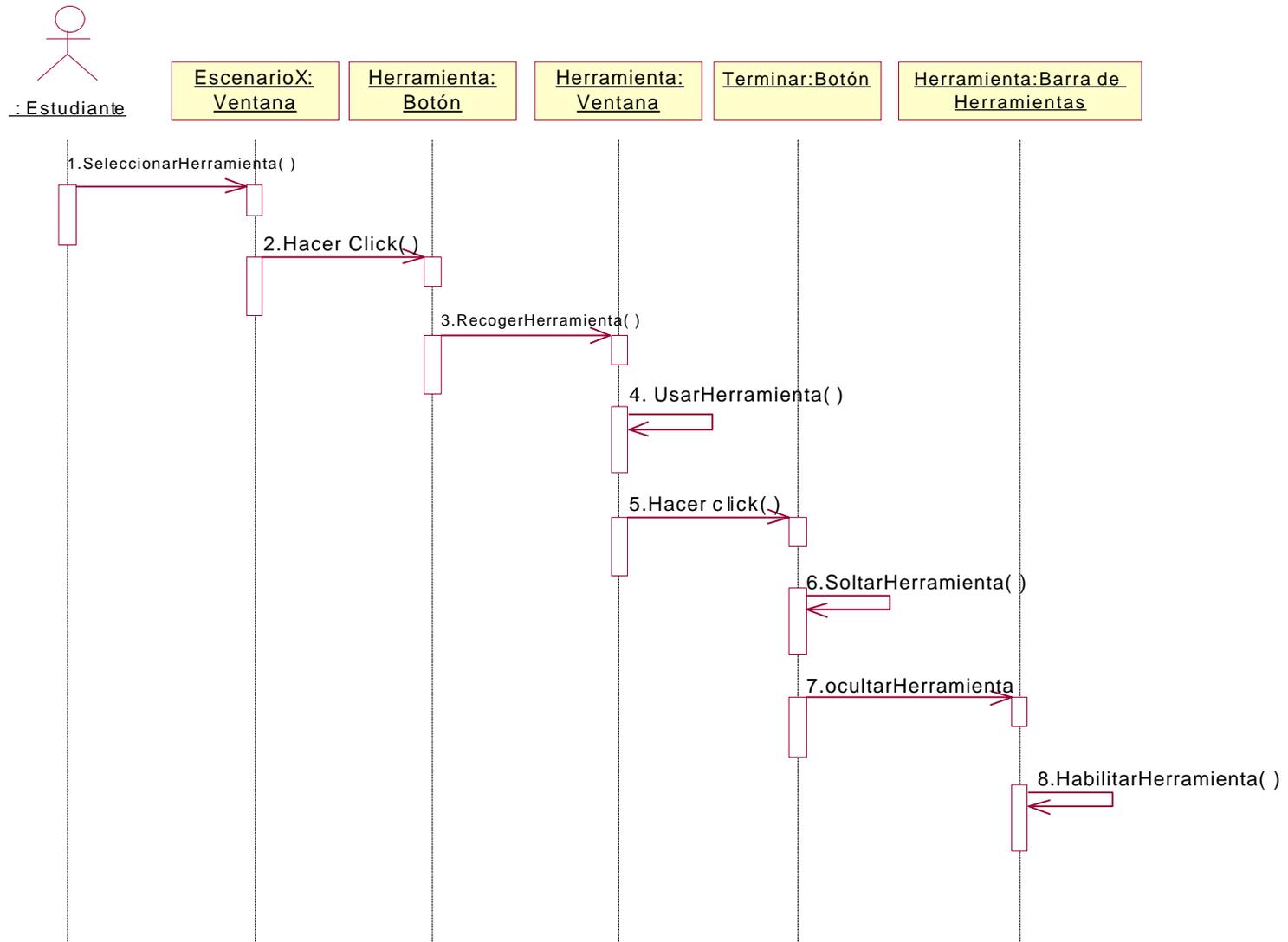
ESCENARIOS: Cargar Escenario, Cambiar Escenario, Salir Escenario



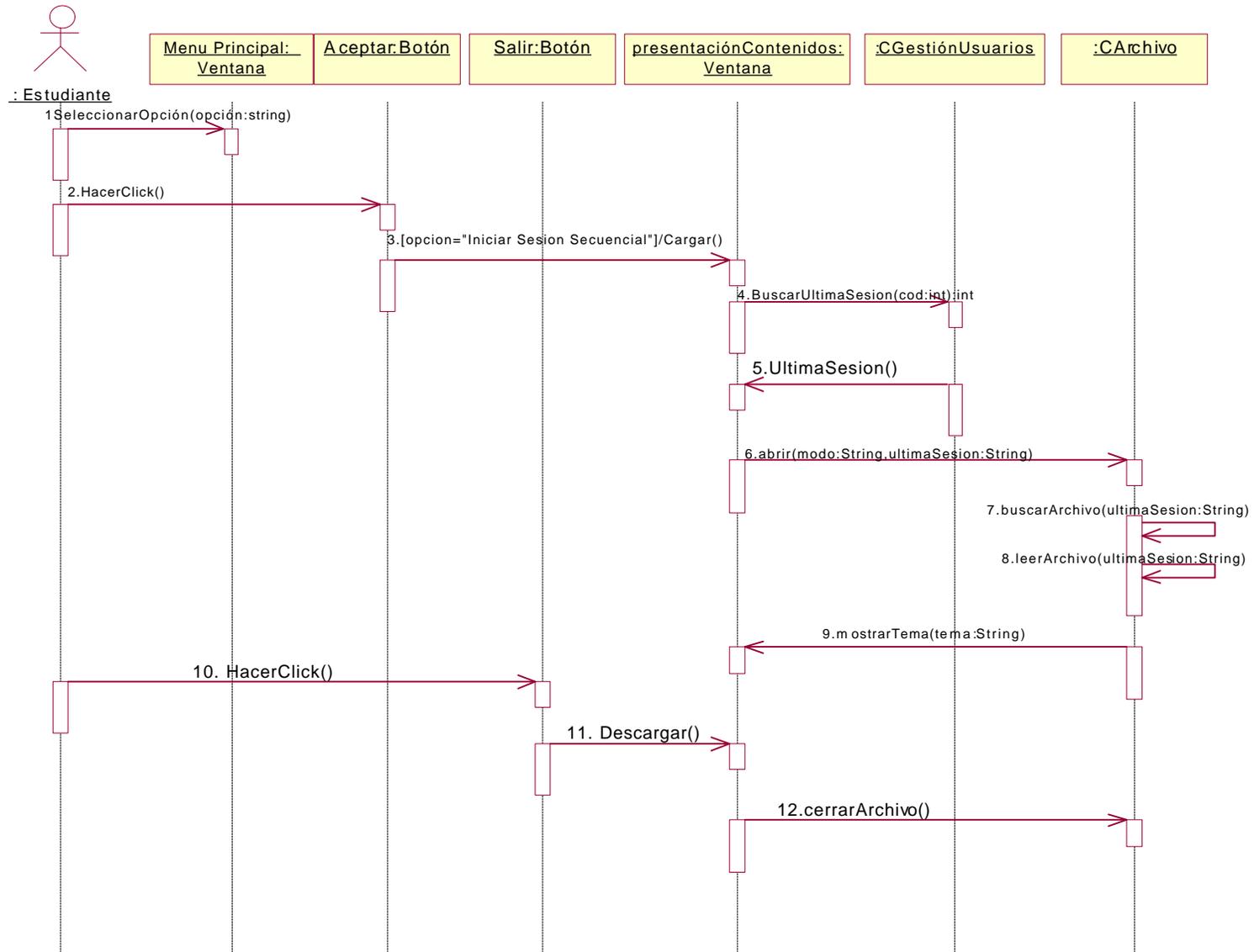
ESCENARIO: Realizar Ejercicios

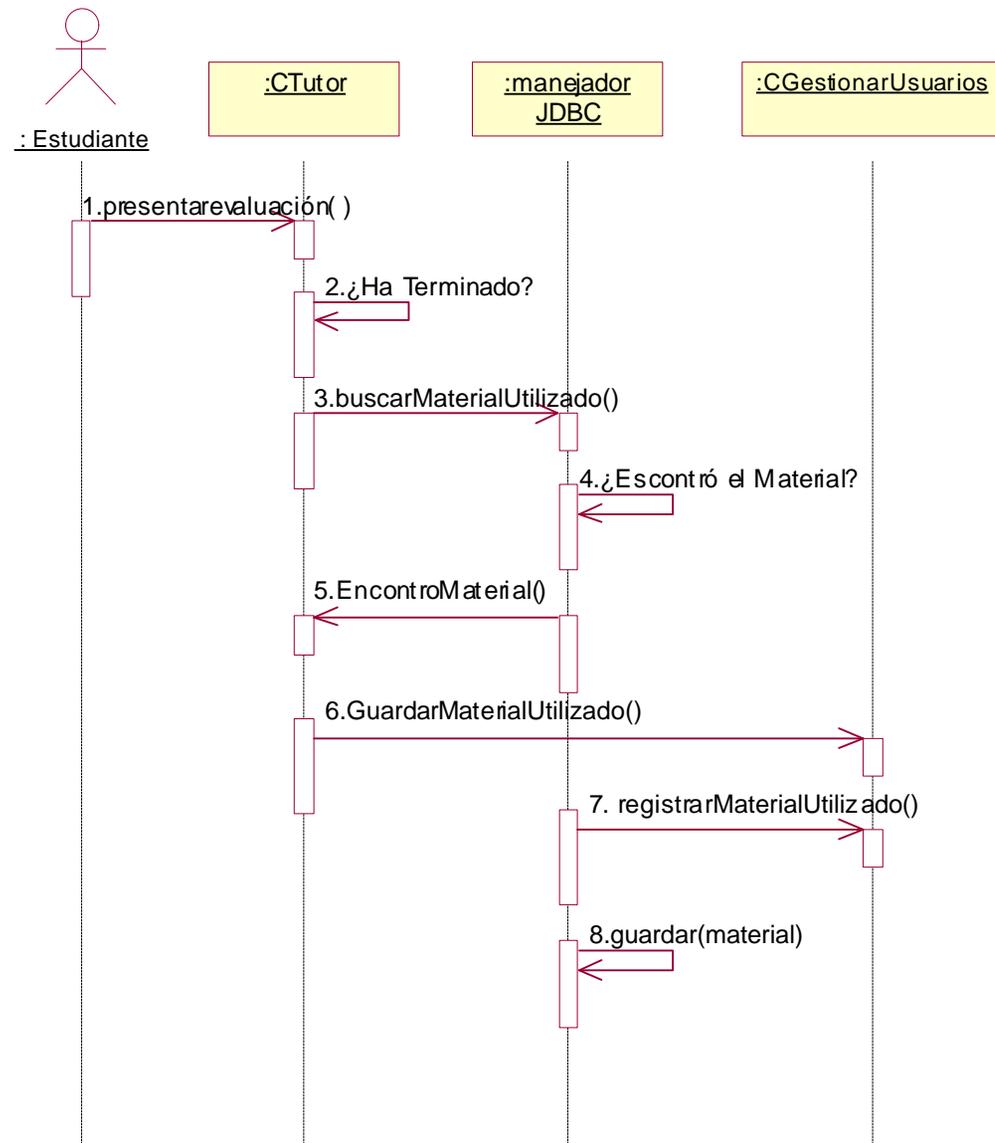


ESCENARIOS: Recoger Objeto, Soltar Objeto, Usar Herramienta.

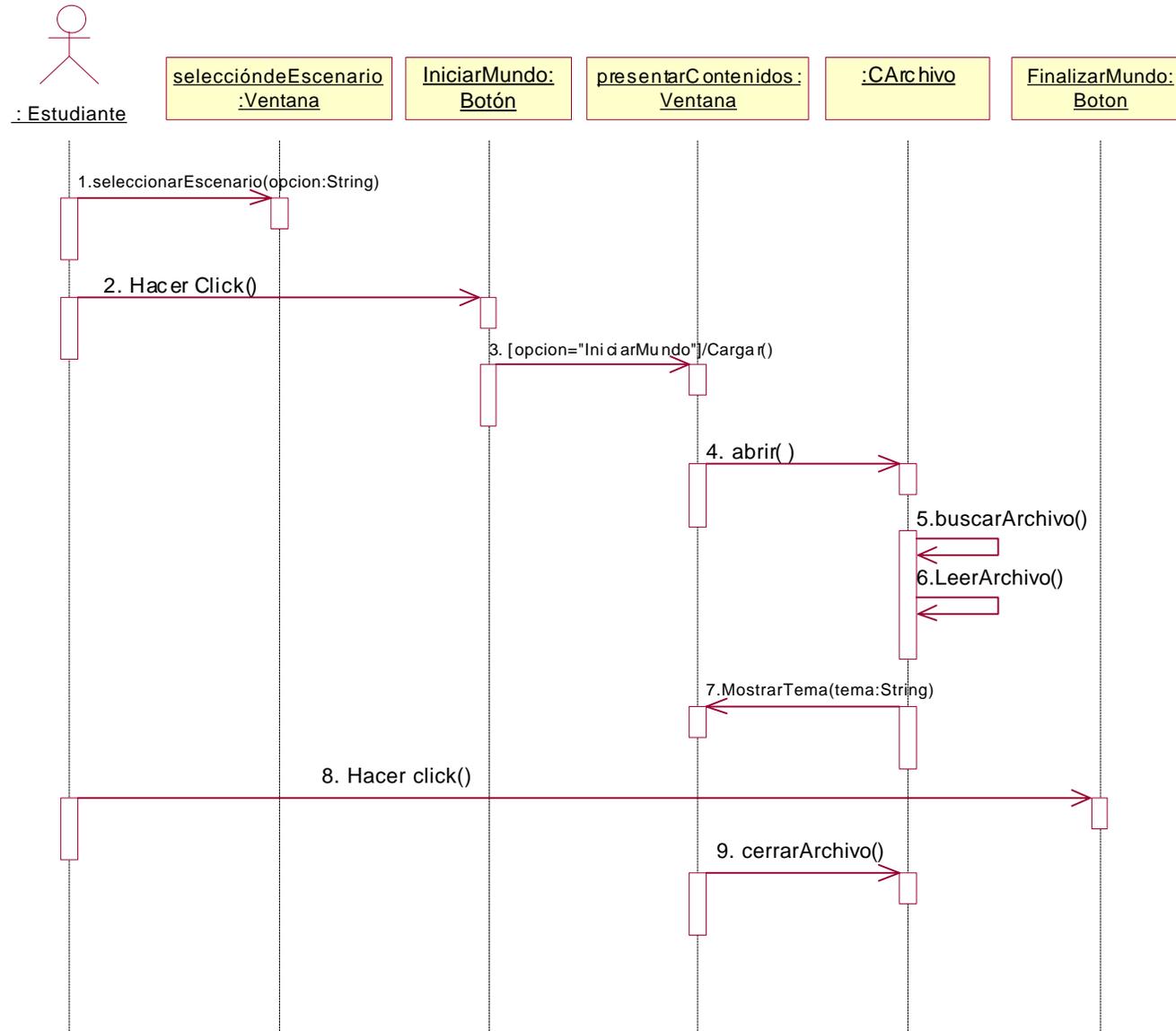


ESCENARIO: Gestionar Contenidos



ESCENARIO: Registrar Material

ESCENARIOS: Iniciar Mundo, Finalizar Mundo



4. 12 RESUMEN

En este capítulo se especificó el diseño del módulo didáctico del MEC. Con el fin de mantener el nivel de motivación en el estudiante se planteó un material didáctico multimedia y con el objetivo de lograr el reto, la fantasía y la curiosidad (tres aspectos fundamentales para lograr el aprendizaje según Piaget) se diseñó un micromundo explorativo.

Cuando se habla de multimedia o hipermedia se refiere al uso de la información en formato de video, animaciones, texto, gráficos, sonidos y voz. Un elemento clave de la hipermedia es el hipertexto, el cual es una tecnología que organiza una base de información en bloques discretos de contenido llamados nodos, conectados a través de una serie de enlaces cuya selección provoca la inmediata recuperación de la información destino. El nodo es la unidad básica del hipertexto y hace referencia a la cantidad de información discreta conteniendo sonidos, imágenes o texto. Un enlace es una conexión entre dos nodos que proporciona una forma de seguir las referencias entre un origen y un destino.

Existen al menos siete estructuras básicas para representar los diversos modelos de hipertexto: Lineal, Ramificada, Concéntrica, Paralela, Jerárquica, reticular y Mixta. La lineal sigue un modelo secuencial de presentación del contenido, la ramificada permite bifurcaciones en la información, la concéntrica organiza una serie de secuencias lineales en torno a un nodo de entrada, la paralela representa una serie de secuencias lineales en las que es posible el desplazamiento entre los nodos de un mismo nivel, la jerárquica constituye un modelo clásico en forma de árbol, la reticular representa estructuras en red y la mixta es la combinación de varias de las estructuras anteriores.

Los Micromundos Explorativos son ambientes de aprendizaje donde alrededor de una historia o script se teje una serie de aventuras y retos que motivan al estudiante a seguir indagando en el material educativo. Los Micromundos Explorativos proporcionan situaciones de aprendizaje por descubrimiento, donde el alumno adquiere los conocimientos y habilidades en la medida que explore los elementos de su micromundo. Un micromundo está sujeto a varios elementos entre ellos los personajes, los objetos, las herramientas, las variables de control y de seguimiento, las ayudas, los retos, los objetivos y metas, el premio y el castigo, etc.

Para determinar las sesiones de retroalimentación, se representó inicialmente el contenido de dichas sesiones en modelos Mentefactos, los cuales ayudan a estructurar, clasificar y jerarquizar el conocimiento. Luego, teniendo en cuenta los estilos cognitivos de cada tipo de alumno, los principios psicológicos sobre percepción y la teoría del color, se plantearon situaciones propicias para incentivar el aprendizaje significativo.

5. ITERACIÓN 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS EXPERTO, Y DE DIAGNOSTICO (MODELO DEL ESTUDIANTE) ETAPA DE CONSTRUCCIÓN II

En el presente capítulo se presentará el diseño e implementación del Sistema Experto requerido por el Módulo Experto y el Tutorial. Por otro lado se realizará el diseño de la primera parte del Módulo de Diagnóstico, ya que éste módulo se complementará en el siguiente capítulo donde se especificará el desarrollo del Sistema Clasificador.

Para el desarrollo y construcción del Sistema Experto se siguen ciertas etapas muy similares al ciclo de vida del software. Según Giarratano¹, en el desarrollo de un Sistema Experto se deben seguir las siguientes etapas básicas:

Análisis de Factibilidad: se especifica el dominio en que el sistema es operado. Se realiza un estudio comparativo para demostrar que el proyecto es factible.

Diseño Conceptual: especificación que describe la forma como el SE realizará dicha tarea. Se establecen tareas de identificación y selección del origen del conocimiento.

Adquisición de Conocimiento: Se adquiere el conocimiento requerido de un experto humano, para ejercer una tarea específica, en este caso un profesor de matemáticas básicas. El objetivo principal de esta etapa es producir y verificar el conocimiento que necesita el sistema.

Diseño del conocimiento: Se realizan tareas como la representación del conocimiento, la estructura de control detallada, la estructura interna de hechos y la interfaz preliminar del usuario.

Proceso de Inferencia: En esta parte se define el tipo de inferencia que empleará el Sistema Experto para poder tomar decisiones e inferir nuevo conocimiento.

Diseño de la interfaz: En esta etapa se diseña la interfaz con el usuario, teniendo en cuenta si se empleará Lenguaje Natural, cuadros de diálogo u otros tipos de interacción hombre-máquina.

¹ GIARRATANO, Op.cit. p, 317.

Validación: en esta parte es importante la vista de los usuarios, opiniones de expertos, y criterio operacional.

Transferencia de tecnología y mantenimiento: la estructura y uso del SE son gradualmente modificados a través del mantenimiento. Se realiza la corrección de errores y el aumento de la capacidad.

Para el desarrollo de estas etapas se seguirá un modelo de procesos incremental en cascada, al igual que el resto del proyecto.

5.1 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Básicamente, el Sistema Experto se desempeñará en dos dominios: la reorientación del alumno en la solución de problemas y procedimientos y la aplicación de estrategias tutoriales en el proceso de enseñanza del estudiante.

El SE debe poseer conocimientos en cuanto al desarrollo y solución de problemas aritméticos simples, que empleen operaciones básicas de suma, resta, multiplicación y división de números Naturales, con el fin de ofrecer refuerzo inmediato al alumno en el momento en que se desvíe del plan para lograr la meta. Para realizar esto se requiere que el SE identifique el plan inicial del alumno para resolver algún problema o procedimiento, detectando su cadena de razonamiento a través de la comunicación de las acciones por parte del estudiante o a través de la inferencia de las estructuras mentales subyacentes, y a partir de esto el SE debe evaluar si el plan del alumno lo llevará a alguna solución satisfactoria, si no es el caso, lo guiará por alguna de las rutas posibles para alcanzar el objetivo esperado.

Por otro lado el SE aplicará una estrategia tutorial en el alumno después de haber detectado sus errores más comunes con el fin de ejercer un proceso de Refuerzo para corregir aquellas conductas indeseables en el alumno, así como fortalecer y afianzar las estructuras mentales ya adquiridas por él.

Un SE es esencial para realizar este tipo de tareas, ya que para la toma de decisiones acerca de la estrategia tutorial a emplear y para la representación de los conocimientos en la solución de problemas y procedimientos, se requeriría un experto, lo cual es imposible si se piensa que en el colegio donde se han realizado los estudios (El Minuto de Dios) por cada 38 alumnos aproximadamente, existe 1 sólo profesor.

5.2 DISEÑO CONCEPTUAL

Para la identificación y selección del origen del conocimiento se seguirán las siguientes tareas:

Tarea	Descripción
Identificación del Origen	Básicamente las fuentes para la adquisición del conocimiento son tres: los profesores de primaria del colegio Minuto de Dios y los textos estudiantiles de Matemáticas de cuarto grado, los lineamientos curriculares de Matemáticas y también se recurrirá a los conocimientos propios sobre el tema.
Importancia del origen	La prioridad que se sigue en cuanto a la importancia del origen es: <ul style="list-style-type: none"> - Lineamientos Curriculares - Profesores de Primaria - Textos de Matemáticas - Conocimientos propios
Disponibilidad del Origen	El orden de disponibilidad de las fuentes de conocimiento es: <ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos Propios - Textos de Matemáticas y Lineamientos Curriculares - Profesores de Matemáticas
Selección del Origen	Principalmente se tendrán en cuenta los lineamientos curriculares los cuales indicarán los contenidos que deben estar en capacidad de aprender los alumnos y la forma en que deben ser enseñados. Se empleará luego los conocimientos de los profesores, que pueden aportar las estrategias pedagógicas y la forma de motivación que emplean, luego se recurrirá a los textos los cuales pueden dar cierta idea de las didácticas empleadas para enseñar los contenidos y por último se emplearán los conocimientos propios para identificar las estrategias personales de solución de problemas y procedimientos.

Tabla 15. Tareas de identificación y selección del origen del conocimiento

El sistema experto desarrollará sus dos tareas principales de la siguiente forma:

- Para la reorientación del alumno, el SE empleará las fases del diagnóstico donde reconstruirá los procesos internos y estados del conocimiento sobre las bases del comportamiento observable y se tendrá una visión interpretativa que ilumine la necesidad pedagógica para entender al estudiante antes de ayudarlo. Para realizar esto el SE empleará un modelo de rastreo (*tracing model*) en donde se seguirá el comportamiento observable del alumno, y a partir de esto se producirán ayudas al alumno, según se necesite. Para modelar las estructuras mentales erróneas el SE se apoyará en una librería de errores, como lo indica el modelo de perturbación del estudiante (modelo en el cual se apoya el desarrollo del módulo de diagnóstico)
- Para la aplicación de las estrategias tutoriales, el SE se apoyará principalmente en el Sistema Clasificador, el cual clasificará al estudiante dentro un estilo cognitivo determinado, dado esto el SE empleará una estrategia tutorial con el fin de reducir las conductas indeseables (malentendidos o equivocaciones) en el alumno, basándose en el modelo de perturbación descrito en el apartado 1.2.3.3.2.2.

5.3 ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

Las tareas que se seguirán para la adquisición, análisis y extracción de conocimiento se describen a continuación:

Tarea	Descripción
Estrategia de Adquisición	<p>Los métodos que se emplearán principalmente para la adquisición del conocimiento son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lectura de los lineamientos curriculares. - Entrevistas con profesores del colegio - Entrevistas y Pruebas de conocimientos a alumnos - Lectura de los textos de matemáticas de 4° de primaria - Estudios realizados por VanLehn² acerca del aprendizaje de las operaciones básicas.
Identificación de los elementos del conocimiento	<p>Los conocimientos específicos del origen que serán útiles son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - lineamientos curriculares: contenidos que deben ver los estudiantes y su nivel de dificultad. - Profesores: las estrategias pedagógicas empleadas y la forma de solucionar problemas y procedimientos. - Textos: estrategias de solución de problemas y procedimientos. - VanLehn: estrategias para el procedimiento correcto de la sustracción.
Sistema de clasificación del conocimiento	<pre> graph TD A[Solución de problemas] --> B[Procedimiento para la Suma] A --> C[Procedimiento para la Resta] A --> D[Proc. para la Multiplicación] A --> E[Proc. para la División] F[Estrategia Tutorial] --> G[Selección de material] F --> H[Errores más comunes cometidos por el alumno] F --> I[Aprendizaje supervisado o no] F --> J[Experiencias concretas vs conceptualización] </pre>
Disposición funcional detallada	<ul style="list-style-type: none"> - El SE debe estar en capacidad de dar consejos al alumno acerca de su proceso para solucionar algoritmos aritméticos. El SE posee en su base de conocimientos la(s) estrategia(s) de solución posibles para un ejercicio determinado, y a medida que el alumno pone en práctica sus conocimientos, el SE intenta identificar cual es su cadena de razonamiento, formando así un conjunto de reglas empleadas por el estudiante, luego las compara con las que el SE posee en su base de conocimientos y determina cuáles son los errores cometidos por el alumno, generando una orientación inmediata pero indirecta, es decir, sin dar la respuesta final. - El SE recibe una caracterización del individuo, determinada por un tipo de alumno según su estilo cognitivo. Después de esto, el SE formula una Estrategia tutorial que será aplicada en el estudiante. Esta estrategia depende de las necesidades de cada estilo cognitivo y se basa en las estrategias tutoriales que se describen en el apartado 6.1.3.2.

Tabla 16. Tareas de adquisición, análisis y extracción del conocimiento

² WENGER, Op.cit. p, 168.

5.4 DISEÑO DEL CONOCIMIENTO

Representación del Conocimiento

El Conocimiento se considera (en el dominio de los Sistemas Expertos) como un artículo que puede ser transferido entre personas y sistemas en vez de una propiedad inherente como lo es la inteligencia. El conocimiento es la Información acerca del mundo la cual permite a un SE tomar decisiones, por tal motivo es tan importante su representación. El conocimiento se puede representar en estructuras, las cuales son utilizadas para almacenar conocimiento y razonar con él. Estas estructuras son muy conocidas, existen por ejemplo los Marcos o *Frames*, los Giones o *Scripts*, las Redes Semánticas, los Árboles Objetivo Y/O, las Reglas de Producción, entre otros.

Inicialmente se empleará la representación por medio de Árboles Y/O, ya que estos ofrecen una forma de representar jerárquicamente el conocimiento y además ayudan a organizar y identificar los objetivos y subobjetivos de un dominio del conocimiento en especial, sin embargo esto se hace con el fin de estructurar de una forma consistente el conocimiento, para así poder luego, llevar esta representación al tipo de reglas de producción.

Para representar de una forma adecuada el conocimiento, se tendrán en cuenta los siguientes componentes:

Dar Nombre: denotar objetos por su nombre.

Describir: Especifica las propiedades importantes que un objeto tiene en la representación del conocimiento.

Relación: es un área donde la representación del conocimiento se oculta en la inferencia.

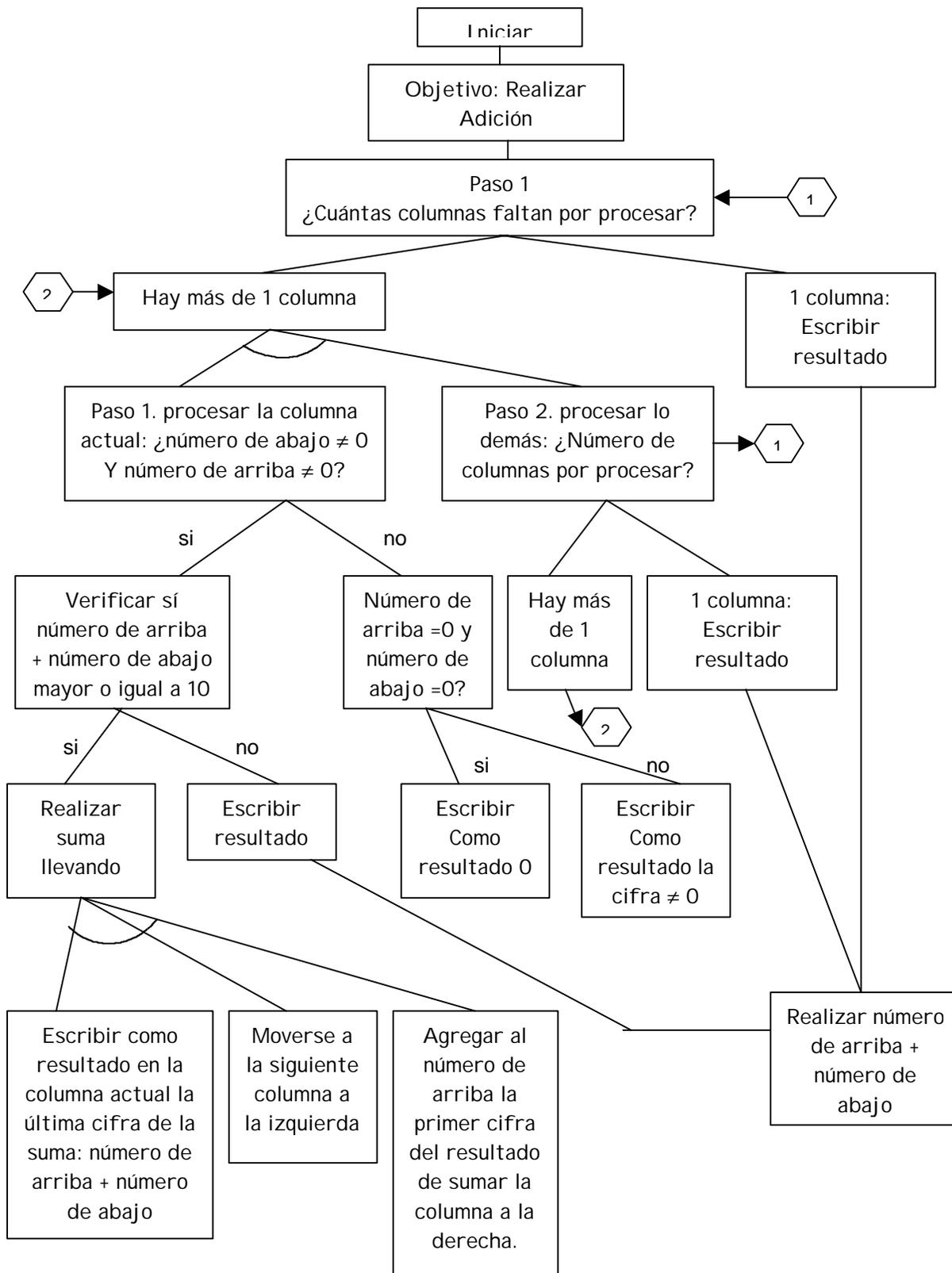
Organización: crea categorías que son generalmente contenidas por los objetos con propiedades similares.

Restricciones: gobiernan las propiedades de los objetos.

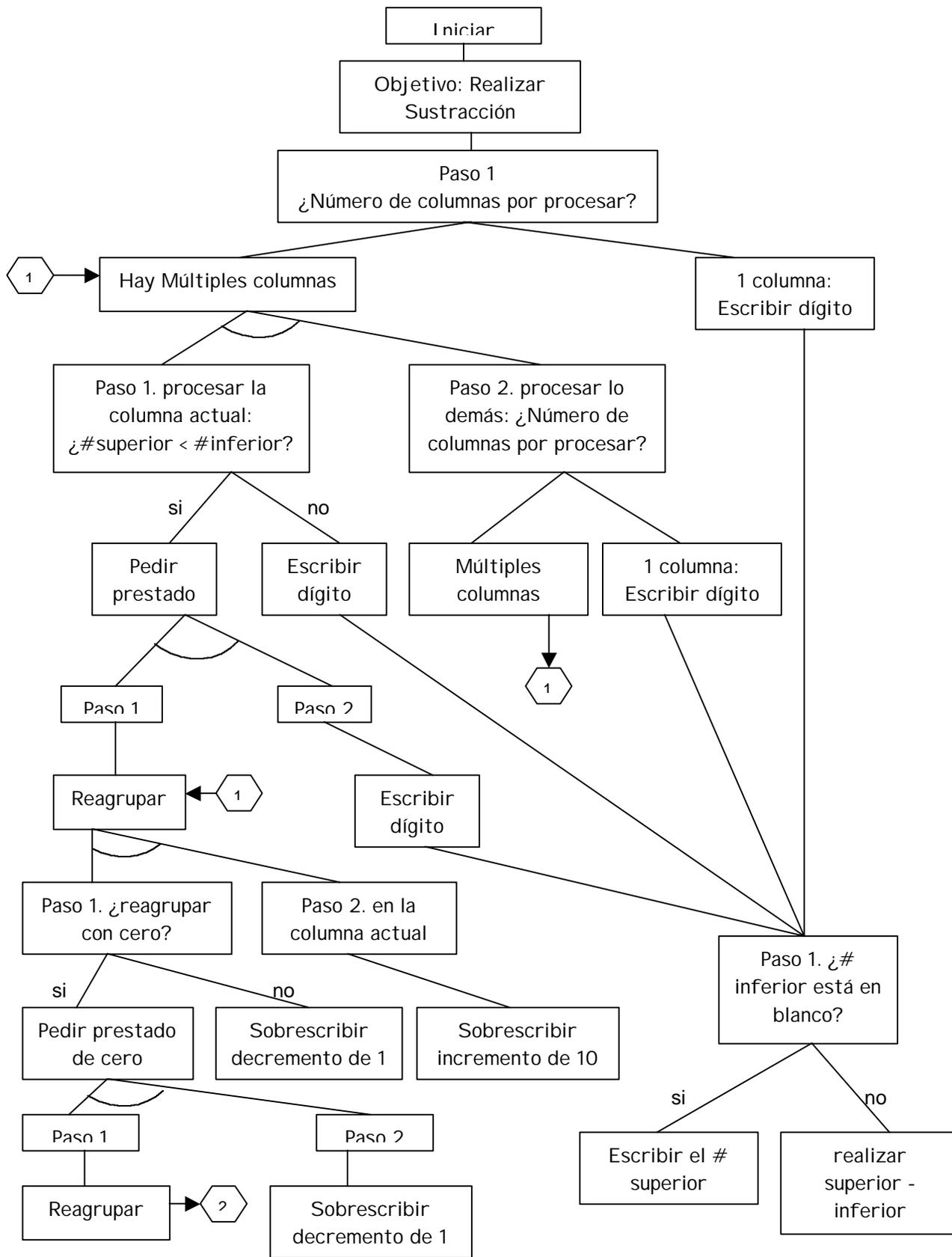
5.4.1 Representación en Árboles Y/O

La Representación en Árboles Y/O ayudan a resolver un problema dividiéndolo en subproblemas más pequeños y resolviéndolos individualmente. Estos árboles poseen nodos y ramas, donde cada nodo representa un subobjetivo del problema y las ramas son conexiones condicionales necesarias para lograr el objetivo. Estas ramas pueden ser del Tipo Y (denotadas con una línea entre sus ramas adyacentes) lo cual significa que para lograrse un objetivo *c*, se requiere que se cumplan un subobjetivo *a* y un subobjetivo *b*, Mientras que las ramas del Tipo O (denotadas con ramas simples sin uniones) representan la disyunción entre los objetivos, es decir, para que se cumpla el objetivo *c* se requiere que se cumpla únicamente uno de los dos subobjetivos que lo anteceden, el *a* ó el *b*.

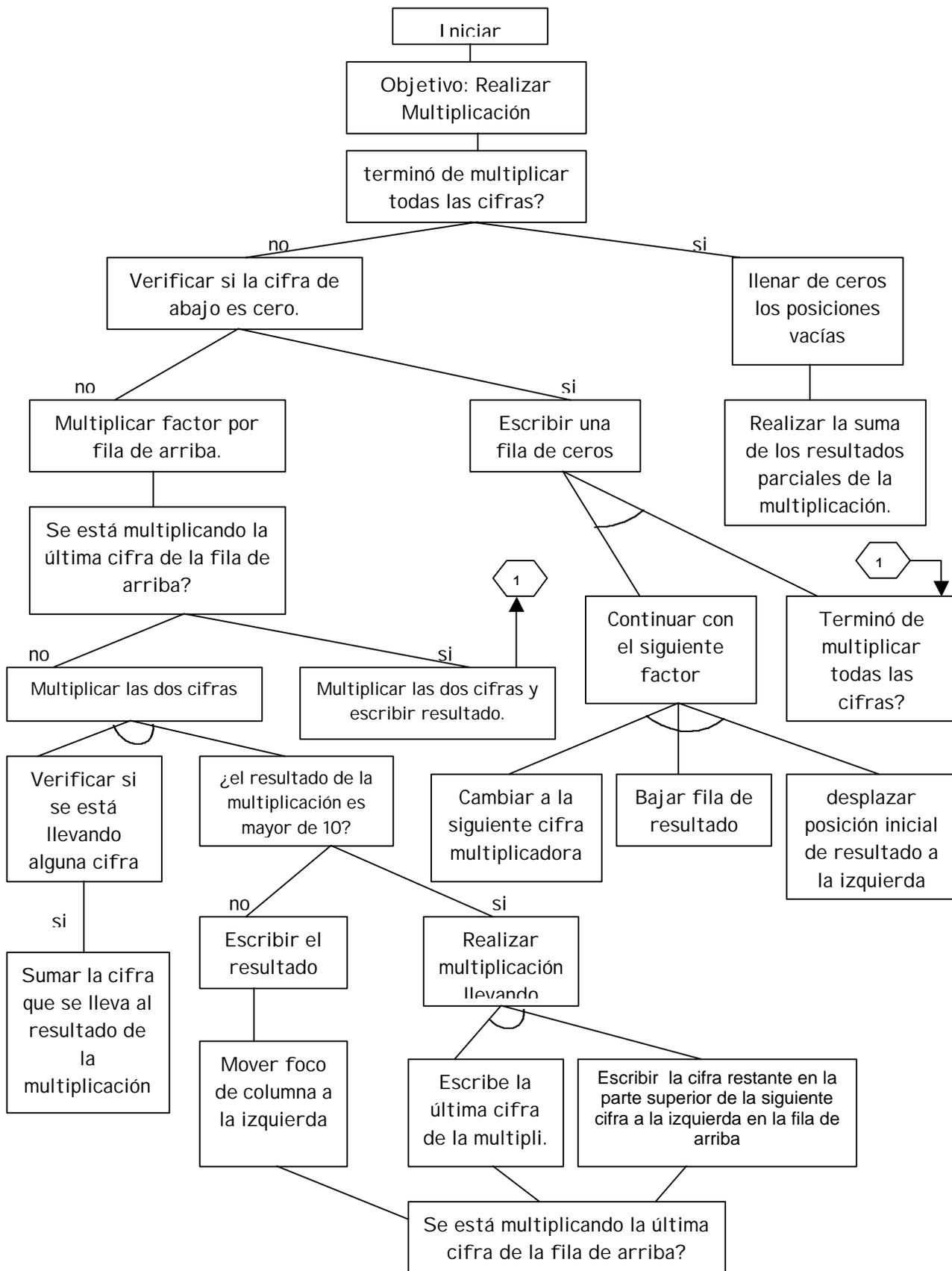
Representación en Árboles Y/O para el algoritmo de la Adición



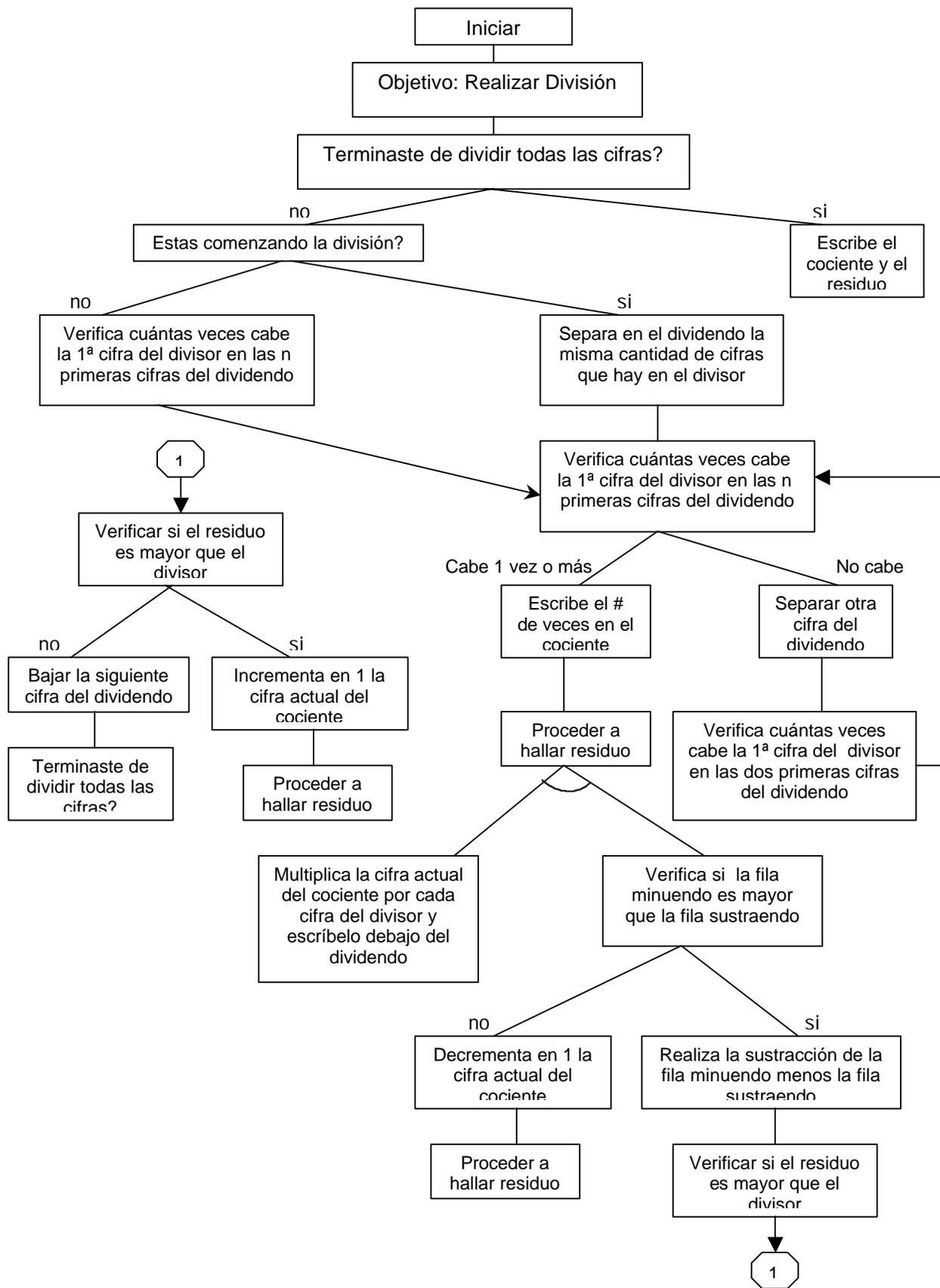
Representación en Árboles Y/O para el algoritmo de la Sustracción



Representación en Árboles Y/O para el algoritmo de la Multiplicación



Representación en Árboles Y/O para el algoritmo de la División



5.4.2 Representación en Reglas de Producción

Estructura Interna de Hechos

Los hechos que recibirá el motor de inferencia son inicialmente dos números de máximo 4 cifras y el tipo de operación a realizar (suma, resta, multiplicación o división). A medida que se realizan inferencias con estos hechos iniciales, se agregan nuevos hechos a la lista. El alumno podrá emplear operadores aritméticos cuya finalidad es ayudarlo a establecer los pasos específicos para realizar el algoritmo de alguna operación básica y además proporcionan nuevos hechos que indican el comportamiento observable del alumno en la solución de procedimientos. Por ejemplo, cuando el alumno hace uso del operador "Decrementar en 1" se genera un hecho "el alumno decrementa en 1 el número de arriba de la columna enfocada."

El uso de los operadores aritméticos es de gran importancia ya que permiten reconstruir el proceso interno que sigue el alumno para desarrollar un algoritmo de suma, resta, multiplicación o división. Luego de identificar esto, se puede generar una librería de errores del alumno y a su vez se puede brindar refuerzo inmediato en caso que el estudiante se esté desviando de alcanzar la solución. En la sección 5.9 se presentan los operadores aritméticos más detalladamente.

Reglas de Producción para el Módulo Experto

A continuación se describen las reglas de producción generadas a partir de los Árboles objetivo Y/O diseñados anteriormente.

* Reglas para la Adición

Regla 1: Si debes realizar la suma llevando una cifra

Entonces

- Debes escribir como resultado de la columna actual la última cifra del resultado de sumar la cifra de arriba más la cifra de abajo.
- Debes moverte a la siguiente cifra a la izquierda.
- Debes sumarle a la cifra de arriba la primer cifra del resultado de sumar la cifra de arriba más la cifra de debajo de la columna a la derecha.

Regla 2: Si debes verificar si la cifra de arriba más la cifra de abajo da como resultado 10 o más

Entonces

- Suma la cifra de arriba más la cifra de abajo
- Revisa si el resultado te da 10, mayor de 10 o menor de 10

Regla 3: Si el resultado te da 10 o mayor de 10

Entonces

Debes realizar la suma llevando una cifra

Regla 4: Si el resultado te da menor de 10

Entonces

Debes escribir el resultado

Regla 5: Si Debes escribir el resultado

Entonces

Realiza la suma de la cifra de arriba más la cifra de abajo

Regla 6: Si Debes procesar la columna actual

Entonces

Verifica si la cifra de arriba y la de abajo son cero

Regla 7: Si la cifra de arriba y la cifra de abajo son diferentes de cero

Entonces

debes verificar si la cifra de arriba más la cifra de abajo da como resultado 10 o más

Regla 8: Si la cifra de arriba es igual a cero

Entonces

Verificar si la cifra de abajo es cero.

Regla 9: Si al verificar, la cifra de arriba y la cifra de abajo son ceros

Entonces

Escribe como resultado de la columna actual 0

Regla 10: Si al verificar, la cifra de arriba y la cifra de abajo no son ceros al mismo tiempo

Entonces

Escribe como resultado la cifra diferente de cero.

Regla 11: Si Debes procesar las demás columnas

Entonces

verifica cuántas columnas faltan por procesar

Regla 12: Si solo hay una columna por procesar

Entonces

Escribe el resultado

Regla 13: Si Falta más de una columna por procesar

Entonces

- Debes procesar la columna actual
- Debes procesar las demás columnas

Regla 14: Si Debes verificar cuántas columnas faltan por procesar

Entonces

Cuenta el número de columnas a la izquierda sin contar la columna actual de proceso.

Regla 15: Si el objetivo es realizar una adición

Entonces

Debes verificar cuántas columnas faltan por procesar

* Reglas para la Sustracción

Regla 1: Si debes pedir prestado al siguiente vecino a la izquierda

Entonces

Realizar paso 1: debes reagrupar el número de la posición actual con el número a la izquierda.

Realizar Paso 2: debes decrementar en 1 el número de arriba de la columna enfocada.

(Operador Decrementar 1)

Regla 2: Si el número a la izquierda con el que vas a reagrupar es cero

Entonces

Debes pedir prestado al siguiente vecino a la izquierda

Regla 3: Si el número a la izquierda con el que vas a reagrupar no es cero

Entonces

Debes decrementar en 1 el número de arriba de la columna enfocada. *(Operador*

Decrementar 1)

Regla 4: Si debes reagrupar el número de la posición actual con el número a la izquierda.

Entonces

Realizar Paso 1: verificar si el número a la izquierda que vas a reagrupar es cero

(Operador Mover a la Izquierda)

Realizar Paso 2: debes incrementar en 10 el número de la derecha a la columna

enfocada *(Operador Mover Derecha y Operador Prestar 10)*

Regla 5: Si requieres pedir prestado al número siguiente de la izquierda

Entonces

Realizar paso 1: debes reagrupar el número de la posición actual con el número a la izquierda.

Realizar paso 2: debes realizar la resta de la columna en proceso

Regla 6: Si el número de arriba es menor que el número de abajo

Entonces

requieres pedir prestado al número siguiente de la izquierda

Regla 7: Si el número de arriba es mayor o igual que el número de abajo

Entonces

debes realizar la resta de la columna en proceso

Regla 8: Si aún te faltan múltiples columnas por procesar

Entonces

Realizar paso 1: tienes que verificar si el número de arriba es menor que el número de abajo

Realizar paso 2: debes procesar el resto de columnas *(Operador Cambiar de Columna)*

Regla 9: Si tienes que verificar si el número de arriba es menor que el número de abajo

Entonces

Debes realizar número de arriba < número de abajo = ?

Regla 10: Si debes procesar el resto de columnas Y

el número de columnas por procesar es mayor a 0

Entonces

Aún te faltan múltiples columnas por procesar

Regla 11: Si debes procesar el resto de columnas Y

el número de columnas por procesar es igual a 0

Entonces

debes realizar la resta de la columna en proceso

Regla 12: Si debes verificar el número de columnas que hay

Entonces

Debes contar cuantas columnas tiene el minuendo

Regla 13: Si la siguiente columna a la izquierda es diferente de cero

Entonces

aún te faltan múltiples columnas por procesar

Regla 14: Si la siguiente columna a la izquierda es cero o no existe

Entonces

debes realizar la resta de la columna en proceso

Regla 15: Si debes realizar la resta de la columna en proceso

Entonces

debes verificar si el número de abajo está en blanco o es cero

Regla 16: Si al verificar el número de abajo está en blanco o es cero

Entonces

Debes escribir el número de arriba como resultado (*Operador Bajar Número*)

Regla 17: Si al verificar el número de abajo no está en blanco o no es cero

Entonces

debes encontrar la diferencia entre el número de arriba - número de abajo y escribir el resultado en la parte de abajo (*Operador Hallar Diferencia*)

Regla 18: Si vas a realizar una sustracción o resta

Entonces

debes verificar el número de columnas que hay

Regla 19: Si verificar si el número a la izquierda que vas a reagrupar es cero

Entonces

debes emplear el operador mover a la izquierda Y

verificar si el número de la columna enfocada es cero.

* Reglas para la Multiplicación

Regla 1: Si Debes realizar la multiplicación llevando una cifra

Entonces

- Escribe la última cifra del resultado de multiplicar el factor con la cifra n de arriba
- Escribe la cifra restante en la parte superior de la siguiente cifra a la izquierda en la fila de arriba.
- Verifica si se está multiplicando la última cifra de la fila de arriba.

Regla 2: Si al verificar el resultado de la multiplicación éste es mayor o igual de 10

Entonces

Debes realizar la multiplicación llevando

Regla 3: Si al verificar el resultado de la multiplicación éste es menor de 10

Entonces

Debes escribir el resultado de la multiplicación del factor con la cifra n

Regla 4: Si Debes escribir el resultado de la multiplicación del factor con la cifra n

Entonces

- Debes mover foco de la columna a la izquierda
- Verifica si se está multiplicando la última cifra de la fila de arriba

Regla 5: Si debes multiplicar el factor con la cifra n

Entonces

- Debes Verificar si la cifra n está llevando algún número
- Debes verificar si el resultado de la multiplicación es mayor o igual a 10

Regla 6: Si la cifra n está llevando algún número

Entonces

Debes sumar la cifra que lleva al resultado de la multiplicación del factor con la cifra n

Regla 7: Si estás multiplicando la última cifra de la fila de arriba

Entonces

- Debes multiplicar el factor con la cifra de arriba n y escribir el resultado
- Debes Verificar si terminaste de multiplicar todas las cifras

Regla 8: Si no estás multiplicando la última cifra de la fila de arriba

Entonces

Debes multiplicar el factor con la cifra de arriba n

Regla 9: Si Debes multiplicar el factor por toda la fila de arriba

Entonces

Debes verificar si estás multiplicando la última cifra de la fila de arriba

Regla 10: Si Debes continuar con el siguiente factor

Entonces

- Debes cambiar a la cifra multiplicadora

- Debes bajar a la siguiente fila del resultado
- Debes desplazar la posición inicial de resultado a la izquierda

Regla 11: Si Debes escribir una fila de ceros

Entonces

- debes continuar con e siguiente factor
- debes verificar si terminaste de multiplicar todas las cifras

Regla 12: Si al verificar la cifra de abajo es cero

Entonces

debes escribir una fila de cero

Regla 13: Si al verificar la cifra de abajo no es cero

Entonces

Debes multiplicar el factor por toda la fila de arriba

Regla 14: Si no has terminado de multiplicar todas las cifras

Entonces

Debes verificar si la cifra de abajo es cero

Regla 15: Si ya llenaste de ceros las posiciones vacías

Entonces

debes realizar la suma de los resultados parciales de la multiplicación

Regla 16: Si terminaste de multiplicar todas las cifras

Entonces

Debes llenar de ceros las posiciones vacías

Regla 17: Si el objetivo es realizar una multiplicación

Entonces

Debes verificar si aún te faltan columnas por multiplicar

* Reglas para la División

Regla 1: Si el objetivo es realizar una división

Entonces

Verifica si ya terminaste de dividir todas las cifras

Regla 2: Si ya terminaste de dividir todas las cifras

Entonces

Escribe el cociente y el residuo.

Regla 3: Si no has terminado de dividir todas las cifras Y

Estas comenzando a hacer la división

Entonces

Debes separar en el dividendo la misma cantidad de cifras que hay en el divisor.

Regla 4: Si no has terminado de dividir todas las cifras Y

No estas comenzando a hacer la división

Entonces

Debes verificar cuántas veces cabe la 1ª cifra del divisor en las n primeras cifras del dividendo.

Regla 5: Si Debes separar en el dividendo la misma cantidad de cifras que hay en el divisor.

Entonces

Debes verificar cuántas veces cabe la 1ª cifra del divisor en las n primeras cifras del dividendo.

Regla 6: Si al verificar cuántas veces cabe la 1ª cifra del divisor en las n primeras cifras del dividendo te das cuenta que no cabe ni una vez

Entonces

- Debes separar otra cifra en el dividendo Y
- Debes verificar cuántas veces cabe la 1ª cifra del divisor en las n primeras cifras del dividendo. (donde $n = 2$).

Regla 7: Si al verificar cuántas veces cabe la 1ª cifra del divisor en las n primeras cifras del dividendo te das cuenta que cabe una vez o más

Entonces

- Debes escribir el número de veces que cabe en el cociente Y
- Debes proceder a hallar el residuo

Regla 8: Si Debes proceder a hallar el residuo

Entonces

- Multiplica la cifra actual del cociente por cada cifra del divisor y escríbelo debajo del dividendo. Y
- Debes Verificar si la fila minuendo es mayor que la fila sustraendo

Regla 9: Si al verificar si la fila minuendo es mayor que la fila sustraendo te das cuenta que si

Entonces

- Realiza la sustracción de la fila minuendo menos la fila sustraendo Y
- Debes verificar si el residuo es mayor que el divisor

Regla 10: Si al verificar si la fila minuendo es mayor que la fila sustraendo te das cuenta que no

Entonces

- Decrementa en 1 la cifra actual del cociente
- Proceder a hallar residuo

Regla 11: Si el residuo es mayor que el divisor

Entonces

- Incrementa en 1 la cifra actual del cociente
- Proceder a hallar residuo

Regla 12: Si el residuo no es mayor que el divisor

Entonces

- Debes bajar la siguiente cifra del dividendo
- Debes verificar si terminaste de dividir todas las cifras

5.5 PROCESO DE INFERENCIA

El proceso de inferencia es una técnica normal que utilizan los sistemas expertos para resolver problemas cuando no existe una solución algorítmica o cuando ésta es inadecuada y el razonamiento ofrece la única posibilidad de obtener una solución.

Actualmente existen muchos métodos variados para realizar el Proceso de Inferencia como los árboles de decisión, los estados y espacios del problema, la analogía, las reglas de inferencia, la lógica de predicados, y la proposicional, el encadenamiento hacia adelante y hacia atrás, entre otros. Para el desarrollo del presente Sistema Experto, se emplearán las Reglas de Inferencia, las cuales se apoyan en la lógica proposicional, utilizando para esto reglas como *modus ponens*, *modus tollens*, *regla de la cadena*, entre otras. La Inferencia se realizará de la forma como lo describe Giarratano³:

Si hay energía eléctrica, la computadora trabajará

Hay energía Eléctrica

∴ La Computadora trabajará

Este argumento puede expresarse de manera formal utilizando letras para representar las proposiciones así:

A = Hay energía eléctrica

B = La computadora trabajará

De modo que el argumento puede escribirse como

$A \rightarrow B$

A

∴ B

El modus ponens es importante porque forma la base de los Sistemas Expertos basados en reglas. La proposición compuesta $A \rightarrow B$ corresponde a la regla y la A corresponde al patrón que debe

³ GIARRATANO. Op.cit , p. 114.

marcar el antecedente de la regla que habrá de satisfacerse. Las reglas de inferencia pueden aplicarse a argumentos con más de dos premisas, creando una cadena silogística la cual cumple los mismos principios del modus ponens y modus tollens.

5.6 MODELO DEL ESTUDIANTE (STUDENT MODELING)

Como se mencionó en el Análisis, se realizará un Modelo de Perturbación del estudiante como el descrito en el apartado 1.2.3.3.2.2. Este modelo del estudiante representará básicamente tres aspectos: lo que el alumno ha aprendido correctamente, lo que ha aprendido incorrectamente o no sabe (misconceptions y missing conceptions) y el estilo cognitivo que posee. Para los dos primeros aspectos se empleará una representación en reglas de producción (reglas buenas y reglas malas detectadas en la librería de errores), en donde se estructura un modelo que intenta reconstruir el proceso de raciocinio del alumno. El tercer aspecto es una matriz de características individuales percibidas en el comportamiento del estudiante por medio de las cuales se obtendrá un estilo cognitivo.

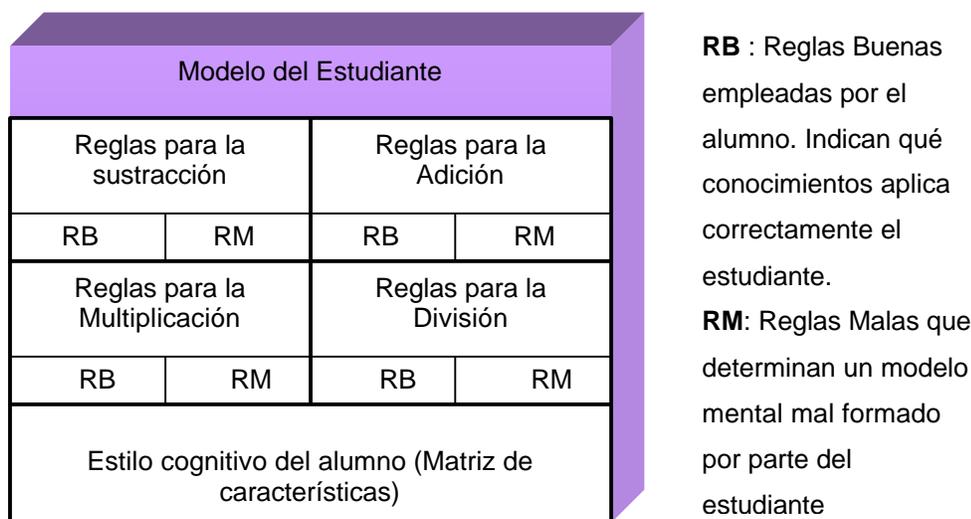


Figura 19. Estructura de representación del Modelo del Estudiante.

Estructura de Errores en el aprendizaje de la Adición

Las situaciones problemáticas analizadas para la adición son:

- La adición de dos números donde en alguna columna del primer sumando posee un cero, p,e: $708 + 325$.
- La adición de dos cifras cuyo resultado es mayor a la decena y se requiere "llevar" una cifra a la siguiente columna, p,e: $148 + 567$, donde $8 + 7 = 15$, se escribe 1 y se lleva 5.
- La adición del número 9 más un número mayor o igual a 1 en una columna, p,e: $259 + 108$

Estructura de Errores en el aprendizaje de la Sustracción

En el aprendizaje de la sustracción se identificaron 6 situaciones problemáticas de las cuales se derivan otras. Estas situaciones primarias son:

- La sustracción de dos números donde en alguna columna la cifra del minuendo es igual a la cifra del sustraendo. P, ejem: $148 - 28$.
- La sustracción de dos números donde en alguna columna la cifra del minuendo es menor a la cifra del sustraendo y el número que presta es diferente de cero. P, ejem: $321 - 17$.
- La sustracción de dos números donde en alguna columna la cifra del minuendo es igual a cero y la cifra del sustraendo es mayor. P, ejem: $530 - 128$.
- La sustracción de dos números donde en alguna columna la cifra del minuendo es menor a la cifra del sustraendo y el número que presta es igual a cero. P, ejem: $602 - 325$.
- La sustracción de dos números donde en alguna columna la cifra del minuendo es menor a la cifra del sustraendo y tiene que pedir prestado sucesivamente a ceros. P, ejem: $1003 - 728$.
- La sustracción de dos números donde en alguna columna la cifra del minuendo es mayor a la cifra del sustraendo. P, ejem: $348 - 123$.

Las situaciones derivadas surgen de la combinación de estas situaciones primarias.

Estructura de Errores en el aprendizaje de la Multiplicación

Las situaciones problemáticas analizadas para la multiplicación son:

- la multiplicación de una cifra diferente de cero con una igual a cero: 20×18
- la multiplicación de dos cifras iguales a cero: 20×10
- La multiplicación de dos cifras cuyo resultado es mayor o igual a 10: 23×4

Estructura de Errores en el aprendizaje de la División

Las situaciones problemáticas analizadas para la división son:

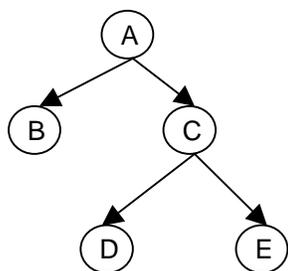
- cuando la primer cifra del divisor es mayor que la primer cifra del dividendo, es decir, cuando se tiene que separar otra cifra en el dividendo: $10131 \div 307$
- cuando la primer cifra del dividendo es igual a la primer cifra del divisor: $750 \div 75$
- cuando existe un residuo igual a 0 y la siguiente cifra que se baja también es 0. por ejemplo: $3075 \overline{)3} = 3'075 \overline{)3} = 30'75 \overline{)3}$

$$\begin{array}{r} 0 \quad 1 \quad 00 \quad 1 \end{array}$$
- cuando se calcula el número de veces que cabe el divisor en el dividendo y éste número de veces se pasa, p,e: $365 \overline{)132} = 365 \overline{)132}$, el alumno se estanca al llegar a este

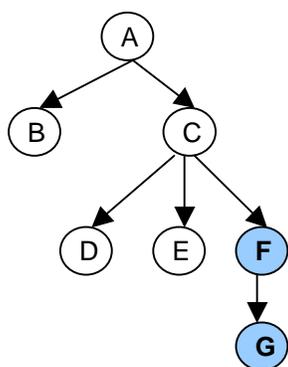
punto.

5.7 GENERACIÓN DE LA LIBRERÍA DE ERRORES

Como se mencionó en la especificación funcional del MEC (Análisis Capítulo 2) se desarrollará una librería de errores en forma generativa, es decir, no se emplearán catálogos predefinidos de los posibles errores procedimentales y de las estructuras mentales mal definidas para el dominio del conocimiento del alumno, sino que se emplearán técnicas que generen en tiempo de ejecución e interacción con el estudiante, los posibles errores y malentendidos presentes en el niño, formando así el modelo del estudiante. Para tal objetivo se propone emplear una estructura de árbol de aprendizaje⁴, en la cual se representarán los posibles errores que comete el alumno. En caso que el error no se encuentre en alguna ramificación del árbol, entonces se crea una nueva rama que clasifica el error detectado. Por ejemplo:



Árbol Inicial



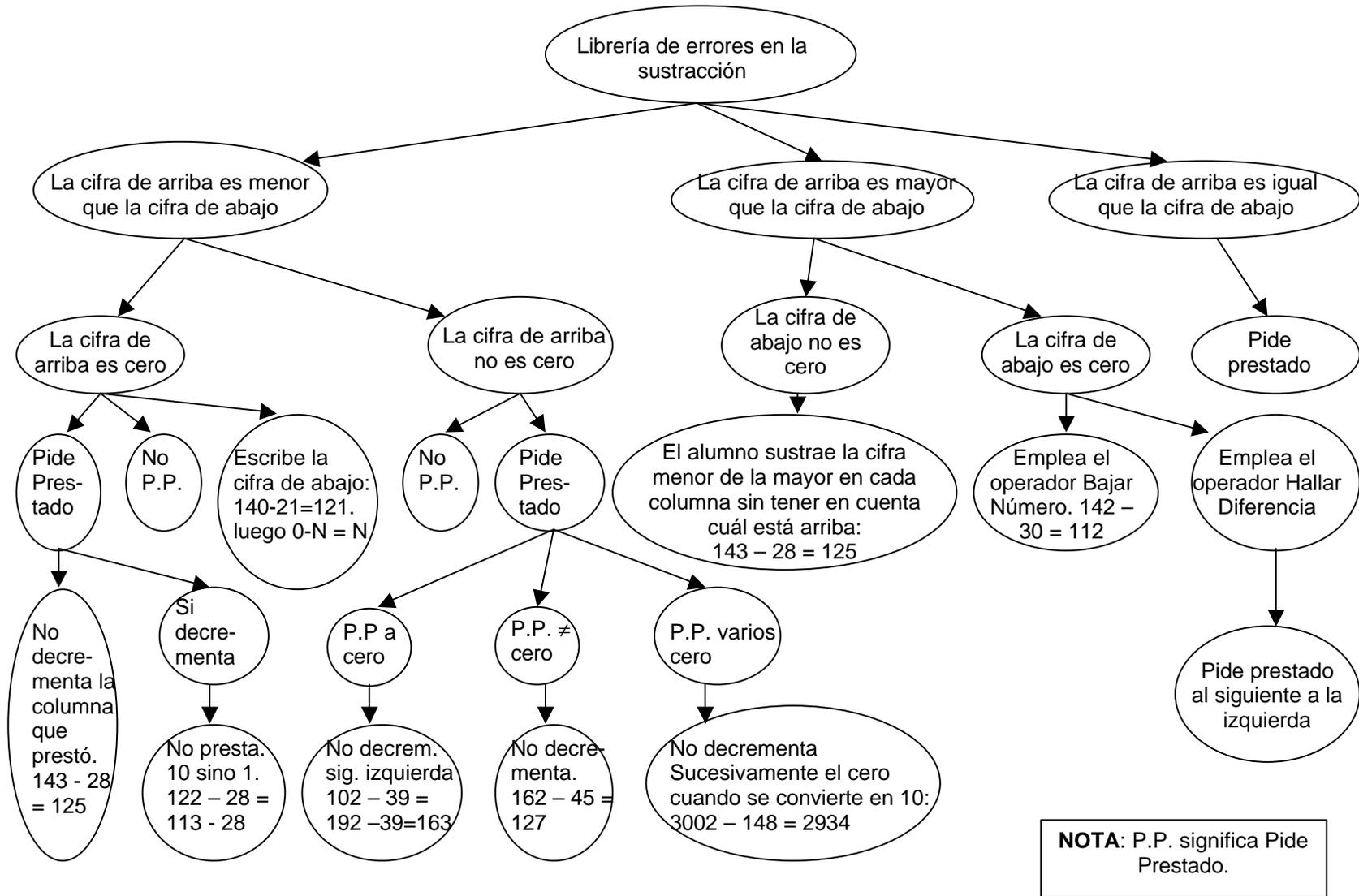
Árbol con nuevo conocimiento

Suponiendo que se tiene el árbol a la izquierda de clasificación de animales muy simple. El nodo A representa los vertebrados, el nodo B los reptiles y el C los mamíferos. Los nodos D y E representan mamíferos acuáticos y terrestres respectivamente. Si se desea clasificar el animal "Murciélago", primero es necesario hacerse la pregunta ¿Es vertebrado? (Del nodo A), como sí lo es, luego se pregunta ¿Es un reptil o un mamífero? (Nodos B y C), y la respuesta es un mamífero, por último se pregunta ¿es acuático o terrestre? (Nodos D y E) Como no es ninguno de los dos, es necesario entonces agregar nuevo conocimiento al árbol, insertando dos nuevos nodos llamados F y G. El nodo F representa la especialización de los mamíferos en mamíferos que vuelan. El Nodo G (el Murciélago) representa una instancia del nodo F. Este nodo G es un nodo hoja, es decir, que es parte final de un camino a través de una rama y representa una meta u objetivo. El árbol que ha aprendido nuevo conocimiento se encuentra en la parte izquierda.

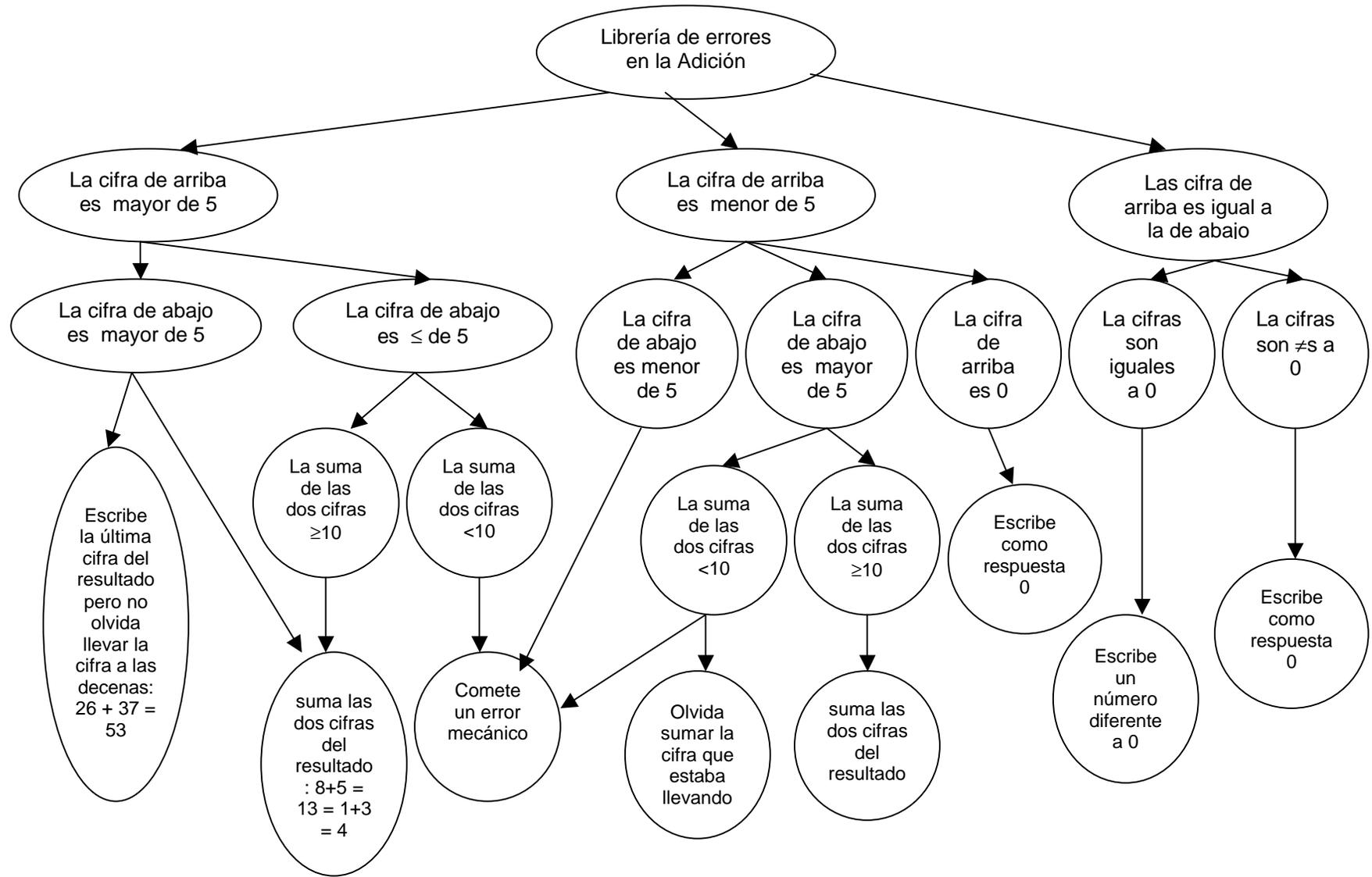
Siguiendo el mismo tratamiento, se diseñarán árboles preliminares ó básicos de clasificación de errores (estructurados según los errores detectados en los estudiantes del grupo piloto), los cuales a medida que los alumnos empleen el MEC ampliarán su conocimiento acerca del tipo de error cometido por el alumno, para así poder generar un modelo personalizado del alumno. El Árbol de Aprendizaje será luego llevado a una representación en reglas de producción, con el fin de aprovechar los beneficios de los sistemas de producción mencionados anteriormente.

⁴ GIARRATANO, Op.Cit. p, 516..

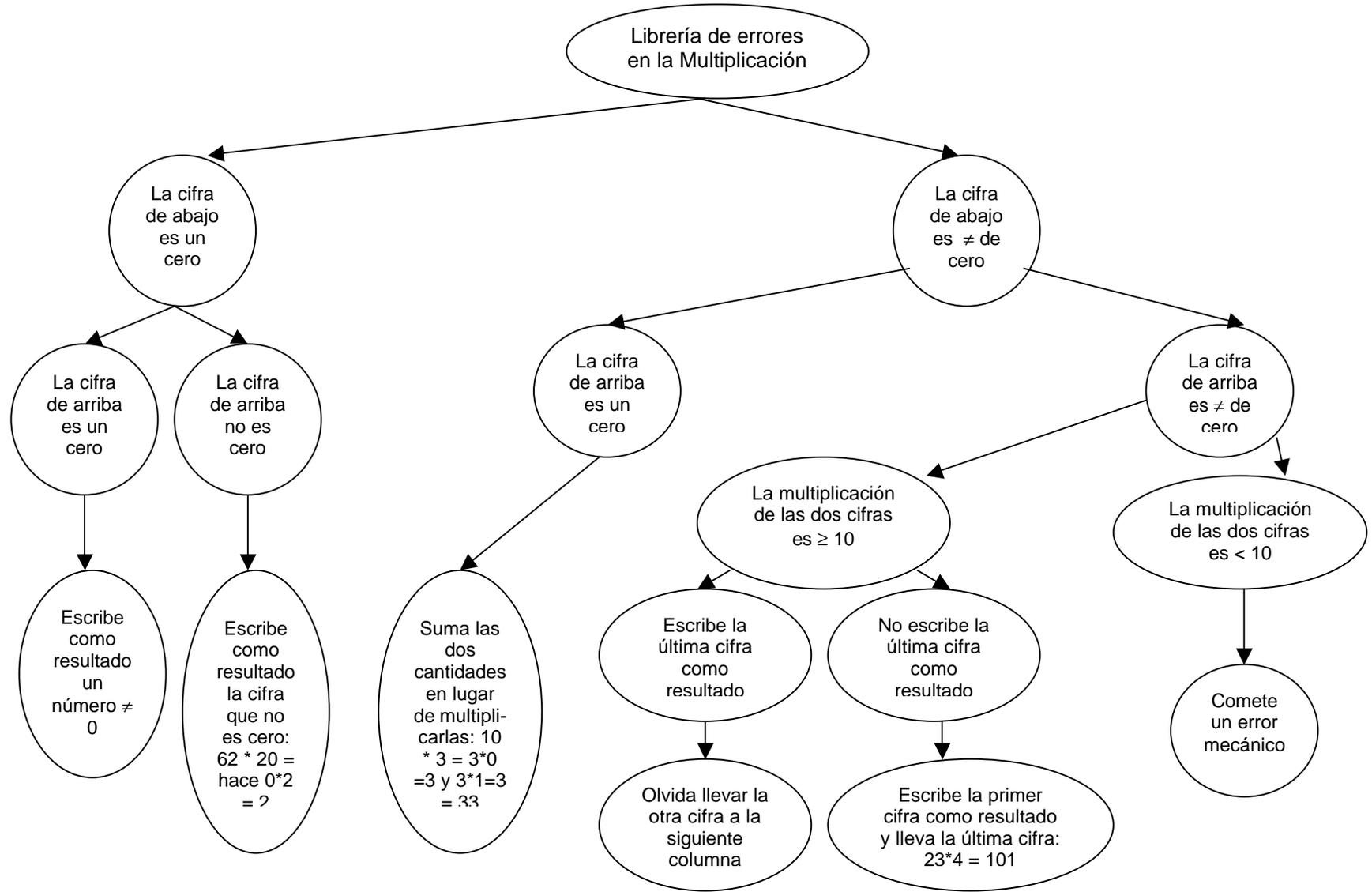
Árbol Inicial (Sin Aprender) de la Librería de Errores en la Sustracción



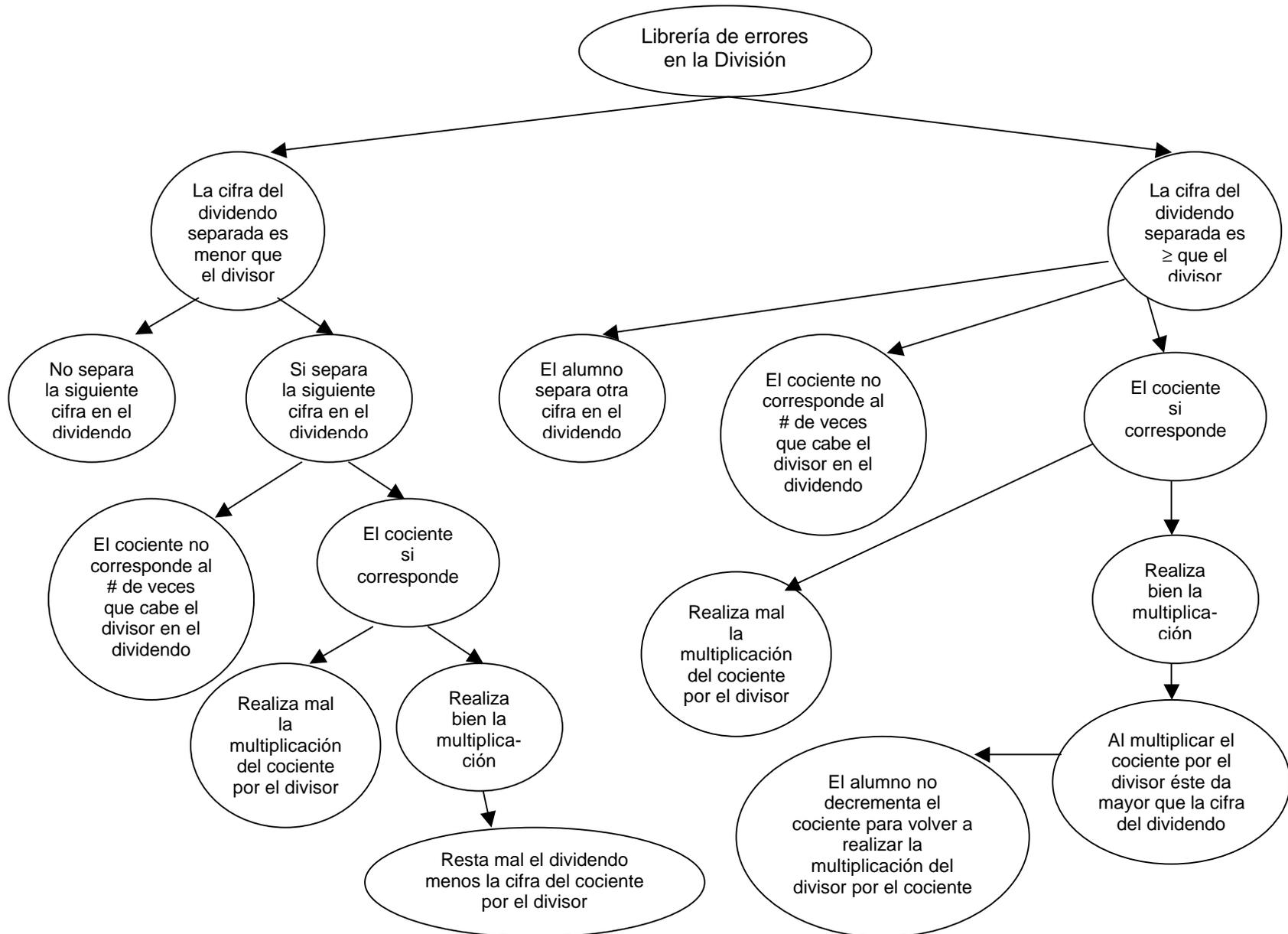
Árbol Inicial (Sin Aprender) para la Librería de Errores en la Adición



Árbol Inicial (Sin Aprender) para la Librería de Errores en la Multiplicación



Árbol Inicial (Sin Aprender) para la Librería de Errores en la División



5.8 TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE EN EL MÓDULO EXPERTO Ó TUTOR

El desarrollo de los sistemas basados en conocimiento ha impulsado la instrumentación de mecanismos para el tratamiento de la incertidumbre. Algunos de los más difundidos entre ellos son las funciones de credibilidad de Dempster y Shafer, el modelo MYCIN y el modelo de Bayes. En el presente trabajo se emplea un novedoso mecanismo de corte intuitivo para el tratamiento de la incertidumbre en Sistemas Tutores Inteligentes.

Dentro de los procesos de inferencia que realiza un STI para procesar e interpretar la información, existen algunos donde es necesario realizar inferencias incompletas. Estas son inferencias donde las reglas aplicadas no tienen un grado de veracidad total y/o las premisas de que se parten no se saben absolutamente si son ciertas. Tal es el caso en que el módulo experto de un STI no dispone de un método único para la solución de una determinada tarea y tiene que acudir a heurísticas específicas para escoger el procedimiento de solución a aplicar. Otra fuente de incertidumbre la constituyen las respuestas incompletas u omitidas del estudiante, para las que se podría crear un método que intente completar la información que se supone debió dar el estudiante. El presente modelo se va a concentrar en una tercera fuente de incertidumbre, presente además en la mayoría de los sistemas de este tipo: la detección de errores.

Todo STI basado en reglas posee de una forma u otra un experto en el objeto de estudio. Esto no es más que un conjunto de reglas y hechos que expresan la materia que se quiere impartir. En lo fundamental, el trabajo del sistema consiste en comprobar, a través de interrogaciones, si el estudiante domina este conocimiento. A partir que el estudiante da una respuesta a una pregunta del sistema, debe ser activado un módulo que determine en primera instancia si la respuesta es correcta o no. Un paso hacia niveles más altos lo constituye la posibilidad, en caso de error, de determinar cuál de las reglas o hechos que posee el experto fue violada por el estudiante para llegar a su respuesta. Esta tarea adquiere mayor complejidad cuando, para resolver una tarea, el estudiante debe aplicar una secuencia de reglas y hechos. El refinamiento de la detección permite al sistema aplicar mecanismos de repaso al problema concreto sin necesidad de perseguir la fuente de error mediante preguntas sucesivas que resultan de dividir la tarea en subtarear elementales.

Para lograr este objetivo se hace necesario que el STI sea capaz de simular la forma de trabajo del estudiante en la resolución de una tarea completa. La instrumentación de esta modelación es lo que se llamó anteriormente como Modelo del Estudiante. Una descripción formal de este modelo podría ser la siguiente:

Sea $\mathbf{B} = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ el conjunto de reglas buenas. Estas son las reglas que conforman el conocimiento experto y constituyen el objeto de estudio.

Sea $\mathbf{M} := \{r_{m+1}, r_{m+2}, \dots, r_n\}$ el conjunto de reglas malas. Estas reglas representan errores que se cometen en la aplicación de reglas buenas y que son consideradas de común aparición por expertos humanos en la materia. En general se constituyen por cambio, omisión o adición de algún método en las buenas reglas. Se define $\mathbf{R} = \mathbf{B} \cup \mathbf{M}$. Como el conjunto de todas las reglas del sistema relacionadas con el objeto de estudio. Una configuración es un k -uplo ordenado $\langle r_1^i, \dots, r_k^i \rangle$, con $r_j^i \in \mathbf{R}$, $j = 1 \dots k$. Sea T una tarea y $C = \langle r_1^i, \dots, r_k^i \rangle$ una configuración, $C(T)$ representa el resultado de la aplicación sucesiva de las reglas r_j^i , $j = 1 \dots k$, a la tarea T , si esto es posible. Una configuración C se llama ideal para una tarea T , si todas las reglas de C pertenecen a \mathbf{B} y $C(T)$ es la respuesta correcta a la tarea T .

T : restar $102 - 39$.

r_1 : verificar número de arriba < número de abajo (2, 9)

r_2 : pedir prestado al siguiente a la izquierda (0)

r_3 : si el número que presta es igual a cero volver a pedir prestado

r_4 : decrementar en 1 la cifra que prestó (1)

r_5 : agregar 10 al 0 que pidió prestado

r_6 : decrementar en 1 la cifra que quedó convertida en 10

r_7 : agregar 10 a la cifra que pidió prestado (2)

r_8 : sustraer número de arriba menos número de abajo (12, 9) ; (9,3)

$C_i = \langle r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6, r_7, r_8, r_8 \rangle$

Figura 20. Ejemplo de tarea y configuración ideal.

Sea T una tarea concreta y C_i una configuración ideal para T . Sea R la respuesta dada por el estudiante a la tarea T . Si R y $C_i(T)$ no son equivalentes (R no es una respuesta correcta), entonces se hace necesario activar el modelo del estudiante. Éste quedará compuesto por el conjunto $C = \{C_i \mid C_i(T) = R\}$. Si $R \neq \phi$, entonces existe al menos un camino por el cual el sistema pudo obtener la misma respuesta que el estudiante. La fuente de incertidumbre es este modelo viene dada por el caso $|C| > 1$, es decir, cuando el modelo genera más de un camino que lleva a la respuesta del estudiante. Si se toma en cuenta que el objetivo del modelo es detectar en qué paso específico el estudiante cometió el error, sin necesidad de ir comprobando cada uno de ellos, se hace claro que es necesario que el sistema dé como respuesta a lo sumo una configuración. Por lo tanto es importante crear algún mecanismo que en caso de dualidad decida la configuración a elegir.

Dentro de la teoría aplicada al tratamiento de la incertidumbre se destacan las llamadas normas triangulares⁵, que pueden ser definidas de la siguiente forma:

⁵ LORET DE MOLA, Gustavo. Métodos cuantitativos para el procesamiento de la incertidumbre, Monografía: Consideraciones sobre la construcción de entrenadores basados en Sistemas Expertos, U.Habana, 1989.

Definición: $*$: $[0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ es norma triangular si $a, b, c \in [0,1]$ se cumple:

- i) $a * b = b * a$
- ii) $a * (b * c) = (a * b) * c$
- iii) $[a \leq c \wedge b \leq d] \rightarrow [a * b \leq c * d]$

Entre las normas triangulares más difundidas se tienen:

- $a * b := \min(a,b)$
- $a * b := a \bullet b$

La forma de utilización de estas normas es la siguiente: Sea $A \rightarrow B$ una regla que se sabe cierta con un valor α , $0 \leq \alpha \leq 1$ y sea β ($0 \leq \beta \leq 1$) el valor que representa la certeza de que A. Entonces mediante *modus ponens* generalizado se deduce B con un grado de certidumbre $\alpha * \beta$.

Si se considera la configuración $C = \langle r_1, \dots, r_n \rangle$ se puede en general suponer que representa un encadenamiento de reglas de la forma $r_1 \rightarrow r_2 \rightarrow \dots \rightarrow r_n$, donde cada implicación $r_i \rightarrow r_{i+1}$ tiene grado de certeza uno. Por otra parte si T es una tarea concreta, entonces existe un conjunto de reglas $\{r_1^t, \dots, r_m^t\}$ que son aplicables a T, de las cuales $r_1^t \in \mathbf{B}$ y $r_i^t \in \mathbf{M}$, $i = 2 \dots m$. Al construir una configuración, en el momento en que la tarea T deba ser resuelta, sólo una de estas reglas se tomará para dicha configuración. Una forma de operar sobre este conjunto es asociar a cada una de las reglas un factor de certidumbre que caracterice la probabilidad con que el estudiante elige una de ellas para resolver la tarea T. Este valor puede ser fijado a priori e ir variando a medida que el estudiante interactúa con el MEC. Esta sería la forma de asociar factores de certidumbre (CF) a reglas, es necesario definir ahora el mecanismo para combinarlos.

Como primera variante se considera el caso de las normas triangulares. Con ellas el grado de certidumbre de una configuración $C = \langle r_1, \dots, r_n \rangle$ sería $CF(T) = CF(r_1) * CF(r_2) * \dots * CF(r_n)$. Este modelo tiene algunas desventajas para su utilización en sistemas de este tipo. Lo fundamental de ellas es la ausencia total de peso del orden de las reglas en el valor del CF de la configuración (por la propiedad de simetría). En esencia no existe diferencia alguna entre lo que aporta una regla y lo que aportan las reglas que ella desencadena. En detalle una configuración $C = \langle r_1, \dots, r_n \rangle$ representa un árbol de invocación con raíz r_1 , donde los hijos de un nodo representan las reglas invocadas por la regla que ocupa ese nodo (ver figura de la siguiente página).

El mecanismo que se propone resuelve en gran medida las dificultades de las reglas triangulares.

Sea $C = \langle r_1, \dots, r_n \rangle$

$$CF(C) = \sum_{i=1}^m \frac{CF(r_i)}{2^{k_i}}$$

Donde k_i = profundidad del nodo r_i en el árbol de invocación ($k_1 = 1$).

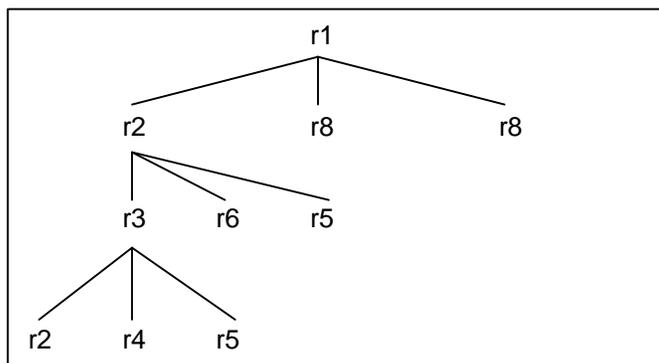


Figura 21. Árbol de invocación del ejemplo de tarea y configuración ideal

En esta fórmula reciben un mayor peso aquellas reglas que se encuentran a menor profundidad en el árbol. Estas identifican problemas más generales dentro de la tarea que las que aparecen a mayor profundidad. Además, las configuraciones que contengan reglas más probables tendrán un mayor CF. De esta manera se puede, a través de la distribución de los CF a las reglas, decidir la importancia de un error en una regla determinada.

De la misma manera el criterio de selección que se utilice (mayor CF u otros) podrá variar según los intereses que se persigan con la detección del error. Para el caso de dualidad se puede operar con criterios que permitan elegir la configuración en la que aparezca una mala regla con menor profundidad en el árbol. Se está estudiando la aplicación de variantes de este método (CF < 0 para malas reglas) en algunas áreas de conocimiento específicas, donde la constitución del sistema experto tiene características especiales. Una instrumentación similar a la presentada ha sido instalada en el Proyecto Newton del Grupo de Sistemas Automatizados de Enseñanza de la Universidad de La Habana⁶.

Otro mecanismo de tratamiento de la incertidumbre que se propone en este proyecto es el uso de "operadores aritméticos" que indiquen el modelo mental que sigue el alumno, por ejemplo, cuando el estudiante hace clic en el operador "pedir prestado a la siguiente columna a la izquierda" en la sustracción, se registra la intención del alumno de pedir prestado porque la cifra de arriba es menor que la de abajo y desea completar una decena para poder realizar la operación. El uso de estos operadores requiere bastante intervención del estudiante haciendo un poco dispendioso el proceso de realizar un algoritmo aritmético, sin embargo los beneficios son concretos porque se sabe con certeza cuál es el "plan" del estudiante ya que los procesos mentales se visualizan a través del uso de estos operadores, generando así un modelo del estudiante más aproximado a la realidad. Como objetivo de comparación se empleará el método de normas triangulares en la evaluación de la adición y para el resto de evaluaciones se emplearán los operadores aritméticos.

⁶ DE ARMAS, S. Método para el tratamiento de la incertidumbre en Sistemas Tutoriales Inteligentes, 1988.

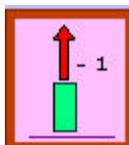
5.9 DISEÑO DE LA INTERFAZ

El módulo experto del MEC se desempeñará en las sesiones de evaluación del estudiante. La interfaz de evaluación posee operadores aritméticos (botones) los cuales se describen a continuación:

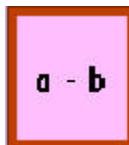
Nota: es necesario tener en cuenta los siguiente términos: Columna de proceso: es la columna actual donde se está realizando la operación (suma, resta, etc). Foco de atención de columna: es la columna donde se encuentra el foco de atención de la operación, por ejemplo, en la sustracción el foco de atención cambia cuando se debe desplazar a la siguiente columna en busca de pedir prestado al siguiente, aunque la columna de proceso permanezca constante.



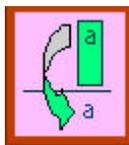
Operador Incrementar 10: este operador es empleado en operaciones de sustracción y cumple la función de prestar 10 unidades de la columna izquierda a la columna derecha adjunta.



Operador Decrementar en 1: este operador es empleado en operaciones de sustracción e indica el decremento en 1 de un número cuando ha prestado al siguiente a la derecha.



Operador hallar diferencia: este operador es empleado en la sustracción e indica la resta entre dos dígitos de una misma columna (minuendo – sustraendo)



Operador Bajar Número: este operador es empleado cuando se requiere que un dígito se rescriba en el resultado de la operación. Por ejemplo, cuando se está restando y el sustraendo es cero o no hay tal, se rescribe el minuendo en el resultado



Operador Cambiar Columna: este operador toma la columna que está siendo tanto procesada como enfocada y cambia el foco de atención y de proceso a la columna que está adyacente a la izquierda.



Operador Mover Columna Izquierda: este operador toma la columna en la cual está el foco de atención y lo desplaza a la izquierda.



Operador Mover Columna Derecha: este operador toma la columna en la cual está el foco de atención y lo desplaza a la derecha.

5.10 CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

ESCENARIO 1 NORMAL: *Activar Motor de Inferencia*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante presenta la Evaluación	El componente Tutor del Sistema guarda los resultados de la evaluación en la base de hechos
	El Motor de Inferencia toma el primer hecho y se activa la gestión de Reglas de Producción
	Si se encuentra una meta, se agrega este nuevo hecho a la base de hechos
	El Motor de inferencia continua con el resto de hechos hasta que no hallan más en la base de hechos
	Se retorna un resultado de la inferencia lograda

ESCENARIO 1 DE EXCEPCIONES: *Activar Motor Inferencia*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante presenta la Evaluación	El componente Tutor del Sistema guarda los resultados de la evaluación en la base de hechos
	El Motor de Inferencia toma el primer hecho y se activa la gestión de Reglas de Producción
	Si no se encuentra una meta, se recurre a continuar con el Tutor hasta obtener un hecho de una regla que conduzca a una meta.
	Se retorna un resultado de la inferencia no lograda

ESCENARIO 2 NORMAL: *Recorrer Reglas*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
1. El sistema Experto inicia el Motor de Inferencia 2. El Sistema Experto le pasa la base de hechos al Motor de Inferencia (hechos relacionados con las acciones del estudiante)	Se activa el motor de inferencia
	El motor de inferencia activa la gestión de Reglas de Producción
	la gestión de reglas de producción abre la Base de reglas
	la gestión de reglas de producción compara la base de hechos con las premisas de la primera regla
	Si los hechos se encuentran en las premisas de la regla se guardan los nuevos hechos en la base de hechos. Se dispara una bandera en la regla para no volver a ser visitada. Sino se continúa con la siguiente regla.
	Si el gestor de Reglas de producción examinó todas las reglas y encontró meta entonces se retorna toda la base de hechos inferidos junto con la meta

ESCENARIO 2 DE EXCEPCIONES: *Recorrer Reglas*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El sistema Experto inicia el Motor de Inferencia	Se activa el motor de inferencia
	El motor de inferencia activa la gestión de Reglas de Producción
	la gestión de reglas de producción abre la Base de reglas
	la gestión de reglas de producción compara la base de hechos con las premisas de la primera regla

	Si los hechos se encuentran en las premisas de la regla se guardan los nuevos hechos en la base de hechos. Se dispara una bandera en la regla para no volver a ser visitada. Sino se continúa con la siguiente regla.
	Si el gestor de Reglas de producción examinó todas las reglas y no encontró meta entonces el gestor envía un mensaje de no encontrar solución al Motor de Inferencia

ESCENARIO 3 NORMAL: *Evaluar Actividades Alumno*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
Terminar de ver contenidos temáticos hipermedia	Se carga la evaluación correspondiente al escenario donde se encuentra el estudiante
	Se presenta la evaluación al estudiante, generando un ejercicio aleatorio que se presentará al alumno
El alumno soluciona la evaluación	Se almacenan las respuestas del alumno al ejercicio propuesto, y se activa el motor de inferencia el cual verificará la validez de las respuestas y proporcionará retroalimentación si es necesario.

ESCENARIO 4 NORMAL: *Aplicar Modelo de Perturbación*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante se encuentra solucionando un ejercicio o la evaluación. Ingresar una respuesta para un estado de la solución del problema.	Se activa el Sistema Experto para que prediga la acción para el próximo estado en la solución del problema.
El alumno emplea los operadores aritméticos y escribe la respuesta.	Se activa la estrategia de rastreo con el fin de seguir el proceso de solución observable del alumno.
	Se aplican refuerzos con el objetivo de reforzar conductas deseables y extinguir conductas indeseables.

ESCENARIO 5 NORMAL: *Aplicar Estrategia de Rastreo*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno se encuentra solucionando un ejercicio de suma, resta, multiplicación o división.	Se activa la estrategia de rastreo.
Para un estado dado de la solución del problema, el alumno toma una decisión con respecto al siguiente paso.	Se activa el motor de inferencia, el cual predecirá cuál es el siguiente paso en la solución del problema.
	La acción tomada por el estudiante se relaciona con una regla del espacio del problema.
	Se comparan tanto las reglas disparadas por las acciones del alumno como las disparadas por el Sistema Experto para la solución del mismo problema.
	Si las reglas aplicadas por el alumno coinciden con las del Sistema Experto, se actualiza el modelo del alumno y se continúa con el siguiente ejercicio.

ESCENARIO 5 DE EXCEPCIONES: *Aplicar Estrategia de Rastreo*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno se encuentra solucionando un ejercicio de suma, resta, multiplicación o división.	Se activa la estrategia de rastreo.
Para un estado dado de la solución del problema, el alumno toma una decisión con respecto al siguiente paso.	Se activa el motor de inferencia, el cual predecirá cuál es el siguiente paso en la solución del problema.
	La acción tomada por el estudiante se relaciona con una regla del espacio del problema.
	Se comparan tanto las reglas disparadas por las acciones del alumno como las disparadas por el Sistema Experto para la solución del mismo problema.
	Si las reglas aplicadas por el alumno no coinciden con las del Sistema Experto, el MEC proporciona una ayuda al alumno con el fin de reorientar por una ruta acertada de la solución del problema.

ESCENARIO 6 NORMAL: *Capturar Conocimiento del dominio*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante se encuentra resolviendo un ejercicio o evaluación.	Se genera un árbol de posibles recorridos para la solución del problema.
El alumno emplea operadores aritméticos para solucionar el problema	Se almacenan los operadores aritméticos empleados por el alumno para solucionar el procedimiento o problema.
	Se almacena la respuesta del estudiante.

ESCENARIO 7 NORMAL: *Detectar Inconsistencias en el estudiante*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno se encuentra empleando los operadores aritméticos.	Se crea una lista de hechos, los cuales almacenarán las acciones observables del estudiante.
	Se registran aquellas malas acciones que realiza el estudiante para resolver un estado del problema.

ESCENARIO 8 NORMAL: *Generar Librería de Errores*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante ha empleado erróneamente un operador aritmético.	Se detectan las inconsistencias del estudiante
	Se activa el Motor de Inferencia
	Se infieren reglas que representan las acciones tomadas por el alumno, y así poder seguir el proceso de razonamiento del estudiante.

ESCENARIO 8 DE EXCEPCIONES: *Generar Librería de Errores*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante ha empleado erróneamente un operador aritmético.	Se detectan las inconsistencias del estudiante
	Se activa el Motor de Inferencia
	En caso de no poder inferir reglas que representan las acciones tomadas por el alumno, se acude a preguntar al alumno cuál es el plan? Para así poder generar mejor las reglas.

ESCENARIO 9 NORMAL: *Buscar Estrategia de Solución*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
Se genera un ejercicio aleatorio de suma, resta, multiplicación o división.	Se activa el Sistema Experto para que encuentre una solución correcta para el presente ejercicio.

ESCENARIO 10 NORMAL: *Adaptar características de Enseñanza*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El estudiante contesta la evaluación.	Se activa el Sistema Experto
	Se crea una lista de hechos que representan las características cognitivas del estudiante
	Se activa el motor de inferencia y se recorren las reglas de producción
	Se busca una estrategia tutorial que indique un perfil de actividades a trabajar con el alumno, para así individualizar el proceso de retroalimentación en el alumno.

ESCENARIO 11 NORMAL: *Retroalimentar Información al estudiante*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Sistema Experto formula una estrategia tutorial a seguir.	Se carga la interfaz de retroalimentación para el estudiante.
	Se carga el material didáctico adecuado para el alumno, dependiendo de su estilo cognitivo identificado.
	Se carga una interfaz de ejercitación para el estudiante.
	Se evalúan de nuevo los conocimientos del alumno.

ESCENARIO 12 NORMAL: *Seleccionar Material Didáctico*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Sistema Experto ha inferido un plan de estrategias tutoriales para aplicar en el alumno.	Se recorren las reglas activadas por el Sistema Experto y se buscan contenidos hipermedia previamente diseñados que coincidan con dichas reglas.
	Aquellos temas que coinciden son presentados al estudiante.
	Se registra el tipo de material empleado por el alumno.

ESCENARIO 12 DE EXCEPCIONES: *Seleccionar Material Didáctico*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El Sistema Experto ha inferido un plan de estrategias tutoriales para aplicar en el alumno.	Se recorren las reglas activadas por el Sistema Experto y se buscan contenidos hipermedia previamente diseñados que coincidan con dichas reglas.
	Si no se encuentra un material hipermedia adecuado para las necesidades identificadas en el alumno, se presenta un cuadro de mensaje de error.

ESCENARIO 13 NORMAL: *Obtener Ayuda del MEC*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno se encuentra solucionando un problema aritmético. Requiere ayuda en un estado de la solución del problema.	Se recorren las reglas activadas por el Sistema Experto para la solución del problema.
	Se busca la regla que coincida con el estado actual de solución del problema.
	Se presenta una ayuda que indique qué hacer a estudiante. Se puede recurrir al Lenguaje Natural para realizar esta tarea.

ESCENARIO 13 DE EXCEPCIONES: *Obtener Ayuda del MEC*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno se encuentra solucionando un problema aritmético. Requiere ayuda en un estado de la solución del problema.	Se recorren las reglas activadas por el Sistema Experto para la solución del problema.
	Se busca la regla que coincida con el estado actual de solución del problema.
	Si no se encuentra una respuesta o consejo para dar al estudiante, se le pide al alumno que seleccione una opción de un cuadro de opciones para poder así determinar exactamente lo que requiere el alumno.

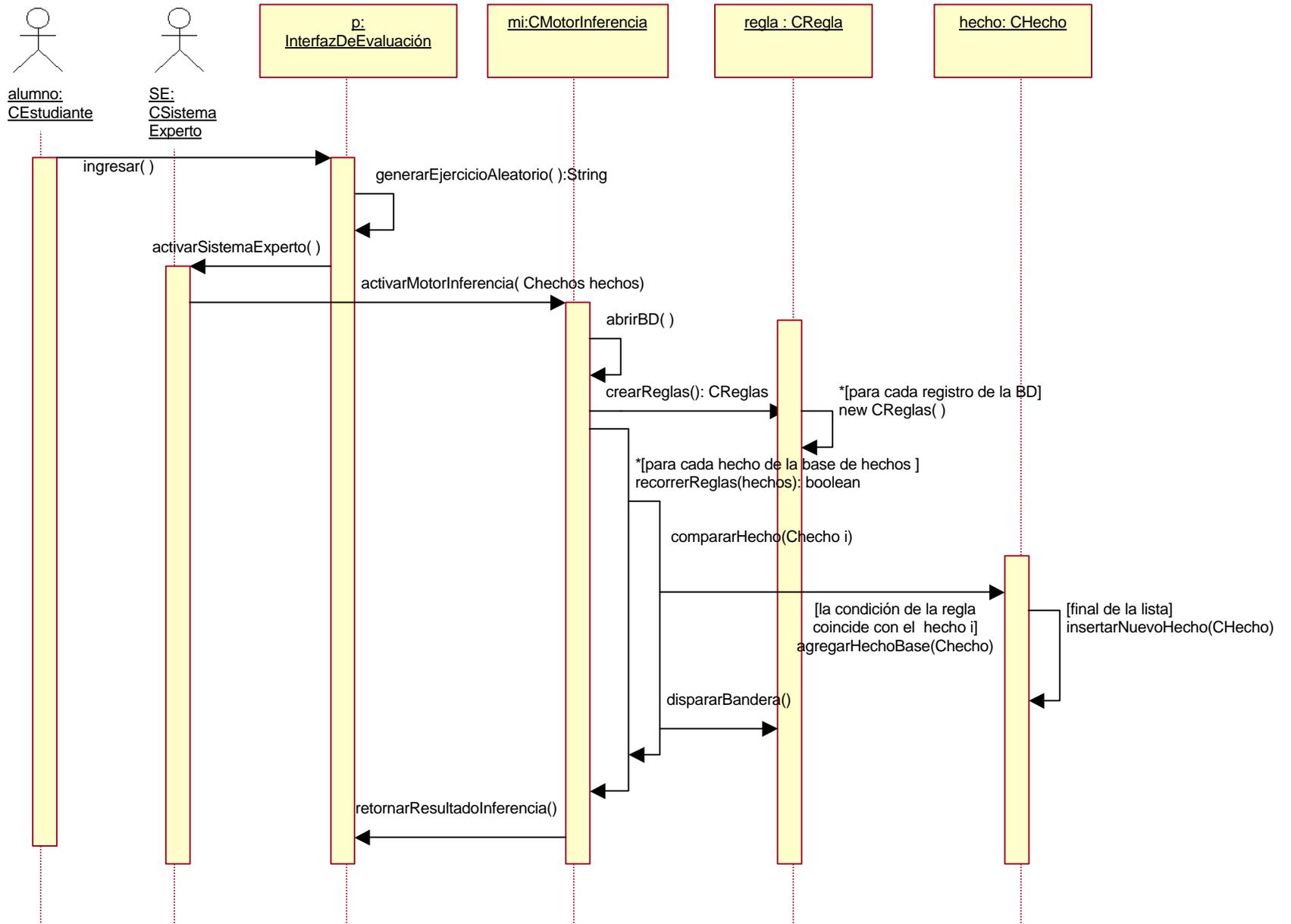
ESCENARIO 14 NORMAL: *Indicar Estrategia pedagógica*

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa al MEC	Se carga la interfaz "Ventana de presentación"
El profesor hace clic en la opción visualizar desempeño del estudiante.	Se carga la interfaz "visualizar desempeño" del alumno.
El profesor hace clic en la opción Indicar estrategia pedagógica.	Se carga la interfaz "Indicar estrategia pedagógica"
El profesor selecciona los elementos que deben presentarse al estudiante, como mayor ejercitación, orientación a través del MEC, mayor conceptualización, etc.	Se abre la Base de datos Estudiante.
	Se almacenan las especificaciones del Profesor en la Base de Datos.

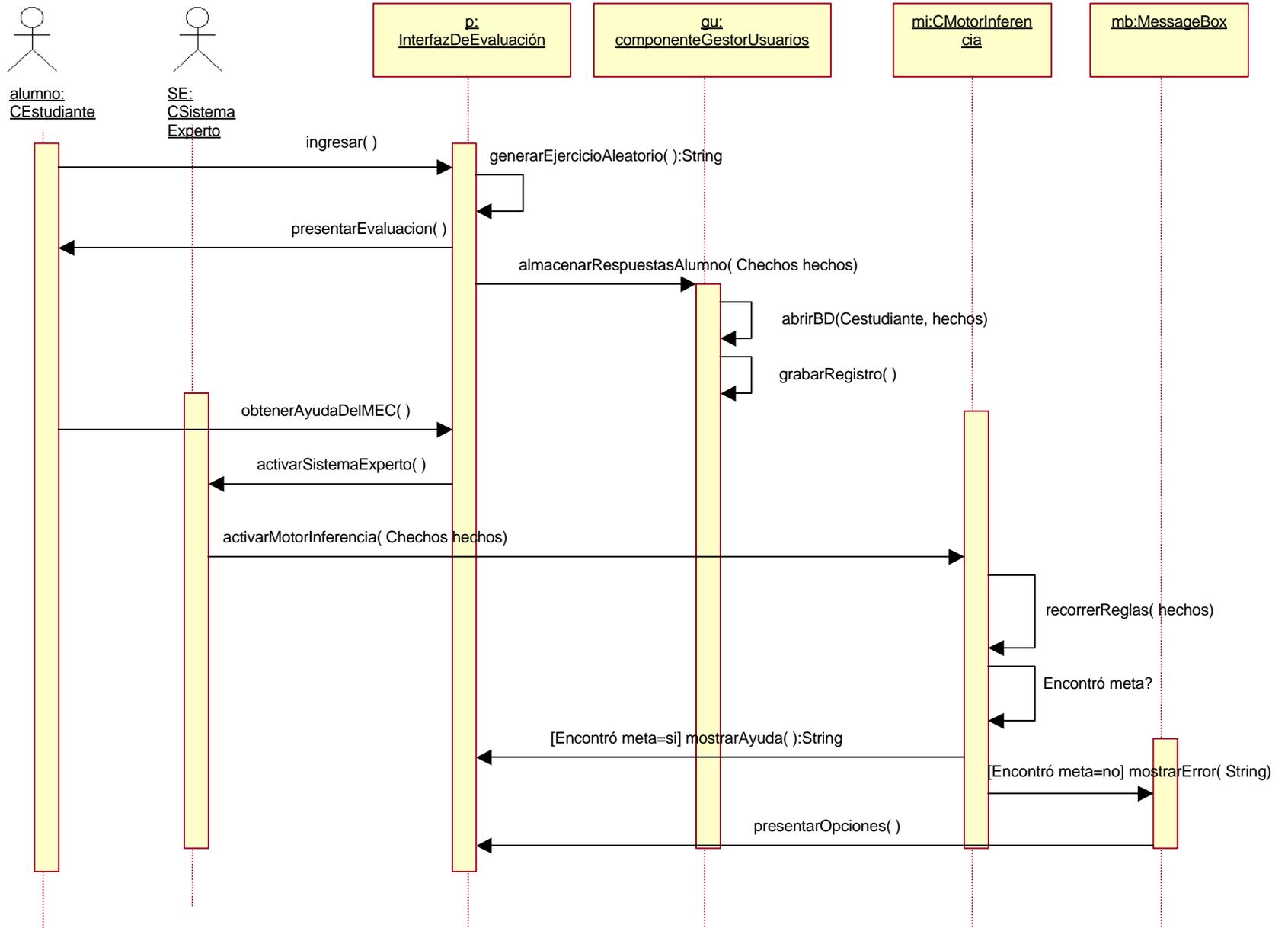
5.11. DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN

A continuación se presentarán los diagramas de secuencia para cada uno de los escenarios.

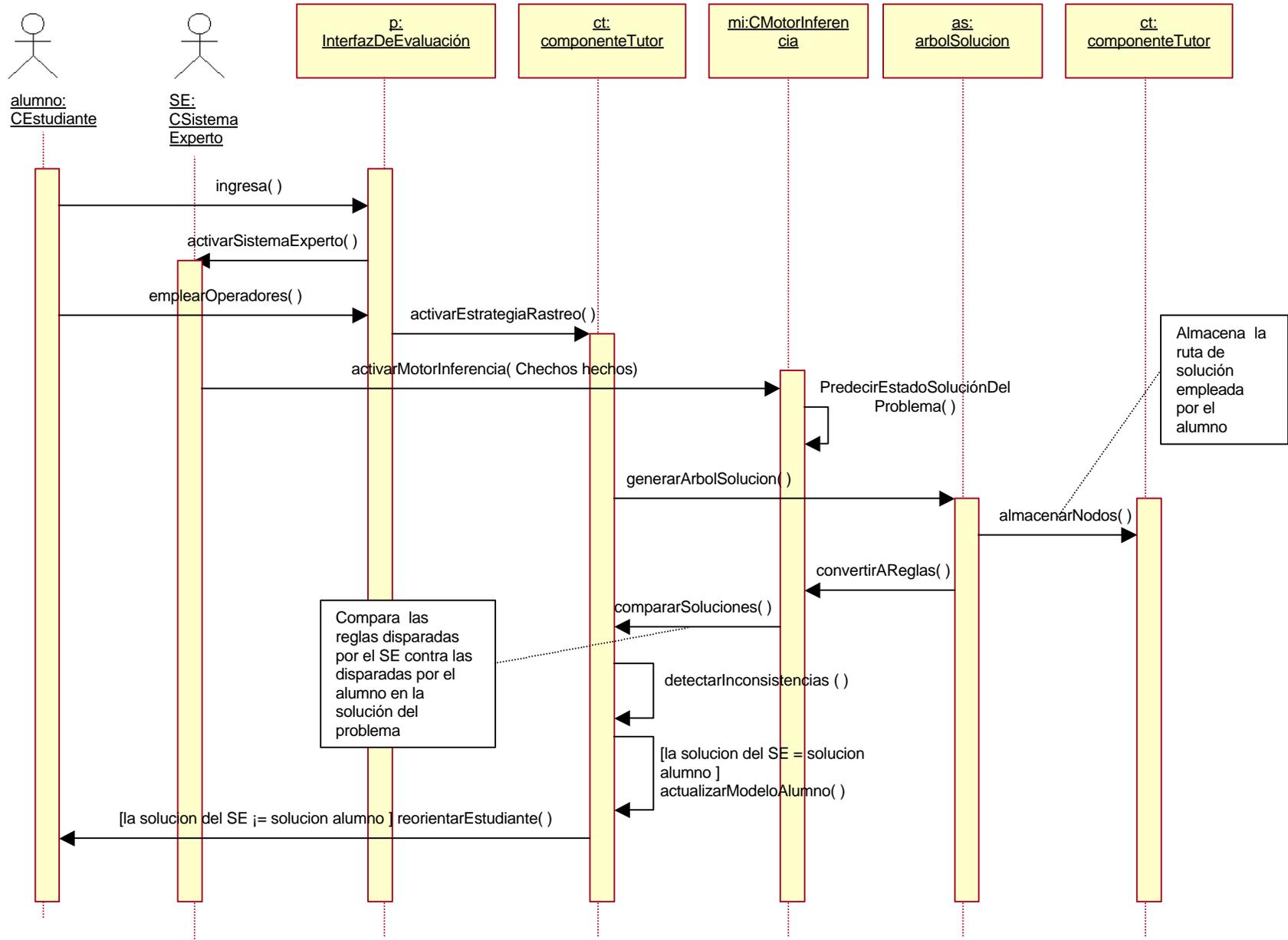
ESCENARIOS: *Buscar Estrategia de Solución, Activar Motor de Inferencia y Recorrer Reglas*



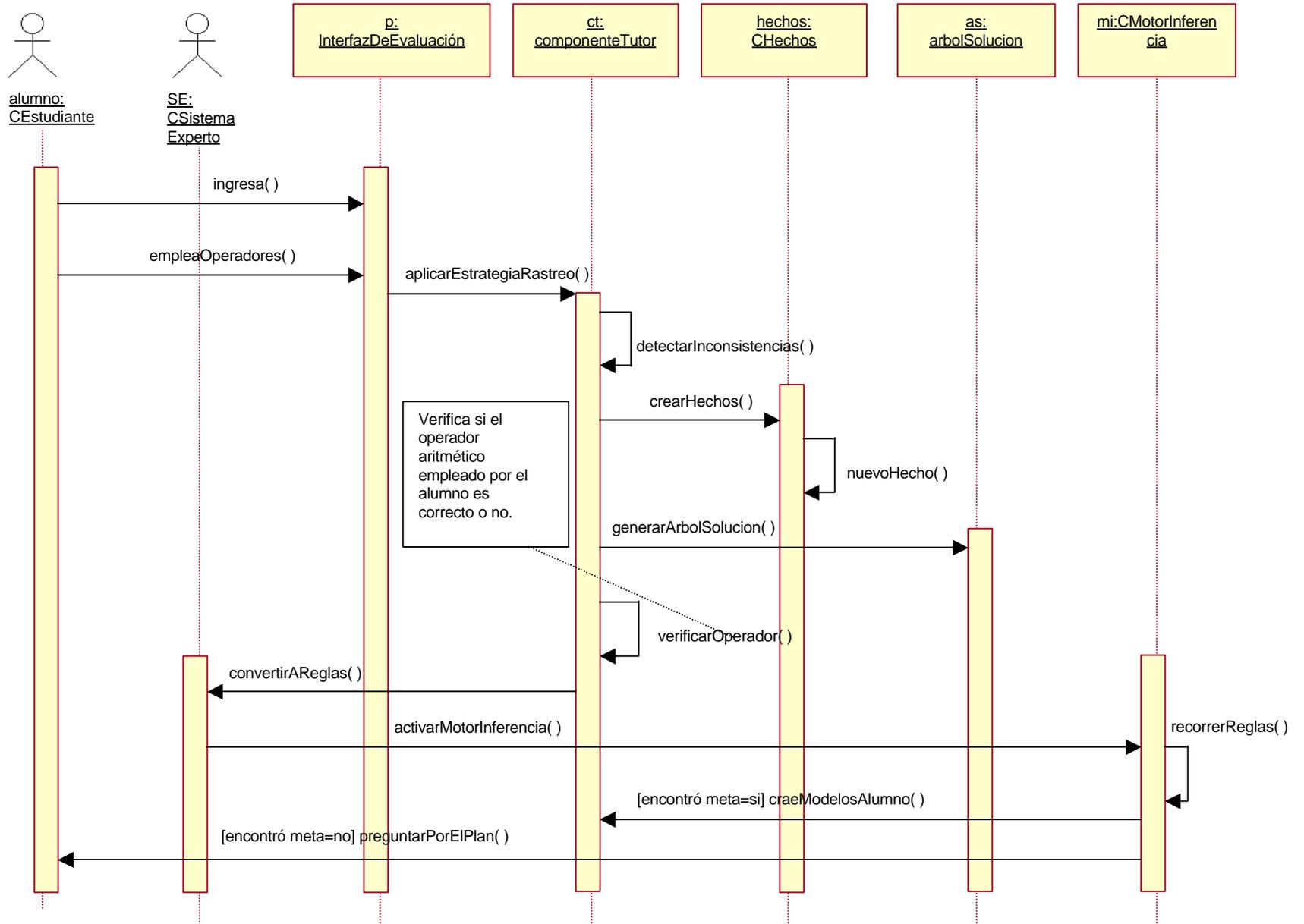
ESCENARIOS: *Evaluar Actividades del Alumno, Obtener ayuda del MEC*



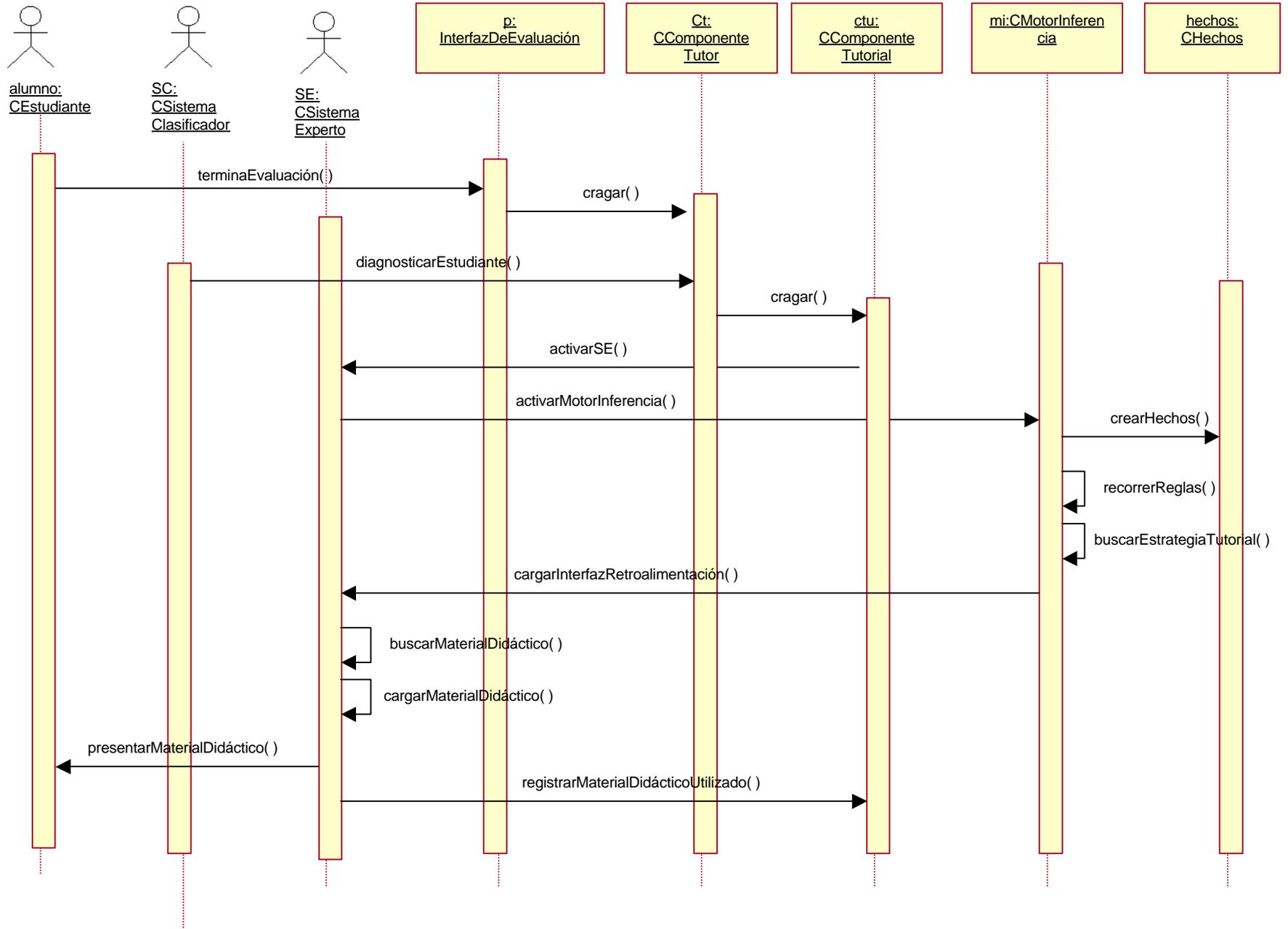
ESCENARIOS: *Aplicar Modelo de Perturbación, aplicar estrategia de rastreo, capturar conocimiento del dominio*



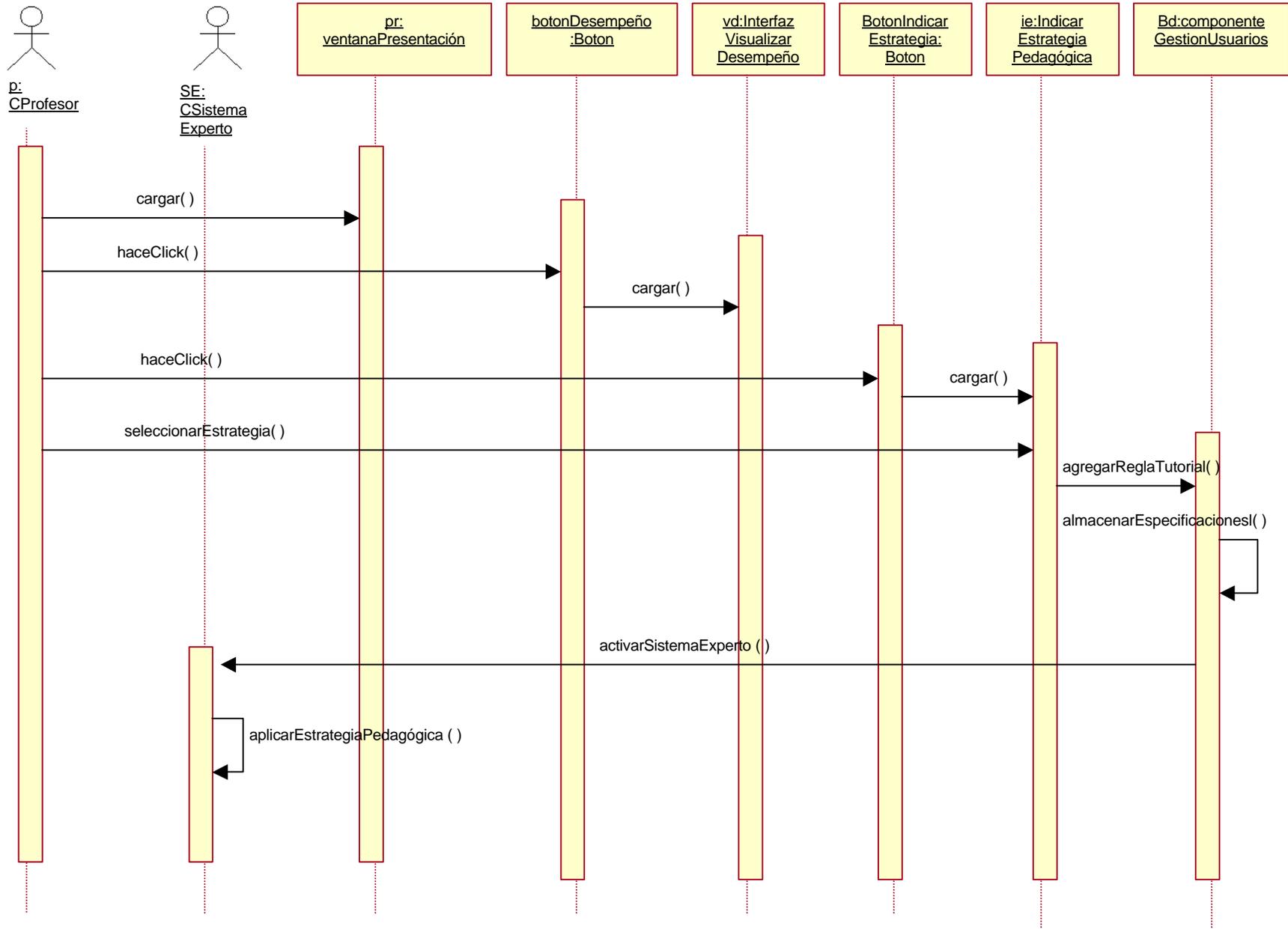
ESCENARIOS: Detectar inconsistencias en el estudiante, Generar librería de errores



ESCENARIOS: Adaptar características de enseñanza, retroalimentar información al estudiante, seleccionar material didáctico



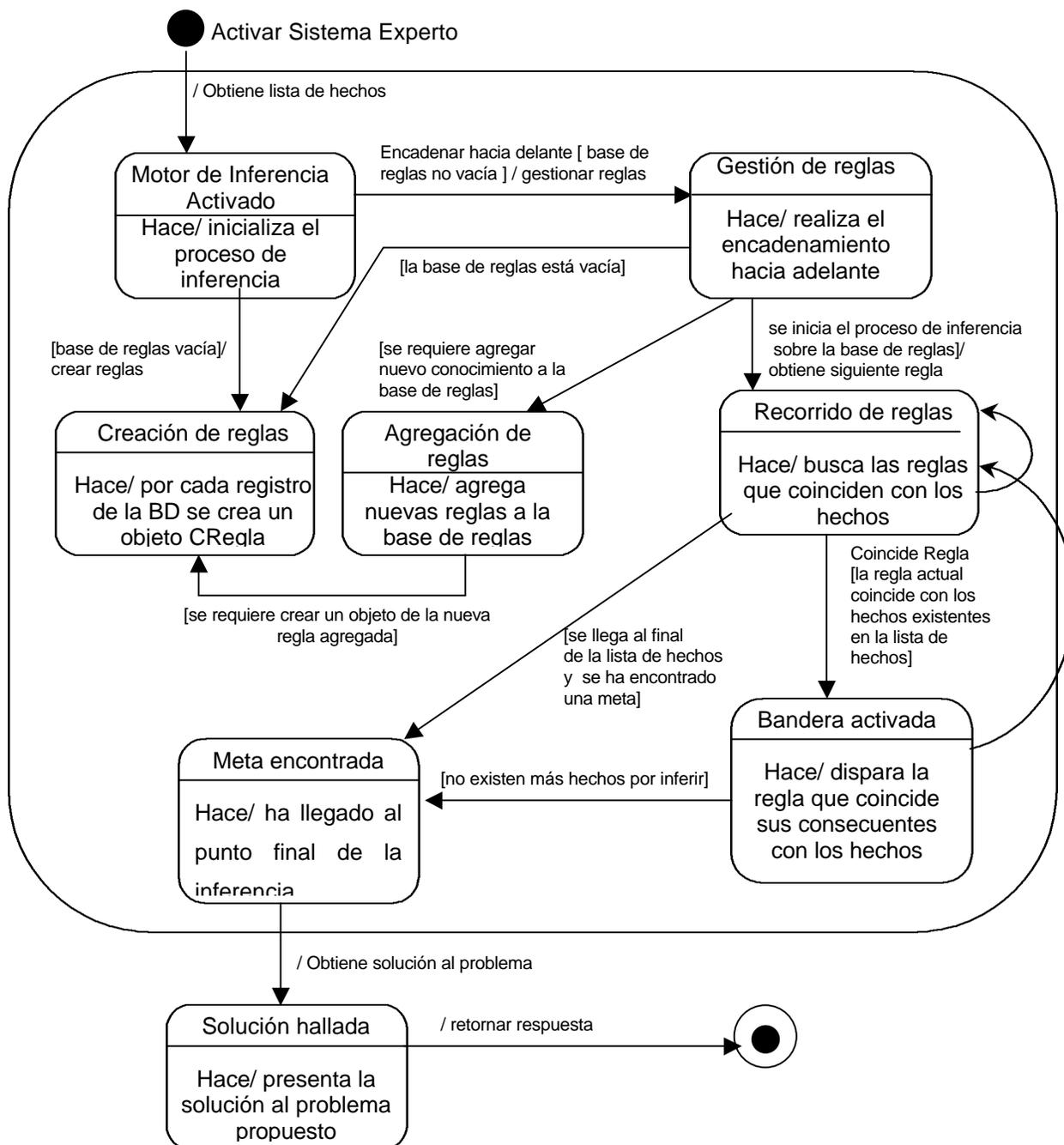
ESCENARIO: Indicar Estrategia Pedagógica



5.12 DIAGRAMAS DE TRANSICIÓN DE ESTADOS

Se emplearán los diagramas de Transición de Estados para mostrar el comportamiento interesante de ciertas clases, de tal forma que ayude a comprender lo que sucede en el ciclo de vida de sus instancias (objetos).

Diagrama de Transición de Estados para la Clase CSistemaExperto



La sintaxis empleada para las etiquetas de las transiciones poseen básicamente tres partes, las cuales son optativas: *Evento [Guard Guardia] / Acción*. Inicialmente sólo se requiere la acción /Obtiene lista de hechos para la primera transición. Una vez realizada tal acción, se pasa al estado “Motor de Inferencia Activado”. Este estado tiene una actividad asociada a él, la cual se indica mediante una etiqueta con la sintaxis *hace/actividad*. En este caso, la actividad se llama “inicializa el proceso de inferencia”. La transición del estado “Motor de Inferencia Activado” se lleva a cabo cuando el evento “encadenar hacia delante” es solicitado y a su vez se cumple la condición guardia “base de reglas no vacía”, que indica que la base de conocimientos debe contener al menos una regla de producción.

Un guardia es una condición lógica que sólo devuelve “verdadero” o “falso”. Una transición guardia ocurre sólo si el guardia se resuelve como verdadero.

Algunas de las transiciones no tienen evento alguno en su etiqueta, lo cual significa que la transición se da tan pronto como se completa cualquier actividad asociada con el estado dado. El estado *recorrer reglas* tiene asociadas tres transiciones, la primera es una autotransición, la cual no está etiquetada, indicando simplemente que el objeto permanece aún en el estado realizando su respectiva actividad. La segunda transición, posee un evento y una condición guardia, cuando la regla coincide en alguna de sus condiciones con alguno de los hechos de la lista (coincide Regla) se evalúa el guardia [la regla actual coincide con los hechos existentes en la lista de hechos] en donde se verifica si todas las condiciones de la regla son hechos de la lista de hechos. La tercera transición, posee sólo una condición guardia, esto significa que el momento en que se cumpla la condición, se dispara la transición al estado “Meta encontrada”.

5.13 MODELO DE PERSISTENCIA

El diseño de la persistencia consiste en determinar los criterios para almacenar los datos en Disco Duro. Se ha decidido trabajar la Persistencia desde dos criterios, el primero es empleando una Base de Datos en Access y el segundo es empleando Serialización y Deserialización de Objetos (Manejo de flujo a archivos).

5.13.1 Diseño de Persistencia de la Base de Conocimientos

Para realizar el modelo de persistencia de la Base de conocimientos, se empleará un modelo Entidad – Relación el cual traduce las reglas de producción (objetos del tipo CRegla) en entidades, y cuyos atributos están representados por los campos de cada entidad. Este modelo Entidad-Relación se elaborará en Access 2000 y su representación es la siguiente:



Los Atributos de las Entidades ReglasSuma, ReglasResta, ReglasMultiplicacion y ReglasDivision se obtuvieron de la Clase CRegla y consisten en un número de Regla (numRegla) el cual sirve para identificar la regla, unas condiciones o premisas las cuales son máximo dos (cond1, cond2) y una acción o consecuencia. Por lo tanto la regla queda formada así:

Regla numRegla

SI cond1 Y
cond2

ENTONCES accion1 Y accion2 (En ocasiones solo se requiere únicamente una acción).

5.13.2 Diseño de Persistencia para la Librería de Errores

La Librería de Errores formada por el árbol de decisión que aprende (Ver numeral 5.6) se representará por medio de una lista sencillamente vinculada o enlazada. Cada nodo del árbol posee una lista de nodos hijos (si los tiene) y posee una conexión a un nodo hermano (si lo tiene). Cada Nodo tiene por lo tanto un nodo Primero (primer elemento o cabeza de la lista de nodos hijo) un nodo Último (final de la lista de nodos hijo) y un nodo siguiente (apunta a un nodo hermano). Luego de establecer el árbol de decisión, basta con serializar el nodo raíz del árbol, y todo el árbol quedará almacenado. La estructura del árbol se presenta a continuación:

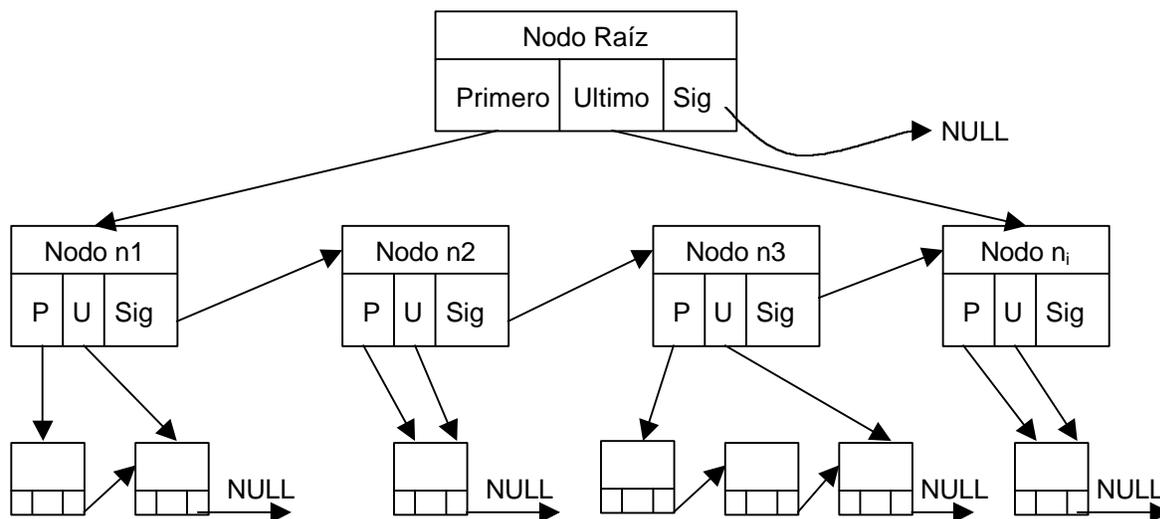


Figura 22. Árbol de Decisión que aprende representado por medio de listas sencillamente enlazadas

5.13.3 Diseño de Persistencia para el Modelo del Estudiante

Para realizar el Modelo del Estudiante se empleará una clase contenedora llamada CModeloEstudiante, la cual incluirá a su vez clases del Tipo CRegla y CReglaMala. Como el conocimiento del estudiante será representado por un subconjunto n de reglas buenas (es decir reglas del dominio del experto) y un conjunto m de reglas malas (generadas por la librería de errores) es necesario que la clase CModeloEstudiante permita crear listas vinculadas del tipo CRegla y CReglaMala. Por otro lado debe incluir también una matriz de valores que represente el estilo cognitivo del alumno. Luego, una instancia de esta clase contenedora será serializada, almacenando todas sus clases componentes a la vez.

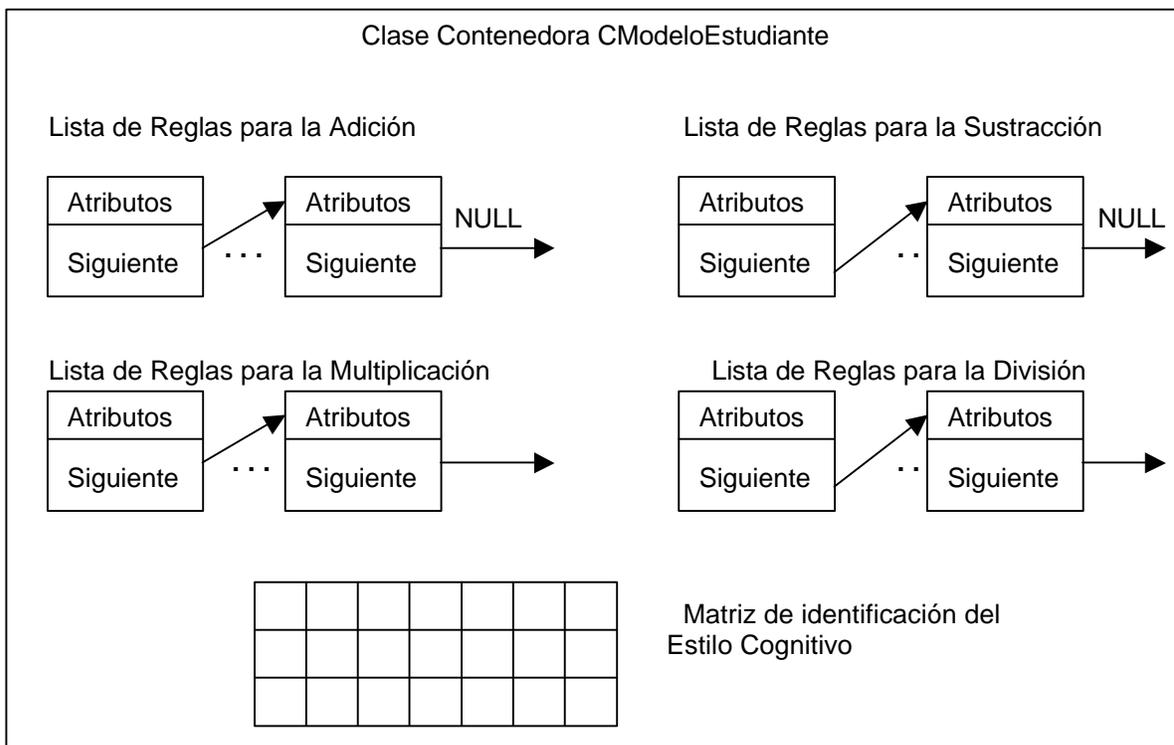


Figura 23. Estructura de Persistencia del Modelo del Estudiante.

5.14 IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS FUNCIONALES

Métodos de la clase CSistemaExperto

```
//método que acciona el motor de inferencia//
public List activarMotorInferencia(List hechos, String metarreglas, CTermino t,CTermino h,int nEjer)
{
    List metas = new List(); //esta lista almacena los resultados de la inferencia//
    CRegla comenzar=new CRegla();
    baseReglas=comenzar.crearReglas(metarreglas);
}
```

```

        metas=comenzar.recorrerReglas(hechos,baseReglas,t,h,0,0,metas,metarreglas,nEjer); //en
        metas se adiciona las nuevas inferencias realizadas//
        return metas;
    }

```

```

//método que retorna un consejo o refuerzo positivo cuando se ha cometido un error
public List obtenerAyudaMEC(List hechos, String metarreglas, CTermino t,CTermino h,int nEjer)
{
    List resultados = new List ();
    resultados=activarMotorInferencia(hechos,metarreglas,t,h,nEjer);
    return resultados;
}

```

Métodos de la clase CRegla

```

//método que abre la base de datos donde están almacenadas las reglas de producción
public void abrirBD()
{
    try{
        //Se define el puente a utilizar
        Class.forName(puente);
        //Se Enlaza el origen de datos, no tiene nombre de usuario, ni contraseña
        con=DriverManager.getConnection("JDBC:ODBC:dsn=SExp;","","");
        //Se crea una sentencia de la BD
        st=con.createStatement();
    }
    catch(Exception ex) {MessageBox.show(ex.getMessage(),"Error en la conexión de la BD");}
}

```

```

//método que compara un hecho con las premisas de la regla//
public boolean compararHecho(CHecho hecho,CRegla regla)
{
    boolean corresponde=false;
    String arreglo[] = new String [6];
    arreglo=regla.getCond ();
    int i=0;
    String Hecho=hecho.getHec();
    while (i<6 && corresponde==false)
    {
        if (Hecho.equals (arreglo[i]))
            corresponde=true;
        i=i+1;
    }
    return corresponde;
}

```

```

//método que realiza un proceso de inferencia de encadenamiento hacia delante
public List recorrerReglas(List hechos, List reglas, CTermino t,CTermino h,int foco,int proceso,List
resultados,String metarregla,int nEjer)
{
    int i=0,j=0;

```

```

boolean encontro=false;
boolean listo=false;
String[] acciones=new String[6];
String[] condiciones=new String[5];
CTermino resultado=new CTermino();
boolean termino=false;

while (i+1<=hechos.getSize() && termino==false)
{
    while (j+1<=reglas.getSize() && termino==false)
    {
        if (((CRegla)reglas.getI tem(j)).getBan()==false)
        {
            encontro=compararHecho((CHecho)hechos.getI tem(i),(CRegla)reglas.getI tem(j))
            if (encontro==true)//se encontró la regla que se acopla a un hechos
            {
                listo=comprobarHechos((CRegla)reglas.getI tem(j),hechos);
                if (listo==true)
                {
                    //almacenar las condiciones y acciones de las reglas
                    //disparadas, para generar el módulo de explicación
                    acciones=((CRegla)reglas.getI tem(j)).getAcc();
                    condiciones=((CRegla)reglas.getI tem(j)).getCond();

                    //Aquí se hace el llamado a las metareglas y reglas respectivas
                    ....
                }
            }
            j=j+1;
        }
        j=0;
        i=i+1;
    }
    return resultados;
}

```

Para mayor información sobre la documentación del código ver las clases del package SistemaExperto.

5.15 RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el desarrollo de MEC's del tipo Sistema Tutor Inteligente, se encuentran dos componentes básicos: el módulo experto y el módulo de diagnóstico. Por un lado el módulo experto posee un sistema basado en conocimientos (Sistema Experto) que contiene el conocimiento necesario para resolver los problemas y ejercicios propuestos en el MEC. El módulo experto cumple otra función importante que se trata de determinar cuál es el material didáctico que debe ser presentado al estudiante de acuerdo a sus necesidades educativas.

El sistema experto que se diseñó para el presente MEC emplea una base de conocimientos representada por medio de reglas de producción. Cada regla identifica una porción de conocimiento, y dichas reglas pueden interrelacionar con otras por medio de un mecanismo de inferencia. Otro método empleado para representar el conocimiento fue los árboles Y/O; este tipo de árboles representan los objetivos y subobjetivos necesarios para lograr una meta.

El sistema experto es activado cuando en algún momento el alumno se encuentre solucionando un problema aritmético. En este instante, se divide el problema en posibles estados los cuales se comportan como cadenas de Markov, ya que existe cierta probabilidad de pasar de un estado a otro, de quedarse en el mismo estado o de devolverse a un estado anterior. En cada estado del problema, se identifican los hechos relevantes para éste y se procede a realizar la inferencia de la siguiente acción a realizar por medio del SE. Finalmente, el SE encuentra una solución factible al problema (una cadena de estados) y ésta es considerada como un modelo ideal para la solución del problema. El SE después de haber hallado el modelo ideal de solución para el problema, procede a detectar los procedimientos correctos e incorrectos que desarrolla el alumno (estructuras mentales bien formadas y mal formadas) estableciendo así un modelo del estudiante (módulo de diagnóstico). El modelo del estudiante representa aquello que el alumno sabe y lo emplea correctamente, aquello que pretende saber pero que es incorrecto y aquello que no sabe. Para lograr establecer este modelo del estudiante es necesario apoyarse en una librería de errores la cual representa todo un catálogo de posibles estructuras epistémicas incorrectas o mal formadas. Para generar una librería de errores existen tres mecanismos: el enumerativo, el generativo y el reconstructivo. Se ha propuesto emplear una técnica generativa por medio de árboles de aprendizaje que generan dinámicamente un catálogo de errores en la medida que el estudiante los comete.

Finalmente, un SE requiere algún mecanismo para tratar la incertidumbre, para lo cual se propone emplear las reglas triangulares. Estas reglas establecen ciertas configuraciones o conjuntos de reglas para un estado del problema y por medio de reglas de inferencia como *modus ponens* y *modus tollens* se elimina la incertidumbre en una configuración dada. Por otro lado, se empleó además un método experimental con operadores aritméticos que intentaban capturar el comportamiento observable del alumno. Finalmente, se puede concluir que aunque el método de los operadores aritméticos representa de una manera más fiel las intenciones o “planes de ejecución” del alumno, tiende a generar desmotivación hacia el material educativo debido a que resulta un poco confuso trabajar con dichos operadores. El método de tratamiento de la incertidumbre por normas triangulares, aunque no siempre es completamente efectivo en la determinación de una configuración ideal, no genera distractores ni elementos desmotivantes para el alumno, y además distribuye pesos a cada una de las reglas de acuerdo a su importancia en el árbol de invocación.

6. ITERACIÓN 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE DIAGNÓSTICO EMPLEANDO UN SISTEMA CLASIFICADOR. (ETAPA DE CONSTRUCCIÓN III)

En el capítulo anterior se especificó el diseño del Módulo de Diagnóstico del MEC el cual generaba un Modelo del Estudiante capaz de representar el comportamiento observable del alumno en el desarrollo de procedimientos aritméticos. En este capítulo se desarrollará una parte complementaria del Módulo de Diagnóstico el cual recopila un perfil del alumno con respecto a su estilo cognitivo, con el fin de estructurar un Modelo del Estudiante más consistente y adaptable a sus necesidades. Para lograr que el MEC pueda adaptar mejor el nivel de enseñanza a cada estudiante, se propone emplear un Sistema Clasificador¹ como el presentado en la sección 1.3.2.2, el cual deberá detectar las características cognitivas en el estudiante (variables que son muchas veces difusas y abstractas, como p.ej: el nivel de conceptualización) empleando un mecanismo de aprendizaje por refuerzo, de modo que logre categorizar dichas características dentro de rangos estimativos cuantificables, es decir, para cada tipo de alumno deberá generar un conjunto de características específicas (p.ej: el alumno adaptador posee un nivel de conceptualización entre el 60-80% de los contenidos). Una representación funcional de estos dos módulos sería la siguiente:

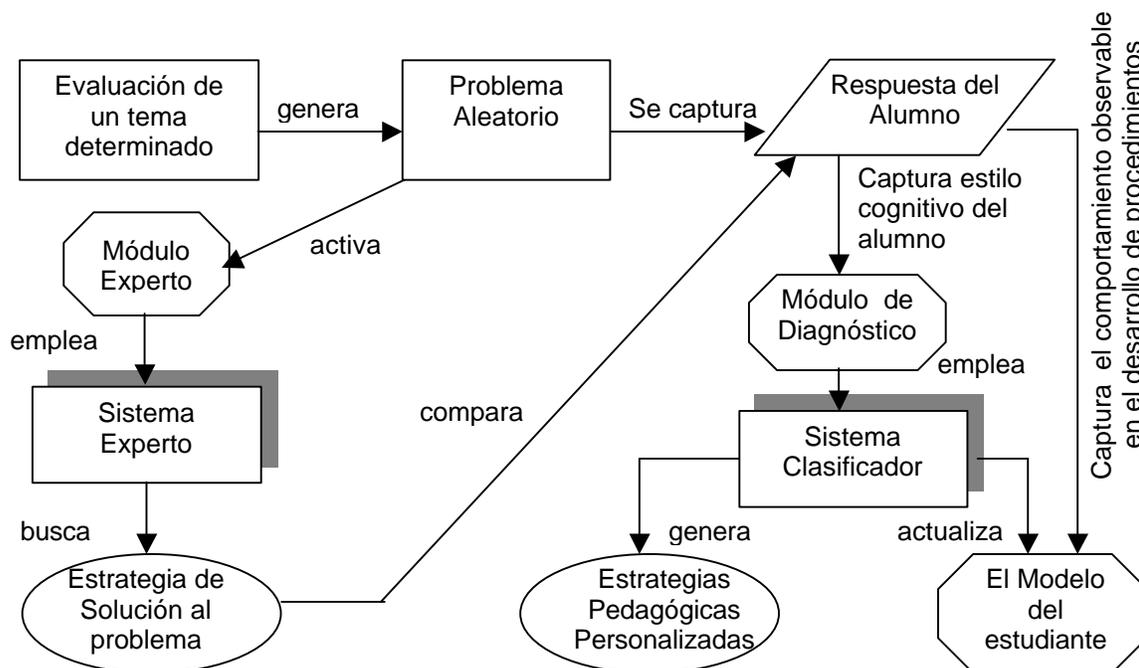


Figura 24. Estructura Funcional de los módulos experto y de diagnóstico de un STI.

¹ MARTINEZ José J. Y ROJAS Sergio. Introducción a la informática evolutiva. Universidad Nacional de Colombia. 1999.

Teniendo en cuenta los aportes generados por Witkin² y Rogers³ a la psicología cognitiva, se han tomado 13 variables que ayudan a determinar el estilo cognitivo de un individuo, sin embargo los rangos estimativos para cada tipo de alumno están representados por valores lingüísticos, por ejemplo: el alumno convergente posee un “*nivel alto de conceptualización*”. Aquí la palabra “alto” no está representando ningún valor numérico o medible.

Inicialmente se pensó en tratar estos valores que presentan cierta ambigüedad por medio de un Sistema de Lógica Difusa cuya función sería traducir aquellos valores difusos a valores concretos. El problema que se obtuvo con este tipo de sistemas, obedece a la necesidad de crear una base de conocimiento bastante exhaustiva de reglas de producción, donde se requería hacer permutaciones de cada variable con cada uno de sus valores lingüísticos, por ejemplo:

La variable: *nivel de conceptualización*, posee los siguientes valores lingüísticos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, es decir 5 valores lingüísticos. Si son 13 variables cognitivas, y cada una puede tener 5 valores lingüísticos, entonces se obtienen las siguientes permutaciones:

$$P_{k,n} = \frac{n!}{(n-k)!}$$

,Aplicando la fórmula, se obtienen 154.440 reglas de producción diferentes, lo cual requiere una labor bastante dispendiosa e ineficiente tanto por consumo de tiempo en la elaboración de la base de reglas, como de recursos computacionales.

Se propone por lo tanto, emplear un Sistema Clasificador de autoaprendizaje que identifique, clasifique y jerarquice dichos valores concretos de cada una de las variables cognitivas, sin necesidad de generar las reglas de antemano.

Un Sistema Clasificador es un sistema de aprendizaje de máquina que aprende sintácticamente cadenas de reglas simples, llamadas clasificadores. Estos clasificadores guían el desempeño del sistema en un ambiente arbitrario. Un SC deriva su nombre de su habilidad para aprender a clasificar mensajes del ambiente dentro de conjuntos generales, y cumple funciones similares a las de un sistema de control. Los SC poseen grandes ventajas en comparación con otros tipos de sistemas basados en reglas de producción (como los Sistemas Expertos SE), a saberse⁴:

1. Los SE requieren una representación rígida y exhaustiva del conocimiento a través de las reglas, mientras el SC emplea un módulo de aprendizaje guiado por un AG para descubrir nuevas reglas que se adapten mejor a las necesidades del ambiente en que se desempeña el SC.
2. Las reglas de un SE deben ser provistas por humanos, mientras las del SC por el mismo ambiente.

² WITKIN, H. Psychological differentiation: current status. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1979. p. 1132

³ ROGERS, C.R. & FREIBERG, H.J. *Freedom to Learn* (3rd Ed). Columbus, OH: Merrill/Macmillan. 1994. p. 115.

⁴ HOLLAND, J.H., Holyoak, K.J., Nisbett, R.E. y Thagard, P.R. *Induction: Processes of Inference, Learning and Discovery*. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.

3. Cuando una regla de un SE no cumple ninguna aplicabilidad no es retirada de la base de reglas mientras que en el SC esto se logra mediante el reemplazo de clasificadores o reglas de la población.
4. Otro conflicto ocurre cuando en un SE existen varias reglas aplicables a una situación, teniendo que recurrir así a mecanismos de tratamiento de la incertidumbre, mientras en el SC se facilita esta tarea por medio del algoritmo de asignación y distribución de créditos.
5. Una de las mayores ventajas del SC es su capacidad de aprender en diversos escenarios, trabajar con información incompleta y clasificar el ambiente en jerarquías.

Un SC posee 3 componentes básicos: Un sistema de reglas y mensajes, un algoritmo de distribución de créditos y un algoritmo genético.

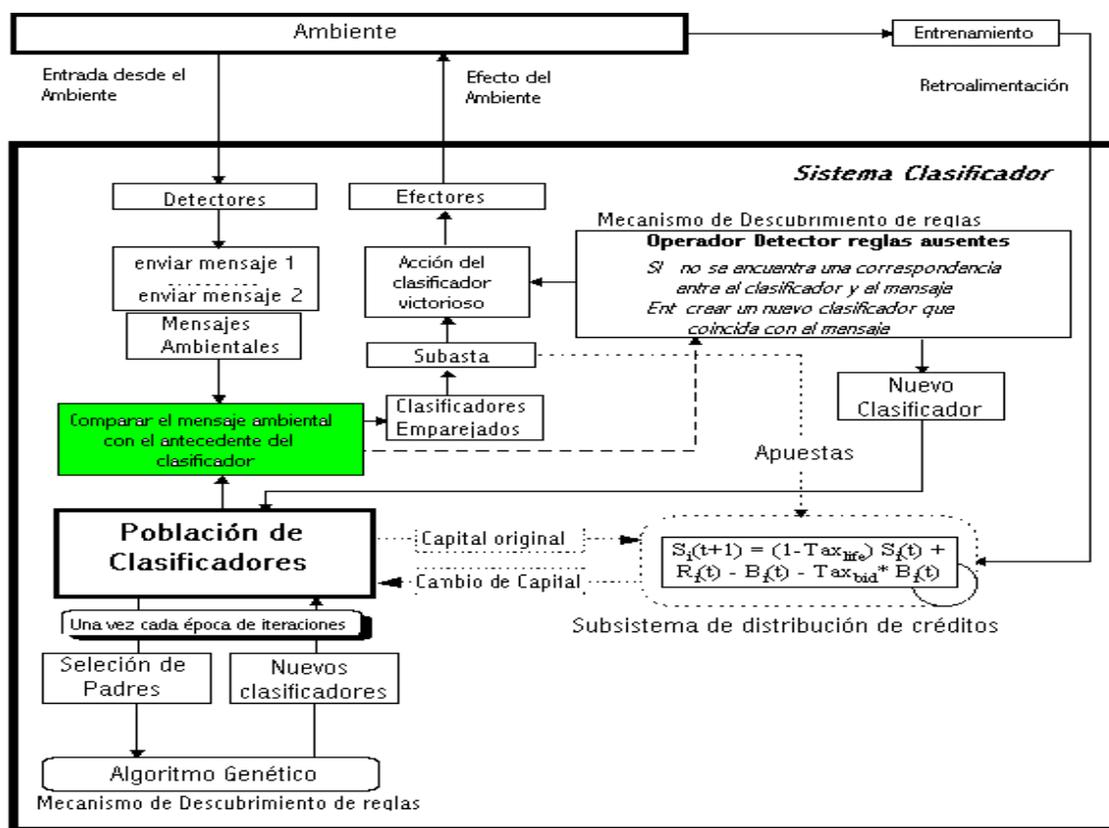


Figura 25. Modo de aprendizaje de un Sistema Clasificador.

Tomando como referencia los estudios realizados por Holland⁵, uno de los precursores en el desarrollo de Sistemas Clasificadores, quien propone dos modelos que aprenden por refuerzo (Un Sistema Clasificador simple que emplea emparejamiento de esquemas con un algoritmo de distribución de créditos; y un Sistema Cognitivo Clasificador⁶ CS-1), se evaluará el desempeño de

⁵ GOLDBERG, Op.cit. p. 223.

⁶ Para mayor información sobre CS-1 ver el Anexo C numeral 2.3.

cada uno en un ambiente virtual, validando aspectos como el tiempo de aprendizaje, robustez y eficiencia. Finalmente, se implementará definitivamente aquel modelo que haya presentado un mejor desempeño y adaptabilidad, garantizando de esta forma que el tiempo de aprendizaje sea relativamente poco y muy convergente.

6.1 DIAGRAMA REFINADO DE CLASES PARA CADA SISTEMA CLASIFICADOR

Diagrama para el Sistema Clasificador Simple

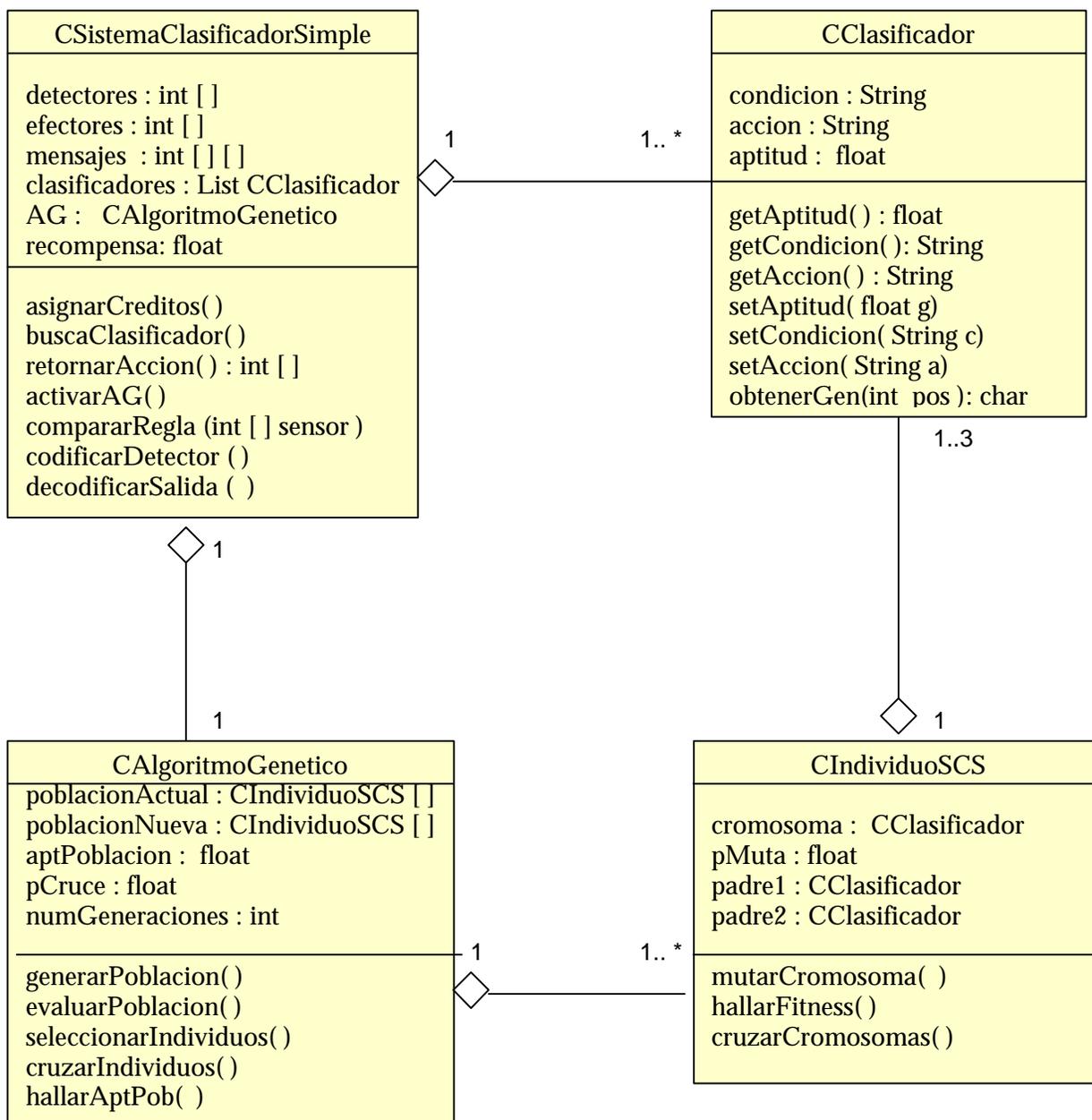
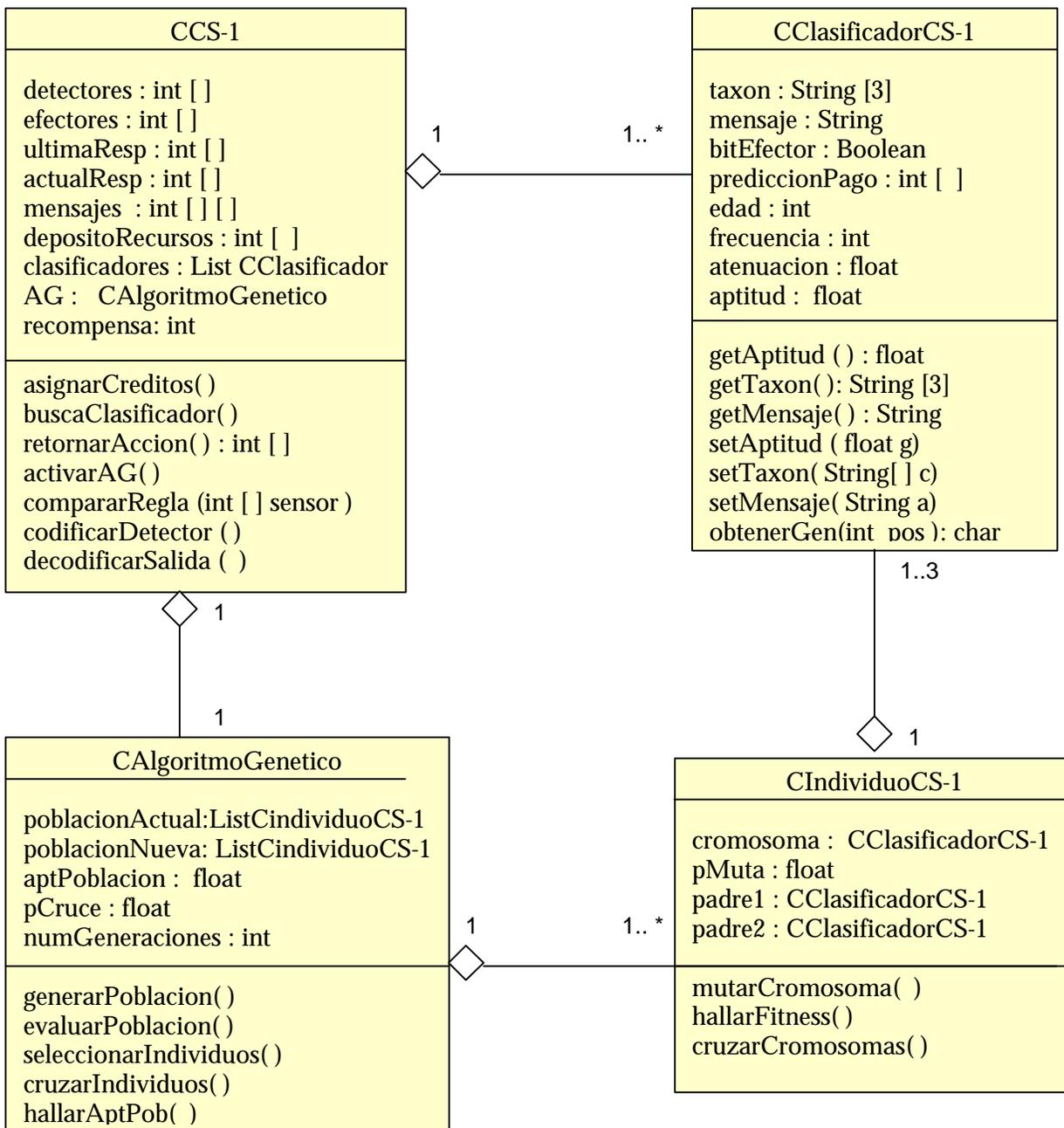


Diagrama para el Sistema Clasificador CS-1



6.2 DISEÑO DE LA BASE DE REGLAS Y MENSAJES DE UN SC

El sistema de reglas y mensajes forma la columna vertebral del SC. La información fluye del ambiente a través de los detectores (los ojos y oídos del sistema clasificador) donde es decodificado uno o más mensajes de longitud finita. Estos mensajes del ambiente son enviados a una lista de longitud finita y dichos mensajes deben activar reglas del tipo String llamadas clasificadores. Cuando es activado, un clasificador envía un mensaje a la lista de mensajes. Estos mensajes deben invocar otros clasificadores o deben causar una acción a ser tomada a través de

la activación de respuestas llamadas efectores. De esta forma los clasificadores combinan las ayudas, las pistas del ambiente y los cálculos internos para determinar lo que el sistema podría hacer e inferir seguidamente. En un sentido éste coordina el flujo de información de donde es sensada (detectores) a donde es procesada (lista de mensajes y almacén de reglas) y por último produce llamadas para accionar una respuesta (efectores).

Un mensaje dentro de un sistema clasificador es simplemente un String de longitud finita sobre algún alfabeto finito. Si se limita a un alfabeto binario se obtiene la siguiente definición:

$\langle \text{mensaje} \rangle ::= \{0,1\}$. Aquí el símbolo “ $::=$ ” significa “es definido como” y se encuentra dentro del conjunto de $\{0,1\}$. Los mensajes son el segmento básico de intercambio de información en un SC. Los mensajes de la lista de mensajes deben coincidir con uno o más clasificadores.

Un clasificador es una regla de producción con una sintaxis simple así:

$\langle \text{clasificador} \rangle ::= \langle \text{condición} \rangle : \langle \text{mensaje} \rangle$. La condición es un mecanismo simple de reconocimiento de patrones donde un caracter comodín (#) es agregado al alfabeto, $\langle \text{condición} \rangle ::= \{0,1,\#\}$. Luego una condición es emparejada por un mensaje si en cada posición un 0 en la condición corresponde con un 0 en el mensaje, un 1 coincide con un 1, o un # coincide con un 1 o un 0. Por ejemplo, la cuarta posición en la condición #01# coincide con el mensaje 0010, pero no con el mensaje 0000.

Una vez la condición de un clasificador es emparejada, el clasificador se convierte en candidato para enviar su mensaje a la lista de mensajes en el próximo paso de tiempo. Si el clasificador candidato envía su mensaje, se debe a que fue determinado por la salida de la activación de una subasta, la cual depende del buen desempeño del clasificador (su aptitud).

Para solidificar el entendimiento del trabajo del sistema de reglas y mensajes, se simulará la actividad de emparejamiento de un sistema clasificador. Suponiendo que se tiene un almacén de clasificadores (reglas) consistente con los siguientes clasificadores:

- 1) 01## : 0000
- 2) 00#0 : 1100
- 3) 11## : 1000
- 4) ##00 : 0001

En el primer paso, un mensaje ambiental 0111 aparece en la lista de mensajes, este mensaje coincide con el clasificador 1, el cual entonces envía su mensaje 0000. Este mensaje en su turno coincide con las reglas 2 y 4, las cuales envían sus mensajes (1100 y 0001). El mensaje 1100 entonces coincide con el clasificador 3 y 4. Después el mensaje enviado por el clasificador 3, 1000, coincide con el clasificador 4 y el proceso termina.

El sistema simple de reglas y mensajes es mecánicamente sencillo. Varios estudios han extendido la sintaxis de clasificador para permitir múltiples condiciones⁷ y pasar a través de caracteres.

El Almacén de Clasificadores o Base de Reglas que se diseñará consta de un arreglo de tipo Clasificador de 1000 elementos.

6.3 DISEÑO DEL ALGORITMO DE DISTRIBUCIÓN DE CRÉDITOS

El algoritmo de distribución de créditos propuesto por Holland⁸ (llamado por él Bucket Brigade) simula una cadena de servicios económicos donde cada clasificador es un ente que posee una ganancia (*strength*) S_i . El algoritmo es similar a la noción de una cadena de personas pasando cubetas de agua entre ellos con el fin de extinguir un fuego. Los clasificadores también forman cadenas cuando solucionan un problema. Cada clasificador envía un mensaje para ser leído por el próximo miembro de la cadena, cuando se correlaciona un mensaje enviado por el miembro anterior. En cualquier momento un clasificador se dispara, y debe pagar una fracción de su ganancia al clasificador que le envió el mensaje interno previo. Además, cuando la acción de un clasificador causa una señal de recompensa del ambiente, el valor S_i del clasificador se incrementa por la cantidad de la recompensa.

El algoritmo de distribución de créditos consta de dos etapas. En la primera, los clasificadores activados por el mensaje enviado desde el almacén o el ambiente, realizan una subasta B_i , haciendo apuestas para escoger el más apropiado para responder dicho mensaje. Sus apuestas son proporcionales al valor de la ganancia que poseen en ese momento. De esta forma, los que han acumulado un mayor mérito, tienen mayor probabilidad de ser escogidos. Posteriormente, viene la agencia de compensación, en la cual, el clasificador activado hace un pago P_i de su apuesta a aquellos clasificadores que enviaron mensajes que coincidieron con su condición. Un clasificador puede que también tenga recaudaciones R_i de su previa actividad de envío de mensajes o de la recompensa del ambiente. Además de las apuestas y las recaudaciones, un clasificador debe estar sujeto a uno o más impuestos T_i con el objeto de causar una penalización a clasificadores ineficientes. Se puede luego escribir una ecuación que describa la reducción o el incremento del ganancia de cada clasificador.

$$S_i(t + 1) = S_i(t) - B_i(t) - T_i(t) + R_i(t).$$

⁷ GOLDBERG, David. Genetic Algorithms in search, optimization and machine learning. Addison Wesley, 1972. p. 45.

⁸ Ibid, 225.

Para comprender la acumulación de riqueza de un clasificador en detalle, se debe también cuantificar sus apuestas, pagos, e impuestos. Un clasificador apuesta en proporción a su ganancia S_i .

$$B_i = C_{apu} S_i$$

donde C_{apu} es un coeficiente o de apuesta entre 0 y 1.

Un esquema de apuesta más complejo que se empleará es este proyecto es el siguiente:

$$B_i(t) = C_{apu} * S_i(t) + (k_1 * BidRatio^{BRPow})^9$$

Donde:

- K_1 : coeficiente de apuesta. Es una constante menor que 1 que indica el porcentaje de lo que apostará el clasificador en la subasta.
- BidRatio: Nivel de especificidad. Es una medida que indica que tan similar o acertada es la condición de un clasificador con respecto a un determinado mensaje. Por ejemplo, cuando el bit n del clasificador es el mismo que el bit n del mensaje, se agregan dos puntos al BidRatio. Cuando el bit n del clasificador es un comodín “#” entonces se agrega un punto, y cuando no coinciden ni es “#” no se agrega puntos.
- BRPow: Parámetro que controla la importancia del BidRatio en determinar la apuesta de un clasificador (por defecto es 1).

Se podría simplemente parar aquí y seleccionar un ganador de la subasta determinísticamente por medio de la selección de los k mejores clasificadores (donde k es el tamaño de la lista de mensajes), sin embargo esto resultaría convergentemente próximo a un estado inicial. A cambio se mantendrá la subasta en presencia de un ruido aleatorio. Se calcula una apuesta efectiva AE por cada clasificador que corresponde en su parte condición con el mensaje, como la suma de su apuesta determinística y un término de ruido:

$$AE_i = B_i + N(\sigma_{apu})$$

Donde el ruido N es una función Gaussiana aleatoria del ruido específico de apuesta σ_{bid} . Después de algo de ruido en la subasta y de la selección de los clasificadores que enviarán mensajes, el pago debe ser hecho a los clasificadores responsables por enviar los mensajes que activaron los ganadores. Los ganadores pagan sus apuestas (los valores B_i , no los valores AE_i) a la agencia de compensación, donde el pago es atribuido al clasificador que envió el mensaje a la lista.

⁹ www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkhn061a.htm#RTFTtoC25

A cada clasificador se le aplica un impuesto para prevenir una sobrecarga, influenciando a la población a generar reglas productivas. Muchos esquemas están disponibles, en el siguiente simplemente se recolecta un impuesto proporcional al ganancia del clasificador.

$$T_i = C_{\text{impuesto}} S_i$$

Después de n iteraciones de “inactividad” el ganancia de un clasificador es el siguiente:

$$S(t+n) = S(t) * (1 - C_{\text{impuesto}})^n$$

La vida media, n , de un clasificador inactivo puede ser entonces determinada por la ecuación¹⁰:

$$n = \frac{\log(1/2)}{\log(1 - C_{\text{impuesto}})}$$

Si la vida media es específica, la tasa de impuesto puede ser hallada mediante la ecuación:

$$C_{\text{impuesto}} = 1 - (1/2)^{(1/n)}$$

Otro tipo de impuesto empleado es el Impuesto de apuesta Imp_{apu} , el cual es aplicado a cada clasificador durante una iteración con el fin de penalizar los clasificadores muy generales, por ejemplo, los clasificadores que apuestan en cada paso pero que rara vez ganan porque tienen una baja especificidad la cual produce apuestas bajas que impiden el envío de mensajes efectores¹¹.

Estas relaciones juntas definen el algoritmo de distribución de créditos usado en un gran número de SC. Para examinar brevemente la estabilidad y efecto de este mecanismo, se reemplaza la ecuación de distribución de créditos dentro de una forma más útil donde todos los pagos e impuestos han sido reemplazados por sus ganancias equivalentes. Asumiendo que se tiene un clasificador activo, se obtiene la siguiente ecuación de diferencia:

$$S(t+1) = S(t) - C_{\text{apu}} S(t) - C_{\text{impuesto}} S(t) + R(t) - \text{Imp}_{\text{apu}} C_{\text{apu}} S(t) \quad \text{donde } C_{\text{apu}} S(t) = B_i(t)$$

Agrupando términos se obtiene la siguiente ecuación final:

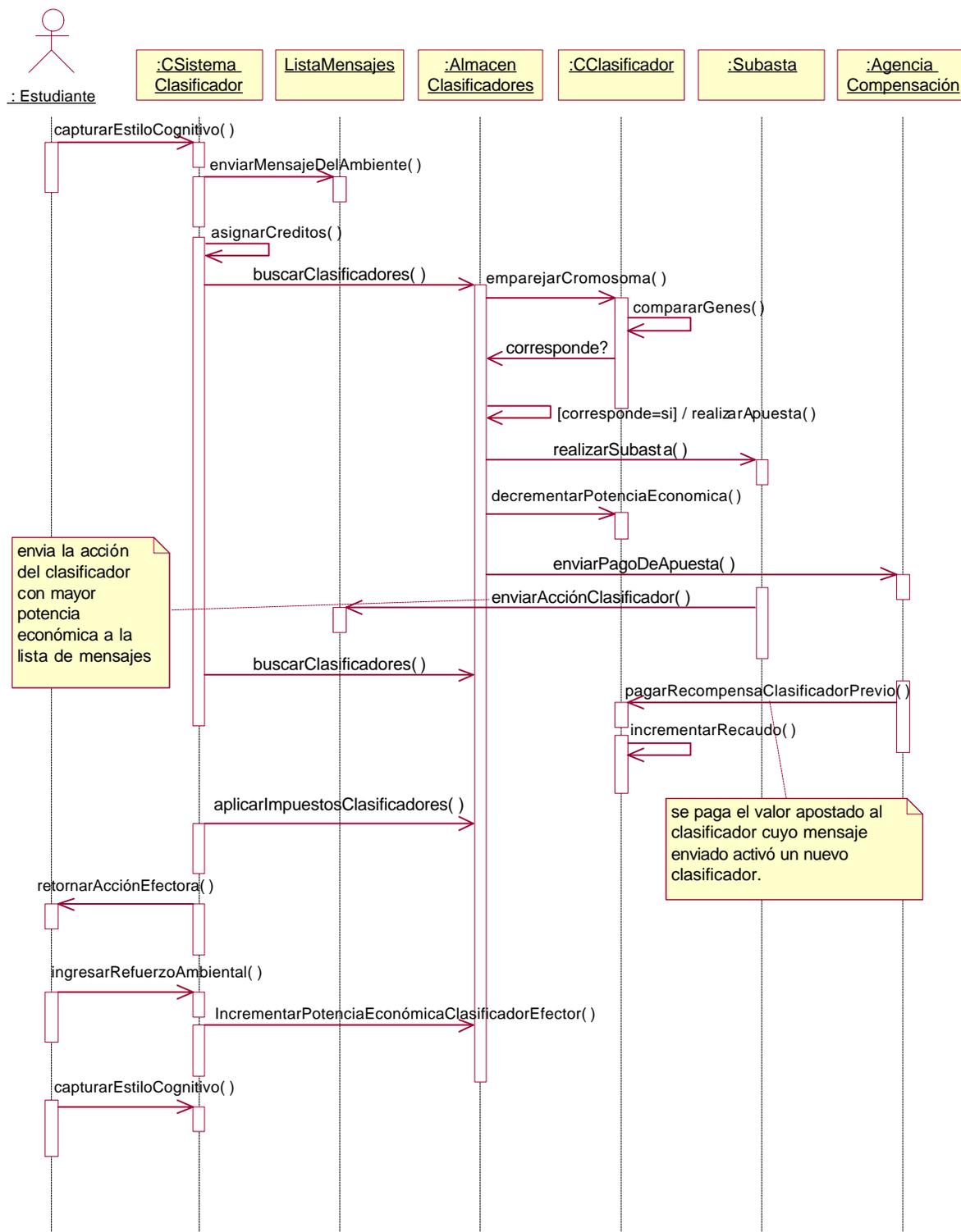
$$S(t+1) = (1 - K) S(t) + R(t)$$

$$\text{donde } K = C_{\text{apu}} + C_{\text{impuesto}} + \text{Imp}_{\text{apu}} C_{\text{apu}}$$

¹⁰ www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkxm061b.htm#RTFTtoC27

¹¹ Riolo: <http://www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkxm16.htm#Riolo>

Diagrama de Interacción entre objetos para el Algoritmo de Distribución de Créditos



6.4 DISEÑO DEL ALGORITMO GENÉTICO

La función principal del Algoritmo Genético dentro del Sistema Clasificador es inyectar nuevas y mejores reglas o clasificadores. Usando un AG similar al algoritmo genético simple descrito en la sección 1.3.2, nuevas reglas son creadas por el proceso tripartito (selección, cruce y mutación). Estas reglas son entonces reemplazadas en la población y procesadas por la subasta, recompensa y el mecanismo de refuerzo para evaluar apropiadamente su rol en el sistema. En este subsistema los clasificadores son considerados como cromosomas según la teoría de la computación evolutiva a los cuales son aplicables los operadores de selección, cruce y mutación¹².

6.4.1 Codificación Binaria de Cromosomas

Los cromosomas contienen las características cognitivas de cada individuo y la codificación binaria de los mismos representa en un arreglo finito, aquellas características. Como se mencionó al inicio del capítulo, teniendo como referencia los estudios de Witkin y Rogers, se han identificado 13 variables cognitivas, las cuales están sumergidas en cada uno de los estilos cognitivos y que se comportan como la información sensada por los detectores del sistema clasificador.

Variables e Indicadores Cuantitativos del Estilo Cognitivo (Detectores)

1. *Nivel de Ejercitación:* Mide el porcentaje de ejercicios realizados por el estudiante en uno de los cuatro planetas (suma, resta, multiplicación y división).
2. *Situaciones Contextualizadas:* recoge los resultados obtenidos por el estudiante cuando resuelve problemas dentro de un contexto de la vida diaria y cuando resuelve problemas y ejercicios descontextualizados.
3. *Empleo de ayuda del contenido hipermedia:* Mide el porcentaje de ayudas disponibles en el MEC que emplea el alumno en cada uno de los planetas.
4. *Solución de procedimientos:* Indica si el alumno ha desarrollado correctamente el procedimiento o estrategia para resolver algún tipo de problema de suma, resta, multiplicación o división.
5. *Nivel de interés de visita a los nodos hipermedia:* Indica el porcentaje de nodos hipertexto adicionales que el alumno visita en la interacción con un planeta.
6. *Empleo de herramientas del micromundo:* Indica el número de herramientas disponibles en el micromundo explorativo que emplea el alumno. Como por ejemplo la recta numérica interespacial.
7. *Nivel de conceptualización:* indica el porcentaje de preguntas conceptuales que el alumno acierta.

¹² Goldberg, Op.cit, p, 114.

8. indica por un lado la preferencia del estudiante por instrucción libre, donde sea él mismo quien decida por donde desea navegar a través del contenido hipermedia.
9. os.: captura ciertos aspectos de la memoria de corto plazo recordar algo previamente enseñado al estudiante. Esto se realiza con base en estudios realizados sobre la te
10. *Representación Perceptual EFT*: Se realiza parte del Test de figuras enmascaradas para
11. *Manejo de Información incoherente*: indica si el incoherente o sobrante en el enunciado de un problema. Para este tipo de variable se utilizan preguntas de información suficiente, donde el alumno debe decir si la información del problema dundante o insuficiente.
- Errores de conteo o mecánicos*:
incurre el alumno, como por ejemplo: $7+3 = 11$, $8 -$
13. *Reflexividad vs Impulsividad (segundos)*: Indica el tiempo que empl responder tanto a esquemas incorrectos ($7 + 8 = 16$) como a esquemas correctos ($8 * 3 = 24$). El alumno debe indicar si el esquema es falso o verdadero, en un intervalo de tiempo de 0.3 – 3 seg. Aquellos alumnos que demoren más de poseen un proceso reconstructivo (Reflexividad) y aquellos que demoren menos de 1.3 segundos realizan un proceso Reproductivo (Impulsividad) según los estudios realizados por

13

Definición de los detectores de

- *d1*: Nivel de Ejercitación: ya que el nivel de ejercitación es un porcentaje, es decir su valor embargo se puede emplear a cambio una escala de 1 a 10, donde 10 representa 100, de tal
- *d2*: Situaciones Contextualizadas (porcentaje): se requiere un arreglo de 4 posiciones igual que
- *d3*: Empleo de ayuda (porcentaje): se requiere un arreglo de 4 p
- *d4*: solución de procedimientos: se requiere un arreglo de 4 posiciones ya que máximo el
- *d5*: nivel de visita a hipertextos (porcentaje): se requiere un arreglo de 4 posiciones

- *d6*: empleo de herramientas de micromundo: se requiere un arreglo de 4 posiciones ya que el alumno puede emplear máximo 15 herramientas. (15 = 1111).
- *d7*: nivel de conceptualización (porcentaje): se requiere un arreglo de 4 posiciones.
- *d8*: Navegación secuencial o personalizada: se requiere solo una posición (1 ó 0)
- *d9*: Desempeño de la MCP: requiere sólo una posición. 1 = recuerda después de 18 segundos, 0 = no recuerda después de 18 segundos.
- *d10*: manejo de información incoherente: requiere sólo una posición. 1 = detecta incoherencias en el enunciado del problema, 0 = no detecta las incoherencias.
- *d11*: representación perceptual EFT (porcentaje): se requiere un arreglo de 4 posiciones.
- *d12*: errores de conteo o mecánicos (porcentaje): se requiere un arreglo de 4 posiciones.
- *d13*: Reflexividad vs. Impulsividad: se requiere un arreglo de 2 posiciones: la primera posición representa si superó o no el segundo de tiempo para responder esquemas correctos (1 ó 0) y la segunda posición representa si superó o no el segundo de tiempo para responder esquemas incorrectos (1 ó 0).

La condición del clasificador o cromosoma es de 13 genes o detectores, que corresponden a un arreglo finito de 41 posiciones (bits).

Definición de los efectores del SC

La parte acción del cromosoma representa el tipo de alumno correspondiente a las características cognitivas sensadas. Como se mencionó en el capítulo 3 sobre el Diseño del MEC, el Sistema Clasificador debe detectar el comportamiento del alumno y categorizarlo en un tipo de alumno según las tres dimensiones cognitivas (Analítico-Holístico, Experiencias Concretas - Experimentación Activa y Observación Reflexiva – Conceptualización Abstracta). Teniendo en cuenta que los tipos de alumnos son 8, se puede emplear un arreglo de 3 posiciones binarias así:

0	0	0	: Alumno Convergente Analítico	} Efectores
0	0	1	: Alumno Convergente Holístico	
0	1	0	: Alumno Divergente Analítico	
0	1	1	: Alumno Divergente Holístico	
1	0	0	: Alumno Adaptador Analítico	
1	0	1	: Alumno Adaptador Holístico	
1	1	0	: Alumno Asimilador Analítico	
1	1	1	: Alumno Asimilador Holístico	

Sin embargo las acciones que producen los clasificadores no siempre son salidas concretas del SC, en ocasiones pueden convertirse en nuevas entradas para la lista de mensajes. Por tal motivo, la longitud de la parte acción del cromosoma puede variar entre 3 posiciones o 41 posiciones.

La longitud total del cromosoma se compone de la longitud de la condición del clasificador + la longitud de la acción del clasificador. Luego la longitud total corresponde a un arreglo finito de 82 posiciones.

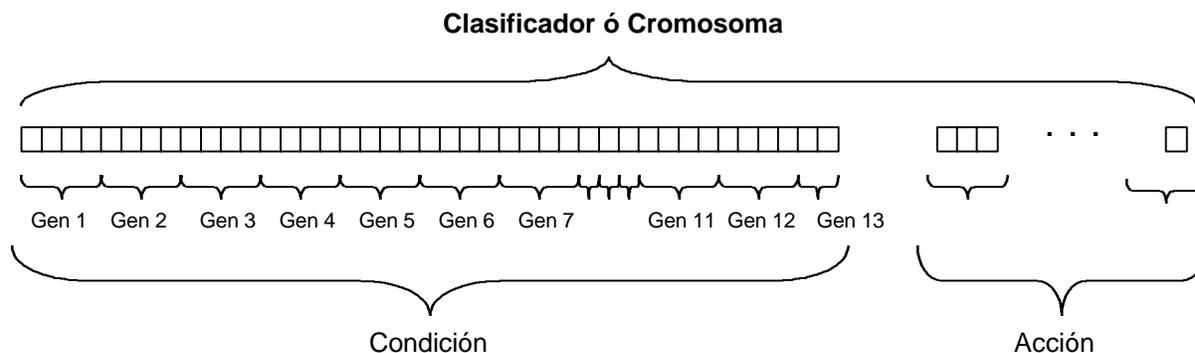


Figura 26. Estructura cromosómica del clasificador

6.4.2 Operadores Genéticos

En la literatura especializada se han desarrollado numerosos operadores que modifican la composición de los descendientes en las generaciones siguientes, entre los cuales se pueden nombrar reproducción, cruce, mutación, dominancia, inversión, traslocación, segregación, niche, especiación, abenancia, elitismo, etc. En este proyecto se desarrollará un Algoritmo Genético compuesto por los siguientes operadores: reproducción, cruce y mutación, los cuales han producido resultados excelentes en los problemas bajo estudio¹⁴.

Selección y Reproducción

La operación de reproducción consiste en seleccionar dos individuos de la población $P(t)$. La probabilidad de selección de un individuo es:

$$p_{\text{selec}_i} = f_i / \sum f_j$$

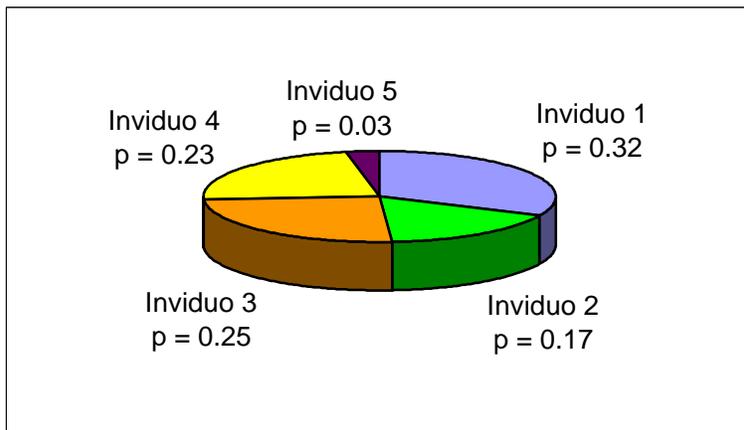
donde f_i es la aptitud del individuo y $\sum f_j$ es la sumatoria de las aptitudes de todos los individuos de la población. El número esperado de veces que un individuo puede ser padre es:

$$n_i = p_{\text{selec}_i} \times n = f_i / f_{\text{med}} \quad \text{donde } f_{\text{med}} \text{ es la aptitud promedio de la población.}$$

Así el mejor cromosoma hará más veces de padre que el peor.

¹⁴ CERROLAZA, Miguel. Algoritmos de optimización basados en simulación genética. Venezuela. 1996, p, 45- 66.

El esquema de selección que se empleará es el de selección estocástica por torneo combinada donde cada individuo realiza una apuesta para ser padre en la siguiente generación, entre mayor reproducirse, es decir, entre más alta sea su aptitud tendrá una porción más grande de la ruleta, y por lo tanto mayor probabilidad de ser elegido. Luego, se genera un individuo que será escogido para ser padre. En el gráfico el individuo 1 posee mayor probabilidad de ser padre varias veces.



La selección por torneo favorece la reproducción de algunos individuos potencialmente mediocres evitando así el estancamiento en un máximo local o punto de silla y proporcionando una búsqueda tanto en exploración como en explotación de un máximo global.

Gráfico 13. Selección por Torneo de Individuos

El elitismo se empleará gracias a que los operadores de cruce y mutación pueden afectar que un buen cromosoma se mantenga a través de las generaciones, degradando así el aprendizaje producido por los clasificadores. Lo que se busca con este método es elegir cierto porcentaje de individuos buenos de la población anterior para ser padres de la siguiente población, ayudando a la mejor convergencia del proceso, cuidando de no perder la diversidad en los clasificadores¹⁵.

Cruce ó Crossover

El operador de cruce se realiza bajo un método estocástico, donde se cruzan dos padres de la población aleatoriamente y además se calcula un número de punto de cruce aleatorio entre el intervalo (0, n-1), con n = la longitud del cromosoma. Dicho número indica una posición del arreglo finito del cromosoma, a partir de esta posición se intercambia la información genética de los dos padres. Como resultado del operador de cruce, se generan dos nuevos hijos presentes en la nueva generación. Si el punto de cruce es igual a 0 ó a n-1, entonces el material genético de los padres no se recombina produciendo réplicas de si mismos.

¹⁵ DAVIS, Lawrence. Handbook of Genetic Algorithms. New York. 1991.

Mutación

Este operador también se basa en un método estocástico donde se determinan dos factores aleatorios, el primero representa el punto de mutación, por lo cual se genera un número aleatorio u entre 0 y $k-1$ y se realiza la mutación en dicha posición, que en este caso no resulta tan

serían:

or 1 ó por #

Si es # entonces cambiar por 0 ó por 1

Por tal motivo se genera el segundo factor aleatorio que indica el código que reemplazará el del punto de mutación del cromosoma, por ejemplo: Si se tiene el cromosoma mutado y cuyo punto de mutación es 3, es decir el código "#", sus posibles opciones de mutar son: "1" ó "0". Se genera un factor aleatorio de tipo boolean (1 ó 0), suponiendo que el factor sea 1 el código resultante sería: 10110.

6.4.3 Determinación de la Función de Adaptabilidad o Aptitud de los individuos

La función de adaptabilidad (fitness) generada externamente por el ambiente para cada individuo, está dada por el valor de la ganancia S que tiene cada clasificador. Para estimular la inclusión de

de un clasificador por medio de su ganancia, la cual es evaluada por el nivel de beneficio que produce el ambiente a través

cada individuo, ya que cuando se aplican los operadores genéticos en n generaciones se reevalúa la función de aptitud de acuerdo a dos parámetros: el primero es el número de

se llevaría de la siguiente forma: si coinciden los dos códigos se agregan 2 puntos a la aptitud, si no coinciden se agregan 1 punto. Si el código es el código #

se halla calculando para cada cromosoma hijo, una aptitud o ganancia igual al promedio de aptitudes de los dos cromosomas padres.

6.4.4 Sustitución y Atestamiento

Ciertas

condiciones. Normalmente, la población que manipula el AG sufre modificaciones a través de las generaciones, lo cual no es muy conveniente cuando se está llevando a cabo un aprendizaje

máquina ya que los clasificadores (cromosomas) que contienen una descripción bastante acertada de su ambiente, pueden ser eliminados cuando se aplica el operador de cruce o el de mutación, causando la perdida de lo aprendido por el SC. Para evitar esto, se empleará el método de Sustitución y Atestamiento.

Este método proporciona la introducción de nuevos clasificadores y la eliminación de otros dentro de la población. Las implementaciones clásicas de los sistemas clasificadores y los algoritmos genéticos poseen poblaciones de tamaños constantes donde por cada nuevo individuo que es creado, otro individuo debe ser eliminado.

La idea básica del método de Sustitución y Atestamiento, es seleccionar una porción de la población que no será modificable mientras el resto se verá afectada por los operadores genéticos, con el fin de inyectar nuevos clasificadores dentro de la población.

El mecanismo de atestamiento es empleado para cada nuevo clasificador generado por inserción dentro de la población. Un factor de inspección de atestamiento es realizado para determinar cuál clasificador reemplazar. Cada inspección consiste de una selección aleatoria de una subpoblación, luego se selecciona el clasificador con ganancia más baja en la subpoblación. El clasificador seleccionado es agregado a un almacén de candidatos para la sustitución. Cuando las inspecciones del factor de atestamiento han sido realizadas en totalidad, los miembros del almacén son comparados con los hijos de nuevas generaciones, y los cromosomas hijos reemplazan los candidatos más similares basándose en una conteo de similitud.

El conteo de similitud es una simple cuenta de las posiciones donde tanto los cromosomas hijos como los candidatos son idénticos. Este método es benéfico ya que ayuda a mantener la diversidad dentro de la población.

Después de efectuar esto, cada cromosoma de la descendencia es revisado para saber si es una réplica de algún otro miembro de la población. Posiblemente esto ocurra incluso aplicando el procedimiento anterior ya que las réplicas pueden ser ambas de la misma descendencia. Si una réplica es hallada, una mutación es introducida dentro de la réplica de aptitud más baja, el proceso es repetido, si es necesario, hasta que los individuos sean únicos.

En la siguiente figura se observa más claramente cómo funciona este método (suponiendo que existe el clasificador hijo **1#001: 01011**, resultado de aplicar los tres operadores genéticos y que debe ser insertado en la base o población de clasificadores):

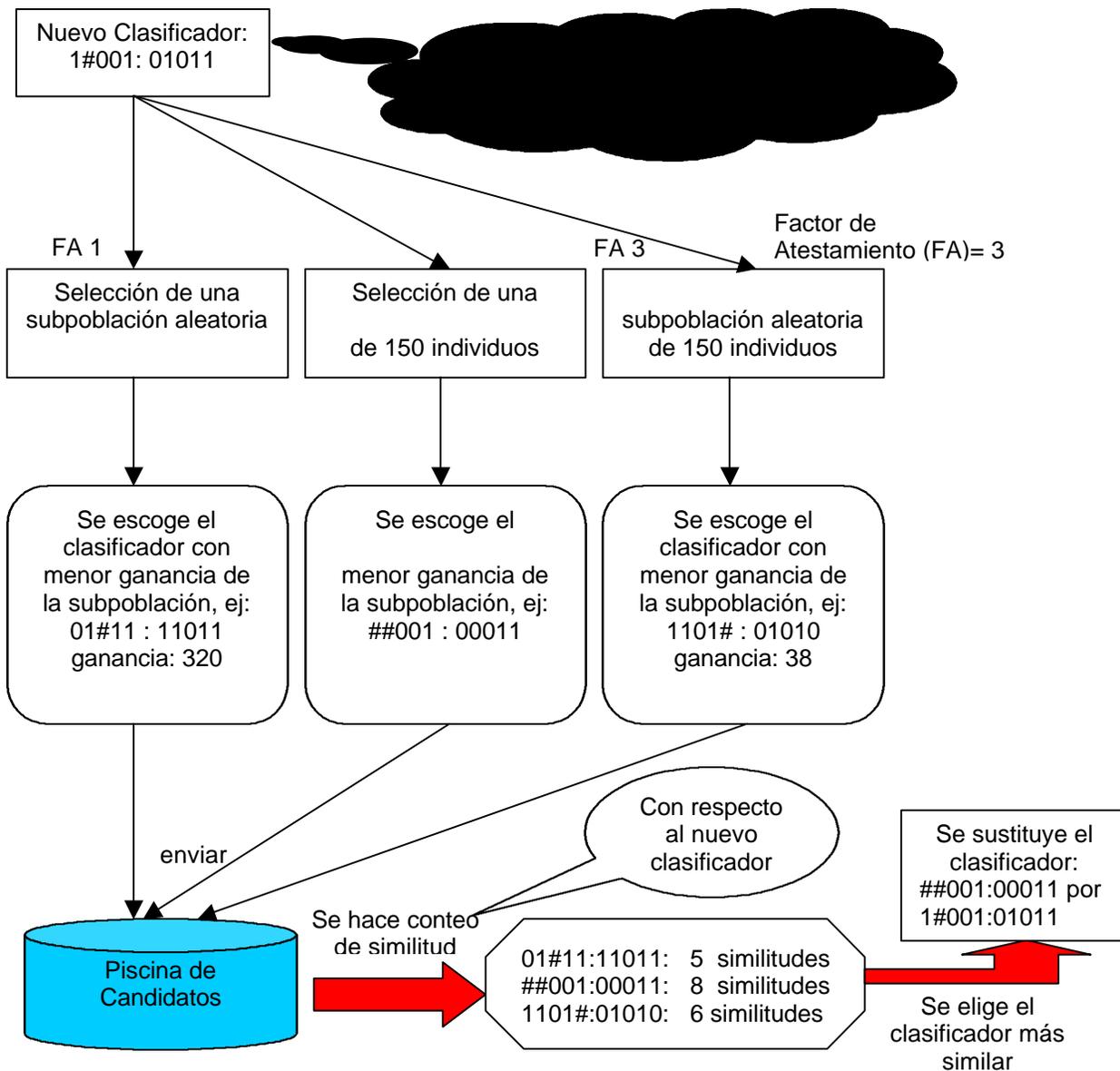
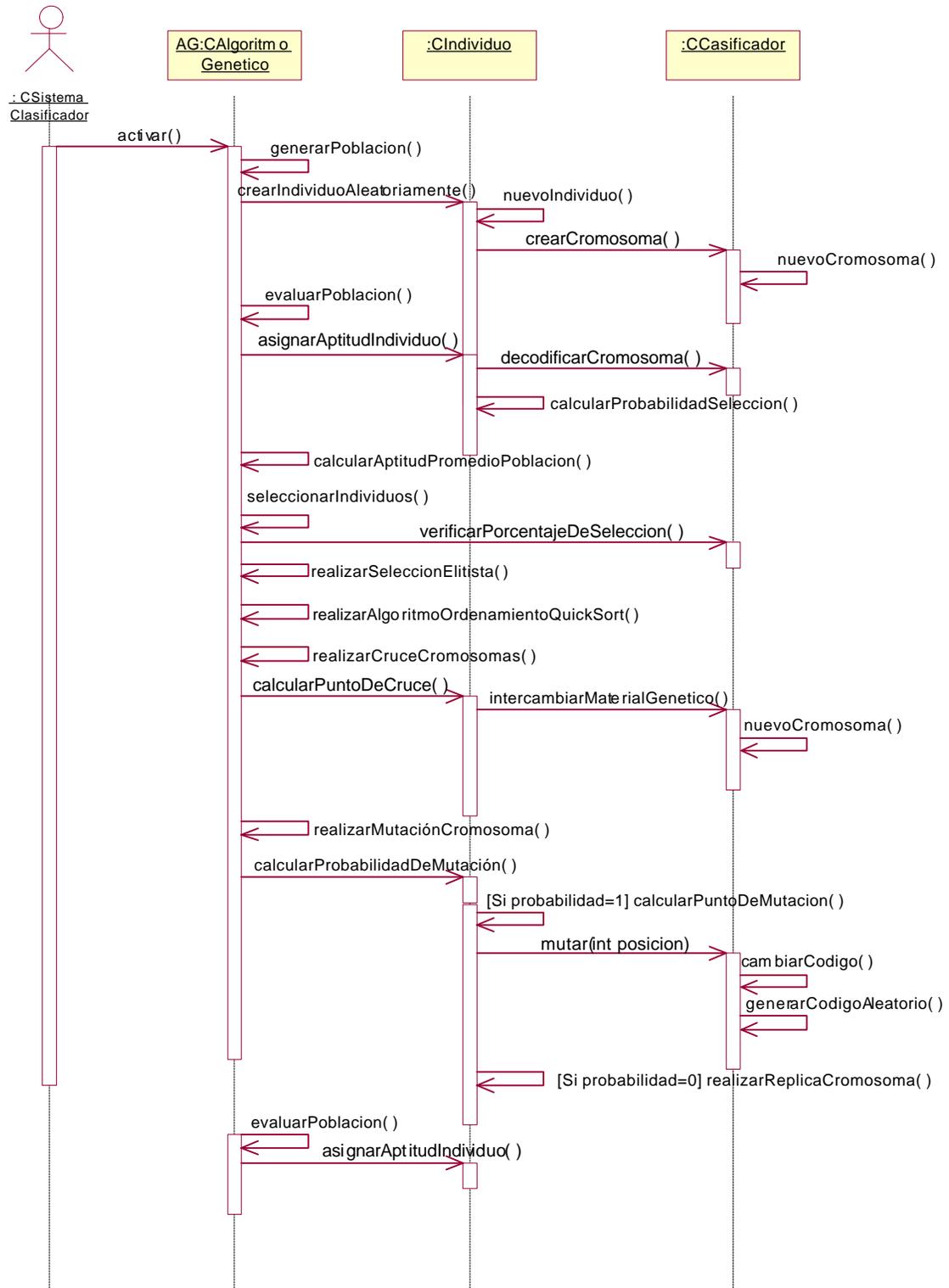


Figura 27. Método de Sustitución y Atestamiento.

6.4.5 Diagrama de Interacción entre objetos para el Algoritmo Genético

A continuación se presenta el diagrama de secuencia que describe el paso de mensajes entre objetos para el Algoritmo Genético.



6.4.6 Criterio de Activación del AG

El proceso de aprendizaje llevado a cabo por el AG se activa cada inicio de época del sistema clasificador. Una época es un número determinado de iteraciones del SC, también es considerada como un bloque de ciclos de aprendizaje donde los individuos de la población pueden ser

categorizados. Después que ha terminado una época los clasificadores son reproducidos a través del AG con el fin de descubrir un mejor conjunto de clasificadores. Después de ser aplicado el AG la nueva población comienza con otra época de ciclos de aprendizaje. El proceso por completo es repetido hasta que la población alcance algún estándar o meta. El tamaño de la época será determinado con un valor de 20 iteraciones, ya que un valor de orden mayor puede afectar el aprendizaje del sistema clasificador haciéndolo muy lento¹⁶, y un valor menor puede ocasionar que las reglas potencialmente buenas no sean explotadas al máximo por no alcanzar a recaudar suficiente ganancia en tan poco tiempo.

Cuando inicialmente entra al SC un mensaje ambiental y éste no es correspondido por ninguno de los clasificadores en su parte condición, no se procede a activar el AG en busca de nuevos clasificadores sino que se emplea el “operador detector de reglas o clasificadores ausentes”.

La función principal de este operador es crear un clasificador cuya condición corresponda con el mensaje ambiental ya sea por medio de esquemas (empleando el comodín #) o por medio de una cadena específica idéntica al mensaje. La acción de dicho clasificador se genera aleatoriamente y se repite el proceso de búsqueda en el almacén de clasificadores, pero esta vez si no se encuentra un clasificador que coincida, se procede a retornar al ambiente la acción del clasificador activado.

La ganancia del clasificador generado por el operador detector de reglas ausentes se determina hallando el promedio de la ganancia de toda la población¹⁷.

6.5 PARÁMETROS DEL SISTEMA CLASIFICADOR

Los siguientes parámetros fueron determinados a través de estudios experimentales previos realizados por Goldberg¹. A continuación se presentan los parámetros que se emplearán en el mecanismo de subasta:

Nombre	Variable	Valor	Significado
Coefficiente de apuesta del clasificador	C_{apu}	0.1	Equivale al 10% del ganancia que posee cada clasificador.
Nivel de especificidad de un clasificador	BidRatio	0 - 82	Por cada posición que coincida la condición del clasificador con el mensaje se agregan dos puntos a BidRatio. (la condición tiene 41 posiciones).
Coefficiente de BidRatio	K_1	0.1	Equivale al 10% del valor de especificidad (BidRatio) que puede tener un clasificador con respecto a un mensaje.
Exponente de BidRatio	BRPow	1.0	El nivel de especificidad cumple una función normal dentro de la determinación del valor de apuesta.

¹⁶ <http://www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkxm063.htm>

¹⁷ RILO: <http://www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkxm16.htm#Riolo>

Nombre	Variable	Valor	Significado
Desviación estándar del ruido	σ_{apu}	1.0	Ya que se seguirá una función Gaussiana con desviación estándar igual a 1.
Valor inicial del ganancia	S_0	500	Indica que cuando se genera la población de clasificadores por primera vez, todos poseen un ganancia de 500 unidades.

Tabla 17. Parámetros del Sistema Clasificador

Seguidamente se establecerán los parámetros para el mecanismo de impuestos:

Como se describió anteriormente en la sección 6.3 existe una ecuación para hallar el impuesto de vida utilizando la vida media deseada para cada clasificador. Teniendo en cuenta que una época equivale a 20 iteraciones (sección 6.4.6) el resultado del impuesto de vida es:

$$C_{\text{impuesto}} = 1 - (1/2)^{(1/n)}$$

$$C_{\text{impuesto}} = 1 - (0.5)^{(1/20)} = 0.03406367 \cong \underline{0.034}$$

Los Experimentos conducidos por Goldberg¹⁸ encontraron que usando un Impuesto por apuesta Imp_{apu} menor que el inverso del número de clasificadores en la población, provee excelentes resultados. Considerando que el tamaño de la población de clasificadores será igual a 1000, el impuesto por apuesta puede ser de $Imp_{apu} = 1/1000 = 0.001$.

Impuesto de Vida: C_{impuesto}	0.034
Impuesto de Apuesta: Imp_{apu}	0.001

A continuación se presentan los parámetros del AG y del operador detector de reglas ausentes.

Longitud de época (período del GA)	20 ciclos
Proporción de la población seleccionada para reproducirse en cada época	10 %
Probabilidad de Mutación	100%
Probabilidad de Cruce	100%
Factor de Atestamiento (número de individuos seleccionados con menor S_i)	5
Tamaño de Sub-población de Atestamiento	150

Tabla 18. Parámetros del AG

6.6 DISEÑO DE LA EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA COMO MECANISMO DETECTOR DEL SC

La evaluación diagnóstica cumple un papel importante como mecanismo sensor de las características cognitivas del alumno, es decir, se comporta como los ojos y oídos del Sistema Clasificador, y gracias a ésta se obtienen los mensajes ambientales (características cognitivas) que serán procesados por el SC.

¹⁸ <http://www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkhn0824.htm>

Las características que se medirán a través de la evaluación diagnóstica son:

* *Situaciones Contextualizadas*: Se plantean 5 problemas de la vida real donde se requiera realizar alguna operación aritmética (1), luego se plantean 5 problemas descontextualizados, es decir, únicamente se enuncia la operación (2) y se mide el porcentaje respectivo a la diferencia entre la solución correcta de (1) menos la solución correcta de (2). Un ejemplo del tipo de situaciones sería:

- (1) Juan compró 3 bombas con \$ 450. ¿a cómo compró cada bomba?
 (2) Realiza: $450 / 3 = ?$

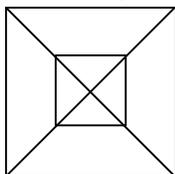
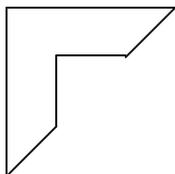
* *Nivel de conceptualización*: Se realizarán 10 preguntas conceptuales del tipo Falso/Verdadero, y selección múltiple. Ejemplo:

- La división es una resta abreviada. F _____ V _____.
- Cuales de las siguientes propiedades se aplican en la división de números naturales:
1. Asociativa
 2. Conmutativa
 3. Clausurativa
 4. Modulativa ✓

* *Desempeño de la MCP medida en segundos*: Esta parte se puede trabajar tanto con imágenes como con palabras y números. Por ejemplo, se le pide al alumno memorizar los siguientes números: 8, 3, 5, 0, 6, 2, 1, 7, 4, 9 y después de 18 segundos se pregunta por la secuencia. Para que la prueba sea confiable, se harán 5 ejercicios de este tipo variando los objetos a recordar, luego se hallará un promedio de aciertos y si éste corresponde a más del 70% de lo requerido, entonces el estudiante posee un buen desempeño de su MCP.

* *Representación Perceptual EFT*: En este tipo de ejercicio, se pedirá al alumno que reconozca figuras con distractores perceptuales, según la prueba EFT, por ejemplo:

- Determine cuantas veces se halla la figura de la izquierda en la figura de la derecha:



La respuesta es: se encuentra 4 veces

* *Manejo de información incoherente*: En este tipo de prueba se realizan de 2 a 5 problemas donde se pide al alumno hallar la solución o en caso dado detectar si la información es insuficiente o incoherente, por ejemplo:

- Manuela fue a la tienda con tres mil doscientos pesos y trajo como vueltas $1/8$ de lo que compró.
 ¿Cuántas chocalatinas compró?

- a. 5 chokolatinas
- b. 3 chokolatinas
- c. Falta información para resolver el problema.

La respuesta es "c" ya que al enunciado del problema le faltó indicar el valor de cada chokolatina para que de esta forma se hallara cuántas chokolatinas se podían comprar con \$ 2.800 , ya que los $\frac{7}{8}$ de 3.200 son 2.800.

* *Reflexividad vs Impulsividad*: En esta prueba se presentarán 2 tipos de ejercicios, el primero consiste en esquemas correctos tales como $7 + 5 = 15$, $5 * 4 = 20$, etc y el segundo consiste en esquemas erróneos como $8 + 3 = 10$, $7 + 7 = 15$, etc. El alumno deberá oprimir la letra S (Si, indicando correcto) o la letra N (No, indicando incorrecto) según crea conveniente en el menor tiempo posible. El intervalo de tiempo de respuesta será entre 0.3 seg – 3 seg. La prueba constará de 20 esquemas correctos y 20 esquemas erróneos mezclados entre sí.

Los demás parámetros que definen el estilo cognitivo (nivel de ejercitación, sesión secuencial vs personalizada, etc) serán medidos durante la interacción del alumno con el MEC y por lo tanto no se diseñarán items de éstos en la evaluación diagnóstica.

6.7 IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS FUNCIONALES

A continuación se presenta el pseudo-código para los métodos principales en el desarrollo del Sistema Clasificador.

Método ActivarAG()

poblacionAnterior = poblacionNueva

seleccionarIndividuos()

cruzarIndividuos(poblacionNueva)

mutar(poblacionNueva)

evaluarPoblacion(poblacionNueva)

Método generarPoblacion()

Para (i desde 0 hasta 999)

Crear un nuevo individuo para la población Nueva

Para (j desde 0 hasta 82)

Generar un número aleatorio entre 1 y 3

Al arreglo cromosoma asignar el valor del número aleatorio

Fin Para

Fin Para

Método seleccionarIndividuos()

Ordenar los cromosomas de mayor a menor aptitud

Escoger los 50 primeros como padres seguros

```

Para i desde 0 hasta 999 hacer
    Seleccionar un numero aleatorio entre 0 y 1
    Si la probabilidad del cromosoma es mayor o igual que el número aleatorio
        Se selecciona el cromosoma como padre
    Fin si
Fin Para

```

Método CruzarCromosomas()

```

Para i desde 0 hasta 999 hacer
    Calcular aleatoriamente el punto de cruce
    Si el punto de cruce es diferente de 0 o de 81 entonces
        Intercambiar el material genético de los cromosomas
        Crear dos nuevos cromosomas hijos
    Fsi
Fin Para

```

Método MutarCromosoma()

```

Para i desde 0 hasta 99 hacer
    Generar un número aleatorio entre 0 ó 1 que indica si se debe mutar o no
    Si el número aleatorio es igual a 1 entonces
        Generar aleatoriamente un punto de mutación
        Cambiar el valor del cromosoma en la posición punto de mutación
    Fin si
Fin Para

```

// -----

Seudocódigo para el SC

```

// Comenzar con un tiempo inicial
t := 0;
// Una lista de mensajes vacía inicialmente
initListMensajes ML (t);
// y una población de clasificadores aleatoriamente generada
initPoblacionClasificadores P (t);

// Prueba por cada criterio de terminación de ciclo (tiempo, aptitud, etc.)
Mientras no se cumpla el ciclo hacer:
    // incrementar el contador de tiempo
    t := t + 1;
    // 1. los detectores verifican si hay mensajes de entrada
    ML := leerDetectores (t);
    // 2. comparar ML con los clasificadores y guardar los que coinciden
    ML' := emparejarClasificador ML,P (t);
    // 3. el clasificador con mayor apuesta almacenado en ML gana la "subasta" y envía su mensaje
    ML' := seleccClasificadorEmparejado ML',P (t);
    // 4. generar impuesto de apuesta a los clasificadores, reducir ganancia.
    ML' := impApuestaClasificador ML',P (t);
    // 5. los efectores revisan nuevos mensajes en la lista de mensajes para enviar mensajes de salida
    ML := enviarEfectores ML' (t);
    // 6. Recibir pago del ambiente (REFUERZO)

```

```

C := recibirPago (t);
// 7. distribuir pago /credito a los clasificadores
P' := distribuirCredito C,P (t);
// es necesario aplicar un impuesto de vida a todos los clasificadores de la población
P := impuestoVida P(t);
// 8. Eventualmente (dependiendo de t), un EA (usualmente un AG) es aplicado a la población
// de clasificadores
Si se cumple el criterio entonces
    P := generarNuevasReglas P' (t);
Si no
    P := P'
fin
Fin LCS.

```

Para mayor información sobre las clases y el código fuente revisar la ruta del CD /MEC/CSistemaClasificador/ *.java

6.8 ANÁLISIS DE DESEMPEÑO ENTRE LOS DOS SISTEMAS CLASIFICADORES

Como se mencionó en un comienzo del capítulo, se desarrollarán dos arquitecturas diferentes de sistemas clasificadores ambas propuestas por Holland, con el objetivo de medir su rendimiento e implementar en el MEC aquella que ofrezca mejores resultados. Para poder analizar inicialmente el desempeño de los dos sistemas clasificadores (CS-1 y el Sistema Clasificador Simple) se propone emplear cada uno de ellos en un *enfoque animat*¹⁹ ya que resulta mucho más fácil detectar el aprendizaje del sistema clasificador en este tipo de ambientes que si se implementara directamente en el módulo diagnóstico del MEC (esto se debe a que no se conocen con total exactitud los resultados esperados en la clasificación del estilo cognitivo de cada alumno y a que en un enfoque animat se requiere de menos tiempo de ejecución para observar los resultados del aprendizaje porque los detectores necesitan clasificadores de menor longitud que el requerido para el SC) y finalmente el sistema clasificador que presente una mayor adaptabilidad, efectividad y robustez será el empleado para diagnosticar el estilo cognitivo de cada alumno.

Gracias a los resultados obtenidos del rendimiento de cada sistema clasificador (Ver anexo G sobre el Análisis de desempeño de los dos sistemas clasificadores), se ha decidido implementar un SCS (ya que es más robusto, eficiente y adaptativo que el CS-1) dentro del módulo de diagnóstico del MEC con el fin de “aprender “ a categorizar el estilo cognitivo de cada alumno²⁰.

¹⁹ WILSON, S.W. From Animals to Animats 3: Proceedings of the third International Conference on Simulation of Adaptive Behavior. The MIT Press/Bradford Books, 1994.

²⁰ Para información más detallada acerca del procedimiento y los resultados obtenidos en la medición de desempeño en cada sistema clasificador, consultar el proyecto investigativo titulado “Clasificación automática del estilo cognitivo en estudiantes de educación básica para la personalización del material educativo computarizado en el área de matemáticas” que se encuentra en el Centro de Investigaciones de la UD y que fue realizado por los mismos autores del presente proyecto de grado bajo la dirección del Ing. Sergio A. Rojas.

6.9 RESULTADOS OBTENIDOS POR EL SISTEMA CLASIFICADOR EN EL MÓDULO DE DIAGNÓSTICO DEL MEC.

Los Sistemas Clasificadores se apoyan en la teoría del esquema (ver Anexo G numeral 2) para poder generalizar o especificar los modelos mentales que posee. Gracias a esta teoría, un mismo clasificador puede ser aplicado a diversas situaciones ambientales evitando la existencia de clasificadores redundantes y permitiendo hacer inferencias en situaciones generalizadas e inciertas.

El empleo de la teoría del esquema ha sido de gran ayuda en este proyecto específicamente, porque permite la definición de rangos estimativos para cada una de las variables cognitivas, en lugar de generar valores concretos y muy específicos, por ejemplo:

- 1#1# = indica un rango estimativo entre 1010 y 1111 en binario y entre [10, 15] en decimal (teoría del esquema)
- 1111 = indica sólo un valor concreto que en decimal equivale a 15.

A continuación se presentan los rangos estimativos iniciales con los cuales comenzó el Sistema Clasificador a identificar el estilo cognitivo para cada tipo de alumno.

6.9.1 Determinación de la población inicial de clasificadores

En el experimento con el animat (ver Anexo G) se tomó una población aleatoria de clasificadores, la cual a través del aprendizaje ajustaba las ganancias de los clasificadores y adquiría nuevo conocimiento. Pero para la implementación del SCS en el módulo diagnóstico se empleará una subpoblación inicial que representa los supuestos heurísticos establecidos por los profesores y el psicólogo del colegio El Minuto de Dios acerca de los rangos estimativos de las características cognitivas presentes en cada tipo de alumno.

La razón de tomar una subpoblación inicial predeterminada es buscar agilizar el proceso de aprendizaje en el SCS, puesto que se parte de una base experimental por parte del experto humano (pedagogo y psicólogo) que podría ayudar a guiar y a refinar dicho proceso de aprendizaje. Obviamente esta subpoblación estará sujeta a cambios y reestructuraciones de acuerdo al nuevo conocimiento que adquiera el SCS por medio de la inducción. La tabla de las variables cognitivas y sus respectivos rangos estimativos se presenta a continuación junto con la codificación en esquemas de clasificadores:

Convenciones		
SR = Situaciones Reales	SA = Situaciones Abstractas	EE = Errores por ejercicio
IP = Instr. personalizada	IS = Instrucción secuencial	R = recuerda, buena MCP
NR = No recuerda	DI = Detecta incoherencias	ND = No detecta Incoherenc.
EC : Esquemas Correctos, p.ej: 18 + 6 = 24 ? V EE : Esquemas Erróneos, p.ej. 7 + 7 = 15 ? F		

Variable Cognitiva	Alumno								
	Asimilador Analítico	Asimilador Holístico	Adaptador Analítico	Adaptador Holístico	Convergente Analítico	Convergente Holístico	Divergente Analítico	Divergente Holístico	
Nivel de Ejercitación	0 –40%	0 –40%	80 – 100%	80 – 100%	85 – 100%	85 – 100%	40 – 70%	40 – 70%	
Situaciones Contextualizadas	SR, SA	SR, SA	SR 80%	SR 80%	SR, SA	SR, SA	SR 60%	SR 60%	
Empleo de Ayuda del contenido hipermedia	40% – 60%	60 – 80%	20 – 30%	20 – 40%	30 – 50%	40 – 60%	50 – 70%	50 – 70%	
Solución de procedimientos	EE: 0 – 2	EE: 2 – 4	EE: 0 – 2	EE: 2 – 5	EE: 0 - 1	EE: 2 – 4	EE: 0- 1	EE: 3 – 5	
Nivel de interés de visita a nodos hipermedia	60 % - 100%	60 % - 100%	0 – 30%	0 – 30%	60 – 80%	60 – 80%	30 – 60%	30 – 60%	
Empleo de herramientas del micromundo	0 – 5	0 – 5	10 – 15	10 – 15%	5 - 10	5 - 10	0 - 5	0 – 5	
Nivel de conceptualización	70% – 80%	70 – 80%	0 – 30%	0 –30%	70 – 90%	70 – 90%	55 – 80%	55 – 80%	
Navegación secuencial vs personalizada	IP	IS	IP	IS	IP	IS	IP	IS	
Desempeño de la MCP	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR	
Manejo de información incoherente	DI	ND	DI	ND	DI	ND	DI	ND	
Representación perceptual EFT	70 – 80%	60 – 70%	80- 100%	50 – 70%	70 – 90%	55 – 65%	70 – 100%	50 – 70%	
Errores de conteo o mecánicos	20 – 40%	0 – 20%	20 – 40%	0 – 20%	20 – 55%	45 – 60%	30 – 50%	0 – 30%	
Reflexividad vs impulsividad en segundos	EC: +1 seg. EE : + 1 seg.	EC: - 1 seg EE: ± 1 seg	EC: +1 seg. EE : + 1 seg	EC: +1 seg. EE : + 1 seg.	EC: - 1 seg EE: ± 1 seg	EC: +1 seg. EE : + 1 seg	EC: - 1 seg EE: ± 1 seg	EC: +1 seg. EE : + 1 seg	

Tabla 19. Variables cognitivas y sus respectivos rangos estimativos

Tomando como base la tabla anterior, se procede a codificar los rangos estimativos en un alfabeto ternario {0,1#} para formar los distintos clasificadores que conforman la población inicial que empleará el Sistema Clasificador. Se debe tener en cuenta que la longitud máxima de la parte condición del clasificador corresponde a 41 posiciones mientras la parte acción requiere únicamente 3 posiciones (ver sección 6.4.1).

Alumno	Condición (Detector)	Acción (Efactor)
<i>Asimilador Analítico</i>	0#0#10##01##00##011#0#0#10##01110## #0#11	110
<i>Asimilador Holístico</i>	00##10##011# ##1# 011# #11# 10## 10001##00#0 0 1	111
<i>Adaptador Analítico</i>	10##10##00##00##00##1#1# 00##01 1 1### 0### 1 1	100
<i>Adaptador Holístico</i>	10##10##00## #1##00##1### 00##100 0### 00## 0 1	101
<i>Convergente Analítico</i>	10## #100 0###001##1## 01## 0###0111### 0### 1 1	000
<i>Convergente Holístico</i>	10## #10001##00## #1##01## 0###1000### 00## 0 1	001
<i>Divergente Analítico</i>	01## 0110 01## 00## 0#0# 010# ##000111###0#0#1 1	010
<i>Divergente Holístico</i>	01## 011001## 0### 0#0# 010# ##001010###00## 0 1	011

Tabla 20. Codificación de los rangos estimativos bajo esquemas de clasificadores para formar la subpoblación inicial.

Es de suponerse que la anterior subpoblación no representa en su totalidad los rangos de las características cognitivas para cada tipo de alumno, por tal motivo el SCS deberá basarse en dicha subpoblación y generalizar los rangos e intervalos para determinar cada estilo cognitivo.

6.9.2 Determinación del mecanismo de refuerzo y retroalimentación del SCS

El parámetro central en el cual se basará el SCS para determinar la señal de retroalimentación al sistema, es la curva de desempeño académico del alumno. Como se había especificado en el capítulo 5, cada alumno posee ciertas estadísticas que indican cuál ha sido su rendimiento durante la interacción con el MEC, y se espera por supuesto, que esta curva de rendimiento aumente en la medida que se personaliza el material didáctico.

La señal de retroalimentación es una función que depende directamente de la pendiente obtenida entre el último puntaje de desempeño del alumno y el puntaje actual, por ejemplo:

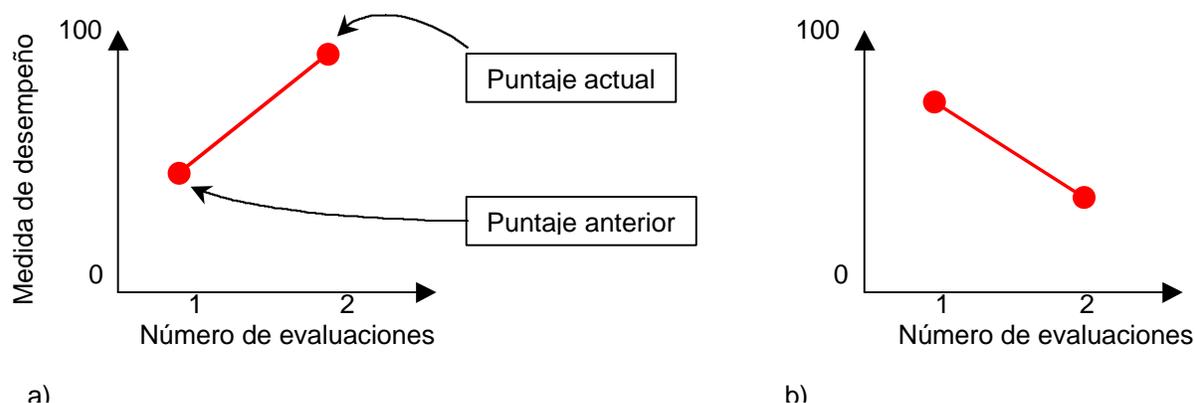


Figura 28. Nivel de desempeño del alumno

Como se observa en la parte a) de la figura, el estudiante ha mejorado su desempeño a través de la interacción con el MEC, produciendo una pendiente positiva en su rendimiento académico. Por otro lado, en la parte b) de la figura, el alumno ha disminuido su desempeño produciendo una pendiente negativa. La señal de retroalimentación en el período de tiempo $t+1$ está dada entonces por:

$$R(t+1) = 300 \cdot m(F_D(t)) + K$$

donde $m(F_D(t))$ es la pendiente de la función de desempeño del alumno entre los períodos de tiempo t y $t+1$. K es un valor constante equivalente a 200 unidades que permitirá generar señales de refuerzo no menores a 200 (cuando $m(F_D(t)) = 0$ para señales positivas), ya que al calcular el promedio de apuesta de los clasificadores en un ciclo de activación del SCS en los primeros 300 períodos de aprendizaje se obtuvo un valor de 187,56, y se requiere que la señal de retroalimentación genere valores superiores a los apostados para hacer efectivo el aprendizaje a través de la premiación o penalización de los clasificadores que intervinieron. Finalmente el coeficiente 300 permite darle un mayor peso a la intervención de $m(F_D(t))$ en la ecuación, ya que esta última puede tomar valores pequeños no mayores a 100 (en un caso extremado donde el alumno aumente su desempeño de 0 a 100, la señal de retroalimentación sería de 30200). Pero siendo realistas, la magnitud promedio de $m(F_D(t))$ para señales positivas es 27.32 y -32.6 para señales negativas (valores obtenidos en los primeros 300 períodos de aprendizaje del SC), lo cual generaría una señal de retroalimentación positiva de 8396 y -9580 para una retroalimentación negativa. Este valor de 300 se obtuvo por pruebas de tanteo hasta lograr un nivel aceptable en la señal de retroalimentación. Si la pendiente de la función de desempeño es un valor positivo, generará un refuerzo o señal de retroalimentación positiva al sistema, reajustando y premiando aquellos clasificadores que lograron adaptar adecuadamente el material didáctico para que el alumno mejorara su desempeño, por otro lado si la pendiente es negativa, el refuerzo será negativo y se penalizarán los clasificadores que intervinieron en el último ciclo computacional del SCS.

6.9.3 Medidas de desempeño del SCS en el módulo diagnóstico

Para realizar estas medidas de desempeño, se han tomado 16 alumnos del Colegio El Minuto de Dios de los cinco grados de 4° de primaria, quienes representan cada uno de los estilos cognitivos antes identificados. Estos alumnos han sido seleccionados con ayuda del profesor Jefe de Área en matemáticas y de la psicóloga del colegio.

La idea básica consistió en realizar una prueba de conocimientos y aptitudes para los 16 estudiantes empleando el computador, y los resultados los tomó el SCS como señales ambientales. Después de cierto número específico de iteraciones se medirán los resultados arrojados por el SCS y se compararán con los verdaderos estilos cognitivos de los 16 alumnos.

Para fines de realizar las medidas de desempeño, se empleó la evaluación de diagnóstico que se diseñó en la sección 6.6. Adicionalmente se realizaron preguntas acerca de las preferencias en cada alumno y se emplearon las sesiones de ejercitación y resolución de problemas del material hipermedia. Durante cada evaluación de diagnóstico el SCS se activó 20 veces, es decir, cada vez que uno de los alumnos realizaba la evaluación de diagnóstico, el SCS realizaba 20 períodos de aprendizaje. A continuación se presentan los resultados obtenidos en el proceso de aprendizaje por parte del SCS de la clasificación del estilo cognitivo.

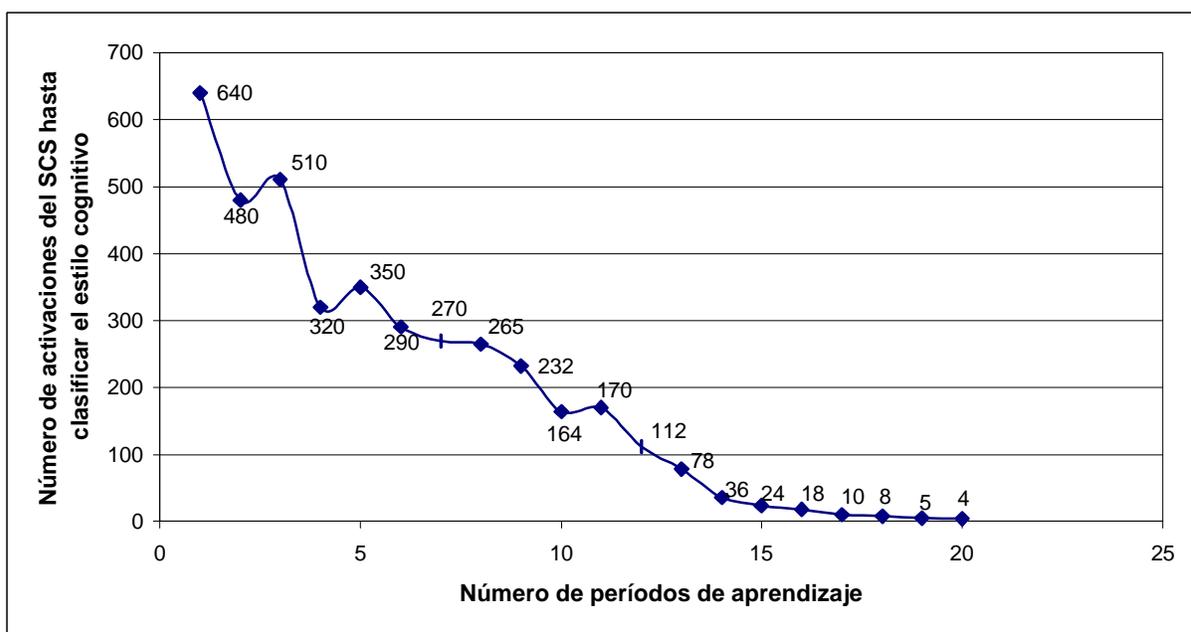


Gráfico 14. Curva de desempeño del proceso de aprendizaje del SCS en la clasificación del estilo cognitivo.

Desde luego el conocimiento adquirido por el SCS no está del todo generalizado, puesto que tan solo ha interactuado con una pequeña porción de toda la población de estudiantes, sin embargo la gráfica anterior indica la rápida convergencia del SCS en la clasificación del estilo cognitivo.

El paso siguiente fue realizar la evaluación de diagnóstico a toda la población de estudiantes de 4° de primaria del colegio, 178 estudiantes, con el fin de proporcionar al SCS nuevas señales de entrada que reestructuran y amplían el conocimiento ya adquirido.

Por otro lado, el proceso de aprendizaje del SCS fue acelerado con la ayuda de los 8 profesores del área de matemáticas de primaria, quienes ingresaron perfiles característicos de estudiantes y examinaron los resultados arrojados por el SCS, ajustando la retroalimentación del sistema. Estos perfiles se obtuvieron de la misma experiencia en el área de la enseñanza que poseen los profesores colaboradores.

Luego de dos semanas de interacción entre el SCS y los estudiantes, se procedió a observar el nivel de distribución de pesos (ganancia de cada clasificador) en la base de reglas. Del gráfico que se presenta a continuación se puede destacar la concentración de ganancia en aquellos clasificadores que han tenido un desempeño sobresaliente en la clasificación del estilo cognitivo de los alumnos. Los clasificadores más empleados representan aproximadamente el 70% de la población de clasificadores y su ganancia fluctúa entre 7000 y 15000 unidades. También se observa un porcentaje muy pequeño de la población (1.5%) con clasificadores potencialmente mediocres cuya ganancia fluctúa entre -1000 y 1000 unidades, aunque la intervención del AG ha limitado el crecimiento de este tipo de clasificadores, beneficiando a aquellos que si tienen un buen desempeño.

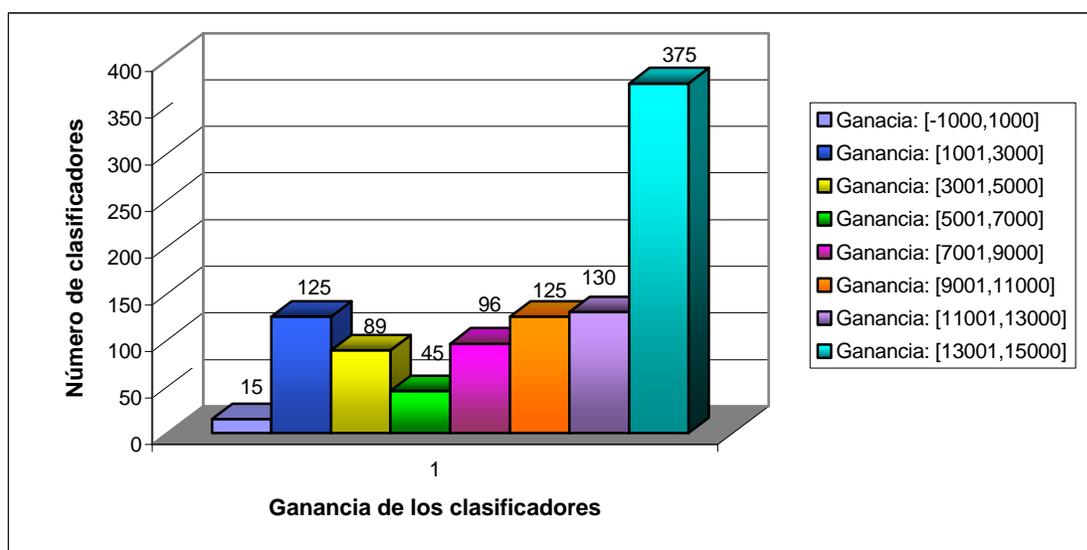


Gráfico 15. Histograma de frecuencias de las ganancias de los clasificadores después de 15000 iteraciones

6.9.4 Resultados obtenidos del aprendizaje en el SCS

En la sección 6.9.1 se establecieron ciertas variables e indicadores cuantitativos del estilo cognitivo con ayuda del conocimiento teórico y heurístico de los profesores del colegio. Por otro lado, el SCS aprendió por medio de la inducción y la experiencia a reafirmar y a corregir algunos de estos rangos estimativos para detectar el estilo cognitivo. A continuación se presenta parte del conocimiento representado en reglas de producción, adquirido por el SCS en la categorización del estilo cognitivo de los diferentes tipos de alumnos.

1. Alumno Convergente Analítico: Los clasificadores más usados para este tipo de alumnos son los siguientes:

10## #100 0### 001# #1## 01## 0### 0 1 1 1### 0### 1 1 : 000

1011 0### 001# 00## 10## 10## 0111 0 1 1 0111 10## 1 1 : 000

101# 01## 01## 0001 011# 011# 10## 0 1 1 10## 0111 1 1 : 000

Decodificando la información de estos clasificadores se tiene:

Si el alumno:

- Realiza entre el 70% y el 100% de los ejercicios propuestos Y
- Desarrolla problemas contextualizados y descontextualizados correctamente en un 80% Y
- Emplea entre el 30 y 60 % de las ayudas en cada mundo
- Emplea estrategias de solución a problemas correctamente y sólo comete errores en un 20%
- El alumno visita el 70% o más de los nodos conceptuales hipermedia Y
- El alumno emplea entre 5 y 12 herramientas por micromundo Y
- Posee un alto grado de conceptualización equivalente a más del 70% Y
- Prefiere sesión de estudio autodirigidas o aprendizaje por descubrimiento Y
- Posee un buen desempeño de su memoria de corto plazo MCP Y
- Detecta fácilmente información incoherente o insuficiente en los problemas Y
- Posee un desempeño de más del 60% en el examen EFT Y
- Comete errores mecánicos en un 20-50 % de los problemas propuestos Y
- Es altamente reflexivo, es decir emplea esquemas reconstructivos

Entonces

Es un alumno de tipo Convergente analítico.

2. Alumno Convergente Holístico: Los clasificadores más usados para este tipo de alumnos son los siguientes:

10## #100 01## 00## #1## 01## 0### 1 0 0 0### 00## 0 1 : 001

101# 01## 01## 010# 011# 011# 10## 1 1 0 01## 0010 0 1 : 001

1011 0### 001# 10## 10## 10## 0111 1 1 1 0111 00## 0 1 : 001

Decodificando la información de estos clasificadores se tiene:

Si el alumno:

- Realiza entre el 70% y el 100% de los ejercicios propuestos Y
- Desarrolla problemas contextualizados y descontextualizados correctamente en un 70% Y
- Emplea entre el 40 y 60 % de las ayudas en cada mundo
- Emplea estrategias de solución a problemas correctamente y sólo comete errores en un 20%
- El alumno visita el 70% o más de los nodos conceptuales hipermedia Y
- El alumno emplea entre 5 y 10 herramientas por micromundo Y
- Posee un alto grado de conceptualización equivalente a más del 70% Y
- Prefiere sesión de estudio dirigidas por el profesor o por el MEC Y
- No posee un buen desempeño de su memoria de corto plazo MCP Y
- Posee un desempeño de más del 60% en el examen EFT Y

No detecta fácilmente información incoherente o insuficiente en los problemas Y
 Comete errores mecánicos en un 20-30 % de los problemas propuestos Y
 Es moderadamente impulsivo, es decir emplea esquemas reproductivos

Entonces

Es un alumno de tipo Convergente Holístico.

3. Alumno Divergente Analítico: Los clasificadores más usados para este tipo de alumnos son los siguientes:

01## 0110 01## 00## 0#0# 010# ##00 0 1 1 1### 0#0# 1 1 : 010
 001# 01#0 01## 000# 0011 011# 1### 0 1 1 0101 001# 1 1 : 010
 01## 0110 0101 00## 01## 00## 010# 0 1 1 0101 01## 1 1 : 010

Decodificando la información de estos clasificadores se tiene:

Si el alumno:

Realiza entre el 30 y el 70% de los ejercicios propuestos Y
 Desarrolla problemas contextualizados y descontextualizados correctamente en un 60% Y
 Emplea entre el 40 y 60 % de las ayudas en cada mundo
 Emplea estrategias de solución a problemas correctamente y sólo comete errores en un 20%
 El alumno visita entre el 30- 60% de los nodos conceptuales hipermedia Y
 El alumno emplea entre 1 y 7 herramientas por micromundo Y
 Posee un grado de conceptualización equivalente al 50 - 80% Y
 Prefiere sesión de estudio autodirigidas o aprendizaje por descubrimiento Y
 Posee un buen desempeño de su memoria de corto plazo MCP Y
 Detecta fácilmente información incoherente o insuficiente en los problemas Y
 Posee un desempeño de más del 50% en el examen EFT Y
 Comete errores mecánicos en un 20-40 % de los problemas propuestos Y
 Es altamente reflexivo, es decir emplea esquemas reconstructivos

Entonces

Es un alumno de tipo Divergente analítico.

4. Alumno Divergente Holístico: Los clasificadores más usados para este tipo de alumnos son los siguientes:

01## 0110 01## 0### 0#0# 010# ##00 1 0 1 0### 00## 0 1 : 011
 01## 0110 0101 0100 01## 00## 010# 1 0 1 01## 00## 0 1 : 011
 001# 01#0 01## 010# 0011 011# 1### 1 0 1 00## 000# 0 1 : 011

Decodificando la información de estos clasificadores se tiene:

Si el alumno:

Realiza entre el 30 y el 70% de los ejercicios propuestos Y

Desarrolla problemas contextualizados y descontextualizados correctamente en un 60% Y
 Emplea entre el 40 y 60 % de las ayudas en cada mundo
 Emplea estrategias de solución a problemas correctamente y comete errores en más del 40%
 El alumno visita entre el 30- 60% de los nodos conceptuales hipermedia Y
 El alumno emplea entre 1 y 7 herramientas por micromundo Y
 Posee un grado de conceptualización equivalente al 50 - 80% Y
 Prefiere sesión de estudio dirigidas o secuencial Y
 No posee un buen desempeño de su memoria de corto plazo MCP Y
 No detecta fácilmente información incoherente o insuficiente en los problemas Y
 Posee un desempeño de menos del 60% en el examen EFT Y
 Comete errores mecánicos en menos del 30 % de los problemas propuestos Y
 Es altamente impulsivo, es decir emplea esquemas reproductivos

Entonces

Es un alumno de tipo Divergente Holístico.

5. Alumno Adaptador Analítico: Los clasificadores más usados para este tipo de alumnos son los siguientes:

10## 10## 00## 00## 00## 1#1# 00## 0 1 1 1### 0### 1 1	:	100
0111 1##0 001# 000# 001# 10## 001# 0 1 1 0##1 0010 1 1	:	100
1### 1010 00## 001# 0000 11#0 0010 0 1 1 011# 00## 1 1	:	100

Decodificando la información de estos clasificadores se tiene:

Si el alumno:

Realiza 70% o más de los ejercicios propuestos Y
 Desarrolla problemas contextualizados y descontextualizados correctamente en un 80% Y
 Emplea entre el 20 y 30 % de las ayudas en cada mundo
 Emplea estrategias de solución a problemas correctamente y sólo comete errores en un 20%
 El alumno visita el 30% o más de los nodos conceptuales hipermedia Y
 El alumno emplea más de 10 herramientas por micromundo Y
 Posee un grado de conceptualización equivalente al 30% o menos Y
 Prefiere sesión de estudio autodirigidas o aprendizaje por descubrimiento Y
 Posee un buen desempeño de su memoria de corto plazo MCP Y
 Detecta fácilmente información incoherente o insuficiente en los problemas Y
 Posee un desempeño de más del 70% en el examen EFT Y
 Comete errores mecánicos en un 20-30 % de los problemas propuestos Y
 Es altamente reflexivo, es decir emplea esquemas reconstructivos

Entonces

Es un alumno de tipo Adaptador analítico.

6. Alumno Adaptador Holístico: Los clasificadores más usados para este tipo de alumnos son los siguientes:

10## 10## 00## #1## 00## 1### 00## 1 0 0 0### 00## 0 1 : 101
 1### 1010 01## 011# 0000 11#0 0010 1 0 0 010# 000# 1 1 : 101
 0111 1##0 010# 0011 001# 10## 001# 1 0 0 00#1 00## 1 1 : 101

Decodificando la información de estos clasificadores se tiene:

Si el alumno:

- Realiza 70% o más de los ejercicios propuestos Y
- Desarrolla problemas contextualizados y descontextualizados correctamente en un 80% Y
- Emplea entre el 20 y 50 % de las ayudas en cada mundo
- Emplea estrategias de solución a problemas correctamente y comete errores en un 40%
- El alumno visita el 30% o más de los nodos conceptuales hipermedia Y
- El alumno emplea más de 10 herramientas por micromundo Y
- Posee un grado de conceptualización equivalente al 30% o menos Y
- Prefiere sesión de estudio dirigidas o secuenciales Y
- No posee un buen desempeño de su memoria de corto plazo MCP Y
- No detecta fácilmente información incoherente o insuficiente en los problemas Y
- Posee un desempeño de menos del 50% en el examen EFT Y
- Comete errores mecánicos menos del 20% de los problemas propuestos Y
- Es impulsivo, es decir emplea esquemas reproductivos

Entonces

Es un alumno de tipo Adaptador Holístico.

7. Alumno Asimilador Analítico: Los clasificadores más usados para este tipo de alumnos son los siguientes:

0#0# 10## 01## 00## 011# 0#0# 10## 0 1 1 10## 0#0# 1 1 : 110
 00## 1000 0100 0000 01#0 00## 100# 0 1 1 011# 0011 1 1 : 110
 001# 1001 0##0 0001 10## 010# 1### 0 1 1 #1## 01#1 1 1 : 110

Decodificando la información de estos clasificadores se tiene:

Si el alumno:

- Realiza 30% o menos de los ejercicios propuestos Y
- Desarrolla problemas contextualizados y descontextualizados correctamente en un 80% Y
- Emplea entre el 40 y 60 % de las ayudas en cada mundo
- Emplea estrategias de solución a problemas correctamente y sólo comete errores en un 30%
- El alumno visita el 60% o más de los nodos conceptuales hipermedia Y
- El alumno emplea entre 1 y 5 herramientas por micromundo Y

Posee un alto grado de conceptualización equivalente a más del 80% Y
 Prefiere sesión de estudio autodirigidas o aprendizaje por descubrimiento Y
 Posee un buen desempeño de su memoria de corto plazo MCP Y
 Detecta fácilmente información incoherente o insuficiente en los problemas Y
 Posee un desempeño de más del 60% en el examen EFT Y
 Comete errores mecánicos en un 30-50 % de los problemas propuestos Y
 Es altamente reflexivo, es decir emplea esquemas reconstructivos

Entonces

Es un alumno de tipo Asimilador analítico.

8. Alumno Asimilador Holístico: Los clasificadores más usados para este tipo de alumnos son los siguientes:

00## 10## 011# ##1# 011# #11# 10## 1 0 0 01## 00#0 0 1 : 111
 001# 1001 0#10 01## 10## 010# 1### 1 0 0 011# 0010 0 1 : 111
 00## 1000 10## 0101 01#0 00## 100# 1 0 0 00## 000# 0 1 : 111

Decodificando la información de estos clasificadores se tiene:

Si el alumno:

Realiza 30% o menos de los ejercicios propuestos Y
 Desarrolla problemas contextualizados y descontextualizados correctamente en un 80% Y
 Emplea entre el 60 y 100 % de las ayudas en cada mundo
 Emplea estrategias de solución a problemas correctamente y comete errores en más del 30%
 El alumno visita el 60% o más de los nodos conceptuales hipermedia Y
 El alumno emplea entre 1 y 5 herramientas por micromundo Y
 Posee un alto grado de conceptualización equivalente a más del 80% Y
 Prefiere sesión de estudio dirigidas o secuenciales Y
 No posee un buen desempeño de su memoria de corto plazo MCP Y
 No detecta fácilmente información incoherente o insuficiente en los problemas Y
 Posee un desempeño menor al 60% en el examen EFT Y
 Comete errores mecánicos en menos del 20 % de los problemas propuestos Y
 Es altamente impulsivo, es decir emplea esquemas reproductivos

Entonces

Es un alumno de tipo Asimilador Holístico.

A continuación se presenta la tabla de resumen de los rangos estimativos cognitivos establecidos por el SCS al final del período de aprendizaje, que sintetiza los valores de las reglas de producción anteriores.

Convenciones		
SR = Situaciones Reales	SA = Situaciones Abstractas	EE = Errores por ejercicio
IP = Instr. personalizada	IS = Instrucción secuencial	R = recuerda, buena MCP
NR = No recuerda	DI = Detecta incoherencias	ND = No detecta Incoherenc.
EC : Esquemas Correctos, p.ej: 18 + 6 = 24 ? V EE : Esquemas Erróneos, p.ej. 7 + 7 = 15 ? F		

Variable Cognitiva	Alumno							
	Asimilador Analítico	Asimilador Holístico	Adaptador Analítico	Adaptador Holístico	Convergente Analítico	Convergente Holístico	Divergente Analítico	Divergente Holístico
Nivel de Ejercitación	0 –30%	0 –30%	70 – 100%	70 – 100%	70 – 100%	70 – 100%	30 – 70%	30 – 70%
Situaciones Contextualizadas	SR, SA 80%	SR, SA 80%	SR 80%	SR 80%	SR, SA 80%	SR, SA 70%	SR 60%	SR 60%
Empleo de Ayuda del contenido hipermedia	40% – 60%	60 – 100%	20 – 30%	20 – 50%	30 – 60%	40 – 60%	40 – 60%	40 – 60%
Solución de procedimientos	EE: 0 – 3	EE: 3 – 6	EE: 0 – 2	EE: 4 – 5	EE: 0 - 1	EE: 2	EE: 0- 2	EE: 4 – 6
Nivel de interés de visita a nodos hipermedia	60 % - 100%	60 % - 100%	30 – 60%	30 – 60%	70 – 100%	70 – 90%	30 – 60%	30 – 60%
Empleo de herramientas del micromundo	1 – 5	1 – 5	10 – 15	10 – 15%	5 – 12	5 - 10	1 – 7	1 – 7
Nivel de conceptualización	80% – 100%	80 – 100%	0 – 30%	0 –30%	70 – 90%	70 – 90%	50 – 80%	50 – 80%
Navegación secuencial vs personalizada	IP	IS	IP	IS	IP	IS	IP	IS
Desempeño de la MCP	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR
Manejo de información incoherente	DI	ND	DI	ND	DI	ND	DI	ND
Representación perceptual EFT	60 – 90%	30 – 60%	70- 100%	0 – 45%	60 – 80%	60 – 90%	50 – 90%	20 – 60%
Errores de conteo o mecánicos	30 – 50%	0 – 20%	20 – 30%	0 – 20%	20 – 50%	20 – 30%	20 – 40%	0 – 30%
Reflexividad vs impulsividad en segundos	EC: +1 seg. EE : + 1 seg.	EC: - 1 seg EE: ± 1 seg	EC: +1 seg. EE : + 1 seg	EC: +1 seg. EE : + 1 seg.	EC: - 1 seg EE: ± 1 seg	EC: +1 seg. EE : + 1 seg	EC: - 1 seg EE: ± 1 seg	EC: +1 seg. EE : + 1 seg

Tabla 21. Síntesis de los rangos estimativos establecidos por el SCS al final del período de aprendizaje

Si se comparan los resultados parciales del aprendizaje del SCS contra los supuestos especificados en la tabla 19 de variables e indicadores cuantitativos del estilo cognitivo en la sección 6.9.1 se encontrará en general un resultado aparentemente similar pero con algunas diferencias específicas en los rangos que determinan el perfil cognitivo del alumno. Se espera que en la medida que el SCS interactúe con nuevos individuos, se genere conocimiento más fiable y que conduzca a la correcta categorización del estilo de aprendizaje de cada estudiante. Después de obtener el tipo de alumno según sus características cognitivas, se procede a aplicar una estrategia pedagógica en donde se presenta una sesión de retroinformación personalizada al estudiante. El Sistema Experto es el encargado de aplicar una estrategia específica como se explico en el capítulo 5.

6.10 RESUMEN Y CONCLUSIONES

Siguiendo la premisa de “personalizar la enseñanza conforme a las necesidades de cada individuo” se propuso generar estrategias pedagógicas individualizadas de acuerdo al estilo cognitivo de cada estudiante. Sin embargo el problema de cómo identificar el estilo de aprendizaje de cada individuo se hizo evidente, y por lo tanto se recurrió a la inclusión de un sistema clasificador.

Los sistemas clasificadores son sistemas cognitivos que pretenden simular el proceso de aprendizaje en muchos seres vivos. Estos sistemas poseen una base de conocimiento formada por reglas de producción (o clasificadores) que se encuentran codificadas en un alfabeto ternario {1,0,#} y estos clasificadores cumplen la función de bloques de construcción epistémicos por medio de los cuales se puede representar una situación o conjunto de situaciones ambientales. Por otro lado un SC posee un algoritmo de distribución de créditos que asigna pesos o méritos a cada clasificador de acuerdo a su desempeño. Por último el SC posee un mecanismo inyector de clasificadores nuevos, función llevada a cabo por el Algoritmo Genético. El AG ayuda a mantener la diversidad de clasificadores y permite la búsqueda de clasificadores que se desenvuelvan de una manera óptima con respecto a las señales ambientales.

Holland fue uno de los pioneros en el desarrollo de SC's. Él propone dos arquitecturas básicas de SC, el sistema clasificador simple SCS y el sistema cognitivo uno CS-1. Estas dos arquitecturas fueran implementadas y puestas a prueba dentro de un enfoque animat (simulación del comportamiento de animales artificiales, descrita en el Anexo G) y el SCS demostró ser más robusto, eficiente y adaptable que el CS-1 por varios motivos, el más importante entre ellos el uso del algoritmo del Bucket Brigade en lugar de un Algoritmo de distribución de créditos por épocas. Finalmente, el SCS fue implementado dentro del módulo de diagnóstico del MEC con el objetivo de crear un modelo del estudiante más aproximado a la realidad. El SCS aprendió a identificar cierto conjunto de parámetros de la conducta del alumno que pertenecían a un estilo cognitivo en particular.

El empleo de técnicas de simulación evolutiva y de aprendizaje de máquina como los sistemas clasificadores permiten crear sistemas más robustos y complejos que se adapten a un ambiente arbitrario y variable, en este caso la determinación del estilo cognitivo. Gracias a la intervención del SCS en la actividad diagnóstica se puede establecer un perfil cognitivo del alumno sin haber tenido que especificar toda la información referente para lograr esta categorización, por el contrario el SCS emplea la inducción para llevar a cabo su proceso de aprendizaje adaptativo a partir de una base de conocimiento muy básica y general.

7. ITERACIÓN 4: DISEÑO DEL MÓDULO DE COMUNICACIÓN ENTRE EL TUTOR Y EL ESTUDIANTE BASADO EN UN SISTEMA DE PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL. (ETAPA DE CONSTRUCCIÓN IV)

El propósito de este capítulo consiste en describir un posible modelo o diseño orientado a objetos para la implementación posterior de un módulo de Lenguaje Natural (procesamiento de lenguaje escrito), sin embargo no se realizará la implementación de tal, ya que esto implica una complejidad adicional la cual no se pretende subestimar, y por lo tanto no se tuvo en cuenta dentro del alcance del proyecto, simplemente se está proponiendo una alternativa de modelamiento para que en futuros trabajos se lleve a cabo la implementación.

La razón de emplear el procesamiento de lenguaje natural en la enseñanza de la suma, resta, multiplicación y división de números naturales surge de la necesidad de enriquecer el proceso de enseñanza – aprendizaje por medio de los diálogos socráticos¹, los cuales han generado resultados bastantes positivos en la educación. Por otro lado se busca entender y estructurar las estrategias que el alumno emplea en la solución de problemas utilizando un mecanismo de comprensión, para poder así generar un modelo del estudiante mucho más acorde con la realidad. El módulo de lenguaje natural se debe activar principalmente en las sesiones de evaluación o ejercitación donde el alumno hace uso de la ayuda. El MEC entonces intentará entender primero lo que el alumno conoce y pretende hacer para luego ofrecerle un consejo apropiado aplicando estrategias y decisiones pedagógicas según la necesidad. A continuación se dará inicio al diseño de este sistema.

El lenguaje es un medio para comunicarse con el mundo, y una de las grandes ambiciones del hombre ha sido buscar la forma de construir modelos computacionales del lenguaje de manera tal que la máquina pueda emular conversaciones con un humano. Una vez que se cae en cuenta que la comprensión de una parte del lenguaje implica encontrar una correspondencia hacia una representación adecuada para una situación concreta, es sencillo ver por qué las preguntas “¿Qué es la comprensión del lenguaje?” y “¿Qué significa una frase?” son tan difíciles de resolver². El lenguaje se utiliza en tal variedad de situaciones que una sola definición del término comprensión no puede englobarlas a todas. Al comenzar con una tarea de construir programas informáticos que

¹ Para mayor información ver el Anexo B numeral 1.

² RICH, Elaine. Inteligencia Artificial Segunda Edición. España, 1994. p, 418.

comprendan lenguaje natural, una de las primeras acciones es definir con precisión cuál es la tarea subyacente y cómo debe ser la representación destino. En el resto de este capítulo, se asumirá que el objetivo es razonar con el conocimiento que se encuentra en las expresiones lingüísticas para la enseñanza de las operaciones básicas en matemáticas, y se empleará una estructura de Marcos o de Guiones como representación destino.

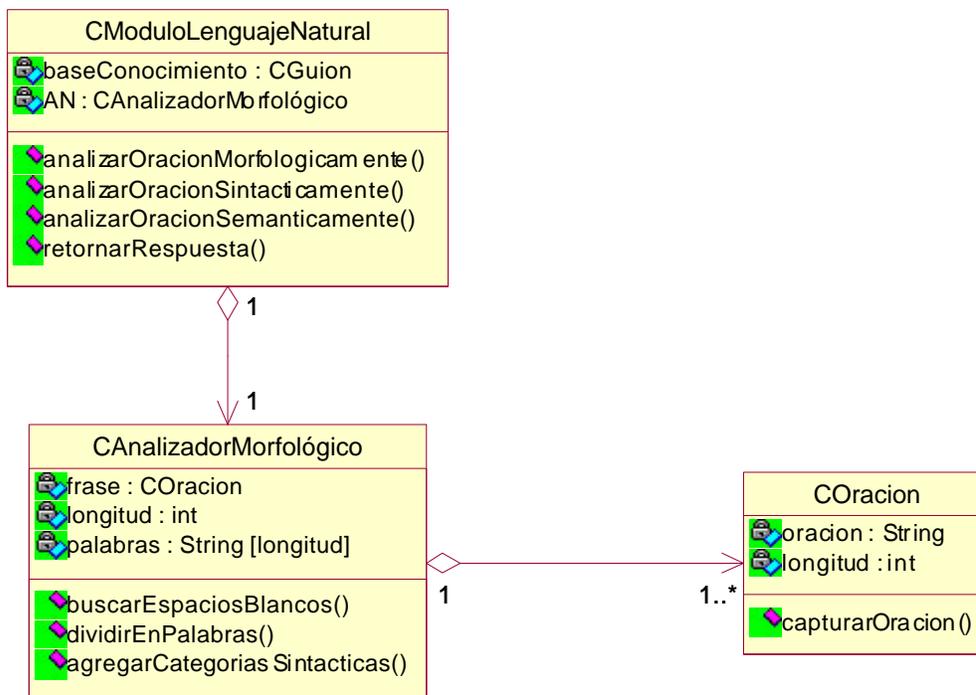
A continuación se entrará en detalle con los distintos componentes involucrados en el proceso de comprensión del lenguaje natural.

7.1 ANÁLISIS MORFOLÓGICO

En esta parte se analizan los componentes de las palabras individuales y se separan de las palabras constituyentes que no forman parte de ellas como los símbolos de puntuación. Su función principal será fraccionar cada frase u oración en sus partes constitutivas (palabras y símbolos).

Además, el proceso asignará categorías sintácticas a todas las palabras de la oración. Esto suele hacerse en este momento porque las interpretaciones de los afijos (sufijos y prefijos) generalmente dependen de la categoría sintáctica de la palabra completa. Por ejemplo, si se considera la palabra *presidente*, se debe considerar como un sustantivo o nombre y no como la unión del prefijo “pre” más la palabra “sidente”.

7.1.1 Diagrama de clases para el Analizador Morfológico



Como se puede observar en el diagrama anterior, la clase `CAnalizadorMorfologico` posee tres atributos. El primero de ellos, `frase`, consiste de una clase agregada `COracion` la cual representa la oración ingresada por el alumno. El segundo atributo es `longitud`, que representa el valor entero de la longitud de la oración en términos de palabras. El último atributo es `palabras`, el cual es representado por un arreglo de Strings (cadenas de caracteres) donde cada posición del arreglo es una palabra de la oración completa. Por otro lado se encuentran tres métodos, el primero de ellos `buscarEspaciosBlancos()`, determina el fin de una palabra cada vez que encuentra un espacio en blanco o un signo de puntuación, teniendo en cuenta que el punto indica el fin de la oración. El segundo método es `dividirEnPalabras()` cuyo objetivo es tomar el atributo `frase` y disociarlo en sus partes constitutivas (palabras) las cuales serán después almacenadas en el atributo `palabras`. Por último el método `agregarCategoriasSintacticas()` determina aquellas palabras que poseen sufijos o prefijos y aquellas que no.

7.1.2 Construcción de escenarios

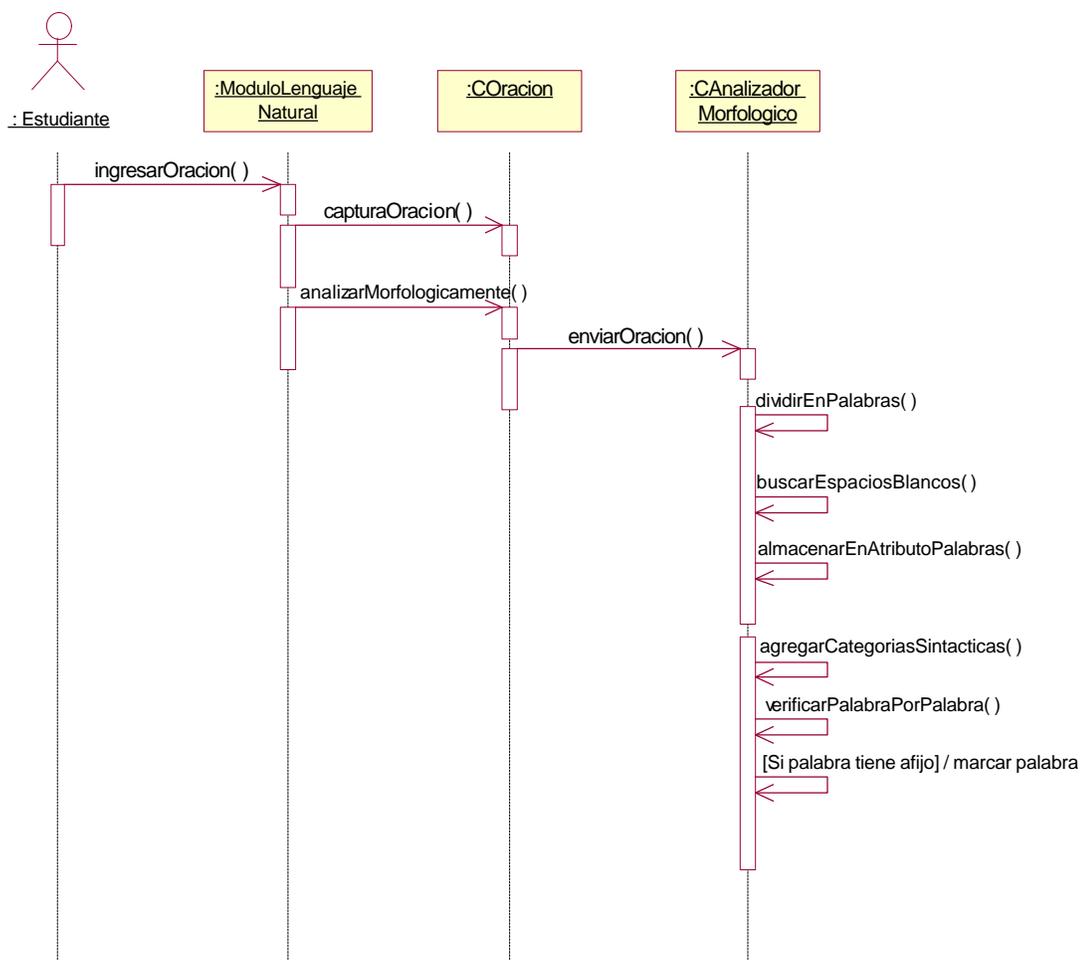
Escenario Normal 1: Analizador Morfológico

<i>Acción del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno escribe una pregunta con respecto a un ejercicio en especial y hace clic en el botón hablar.	1. Se crea un objeto de tipo <code>COracion</code> donde se almacenará la frase que ingreso el alumno.
	2. Se divide la oración en palabras. Para hacer esto se recurre a recorrer caracter por caracter del String hasta encontrar un espacio en blanco o un signo de puntuación, lo cual indica el fin de una palabra.
	3. Las palabras que han sido divididas de la oración son almacenadas en un arreglo de tipo String
	4. Luego se determina la categoría sintáctica de cada oración.

Escenario de Excepciones 1: Analizador Morfológico

<i>Acción del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno escribe una pregunta con respecto a un ejercicio en especial y hace clic en el botón hablar.	1. Se crea un objeto de tipo <code>COracion</code> donde se almacenará la frase que ingreso el alumno.
	2. Se divide la oración en palabras. Para hacer esto se recurre a recorrer caracter por caracter del String hasta encontrar un espacio en blanco o un signo de puntuación, lo cual indica el fin de una palabra.
	El alumno ha ingresado por equivocación un símbolo de puntuación u ortográfico dentro de una palabra. Por ejemplo: "cami?sa" , "pántalón", "tet'ero", etc.
	Se debe solicitar al alumno de nuevo que ingrese correctamente la oración.

7.1.3 Diagrama de Secuencia para el Analizador Morfológico



7.2 ANÁLISIS SINTÁCTICO

En este análisis se transforman las secuencias lineales de palabras en ciertas estructuras que muestran la forma en que éstas se relacionan entre sí. Se puede rechazar algunas secuencias de palabras si infringen las reglas del lenguaje sobre la forma en que puedan combinarse. Por ejemplo, un analizador sintáctico de castellano rechazaría la frase: “Chico el va al almacén”.

El procesamiento sintáctico es el paso en el cual una oración lineal de entrada se convierte en una estructura jerárquica que se corresponde con las unidades de significado de la oración. Aunque existen muchas formas de realizar un análisis sintáctico, casi todos los sistemas que se utilizan realmente tienen dos componentes principales:

- Una representación declarativa, denominada *gramática*, de los hechos sintácticos sobre el lenguaje.

- Un procedimiento, denominado *analizador (parser)*, que compara lo gramático con las oraciones de entrada para producir estructuras analizadas.

Dentro de los procedimientos de análisis sintáctico se encuentran los métodos de gramáticas y analizadores, redes de transiciones aumentadas, gramáticas de unificación de grafos, entre otras. El método seleccionado en este diseño es el de Gramáticas y Analizadores por estar orientado a las reglas de producción.

7.2.1 Gramáticas y Analizadores

La forma más usual de representar las gramáticas es mediante un conjunto de reglas de producción. Aunque varían los detalles de la forma permitida por las reglas, la idea básica aparece en todas ellas y se ilustra a continuación:

1. O	→	SN + SV	9. N	→	número suma resta
2. SN	→	Artículo + SN1	10. SN	→	alumno TAHAN
3. SN	→	PRO	11. PRO	→	yo tú él
4. SN	→	SN1	12. ADJ	→	mayor menor
5. SN1	→	ADJS + N			grande dos tres
6. ADJS	→	ADJ + ADJ	13. V	→	incrementar sumar
7. SV	→	V			restar multiplicar
8. SV	→	V + SN SN1			dividir llevar querer

En esta gramática el símbolo | indica el operador lógico "O".

La primera regla se lee así: "Una oración se compone de un sintagma nominal seguido por un sintagma verbal". Los símbolos que son susceptibles de expandirse mediante otras reglas se denominan *símbolos no terminales*. Aquellos símbolos que se corresponden directamente con las cadenas que deben encontrarse en la oración de entrada reciben el nombre de *símbolos terminales*.

Sin tener en cuenta la base teoría de la gramática, el proceso de análisis sintáctico toma reglas de la gramática y las compara con la oración de entrada. Cada regla que se empareje añade algo a la estructura de oración que se está construyendo. La estructura más simple que se puede construir es un árbol de análisis (*parse tree*), en el que simplemente se almacenan las reglas y la forma en que se han emparejado. Suponiendo la oración "Yo quiero multiplicar dos números" y usando el método de gramáticas y analizadores, se forma el siguiente árbol de análisis:

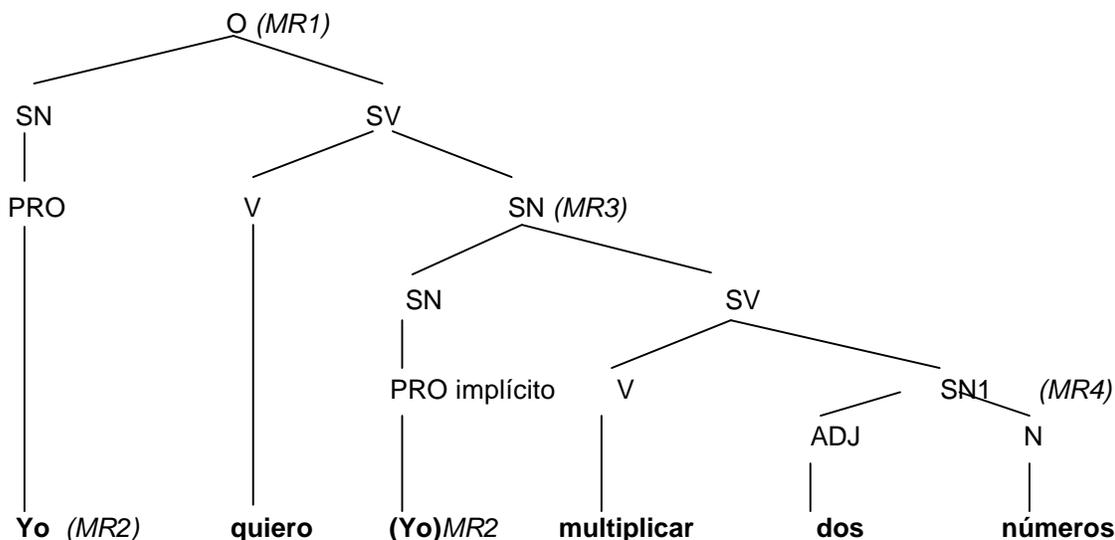


Figura 29. Árbol de análisis de una frase

Para analizar una frase es necesario encontrar una forma de generar el árbol a partir del símbolo inicial. Esto puede hacerse de dos formas:

- Análisis descendente: Se comienza por el símbolo inicial y se aplican las reglas de la gramática hacia delante hasta que los símbolos terminales del árbol se correspondan con los componentes de la frase analizada.
- Análisis ascendente: Se comienza con la frase a analizar y se aplican las reglas de la gramática hacia atrás hasta producir un único árbol cuyos terminales sean las palabras de la oración y cuyo nodo raíz sea el símbolo inicial.

La elección entre estos dos enfoques es similar a la elección que se hacía entre razonamiento hacia delante y hacia atrás en otras tareas de resolución de problemas. Se propone emplear el enfoque descendente ya que proporciona un menor nivel de ramificación³.

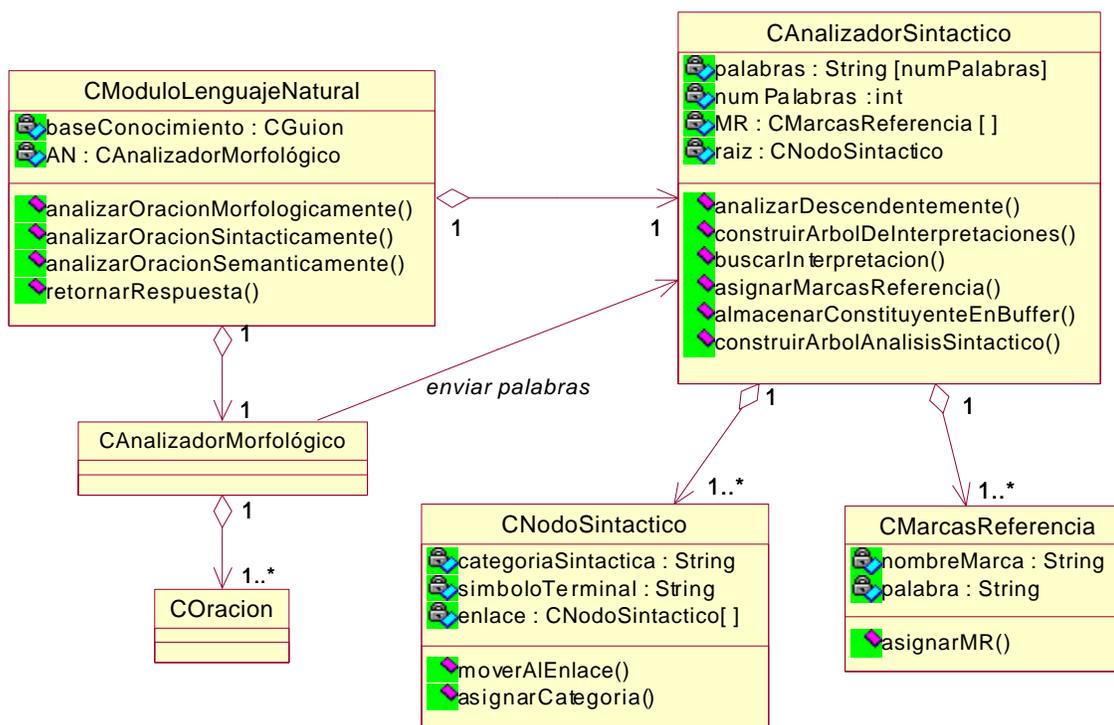
El proceso de comprensión de una oración es un proceso de búsqueda en el que debe explorarse un gran universo de posibles interpretaciones para encontrar una que cumpla todas las restricciones impuestas por una oración concreta. Al igual que en otros procesos de búsqueda, debe decidirse si se exploran todos los posibles caminos o, si por el contrario, se explora sólo aquel que tenga la mayor probabilidad y devolver como respuesta únicamente el resultado de seguir ese camino. Existen muchos métodos para tratar estas búsquedas como el método de todos los caminos, el método del mejor camino con vuelta atrás, el método del mejor camino con recolocaciones, el método de esperar y ver, entre otros. Se propone emplear el método de "esperar y ver" ya que resulta bastante eficiente⁴ y además posee muy pocos inconvenientes en comparación con otros métodos. Este método consiste en seguir un solo camino, pero en lugar de

³ RICH, Op.cit. p. 428.

⁴ RICH, Op.cit. p. 430.

tomar decisiones sobre la función de cada componente conforme van apareciendo, se posterga la decisión hasta que se disponga de la suficiente información para realizar una decisión correcta. El sistema usa un pequeño *buffer* de tamaño fijo en el que se van almacenando los constituyentes hasta que pueda decidirse sobre su propósito. Este enfoque es muy eficiente, pero tiene el inconveniente que cuando la cantidad de información almacenada necesaria es mayor que el tamaño del *buffer*, el intérprete no funcionará, aunque esto se soluciona con las capacidades de memoria que se trabajan actualmente.

7.2.2 Diagrama de clases para el Analizador Sintáctico



En el diagrama de clases anterior se observan 3 nuevas clases: CAnalizadorSintactico, CMarcasReferencia y CNodeSintactico. CAnalizadorSintactico posee 4 atributos: un arreglo de tipo String llamado palabras correspondiente a la división en palabras realizada por el Analizador Morfológico, "numPalabras" que indica el número de palabras de la oración, "MR" que es del tipo CMarcasReferencia. Las marcas de referencia corresponden con alguna entidad mencionada en la oración e indican el lugar en el cual acumular la información referente a las entidades conforme se va disponiendo de ellas (Se representan entre paréntesis con las letras MR seguidas de un número). Por último se tiene el atributo "raíz" del tipo CNodeSintactico que indica el nodo raíz del árbol de análisis sintáctico de una frase. La clase CNodeSintactico también es empleada para construir un árbol de posibles interpretaciones de una palabra según su contexto. Los atributos de esta clase son: "categoríaSintáctica" el cual indica si la palabra es un verbo, un adjetivo, un nombre, un sintagma nominal, etc. Posee también el atributo "símboloTerminal" que indica la

entidad o palabra la cual está siendo categorizada, por ejemplo multiplica, números, etc. Por último el atributo "enlace" representa un arreglo de nodos hijo que tiene el nodo padre o el nodo raíz.

7.2.3 Construcción de Escenarios

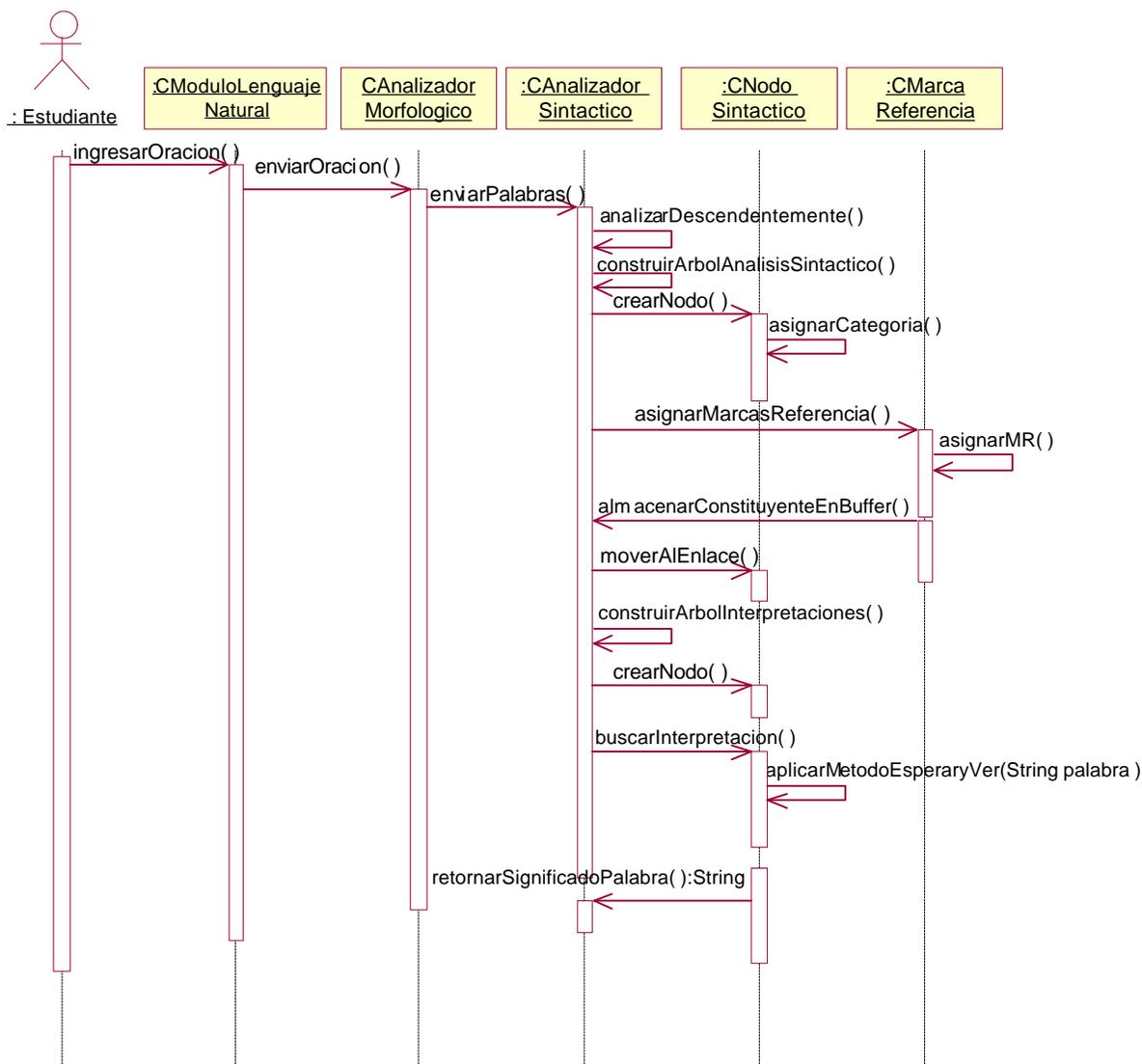
Escenario Normal 1: Analizador Sintáctico

<i>Acción del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno escribe una pregunta con respecto a un ejercicio en especial y hace clic en el botón hablar.	1. Se analiza morfológicamente la oración. 2. Se realiza un análisis descendente de la oración.
	2.1 se toma palabra por palabra y se busca una correspondencia con cada una de las reglas gramaticales.
	2.2 A cada palabra se le asigna una categoría sintáctica que indique si es un verbo, sustantivo, adjetivo, etc.
	2.3 Se construye el árbol de análisis sintáctico.
	2.4 Si la palabra es una entidad, se le asigna un Marca de Referencia.
	3. Se verifica que la oración esté sintácticamente bien construida.
	4. la oración es enviada al analizador semántico si está bien construida.

Escenario de excepciones 1: Analizador Sintáctico

<i>Acción del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno escribe una pregunta con respecto a un ejercicio en especial y hace clic en el botón hablar.	1. Se analiza morfológicamente la oración. 2. Se realiza un análisis descendente de la oración.
	2.1 se toma palabra por palabra y se busca una correspondencia con cada una de las reglas gramaticales.
	2.2 Si no existe una correspondencia gramatical con la palabra, se le envía un aviso al usuario indicándole que no se conoce la palabra.
	2.3 A cada palabra se le asigna una categoría sintáctica que indique si es un verbo, sustantivo, adjetivo, etc.
	2.3 Se construye el árbol de análisis sintáctico.
	2.4 Si la palabra es una entidad, se le asigna un Marca de Referencia.
	3. Se verifica que la oración esté sintácticamente bien construida.
	4. si la palabra está mal construida entonces se le avisa al usuario.

7.2.4 Diagrama de Secuencia para el Analizador Sintáctico



7.3 ANÁLISIS SEMÁNTICO

En este componente se les asigna significados a las estructuras creadas por el analizador sintáctico. En otras palabras, se hace una correspondencia entre las estructuras sintácticas y los objetos del dominio de la tarea. Las estructuras en las que no se puede hacer esta correspondencia se rechazan. Por ejemplo, en la mayoría de los universos, “Las ideas verdes incoloras duermen furiosamente”⁵ sería desechada por ser *semánticamente anómala*.

El análisis semántico incluye dos importantes acciones:

⁵ CHOMSKY, N. Syntactic Structures. La Haya: Mouton. 1957. p. 125.

- Debe hacer corresponder las palabras concretas con los objetos apropiados de la base de conocimientos o de datos.
- Debe crear las estructuras correctas para que se corresponda la forma en que los significados de las palabras individuales se combinan con los demás.

Procesamiento léxico

El primer paso que debe dar cualquier sistema de procesamiento semántico es buscar las palabras individuales en un diccionario (o lexicon) y extraer sus significados. Desafortunadamente, muchas palabras tienen varios significados, y puede que no sea posible elegir el correcto mirando la palabra por separado. Por ejemplo, la palabra “radio” puede tener el siguiente conjunto de significados:

- Un dispositivo eléctrico donde se escucha música.
- Distancia equivalente a la mitad del diámetro de una circunferencia.
- Hueso ubicado en la parte del antebrazo.

Para evitar ambigüedades es necesario analizar el significado de la palabra dentro de un contexto empleando las marcas semánticas tales como OBJETO-FÍSICO, OBJETO-ANIMADO, OBJETO-ABSTRACTO, basados en la noción de requisitos como lo describe Wilks⁶.

Procesamiento a nivel de oración

Se han desarrollado varios enfoques para tratar el problema de la creación de una representación semántica para una oración, entre los que se encuentran los siguientes: Gramáticas semánticas, gramáticas de casos, análisis conceptual, interpretación semántica aproximadamente composicional. Cada uno de estos enfoques posee sus ventajas y desventajas, sin embargo el último ofrece un mejor desempeño cuando la representación destino está dada en estructuras de relleno de Marcos o Guiones⁷.

7.3.1 Interpretación semántica aproximadamente composicional

Este es un enfoque donde el análisis sintáctico y la interpretación semántica se tratan como pasos separados, aunque se relacionan entre ellos de una forma bien definida. Si se realiza estrictamente un análisis sintáctico de la oración, como es el caso, una forma sencilla de generar una interpretación semántica es la siguiente:

1. Buscar las palabras del diccionario que contengan una o más definiciones para el mundo, definidas en términos de la representación destino elegida (marcos o guiones). Estas definiciones tienen que describir la forma de representar la idea que se corresponde con la

⁶ WILKS, Y.A. Preference semantics. En *Formal Semantics of Natural Language*. Cambridge. 1975. p. 61.

⁷ Para mayor información acerca de Marcos y Guiones, ver RICH Elaine, p. 282-315.

palabra, así como la forma en que la idea que representa la palabra se puede combinar con las ideas que representan las demás palabras de la oración.

2. Utilizar la información sobre la estructura que contiene la salida del analizador sintáctico para generar restricciones adicionales, además de las extraídas del diccionario, sobre la forma en que las palabras individuales pueden combinarse para formar estructuras más grandes con significado.

La primer etapa se trata por medio del procesamiento léxico y el de nivel de oración, para la segunda etapa se emplea lo siguiente:

*Semántica de Montague*⁸

La idea principal que existe detrás de la semántica composicional es que en cada paso del proceso de análisis sintáctico, existe un correspondiente paso de interpretación semántica. Las reglas necesarias para combinar estructuras semánticas están asociadas con las correspondientes reglas para combinar estructuras sintácticas. A continuación se muestra un fragmento muy simple de la base de conocimiento que se utiliza para definir la representación destino a través de estructuras de Marcos para la oración “Yo quiero multiplicar dos números”.

Usuario	
es-un:	Persona
*login:	Debe ser una <cadena>

Usuario012	
instancia:	Usuario
login:	Carlos Andrés Toro

A1	
instancia:	número-natural
valor:	56

número-natural	
es-un:	objeto-abstracto-aritmético

multiplicar	
es-un	evento-mental
*agente:	debe ser <animado o programa>
*objeto	deber ser <número-natural>

⁸ DOWTY, D.R. Introduction to Montague Semantics. Dordrecht. 1981. p, 78.

querer		
es-un:	evento-mental	
*agente:	debe ser <animado>	
*objeto:	debe ser <estado o evento>	

ordenar		
es-un:	evento-mental	
*agente:	debe ser <animado>	
*actuante:	debe ser <animado o programa>	
*objeto:	debe ser <evento>	

Este-sistema		
Instancia:	programa	

El significado parcial de la oración sería el siguiente:

MR1		{la oración completa}
	instancia:	Querer
	agente:	MR2
	objeto:	MR3
		{yo}
		{un evento de multiplicar}
MR2		{Yo}
	Instancia:	usuario012
	Nombre:	Carlos Andrés
MR3		{un evento de multiplicar}
	Instancia:	multiplicar
	Agente:	MR2
	Objeto:	MR4
		{yo}
		{dos números}
MR4		{dos números}
	Instancia:	número-natural
	Valor:	65 y 56
	Acción:	multiplicar

La representación del significado deseado sería entonces:

Significado	
Instancia:	ordenar
Agente	usuario012
Actuante:	este-sistema
Objeto:	dos números
Dos números	
Instancia:	multiplicar
Agente:	este-sistema
Objeto:	65 y 56

A continuación se ilustra la idea de las reglas semánticas composicionales:

"querer"	→	Unidad
sujeto: MRi		instancia: Querer
objeto: MRj		agente: MRI
		objeto: MRj
"multiplicar"	→	Unidad
sujeto: MRi		instancia: multiplicar
objeto: MRj		agente: MRI
		objeto: MRj
"dos"	→	Unidad de SN1 y
modificador de SN1		adjetivo de cantidad: dos
"números"	→	Unidad
		instancia: número-natural
"Yo"	→	Unidad
		instancia Persona
		nombre: Carlos Andrés

Las dos primeras reglas son ejemplos de reglas de correspondencias de verbos. Estas reglas se leen diciendo que hacen una correspondencia desde una estructura semántica parcial que contiene un verbo, su sujeto y su objeto, hacia alguna unidad con los atributos instancia, agente y objeto pasivo. Estas reglas realizan dos acciones. Por un lado, describen el propio significado de los verbos ("querer" o "multiplicar") en términos de eventos de la base de conocimiento. Por otro lado, también indican la forma en que los argumentos sintácticos de los verbos (sus sujetos y objetos) se corresponden con los atributos de estos eventos. La tercera es un ejemplo de regla modificadora que especifica tanto la contribución propia de los constituyentes del significado, como la forma en

que se combina con el significado del sintagma nominal o sintagmas a los cuales se asocia. Las dos últimas reglas son las más sencillas ya que definen el significado de los nombres. Estas reglas no necesitan describir la forma de derivar los significados de los constituyentes más grandes a partir de sus componentes.

7.3.2 Razonamiento ampliado con una base de conocimiento

Para poder realizar una interpretación semántica (y, por lo tanto, para conseguir un análisis sintáctico correcto) puede ser necesaria una importante cantidad de conocimiento acerca del mundo. En ocasiones, el conocimiento se requiere en la capacitación del sistema para elegir entre varias interpretaciones. Si se considera, por ejemplo, las oraciones:

1. Carlos realizó la sustracción con la ayuda del Tutor.
2. Carlos realizó la sustracción con la calculadora.
3. Carlos realizó la sustracción con su respectiva comprobación.
4. Carlos realizó la sustracción con la intención de hallar la respuesta.

Ahora concentrándose en el problema de decidir qué constituyente del sintagma preposicional debería asignarse y en la asignación de un significado a la preposición “con”, se tienen tres posibilidades principales: o bien el sintagma se asigna a la acción de realizar una sustracción y “con” indica una relación de instrumento (la calculadora, el Tutor), o bien el sintagma preposicional se asigna al sintagma nominal describiendo la sustracción realizada, en cuyo caso “con” describe un componente adicional de la resta (su comprobación), o por último “con” se emplea para describir el fin u objetivo de realizar el sintagma nominal (hallar la respuesta).

Las oraciones 2 y 4 son relativamente sencillas si se supone que la base de conocimiento contiene los siguientes hechos:

- Las calculadoras se usan en muchos tipos de problemas y operaciones.
- La sustracción se realiza con el objetivo de encontrar una solución a un problema que requiera hallar la diferencia entre dos cantidades.

Pero si se consideran las oraciones 1 y 3, no se encuentra ningún candidato que corresponda con ellas. Lo que se necesita son hechos mucho más específicos como:

- Los ejercicios de sustracción pueden ser solucionados con la ayuda de un profesor, un Tutor o una calculadora.
- Toda sustracción puede ser validada a través de su comprobación empleando la suma del resultado más el sustraendo, lo cual debe dar como resultado el minuendo.

Otro uso del conocimiento consiste en capacitar al sistema para que acepte significados sobre los que no se han hablado explícitamente. Por ejemplo, considerando las siguientes oraciones:

1. A Carlos le gusta leer a Baldor
2. Sustraccionalandia ha perdido la batalla.
3. Cuando TAHAN se perdió en el bosque comió ardillas.

Suponiendo que el sistema únicamente tiene los siguiente significados de las palabras “Baldor”, “Sustraccionalandia” y “ardillas”:

- Baldor: *instancia: Autor, Apellido: Baldor*
- Sustraccionalandia: *instancia: planeta del juego; nombre: Sustraccionalandia*
- Ardillas: *es-un: Roedor.*

Y suponiendo que para estas oraciones también se dispone únicamente de los significados para los verbos:

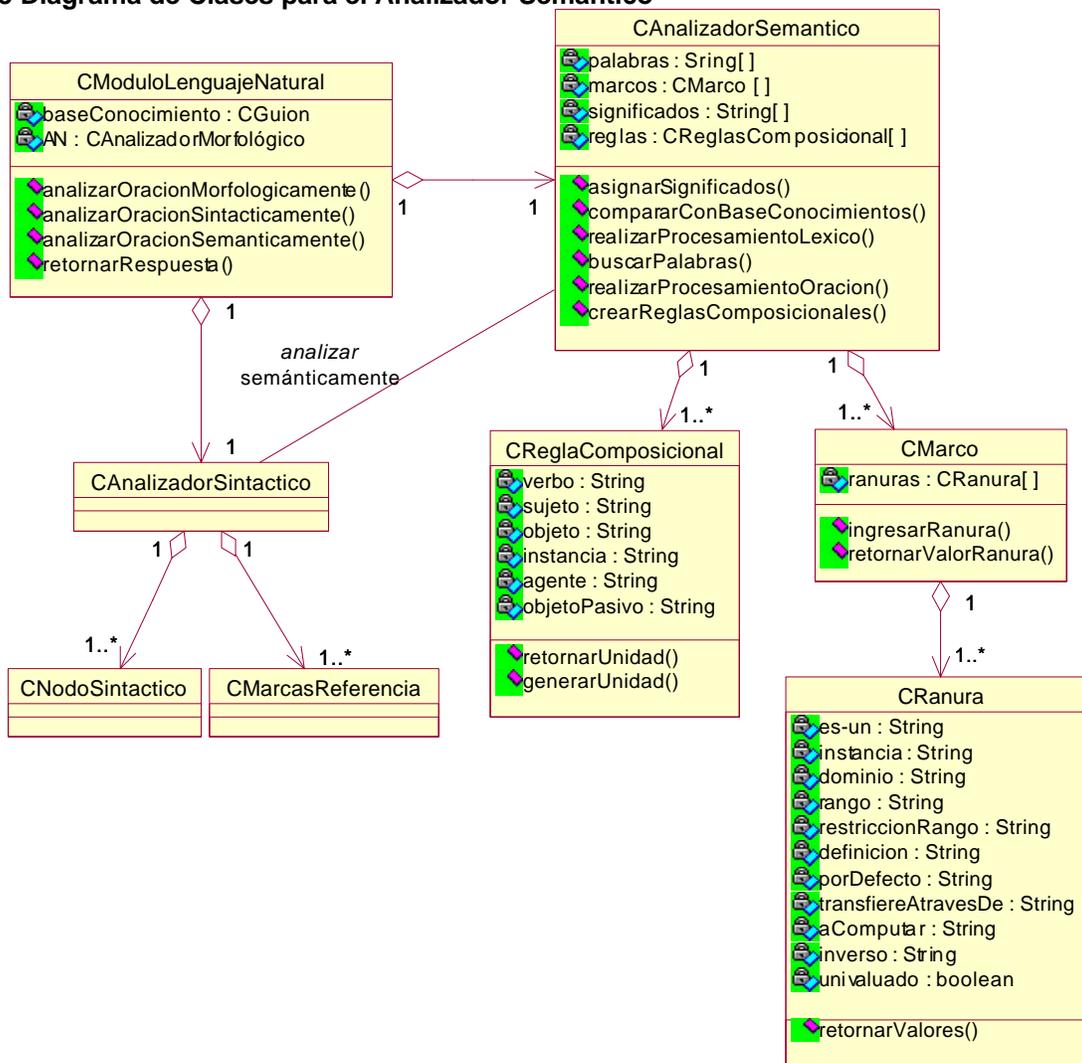
- leer: *es-un: evento mental; objeto: debe ser <material impreso>*
- perder: *es-un: evento mental; agente: debe ser <entidad animada>*
- comer: *es-un: evento de ingestión; objeto: debe ser <alimento>*

El problema es que con estas definiciones no es posible construir interpretaciones coherentes para todas estas oraciones. Un autor no es un <material impreso>. Un planeta no es una <entidad animada>. Un roedor no es un <alimento>. Una solución consiste en crear entradas adicionales en el diccionario para los nombres: Baldor como un conjunto de trabajos literarios, Sustraccionalandia como la gente de ese planeta, y una ardilla como un alimento. Pero una mejor solución es utilizar un conocimiento general para derivar estos significados conforme sean necesarios. El conocimiento general necesario para trabajar estos ejemplos sería entonces:

- El nombre de una persona puede usarse para referirse a cosas que la persona crea. La autoría es un tipo de creación.
- El nombre de un lugar se puede usar para referirse a una conjunto de personas que habitan en él.
- Un alimento (carne) puede estar constituido por casi cualquier animal. Normalmente suele usarse el nombre de animal para referirse a la carne obtenida de ese animal.

El problema se irá haciendo más complejo conforme se va más allá de las oraciones aisladas y a medida que se intenta extraer el significado de textos y diálogos, sobre todo cuando se emplean metáforas y figuras literarias que producen arbitrariedad en la comprensión del texto.

7.3.3 Diagrama de Clases para el Analizador Semántico



Como ya se ha mencionado el sistema de representación destino será por medio de estructuras de relleno como los Marcos o los Guiones. La clase CMarco posee una clase agregada CRanura. Los atributos *es-un* e *instancia* proporcionan la propagación de los valores de definición y proveen la herencia entre marcos. El atributo *dominio* indica el sentido que tiene la ranura en el contexto, por ejemplo la ranura edad-hombre puede tener un dominio entre meses (para los bebés) y años (para niños y adultos). El atributo *rango* indica un valor legal para la ranura, ejemplo: edad entre 0 y 110 años, y las *restricciones de rango* contiene una expresión lógica que más adelante restringe el ámbito para ser elemento de rango a aquellos que también satisfagan la restricción. El atributo *por defecto* indica el valor de la ranura al crearse y se transmite a las ranuras que heredan. El atributo *aComputar* calcula el valor de la ranura según se necesite y el atributo *transfiereAtravesDe* proporciona otras ranuras a partir de las cuales los valores para esta ranura se pueden derivar a través de la herencia. El atributo *inverso* contiene el valor inverso de una ranura. El atributo *Univaluado* se utiliza para marcar las clases especiales para las que la ranura es una función, y por lo tanto únicamente pueden tener un valor.

7.3.4 Construcción de Escenarios

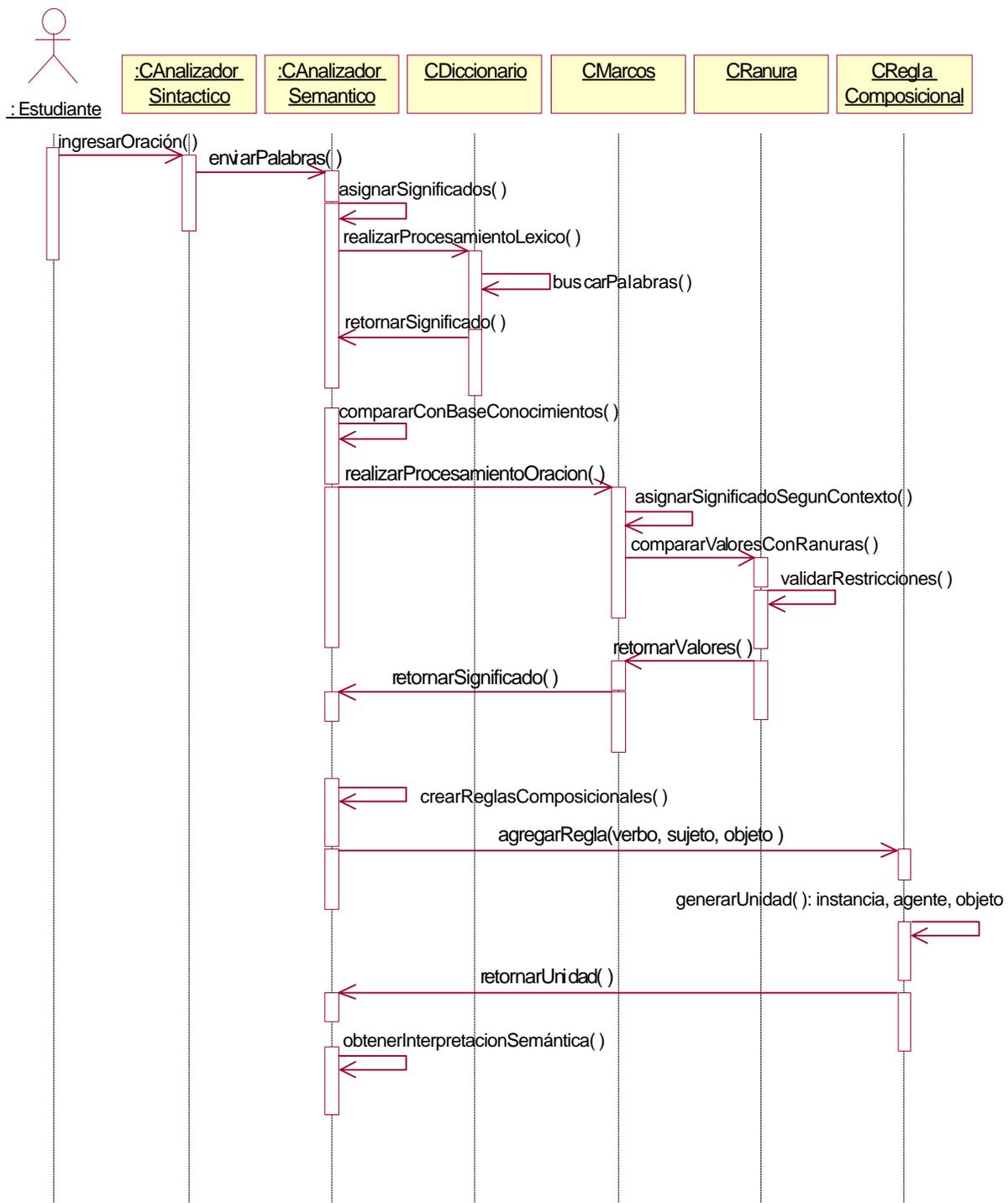
Escenario Normal 1: Analizador Semántico

<i>Acción del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno escribe una pregunta con respecto a un ejercicio en especial y hace clic en el botón hablar.	1. Se analiza sintácticamente la oración. 2. Se asignan significados a cada palabra por medio de un diccionario de términos preestablecidos.
	2.1 Se realiza el procesamiento léxico de toda la oración empleando las marcas semánticas.
	2.2 Se busca palabra por palabra en el diccionario y se le asigna la marca semántica de acuerdo al contexto donde se encuentra la palabra.
	2.3 Se realiza una comparación de la oración con la base de conocimiento.
	2.4 Se realiza el procesamiento de oración para lo cual se emplean los Marcos.
	2.5 Se busca la palabra dentro del Marco y se le da un significado de acuerdo al contexto-
	2.6 se compara cada ranura del Marco con los valores o hechos proporcionados por la oración de entrada.
	2.7 se validan las restricciones de la ranura.
	2.8 Se retorna un significado
	3. Se crean las reglas composicionales.
	3.1 Se agrega una regla composicional conociendo los verbos, sujetos y objetos de la oración.
	3.2 Se genera una unidad como la parte resultante de la regla. Esta unidad posee un agente, instancia, y objeto pasivo.
	3.3 se retorna la unidad al analizador semántico.
	4. Se obtiene una interpretación semántica

Escenario de excepciones 1: Analizador Semántico

<i>Acción del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno escribe una pregunta con respecto a un ejercicio en especial y hace clic en el botón hablar.	1. Se analiza sintácticamente la oración. 2. Se asignan significados a cada palabra por medio de un diccionario de términos preestablecidos.
	2.1 Si no se encuentra un significado en el diccionario se avisa al usuario.
	2.3 Se realiza una comparación de la oración con la base de conocimiento.
	2.4 Se realiza el procesamiento de oración para lo cual se emplean los Marcos.
	2.5 Se busca la palabra dentro del Marco y se le da un significado de acuerdo al contexto-
	2.6 no se encuentra una correspondencia en el Marco.
	2.7 Se retorna un String vacío
	2.8 Se detiene el analizador Semántico.

7.3.5 Diagrama de Secuencia para el Analizador Semántico



7.4 EL PROCESAMIENTO DE LA PRAGMÁTICA Y EL DISCURSO

En este punto, se ha resuelto la clase de cosas a las cuales se refiere la oración. Pero aún no se sabe a qué individuos concretos se refiere. Por tal motivo se debe apelar a un modelo de integración del discurso. Por otro lado, cuando se ha logrado una interpretación de la oración que ha ingresado al sistema, se debe realizar una acción resultante. Esta acción está sujeta a un análisis de la pragmática en donde se decide si realizar un efecto claramente declarativo o por el contrario una acción concreta.

Existe un conjunto de relaciones importantes que pueden surgir entre las frases y las partes de sus contextos del discurso, entre las que están:

- Entidades idénticas como por ejemplo:

- TAHAN consiguió el cuarto elemento,
- El capitán Less lo quería.

La palabra “lo” de la segunda oración debería identificarse como una referencia al cuarto elemento. Las referencias como éstas se denominan *relaciones anafóricas* o *anáfora*.

- Partes de entidades:

- Carlos resolvió correctamente el ejercicio de sustracción número 4.
- La resta era con números de tres cifras.

La frase “la resta” debería reconocerse como una parte del ejercicio de sustracción número 4.

- Partes de acciones:

- Andrés viajó de Adicionix hacia Sustraccionalandia.
- Él empleó una nave hipergaláctica para llegar más rápido.

Tomar una nave hipergaláctica dentro del contexto del micromundo debería reconocerse como parte de hacer un viaje.

- Entidades involucradas en acciones:

- Los alienígenas invadieron la Tierra.
- (*ellos*) Se llevaron los cuatro elementos.

El pronombre implícito “ellos” debería reconocerse como una referencia a los invasores de la tierra.

- Elementos de conjuntos:

- En cada uno de los micromundos, TAHAN encontrará ayudas, herramientas, pistas, etc.
- TAHAN hace uso de 3 pistas.

Las pistas de la segunda oración debería entenderse como las mismas a las que hace referencia la primera oración.

- Encadenamientos causales:

- Andrés no pudo pasar ayer la evaluación del tercer nivel de Adicionix.
- Andrés empezará hoy en el primer nivel de Adicionix.

Debería reconocerse que la pérdida de la evaluación fue el motivo para que Andrés empezara de nuevo en el primer nivel de Adicionix.

- Planificación de secuencias:

- Carlos quería terminar el tercer nivel de MultiplexSum
- Él decidió aprobar todas las evaluaciones y ejercicios.

El interés de Carlos por aprobar todos los ejercicios y evaluaciones debería reconocerse como consecuencia de su deseo por pasar el tercer nivel de MultiplexSum.

- Fuerza ilocucionable:

- Aquí hace frío.

En muchas circunstancias, esta oración debería reconocerse como el efecto que se desea, tal como que el interlocutor haga algo como cerrar una ventana o subir el termostato.

- Presuposiciones implícitas:

- ¿Carlota perdió en DiviRex?

Las presuposiciones del hablante, incluyendo el hecho que DiviRex es un micromundo explorativo del MEC, y que Carlota es una alumna que emplea el MEC, deberían reconocerse, ya que si no se satisface alguna de ellas, se pueda informar al hablante.

Para poder reconocer este tipo de relaciones entre las oraciones, es necesaria gran cantidad del conocimiento acerca del dominio del problema. La forma de organizar este conocimiento es crítica para el éxito del programa de comprensión. A continuación se explica brevemente la forma en que algunas de las representaciones del conocimiento pueden usarse en un programa de comprensión del lenguaje.

7.4.1 Uso de la atención en la comprensión

Existen dos partes importantes en el proceso de utilización del conocimiento para facilitar la comprensión:

- Centrarse en la(s) parte(s) relevante(s) de la base de conocimiento.
- Usar este conocimiento para resolver ambigüedades y establecer conexiones entre lo que se ha dicho.

La primer parte es crítica si la cantidad de conocimiento que se dispone es grande. Para solucionar este problema se puede acudir a mecanismos de solución de problemas de representación del conocimiento⁹. La segunda parte se tratará a continuación:

Una propiedad importante de los discursos coherentes son los dramáticos cambios de atención que normalmente se producen al aparecer explícitamente frases como “por otro lado”, “volviendo al tema anterior” o “el segundo aspecto es”:

⁹ Autores que han escrito al respecto: RICH, Elaine. Op.cit. p, 128.

Si se asume que este conocimiento se ha usado de forma adecuada para centrarse en la(s) parte(s) relevantes de la base de conocimiento, el segundo aspecto consiste en ver la forma de usar el conocimiento ya centrado para ayudar a la comprensión.

El proceso de encontrar un significado incluye una búsqueda sobre las posibles relaciones que tiene un sintagma nominal. Algunas de estas relaciones pueden ser: *parte-física-de*, *parte-temporal-de* y *elemento-de*. De acuerdo al tipo de relación y al contexto donde se encuentra el sintagma nominal, se le da un significado propio a dicho sintagma. Por ejemplo, en la oración: “La portada estaba rota” el sintagma nominal “portada” se ajusta mejor a una relación *parte-física-de*, cuyo complemento puede ser un “libro”. Por tal motivo la búsqueda se haría enfocándose en el sustantivo “libro”.

7.4.2 Modelo de creencias

Para que un programa sea capaz de participar inteligentemente en un diálogo tiene que poder representar no sólo sus propias creencias acerca del mundo, sino también representar su conocimiento acerca de las creencias sobre el mundo de los demás participantes en el diálogo, las creencias de las personas sobre la computadora, y así sucesivamente. Para conseguir modelos computacionales de la creencia, es adecuado dividir el problema en dos partes: aquellas creencias sobre las que se puede asumir que son compartidas por todos los participantes de un evento lingüístico, y aquellas que no lo son.

Modelo de las creencias compartidas

Las creencias compartidas se pueden modelar sin una noción explícita de la creencia de la base de conocimiento. Todo lo que se necesita hacer es representar las creencias compartidas como hechos, y acceder a ellos cuando se necesite conocimiento acerca de las creencias del mundo.

Una técnica apropiada para tratar este tipo de creencias es el empleo de los Guiones. Los guiones almacenan secuencias de eventos que ocurren normalmente en una situación determinada. Al usar los guiones como ayuda para la comprensión del lenguaje, existen dos pasos:

- Seleccionar el (los) guión(es) apropiados de la memoria.
- Utilizar el (los) guión(es) para rellenar las partes no especificadas en el texto que se desea comprender.

El razonamiento por medio de Guiones permite inferir situaciones implícitas dentro de una situación. El programa de comprensión de relatos SAM de Cullingford¹⁰, demostró lo adecuado que resultaba este tipo de razonamiento con guiones para la comprensión del lenguaje natural.

¹⁰ CULLINGFORD, R.E. SAM. En *Inside Computer Understanding*. Ed. R.C. Shanck. NJ. 1981.

Modelo de las creencias individuales

Tan pronto como se decide representar las creencias individuales, se necesita introducir algún(os) predicado(s) explícito(s) para indicar que se cree en un hecho. Para modelar una creencia, se necesita trasladarse a una lógica que permita razonar sobre proposiciones de creencias. Lo más usual es utilizar la *lógica modal* tal y como la definió Hintikka¹¹. La lógica modal se ocupa de los diferentes “modos” en los que puede ser cierta una sentencia. La lógica modal permite hablar sobre la certeza de un conjunto de proposiciones no sólo en el estado actual del mundo real, sino también sobre su certeza o falsedad en el pasado o en el futuro (denominadas lógicas temporales), y sobre su certeza o falsedad bajo circunstancias que podían haber ocurrido, pero que no se dieron (denominadas lógicas condicionales). Las lógicas modales también permiten hablar sobre la certeza o falsedad de sentencias que conciernen a creencias, conocimiento, deseos, intenciones y obligaciones de las personas y robots, lo cual puede de hecho ser, respectivamente, falso, injustificado, poco factible, irracional o mutuamente contradictorio. De esta forma, la lógica modal proporciona un conjunto de potentes herramientas para la comprensión de expresiones del lenguaje natural que frecuentemente incluyen referencias a otros tiempos y circunstancias, y a estados mentales de las personas.

Concretamente, para modelar las creencias individuales se define el operador modal CREER, que permite hacer aserciones de la forma CREER(A,P), que es cierto si A cree que P es cierto. Esto se puede aplicar además si alguien más cree que P es falso o si P es falso.

$CREER(A,P) \wedge P \rightarrow CONOCER(A,P)$

Un tercer operador modal útil es CONOCER-QUE(A,P), que es cierto si A conoce el valor de la función P. Por ejemplo, se podría decir que A conoce el valor de su edad.

Una forma alternativa de representar las creencias individuales consiste en utilizar la idea de la partición de una base de conocimiento. Las particiones permiten hacer dos cosas:

1. Representar eficientemente el amplio conjunto de creencias compartidas por los participantes.
2. Representar con exactitud el conjunto mínimo de creencias no compartidas.

El requisito 1 impone que las creencias compartidas no estén duplicadas en la representación. Esta idea sugiere que debe utilizarse una sola base de conocimiento para representar las creencias de todos los participantes. Sin embargo, el requisito 2 pide que sea posible separar las creencias de una persona del resto. Una forma de lograrlo consiste en usar redes semánticas particionadas. Por ejemplo: Teniendo en cuenta tres espacios de creencias distintos:

- S1 cree que TAHAN derrotó al Capitán Less
- S2 cree Centemón derrotó al Capitán Less
- S3 cree que alguien derrotó al Capitán Less.

¹¹ HINTIKKA, J. Knowledge and Belief. NY. 1962. p. 87.

Resulta importante poder manipular creencias incompletas como éstas, ya que normalmente sirven como base para formular preguntas, como en este caso, “¿Quién derrotó al Capitán Less?”.

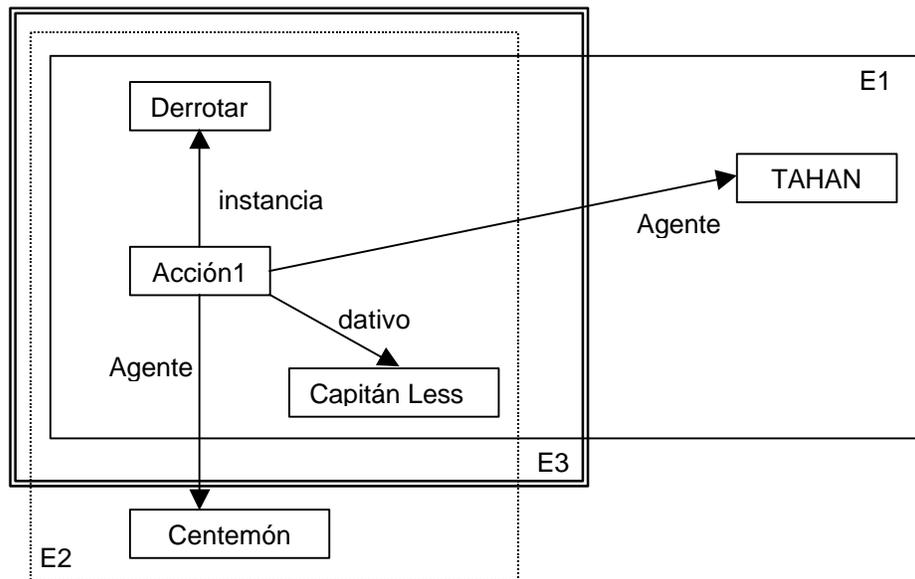


Figura 30. Una red semántica particionada que muestra tres espacios de creencias

7.4.3 Utilización de objetivos y planes para la comprensión

Si se considera el Texto: *TAHAN estaba preocupado por conseguir pasar la evaluación del mundo de MultiplexSum. Él buscó un cuaderno con las tablas de multiplicar para resolver los ejercicios.*

Para comprender este texto, es necesario reconocer que TAHAN tiene:

1. Un objetivo, lograr pasar el mundo de MultiplexSum.
2. Un plan, que incluye desarrollar correctamente las operaciones de multiplicación. Por lo menos uno de estos subplanes (si no son todos) incluye la necesidad de emplear las tablas de multiplicar hasta el 10.

Algunos de los objetivos que se pueden aplicar en un diálogo con el MEC, son los siguientes:

- Objetivos para satisfacer, tales como llegar a un lado, encontrar uno de los elementos, etc.
- Objetivos de disfrute, tales como entretenimiento y competición.
- Objetivos de realización, tales como vencer a los malos, adquirir destrezas en el manejo de las operaciones, lograr un record con el uso del MEC, etc.
- Objetivos de conservación, tales como recuperar un elemento, salvar la tierra, etc.
- Objetivos agradables, que incluyen la satisfacción de algún otro tipo de objetivo para otro más.
- Objetivos instrumentales, que capacitan precondiciones para otros objetivos de más alto nivel.

Para alcanzar estos objetivos, las personas utilizan los planes¹². Los planes permiten que un sistema de comprensión forme una representación coherente de un texto, incluso cuando se omiten pasos, ya que especifican cosas que deben aparecer en el relato completo. Por ejemplo, para comprender este sencillo texto sobre TAHAN, es necesario hacer uso del hecho que TAHAN estuvo utilizando el operador USAR (por A de P para hacer G), donde:

A: TAHAN, P: un cuaderno con las tablas de multiplicar, G: pasar la evaluación de MultiplexSum. lo cual puede describirse como:

USAR (A,P,G) :

Precondición: SABER-QUE(A, SITUACIÓN(P))

CERCA (A, P)

TIENE-CONTROL-DE (A, P)

PREPARADO(P)

Postcondición: HECHO(G)

En otras palabras, para que A use P con el objetivo de realizar G, A debe conocer la situación de P, debe estar cerca de P, A debe tener control sobre P (por ejemplo no se puede emplear un cuaderno con las tablas de multiplicar que posee otra persona y no lo desea prestar), y P debe estar preparado para usar (por ejemplo, no se puede emplear un cuaderno que no posea la pasta, ya que es en la pasta de atrás donde aparecen las tablas).

Es necesario luego, establecer las precondiciones para el uso de las tablas de multiplicar. Concretamente, TAHAN necesita saber la situación del cuaderno con las tablas. Para encontrarlo, hace uso del operador BUSCAR:

BUSCAR (A,P):

Precondición: PODER-RECONOCER(A,P)

Postcondición: SABER-CÓMO (A SITUACIÓN(P))

Un programa de comprensión de textos puede conectar el objetivo de pasar una evaluación de multiplicación con la actividad de buscar un cuaderno con las tablas de multiplicar reconociendo que TAHAN está buscando un cuaderno con dichas tablas, por lo que puede usarlo como parte de la obtención de un resultado correcto en la solución de un ejercicio de multiplicación.

El reconocimiento de planes ha servido como base para muchos programas de comprensión. Algunos estudios sobre el reconocimiento de planes, objetivos, relaciones interpersonales y emociones se encuentra en: PAM¹³, BORIS¹⁴ y Allen¹⁵,

¹² Para mayor información consulte sobre la representación computacional de los planes en RICH, Op.cit. p, 359.

¹³ WILENSKY, R. PAM. En *Inside Computer Understanding*. NJ. 1981.

¹⁴ DYER, M. *InDepth Understanding*. MA. 1983

¹⁵ ALLEN, J y PERRAULT, C.R. *Readings in Natural Language Processing*. 1986. p, 143 – 178.

7.4.4 Acciones del habla

Los elementos que componen un plan de comunicación se denominan acciones del habla (*speech acts*). Las acciones del habla pueden axiomatizarse de la misma forma en que lo hacen otros operadores como se vio anteriormente, con la salvedad que es necesario utilizar operadores modales que describan estados de la creencia, conocimiento, deseos, etc. Por ejemplo, se puede definir la acción del habla básica A INFORMA B de P de la siguiente forma:

INFORMA (A,B,P)

Precondición: CREER (A,P)
 SABER-QUE (A, SITUACIÓN(B))
 Postcondición: CREER (B, CREER (A,P))
 CREER-EN (B,A) → CREER (B,P)

Para ejecutarla, A debe creer P y A debe conocer donde está B. El resultado de este operador es que B cree A cree P, y si B cree en la certeza de lo que dice A, entonces B también cree P.

Es posible definir otras acciones del habla de manera similar. Por ejemplo, se puede definir PREGUNTAR-QUÉ (En donde A pregunta el valor de algún predicado P, como en “quiero saber ¿qué debo hacer cuando la cifra de arriba es menor que la cifra de abajo en una sustracción?”):

PREGUNTAR-QUÉ (A,B,P):

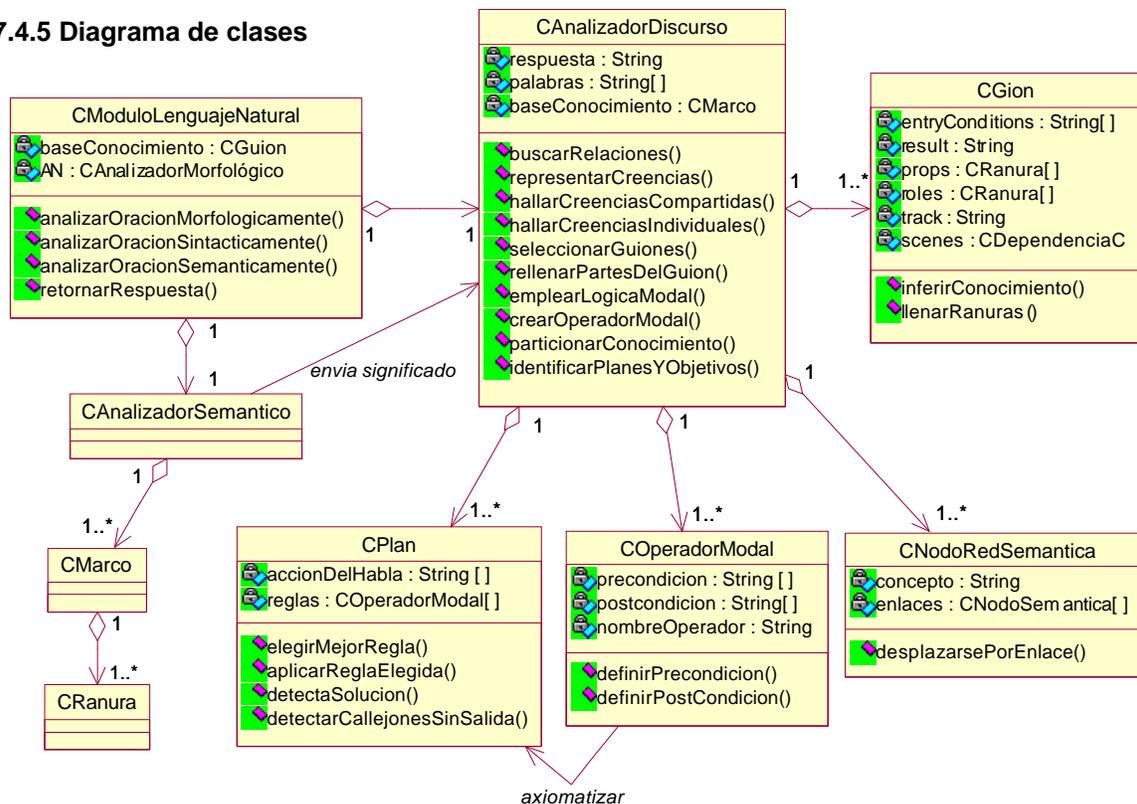
Precondición: SABER-QUÉ (A, SITUACIÓN(B))
 SABER-QUÉ (B,P)
 QUERER-REALIZAR (B, INFORMAR (B,A,P))
 Postcondición: SABER-QUÉ (A,P).

Por otro lado, ésta es la acción que podría haber llevado a cabo TAHAN como alternativa a la búsqueda del cuaderno con las tablas. Se pueden definir otras acciones del habla, como A PEDIR B para realizar R:

PEDIR (A,B,R)

Precondición: SABER-QUÉ (A, SITUACIÓN(B))
 PODER-REALIZAR (B,R)
 QUERER-REALIZAR (B,R)
 Postcondición: QUERER (REALIZAR (B,R))

7.4.5 Diagrama de clases



En el diagrama anterior se destaca las clases CGuion y CPlan. CGuion posee los siguientes atributos:

- Entry Conditions: Condiciones que, en general, deben satisfacerse antes que puedan ocurrir los eventos que se describen en el guión.
- Result: Condiciones que, en general, deberán ser ciertas después de ocurrir los eventos que se describen en el guión.
- Props: Ranuras que representan objetos que aparecen involucrados en los eventos descritos en el guión. La presencia de estos objetos puede inferirse incluso si no se mencionan explícitamente.
- Roles: ranuras que representan a gente que aparece involucrada en los eventos descritos en el guión. La presencia de esta gente, también puede inferirse incluso si no se le menciona explícitamente. Si se especifican individuos concretos, éstos pueden insertarse en la ranuras apropiadas.
- Track: La variación específica sobre un patrón más general representado por este guión concreto. Varios tracks de un mismo guión pueden compartir muchos componentes, aunque no todos.
- Scenes: es la secuencia de eventos que ocurre. Los eventos se representan con un formalismo de Dependencias Conceptuales¹⁶.

¹⁶ RICH, Elaine. Op.cit. p, 303.

CPlan tiene los siguientes métodos:

- elegirMejorRegla: elige la mejor regla para aplicar a continuación, basándose en la mejor información heurística posible.
- aplicarReglaElegida: aplica la regla elegida para calcular el nuevo estado del problema que surge de su aplicación.
- detectarSolución: detecta cuándo se ha llegado a una solución.
- detectarCallejonSinSalida: detecta callejones sin salida de forma que puedan abandonarse y que el esfuerzo del sistema se gaste en otras direcciones más fructíferas.
- Detectar cuándo se ha encontrado algo muy parecido a una solución correcta y emplear técnicas especiales para hacer que sea totalmente correcta.

7.4.6 Ejemplo de Representación del conocimiento por medio de Guiones

Los guiones resultan útiles porque en el mundo real aparecen patrones en la ocurrencia de los eventos. Estos patrones surgen debido a las relaciones de causalidad entre los eventos. Los agentes llevarán a cabo una acción de forma que son capaces de realizar otra. Los eventos que se describen en un guión forman una gigantesca cadena causal. El comienzo de la cadena es el conjunto de condiciones de entrada, las cuales hacen que los primeros eventos del guión puedan ocurrir. El final de la cadena es el conjunto de resultados de los cuales pueden capacitar posteriores eventos o secuencias de ellos (posiblemente descritos por otro guión). Por medio de esta cadena, los eventos se conectan tanto con eventos anteriores que los hacen posibles, como con eventos posteriores, a los cuales capacita. Si se sabe que un cierto guión es apropiado para una situación dada, entonces puede resultar muy útil para poder predecir las ocurrencias de eventos que no se han mencionado explícitamente.

Primitivas de los guiones¹⁷:

ATRANS:	Transferencias de una relación abstracta, por ejemplo: dar.
PTRANS:	Transferencias de una localización física de un objeto. P. ej: ir.
PROPEL:	Aplicación de fuerza física a un objeto, p.ej: empujar.
MOVE:	Movimiento de una parte del cuerpo por su dueño. P. Ej: patear.
GRASP:	Asimiento de un objeto por un actor. P, ej: empuñar.
INGEST:	Ingestión de un objeto por parte de un animal: comer
EXPEL:	Expulsión de algo del cuerpo de un animal: llorar.
MTRANS:	Transferencias de información mental: decir.
MBUILD:	Construcción de información nueva aparte de la vieja: decidir.
SPEAK:	Producción de sonidos: hablar.
ATTEND:	Concentración de un órgano sensorial hacia un estímulo: escuchar.

¹⁷ SHANCK, R.C. y ABELSON R.P. Scripts, Plans, Goals, and Understanding. NJ. 1977.

Inicialmente se presentará un ejemplo básico de un guión de actividades en un restaurante.

<p>Guión: RESTAURANTE Track: Cafetería Props: Mesas Menú C = Comida Cuenta Dinero Roles: L = Cliente A = Camarero O = Cocinero J = Cajero P = Propietario</p>	<p>Escena 1: Entrar</p> <p>L PTRANS L en el restaurante L ATTEND ojos a las mesas L MBUILD dónde sentarse L PTRANS a la mesa L MOVE L a posición sentado</p>
<p>Entry Conditions:</p> <p>L está hambriento L tiene dinero</p> <p>Resultados:</p> <p>L tiene menos dinero P tiene más dinero L no está hambriento L está complacido (opcional)</p>	<p>Escena 2: Pedir Cena</p> <p>(Menú en la mesa) (A trae el menú) (L pide el Menú) L PTRANS menú a L L MTRANS seña a A A PTRANS A a la mesa L MTRANS "necesito menú" a A A PTRANS A al menú</p> <p>A PTRANS A a la mesa A ATRANS menú a L</p> <p>L MTRANS A a la mesa * L MBUILD elección de C L MTRANS seña a A A PTRANS A a la mesa L MTRANS "quiero C" a A</p> <p>A PRANS A a O A MTRANS (ATRNS C) a O</p> <p>O MTRANS "no hay C" a A O DO (guión preparar C) A PTRANS A a L ir a la escena 3 A MTRANS "no hay C" a L (volver a *) o (ir a la escena 4 por el camino de no pagar)</p>
	<p>Escena 3: Comer</p> <p>A ATRANS C a A A ATRANS C a L L INGEST C (Opción: volver a la escena 2 para pedir más; en caso contrario, ir a la escena 4)</p>
	<p>Escena 4: Salir del restaurante</p> <p>L MTRANS a A (A ATRANS la cuenta a L)</p> <p>A MOVE (escribe la cuenta) A PTRANS A a L A ATRANS la cuenta a L L ATRANS la propina a A L PTRANS L a J L ATRANS dinero a J L PTRANS L fuera del restaurante</p> <p>(Camino de no pagar)</p>

A continuación se presenta un Guión muy sencillo del juego implementado en el MEC llamado “Rally de operaciones”, como ejemplo de la representación por guiones:

<p>Guión: Rally de operaciones Track: Operaciones de resta Props: Dados Posiciones Carro Minuendo Sustraendo Resultado R Menos Dígito Número de arriba NA Número de abajo NB Posición a la izquierda PI Número MEC</p> <p>Roles: C = Conductor T = TAHAN L = Lumicromita P = Profesor MaxPower</p>	<p>Escena 1: Lanzar los dados</p> <p>T PTRANS los dados. T ATTEND el número que arrojé el dado Carro PTRANS n posiciones en el Rally. MEC MTRANS T un aviso indicando el nuevo reto.</p>
	<p>Escena 2: Realizar la sustracción 102 – 39</p> <p>T ATTEND que es una sustracción T ATTEND el número de columnas</p> <p>T MBUILD hay varias columnas T ATTEND NB = 0 T ATTEND NA < NB T ATRANS escribe NA como R</p> <p>T MBUILD pedir prestado T ATRANS escribir NA-NB T ATTEND PI=0</p> <p>T MBUILD reagrupar T MBUILD pedir prestado</p> <p>T ATRANS decrementar NA T ATTEND posición a la derecha T ATRANS incrementar en 10 T ATRANS realizar diferencia NA-NB</p> <p>T PROPEL oprimir botón aceptar</p>
<p>Entry conditions T está en Sustraccionalandia T ya aprobó los primeros 3 Niveles. El dado posee los números del 1 al 6. Sólo existe un dado.</p> <p>Resultados T ha ganado puntos T puede pasar al siguiente Planeta. T practicó la resta.</p>	

7.4.7 Construcción de Escenarios

Escenario Normal 1: Retornar Respuesta

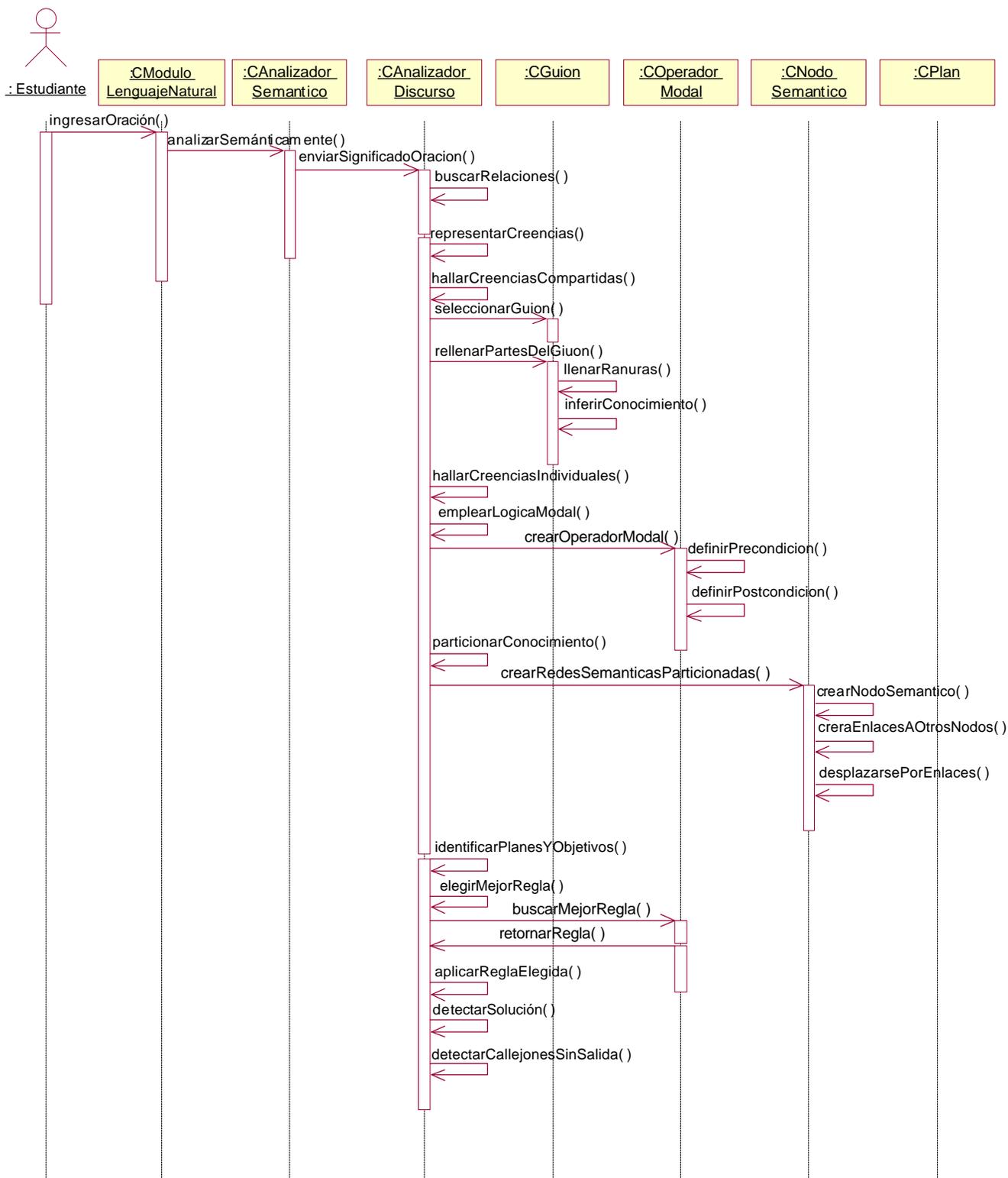
<i>Acción del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno escribe una pregunta con respecto a un ejercicio en especial y hace clic en el botón hablar.	1. Se analiza semánticamente la oración.
	2. Se busca las relaciones de cada palabra con respecto al contexto del discurso.
	3. se representan las creencias
	3.1 se hallan las creencias compartidas por medio de los guiones
	3.2 se compara cada ranura del guión con cada palabra y se validan las restricciones para cada campo de la ranura..
	3.3 Se infiere conocimiento según el comportamiento del guión.
	3.4 se particiona la base de conocimientos para representar las

	creencias individuales.
	3.5 se hallan las creencias individuales a través de las redes semánticas compartidas.
	3.6 Se generan operadores modales que representen las creencias individuales.
	3.7 se establece la parte precondición del operador modal
	3.8 se establece la parte postcondición del operador modal.
	4. Se identifican los planes y objetivos de la conversación.
	4.1 se elige la(s) mejor(es) regla(s) (operador modal) que se ajusta al plan con sus respectivos objetivos.
	4.2 se busca la mejor regla dentro de una base de reglas u operadores modales.
	4.3 se retorna aquella regla elegida.
	4.4 se aplica la regla elegida con el objetivo de ir armando el plan.
	4.5 se verifica si se ha llegado a alguna solución
	4.6 se detectan callejones sin salida.
	4.7 Si se ha encontrado una solución relativamente correcta emplear una técnica para convertir la solución en totalmente correcta.

Escenario de excepciones 1: Retornar Respuesta

<i>Acción del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El alumno escribe una pregunta con respecto a un ejercicio en especial y hace clic en el botón hablar.	1. Se analiza semánticamente la oración.
	2. Se busca las relaciones de cada palabra con respecto al contexto del discurso.
	3. se representan las creencias
	3.1 se hallan las creencias compartidas por medio de los guiones
	3.2 se compara cada ranura del guión con cada palabra y se validan las restricciones para cada campo de la ranura..
	3.3 los datos de entrada no cumplen las restricciones de la ranura.
	3.4 se particiona la base de conocimientos para representar las creencias individuales.
	3.5 se hallan las creencias individuales a través de las redes semánticas compartidas.
	3.6 Se generan operadores modales que representen las creencias individuales.
	3.7 se establece la parte precondición del operador modal
	3.8 se establece la parte postcondición del operador modal.
	4. Se identifican los planes y objetivos de la conversación.
	4.1 se elige la(s) mejor(es) regla(s) (operador modal) que se ajusta al plan con sus respectivos objetivos.
	4.2 No se encuentra una regla que se ajuste con los objetivos del plan. Se debe esperar a recopilar más información para armar el plan
	4.3 se retorna aquella regla elegida.
	4.4 se aplica la regla elegida con el objetivo de ir armando el plan.
	4.5 se verifica si se ha llegado a alguna solución
4.6 se detectan callejones sin salida. Si hay callejones se intenta otra regla modal.	
4.7 Si se ha encontrado una solución relativamente correcta emplear una técnica para convertir la solución en totalmente correcta.	

7.4.8 Diagrama de Secuencia para el Procesamiento de la Pragmática y el Discurso



Finalmente, es posible retornar una respuesta al alumno por medio de una interfaz del computador, de acuerdo a la interpretación que se le dio a la oración de entrada.

7.5 RESÚMEN

Un módulo de gran importancia en el MEC es el de comunicación. A través de este módulo el MEC identifica cuáles son los planes y decisiones del alumno y además el MEC puede ofrecer ayuda a través del diálogo con el estudiante.

En el módulo de comunicación se propone el diseño de un sistema de lenguaje natural SLN del idioma castellano. Este sistema ejerce una labor de interpretación de la información de entrada y elabora una oración como información de salida. Un SLN consta de 4 componentes básicos: un Analizador morfológico, un analizador sintáctico, un analizador semántico y un procesador de la pragmática y el discurso.

El analizador morfológico se encarga de tomar la oración de entrada como un String, y luego realiza una separación de la oración en palabras teniendo en cuenta los signos de puntuación, admiración y exclamación.

La siguiente etapa la realiza el analizador sintáctico que se encarga de transformar las secuencias lineales de palabras en ciertas estructuras que muestran la forma en que éstas se relacionan entre sí, formando así un árbol sintáctico donde se especifican sintagmas nominales y verbales, preposiciones, sustantivos, verbos, adjetivos, artículos, adverbios, etc.

Luego el analizador semántico asigna significados a las estructuras creadas por el analizador sintáctico. En otras palabras, se hace una correspondencia entre las estructuras sintácticas y los objetos del dominio de la tarea. En esta parte se hace uso de bases de conocimiento basadas en estructuras de relleno como los marcos, los guiones o las redes semánticas para asignar significados a las estructuras creadas por el analizador sintáctico.

Finalmente, el procesador de la pragmática y el discurso procede a interpretar la oración dentro de un contexto bien definido con el fin de evitar confusiones y ambigüedades. En esta etapa es necesario emplear un submódulo de comprensión por medio de planes, un modelo de creencias (referentes a las costumbres socio-culturales) y un módulo de acciones del habla.

El SLN cumple una función importante dentro del MEC, ya que por medio de él se puede lograr entablar diálogos socráticos con el alumno, es decir, se pueden realizar diálogos donde se llegue al aprendizaje y a la verdad por medio de la aseveración de proposiciones verdaderas y la refutación de proposiciones falsas; de ejemplos y contraejemplos. Por otro lado se podría brindar una ayuda más valiosa si el alumno realizará preguntas abiertas y el MEC las comprendiera y lo aconsejara.

8. ITERACIÓN 5: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO GESTOR DE USUARIOS (ETAPA DE CONSTRUCCIÓN V)

En este capítulo se presenta el modelo de persistencia el cual almacenará en disco duro la información referente a cada estudiante como la del profesor encargado. Este módulo permitirá llevar un registro de desempeño del estudiante a través del Tutor y además restringirá y validará el acceso de los usuarios a los diferentes menús del Tutor.

8.1 MODELO DE DATOS A UTILIZAR

Un modelo de datos es una colección de herramientas conceptuales para describir los datos, las relaciones que existen entre ellos, la semántica asociada a los datos y las restricciones de consistencia.

Los modelos de datos se dividen en tres grupos¹:

- Modelos lógicos basados en objetos.
- Modelos lógicos basados en registros.
- Modelos físicos de datos.

El modelo basado en objetos es el más acorde con el paradigma orientado a objetos ya que representa la realidad a través de objetos o entidades y las relaciones entre dichos objetos. Sin embargo no se empleará este modelo ya que el Sistema Manejador de Base de Datos SMBD disponible (Access 2000) no soporta modelos basados en objetos. Como ya se mencionó anteriormente en las restricciones técnicas, se utilizará Access 2000 gracias a que es un lenguaje asequible y que no consume demasiados recursos computacionales. El modelo de datos que se empleará entonces es el basado en registros soportado por Access 2000.

Modelos lógicos basados en registros

Se utilizan para describir datos en los niveles conceptual y físico. Estos modelos utilizan registros e instancias para representar la realidad, así como las relaciones que existen entre estos registros (ligas) o apuntadores. A diferencia de los modelos de datos basados en objetos, se usan para especificar la estructura lógica global de la base de datos y para proporcionar una descripción a

¹ KROENKE, David M. Procesamiento de Bases de Datos, Fundamentos, diseño e instrumentación. México 1996.

nivel más alto de la implementación. Los tres modelos de registros de datos más ampliamente aceptados son:

- Modelo Relacional
- Modelo de Red
- Modelo Jerárquico

El modelo que se empleará es el relacional y se explica a continuación:

8.1.1 Modelo Relacional

En este modelo² se representan los datos y las relaciones entre estos, a través de una colección de tablas, en las cuales los renglones (tuplas o filas) equivalen a cada uno de los registros que contendrá la base de datos y las columnas corresponden a las características (atributos) de cada registro localizado en la tupla;

Las entidades pueden ser de dos tipos:

Tangibles : Son todos aquellos objetos físicos que se pueden ver, tocar o sentir.

Intangibles: Todos aquellos eventos u objetos conceptuales que no se pueden ver, aun sabiendo que existen, por ejemplo: la entidad materia de estudio, se sabe que existe, sin embargo, no se puede visualizar o tocar.

Las características de las entidades en base de datos se llaman **atributos**, por ejemplo el nombre, dirección teléfono, grado, grupo, etc. son atributos de la entidad alumno; Clave, número de seguro social, departamento, etc., son atributos de la entidad empleado. A su vez una entidad se puede asociar o relacionar con más entidades a través de **relaciones**.

Por ejemplo, considerando la base de datos del MEC que requiere llevar un control de los estudiantes y las sesiones que ellos realizan; de este problema se determina que los objetos o entidades principales a estudiar son el estudiante (usuario) y la sesión (que es la última sesión de estudio tomada por el alumno). Las características que los identifican son:

<i>Estudiante:</i>	<i>Sesión:</i>
Nombre	codSesión
Código	Descripción
Edad	Mundo

La tabla del estudiante sería:

² TSAI, Alice Y. Sistemas de Bases de Datos, Administración y uso. México 1990.

* Cada una de las columnas representa a los atributos de la entidad estudiante

Tabla Estudiante

Nombre	Código	Edad
Juan Pérez Cota	124568	11 años
Nora Méndez Ángel	235674	10 años

* Registros que contienen la información de la entidad estudiante

Tabla Sesión

CodSesión	Descripción	Mundo
1326	Derrotar al Capitán Less	Sustraccionalandia

El siguiente paso es definir cómo representar las relaciones en este modelo. Existen dos formas de representarlas, pero antes es necesario definir que es una *llave primaria*.

llave primaria: Es un campo el cual se define como atributo principal. Es una forma única de identificar a una entidad. Por ejemplo, el atributo Código de un estudiante se distingue de otro por que los códigos no pueden ser iguales.

Ahora sí, las formas de representar las relaciones que se emplearán en este modelo son:

1. *Haciendo una tabla que contenga cada una de las llaves primarias de las entidades involucradas en la relación.* Tomando en cuenta que la llave primaria del estudiante es su código, y la llave primaria de la sesión es codSesión. La relación del modelo resulta:

Código	CodSesión
124568	1326
235674	1678

2. *Incluyendo en alguna de las tablas de las entidades involucradas, la llave de la otra tabla.*

Se incrusta la llave primaria de la sesión en la tabla del estudiante:

Nombre	Código	Edad	Sesión
Juan Pérez Cota	124568	11 años	1326
Nora Méndez Ángel	235674	10 años	1678

En el modelo relacional se empleará esta última forma de representar las relaciones.

8.2 LENGUAJE DE CONSULTA EMPLEADO

Los lenguajes de consulta son lenguajes donde los usuarios solicitan información de la base de datos. Estos lenguajes son generalmente de más alto nivel que los lenguajes de programación. Los lenguajes de consulta pueden clasificarse como **procedimentales** y **no procedimentales**; En el lenguaje del tipo *procedimental* el usuario da las instrucciones al sistema para que realice una secuencia de operaciones en la base de datos para calcular el resultado deseado.

Por otro lado, un lenguaje de consulta comercial proporciona una interfaz más amigable al usuario. Un ejemplo de este tipo de lenguaje es el SQL, (Structured Query Lenguaje, Lenguaje de Consulta Estructurado). Este lenguaje es de tipo procedimental y será el empleado en el desarrollo del MEC para realizar las consultas en la base de datos.

Las partes más importantes del SQL son³:

DDL: Lenguaje de definición de datos (que permite crear las estructuras)

DML: Lenguaje de manipulación de datos (que permite tener acceso a las estructuras para suprimir, modificar e insertar)

La estructura básica de una expresión en SQL contiene 3 partes, Select, From y Where.

- La cláusula **Select** se usa para listar los atributos que se desean en el resultado de una consulta.
- **From**, Lista las relaciones que se van a examinar en la evaluación de la expresión.
- **Where**, es la definición de las condiciones a las que puede estar sujeta una consulta.

La consulta típica de SQL tiene la siguiente forma:

Select A1,A2,A3...An

From r1,r2,r3...rm

Where Condición(es)

Donde:

A1,A2,A3...An: Representan a cada atributo(s) o campos de las tablas de la base de datos relacional.

r1,r2,r3...rm: Representan a la(s) tabla(s) involucradas en la consulta.

Condición: Es el enunciado que rige el resultado de la consulta.

Si se omite la cláusula Where, la condición es considerada como verdadera y la lista de atributos (A1,A2..An) puede sustituirse por un asterisco (*) para seleccionar todos los atributos de todas las tablas que aparecen en la cláusula From.

8.3 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS RELACIONAL

³ MARTÍN Tim. DB2/SQL, Manual para programadores, España 1991.

Uno de los retos en el diseño de la base de datos es el de obtener una estructura estable y lógica tal que:

- El sistema de base de datos no sufra de anomalías de almacenamiento.
- El modelo lógico pueda modificarse fácilmente para admitir nuevos requerimientos.

Para lograr esto, se ha decidido emplear la primera forma de normalización para estructurar bases de datos con el fin de evitar problemas de almacenamiento.

Primera forma normal 1FN.

Definición formal: Una relación R se encuentra en 1FN si y solo si por cada renglón columna contiene valores atómicos.

Abreviada como 1FN, se considera que una relación se encuentra en la primera forma normal cuando cumple lo siguiente:

- Las celdas de las tablas poseen valores simples y no se permiten grupos ni arreglos repetidos como valores, es decir, contienen un solo valor por cada celda.
- Todos los ingresos en cualquier columna (atributo) deben ser del mismo tipo.
- Cada columna debe tener un nombre único, el orden de las columnas en la tabla no es importante.
- Dos filas de una misma tabla no deben ser idénticas, aunque el orden de las filas no es importante.

Por lo general la mayoría de las relaciones cumplen con estas características, así que se puede decir que la mayoría de las relaciones se encuentran en la primera forma normal⁴.

Para realizar el modelo de persistencia de la base de datos, se seguirán los siguientes pasos:

1. Recopilar Información
2. Identificar y Listar candidatos a Entidad
3. Seleccionar y definir entidades
4. Adicionar las relaciones o asociaciones entre entidades
5. Revisar cada entidad y sus atributos en el diagrama de estructura de datos
6. Retroalimentar las demás entidades
7. Identificar la llave principal de cada entidad
8. Agregar detalles a entidades y relaciones

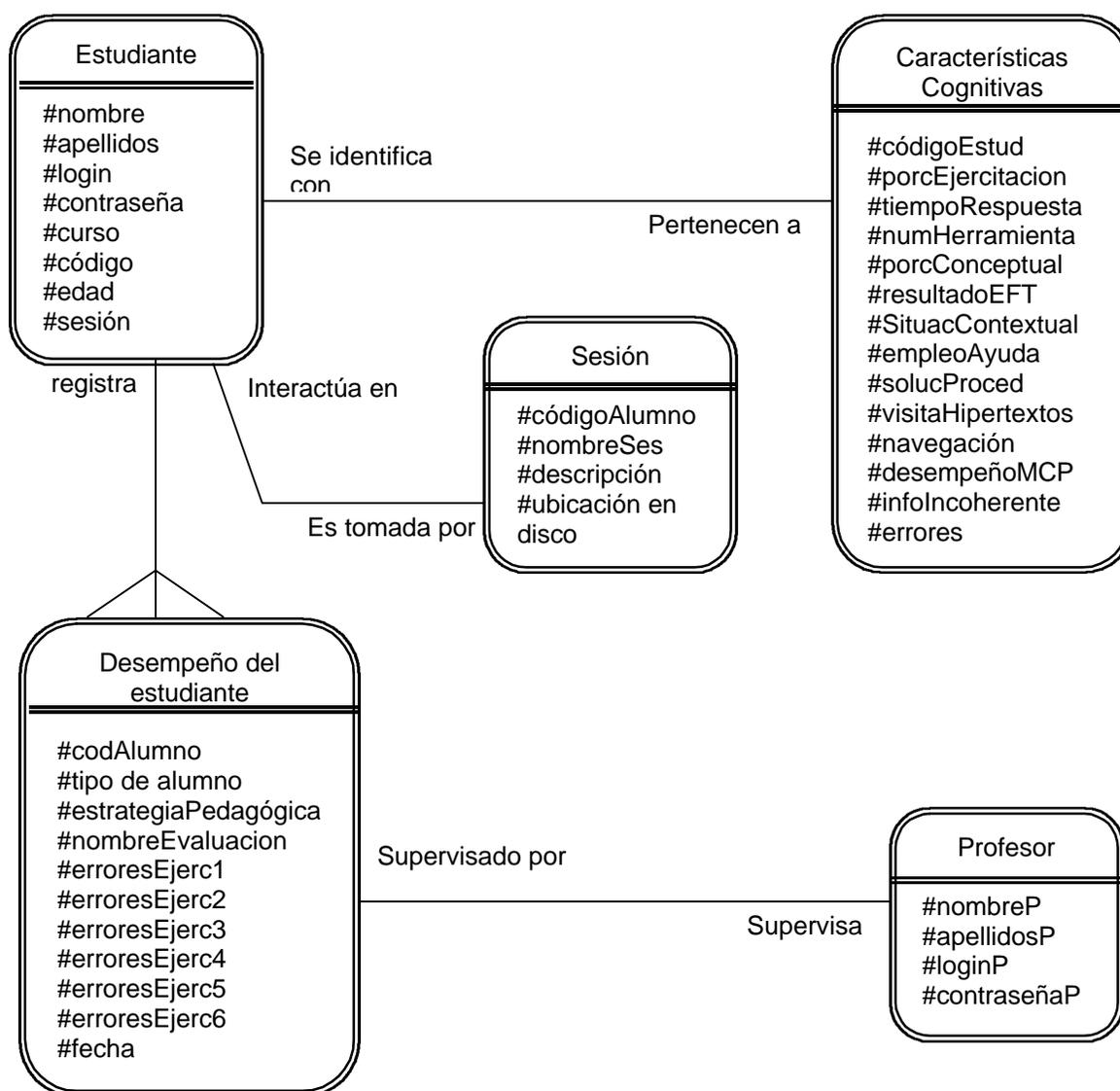
⁴ TSAI, Ibid, p, 36.

Identificación de Candidatos a Entidades

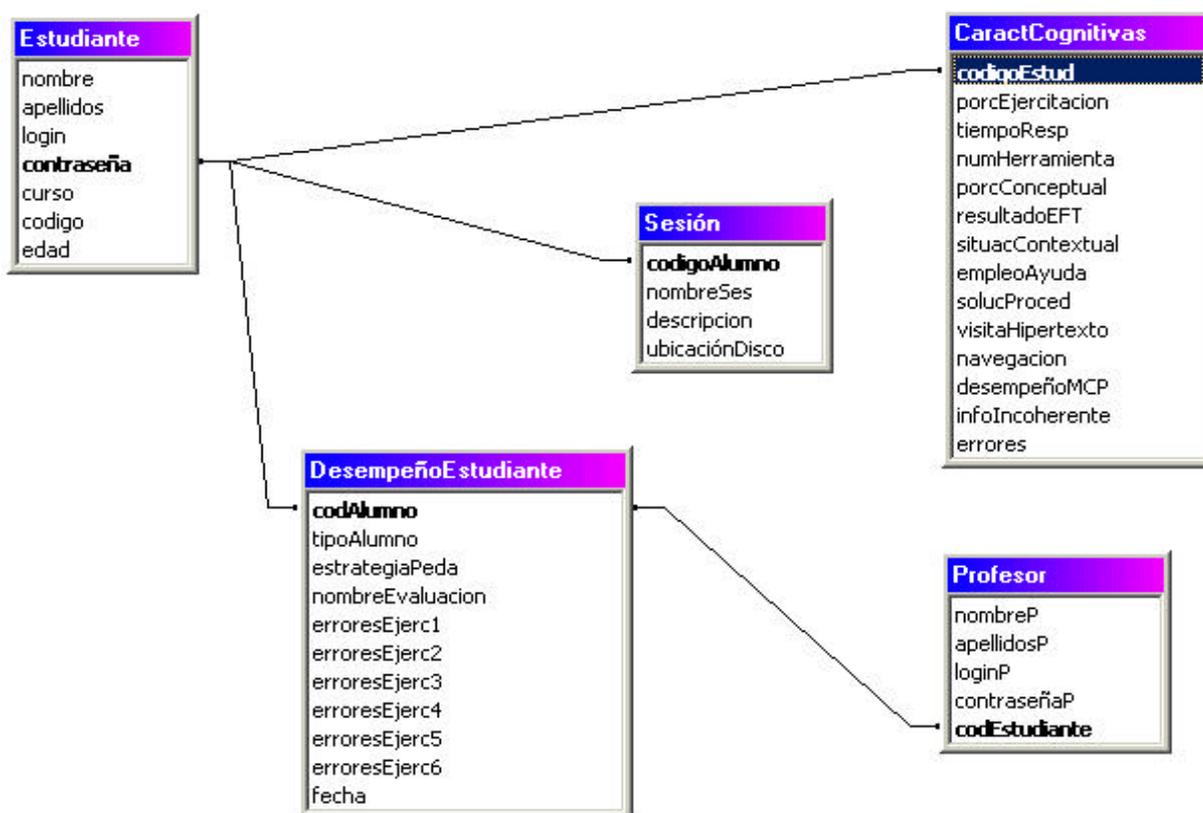
- Estudiante: esta entidad contiene los datos referentes al estudiante como nombre, edad, código.
- Profesor: esta entidad contiene los datos del administrador de la base de datos como nombre, contraseña, login, etc.
- Sesión: esta entidad representa la información referente a la última sesión vista por el alumno.
- Características cognitivas: esta entidad almacena las características cognitivas de cada individuo como velocidad de respuesta, nivel de ejercitación, etc.
- Desempeño del estudiante: presenta ciertas estadísticas del desempeño del alumno.

Diagramas de estructura de datos

Modelo Entidad Relación



Modelo Relacional



En el diagrama anterior se observa en **negrilla** la llave principal de cada entidad.

Atributos de las Entidades

Entidad: Estudiante

Atributos:

Nombre: indica el(los) nombre(s) del estudiante

Apellidos: indica los apellidos del estudiante

Login : indica un nombre de usuario que el estudiante empleará para identificarse durante la interacción con el MEC

Contraseña: Es el password o palabra clave del estudiante. Es de caracter privado.

Curso: grado y salón en el que está inscrito el estudiante

Código: código del alumno

Edad: edad del alumno

Entidad: Sesión

Atributos:

CodigoAlumno: es un atributo que representa una relación con la entidad Estudiante.

NombreSes: Es el nombre específico de la sesión de estudio.

Descripción: Es una breve descripción de la sesión.

UbicaciónDisco: indica la ruta o path donde se encuentra almacenada la sesión de estudio.

Entidad: DesempeñoEstudiante

Atributos:

CodAlumno: es un atributo que representa una relación con la entidad Estudiante.

TipoAlumno: indica el tipo de alumno según lo haya categorizado el sistema clasificador, es decir, de acuerdo a su estilo cognitivo.

EstrategiaPeda: en este campo se almacena la estrategia pedagógica que se sugiere para el determinado tipo de alumno.

NombreEvaluacion: indica si la evaluación es de resta, adición, multiplicación o división.

ErroresEjerc1: indica cuantos errores cometió el alumno al desarrollar el ejercicio 1.

Fecha: indica la fecha en que el reporte fue generado.

Entidad: caractCognitivas

Atributos:

CodigoEstud: es un atributo que representa una relación con la entidad Estudiante.

PorcEjercitacion: indica el porcentaje de ejercitación que ha realizado el estudiante durante el recorrido del mundo.

TiempoResp: indica el tiempo en segundos que demora el estudiante en responder a los ejercicios.

NumHerramienta: indica la cantidad de herramientas empleadas por el alumno en el MEC.

PorcConceptual: indica el porcentaje de respuestas correctas por parte del alumno que responde a preguntas conceptuales.

ResultadoEFT: indica el nivel de dependencia o independencia conceptual del estudiante.

SituacContextual: indica si el alumno trabaja mejor con situaciones contextualizadas o no.

EmpleoAyuda: indica el porcentaje de ayudas que emplea el estudiante.

SolucProced: Indica si el alumno comete errores en la solución de procedimientos.

VisitaHipertexto: indica la cantidad de veces que el alumno ingresa a nodos de hipertexto a través del recorrido de cada mundo.

Navegación: indica si el alumno prefiere una navegabilidad del contenido en forma secuencial o personalizada.

DesempeñoMCP: indica el nivel de desempeño de la memoria de corto plazo.

InfoIncoherente: indica si el alumno es capaz de detectar información incoherente en los problemas

Errores: indica la cantidad de errores mecánicos o de conteo del alumno.

8.4 CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

ESCENARIO 1 NORMAL: *Ingresar Datos Estudiante*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa a la interfaz de gestión de usuarios.	Se carga la ventana Gestión de Usuarios
El profesor ingresa el nombre, apellidos, edad, código, login y contraseña del alumno.	Se abre la base de datos donde está almacenada la información de los usuarios.
	Se busca el último registro de la base de datos.
	Se almacena cada dato ingresado en la interfaz Gestión de Usuarios en cada campo de la tabla Estudiante.
	Se verifica que la contraseña no esté repetida en la base de datos
	Se cierra la base de datos.

ESCENARIO 1 DE EXCEPCIONES: *Ingresar Datos Estudiante*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa a la interfaz de gestión de usuarios.	Se carga la ventana Gestión de Usuarios
El profesor ingresa el nombre, apellidos, edad, código, login y contraseña del alumno.	Se abre la base de datos donde está almacenada la información de los usuarios.
	Se busca el último registro de la base de datos.
	Se almacena cada dato ingresado en la interfaz Gestión de Usuarios en cada campo de la tabla Estudiante.
	Si se ingresa un valor no permitido en el campo de la base de datos, (p,ej: nombre: 782) se genera un error y se informa por pantalla al usuario.

ESCENARIO 2 NORMAL: *Eliminar Datos Estudiante*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa a la interfaz de gestión de usuarios.	Se carga la ventana Gestión de Usuarios
El profesor hace clic en el botón eliminar datos	Se carga la interfaz eliminar datos del estudiante.
El profesor ingresa el nombre y apellido del estudiante	Se abre la base de datos
	Se busca el estudiante en la tabla Estudiante de la base de datos
	Se confirma la eliminación de datos del estudiante
El profesor confirma la eliminación de datos.	Se eliminan los datos del estudiante de la base de datos.

ESCENARIO 2 DE EXCEPCIONES: Eliminar Datos Estudiante

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa a la interfaz de gestión de usuarios.	Se carga la ventana Gestión de Usuarios
El profesor hace clic en el botón eliminar datos	Se carga la interfaz eliminar datos del estudiante.
El profesor ingresa el nombre y apellido del estudiante	Se abre la base de datos
	Se busca el estudiante en la tabla Estudiante de la base de datos
	No se encuentra el estudiante en la base de datos.
	Se presenta un mensaje al usuario de error en la búsqueda de datos.

ESCENARIO 3 NORMAL: Modificar Datos Estudiante

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa a la interfaz de gestión de usuarios.	Se carga la ventana Gestión de Usuarios
El profesor hace clic en el botón modificar datos	Se carga la interfaz Modificar Datos del Estudiante
El profesor ingresa el nombre y apellido del estudiante	Se abre la base de datos
	Se busca en la base de datos al estudiante
El profesor ingresa los nuevos datos del alumno	Se actualizan los datos en la tabla Estudiante
	Se cierra la base de datos.

ESCENARIO 3 DE EXCEPCIONES: Modificar Datos Estudiante

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa a la interfaz de gestión de usuarios.	Se carga la ventana Gestión de Usuarios
El profesor hace clic en el botón modificar datos	Se carga la interfaz Modificar Datos del Estudiante
El profesor ingresa el nombre y apellido del estudiante	Se abre la base de datos
	Se busca al alumno en la base de datos al estudiante
	No se encuentra el estudiante en la base de datos.
	Se presenta un mensaje al usuario de error en la búsqueda de datos.

ESCENARIO 4 NORMAL: Buscar Datos Estudiante

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa a la interfaz de gestión de usuarios.	Se carga la ventana Gestión de Usuarios
El profesor hace alguna consulta de la base de datos	Se abre la base de datos.
	Se busca la tabla Estudiante dentro de la base de datos.
	Se posiciona el puntero sobre el primer registro
	Se realiza un ciclo que se desplaza por las filas de la tabla hasta encontrar equivalencia entre el campo contraseña y el valor

	ingresado.
	Si se encuentra la información se retorna la información de toda la fila de la tabla.

ESCENARIO 4 DE EXCEPCIONES: *Buscar Datos Estudiante*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa a la interfaz de gestión de usuarios.	Se carga la ventana Gestión de Usuarios
El profesor hace alguna consulta de la base de datos	Se abre la base de datos.
	Se busca la tabla Estudiante dentro de la base de datos.
	Se posiciona el puntero sobre el primer registro
	Se realiza un ciclo que se desplaza por las filas de la tabla hasta encontrar equivalencia entre el campo contraseña y el valor ingresado.
	Si no se encuentra la información se retorna un mensaje de error al usuario.

ESCENARIO 5 NORMAL: *Controlar asistencia de alumnos*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa a la interfaz de gestión de usuarios.	Se carga la ventana Gestión de Usuarios
El profesor hace clic en el botón verificar asistencia	Se carga la interfaz de asistencia del alumno
El profesor ingresa los datos del alumno	Se busca en la base de datos la información del estudiante
	Se retorna el campo asistencia del alumno.

ESCENARIO 5 DE EXCEPCIONES: *Controlar asistencia de alumnos*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa a la interfaz de gestión de usuarios.	Se carga la ventana Gestión de Usuarios
El profesor hace clic en el botón verificar asistencia	Se carga la interfaz de asistencia del alumno
El profesor ingresa los datos del alumno	Se busca en la base de datos la información del estudiante
	Si no se encuentran los datos se produce un error.

ESCENARIO 6 NORMAL: *Validar Contraseña*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor/estudiante ingresa al tutor	Se carga el cuadro de dialogo validar contraseña.
El usuario ingresa el login y la contraseña y hace clic en aceptar.	Se abre la base de datos.
	Se buscan los datos del estudiante
	Se compara si los datos ingresados coinciden con los campos en la base de datos.
	Se carga el menú principal del MEC:

ESCENARIO 6 NORMAL: *Validar Contraseña*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor/estudiante ingresa al tutor	Se carga el cuadro de dialogo validar contraseña.
El usuario ingresa el login y la contraseña y hace clic en aceptar.	Se abre la base de datos.
	Se buscan los datos del estudiante
	Se compara si los datos ingresados coinciden con los campos en la base de datos.
	Si los datos no coinciden se presenta un mensaje al usuario y no se carga el menú principal.

ESCENARIO 7 NORMAL: *Visualizar Resultados de Desempeño del Estudiante*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa la contraseña del estudiante	
El profesor hace clic en el botón ver resultados de desempeño.	Se carga la interfaz ver desempeño del estudiante.
	Se abre la base de datos.
	Se buscan los datos del estudiante
	Se busca la relación de la tabla estudiante con la tabla desempeñoEstudiante.
	Se carga en la interfaz los datos referentes al desempeño del estudiante
	Se grafica el desempeño del estudiante en diagrama de barras.

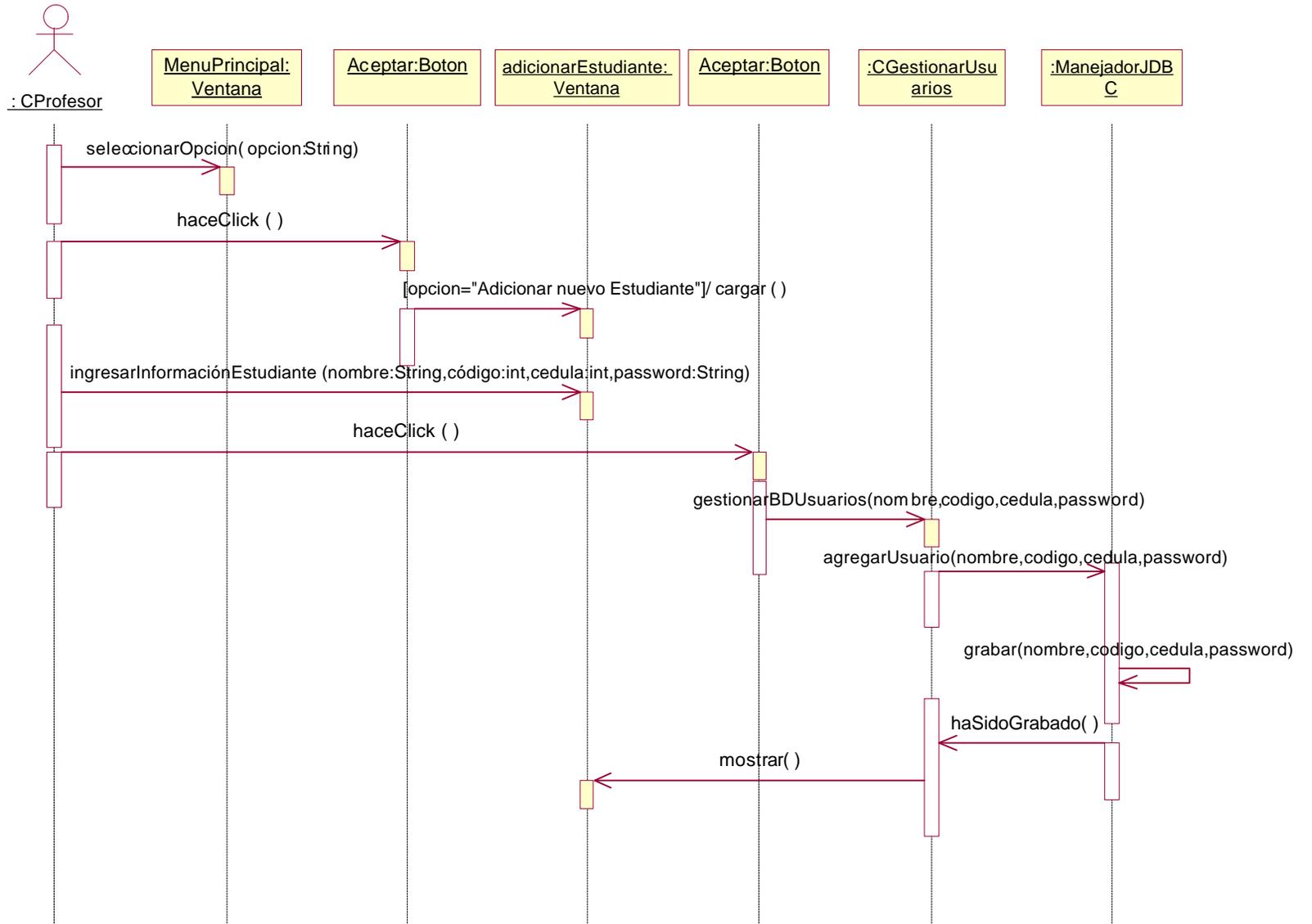
ESCENARIO 7 DE ESCEPCIONES: *Visualizar Resultados de Desempeño del Estudiante*

<i>Acciones Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
El profesor ingresa la contraseña del estudiante	
El profesor hace clic en el botón ver resultados de desempeño.	Se carga la interfaz ver desempeño del estudiante.
	Se abre la base de datos.
	Se buscan los datos del estudiante
	Se busca la relación de la tabla estudiante con la tabla desempeñoEstudiante.
	Se carga en la interfaz los datos referentes al desempeño del estudiante
	Si el estudiante solo ha realizado una evaluación, no se presenta una gráfica de desempeño..

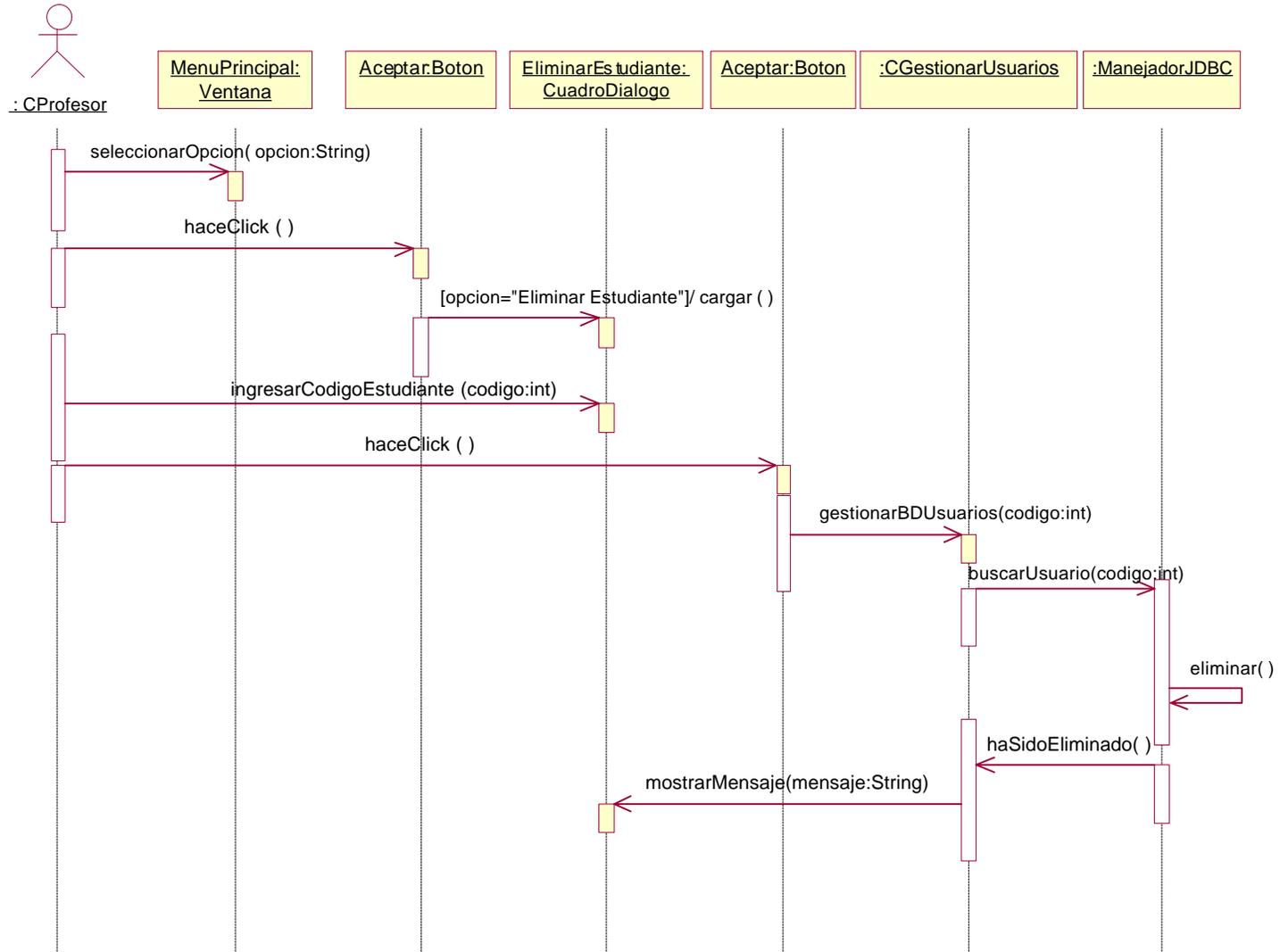
8.5 DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN ENTRE OBJETOS

A continuación se presentan los diagramas de secuencia para el módulo gestor de datos.

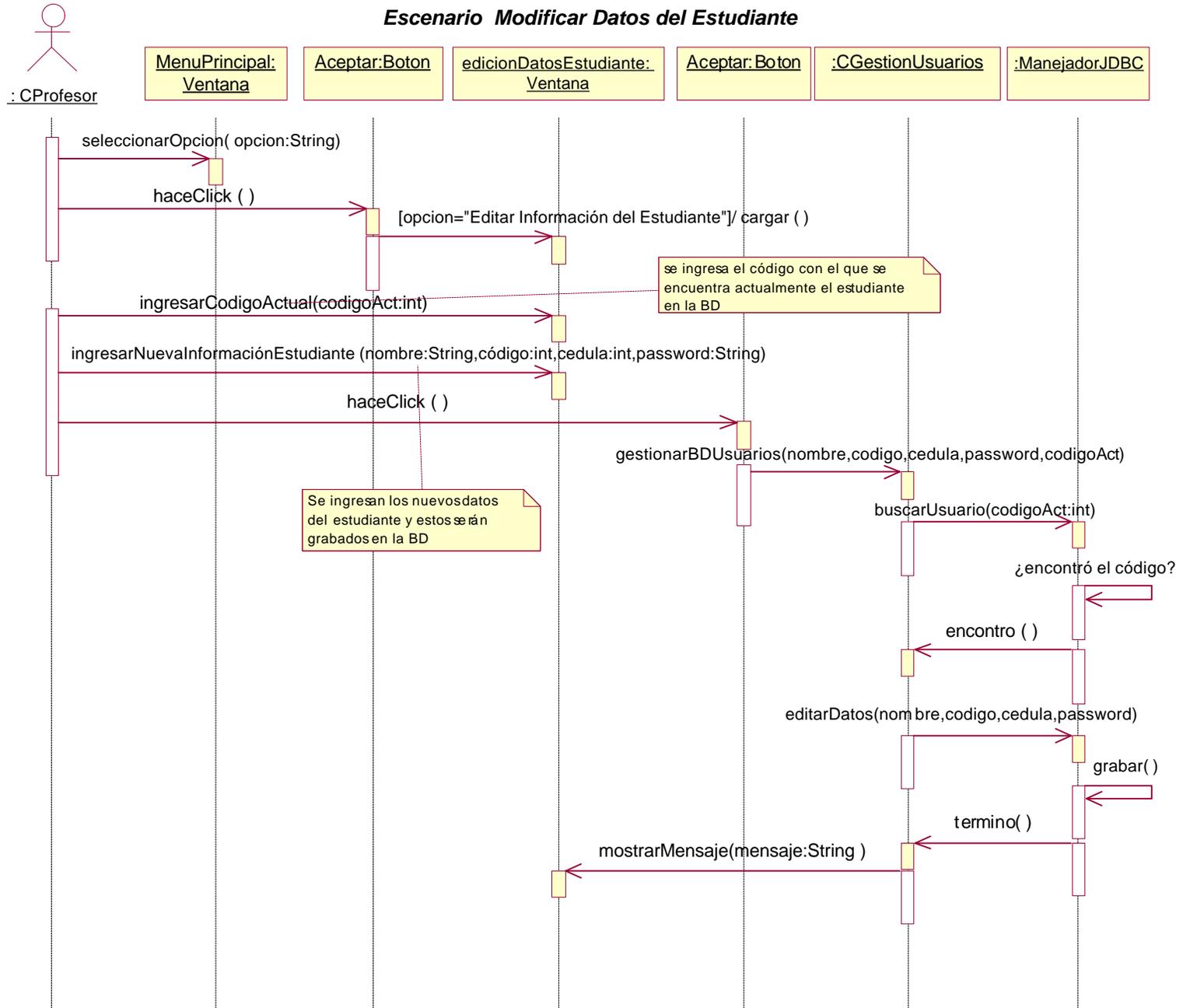
Escenario Ingresar Datos del Estudiante



Escenario Eliminar Datos del Estudiante



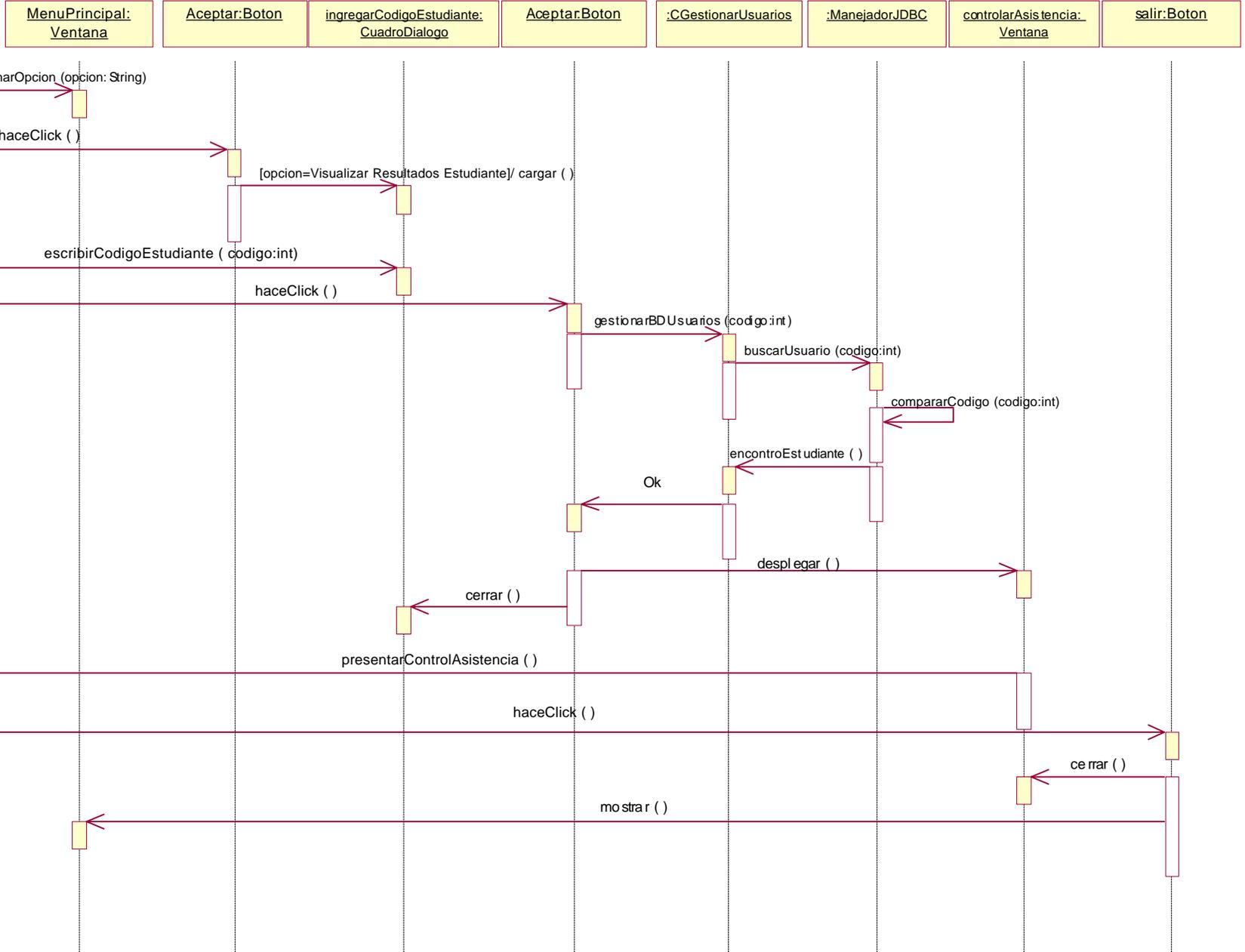
Escenario Modificar Datos del Estudiante



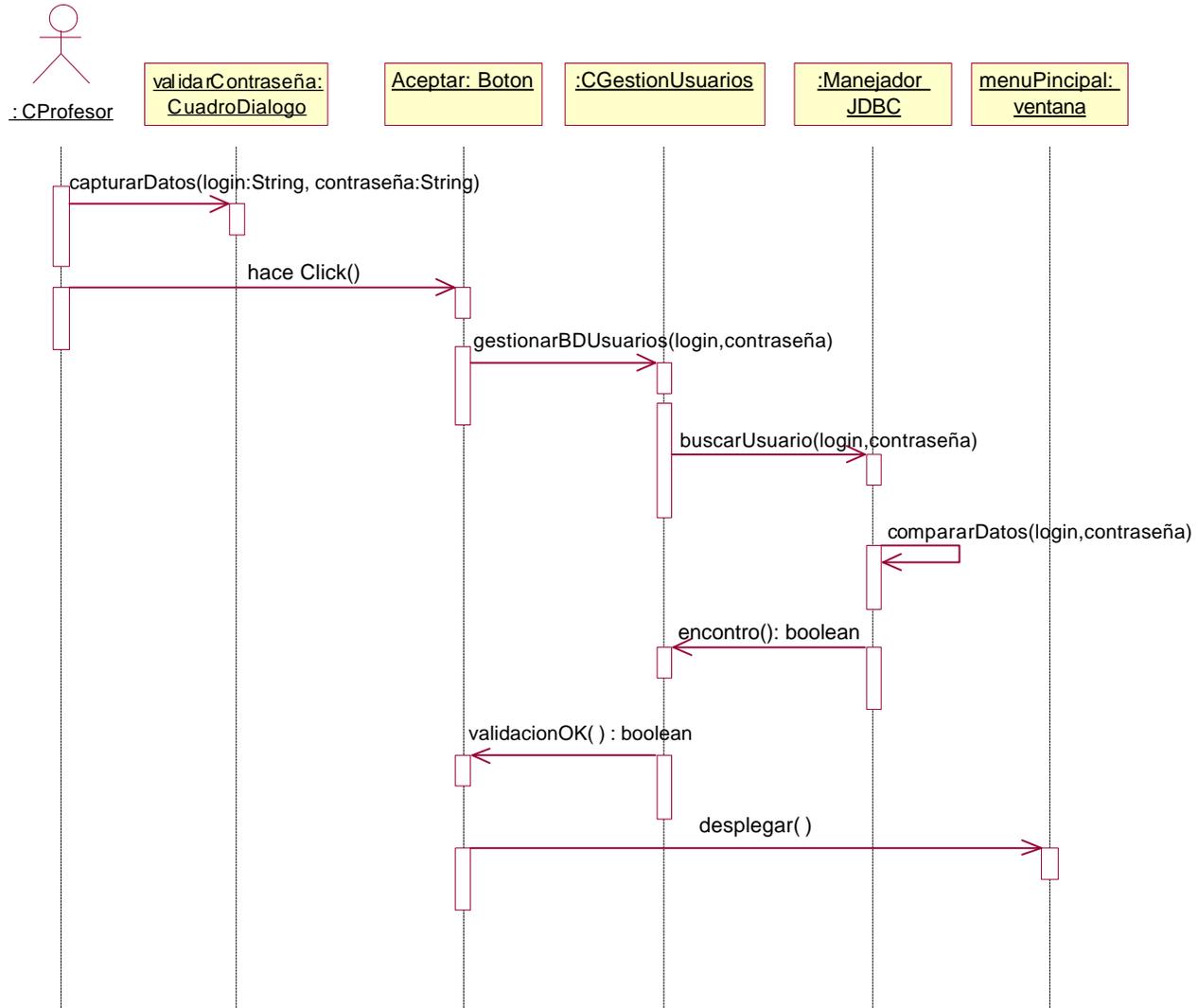
Escenario Controlar Asistencia



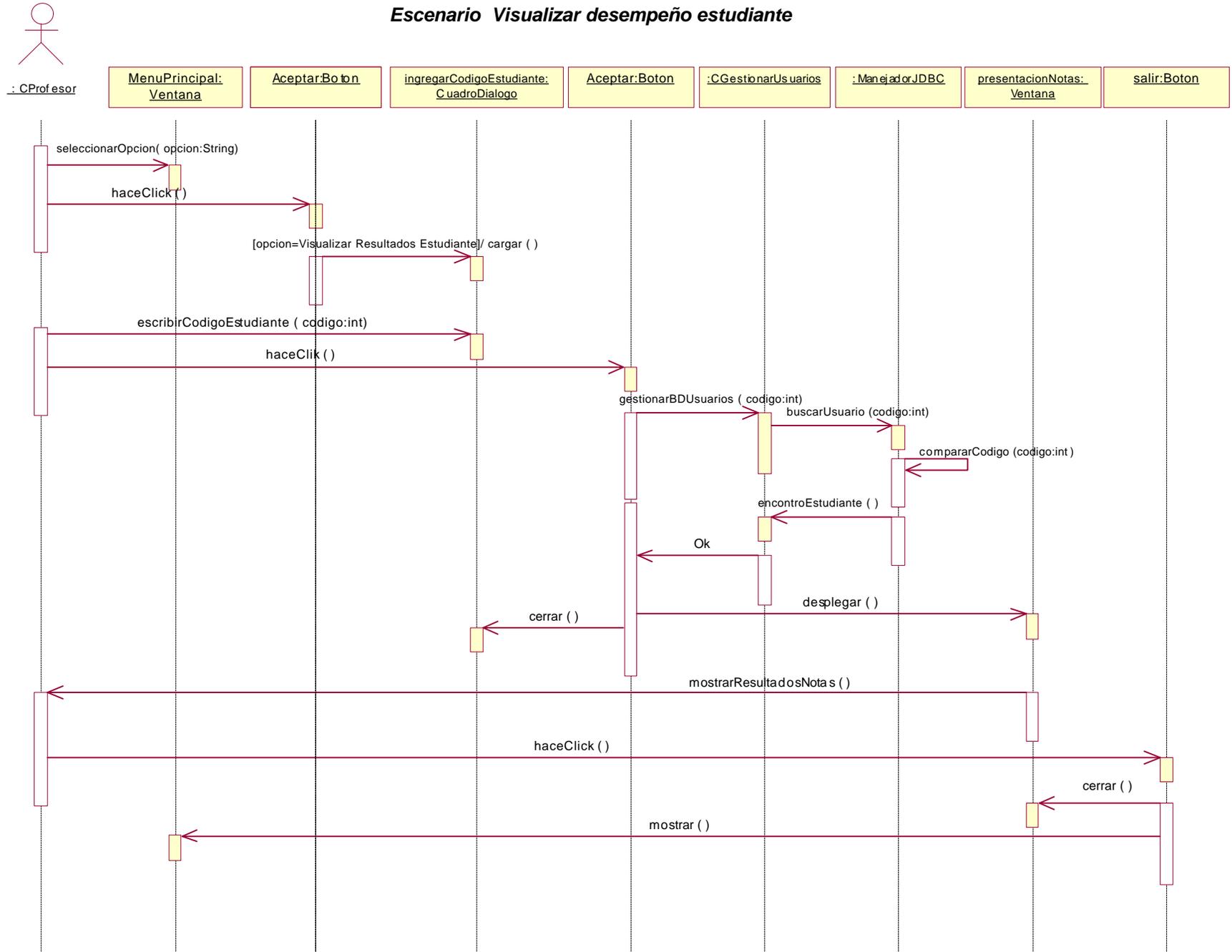
: CProfesor



Escenario Verificar Contraseña



Escenario Visualizar desempeño estudiante



8.6 IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS FUNCIONALES

//método que abre la base de datos según el origen de datos

```

1. public void abrirBD() {
    try {
        Class.forName(puente); //Se define el puente a utilizar
        con=DriverManager.getConnection("JDBC:ODBC:dsn=SExp;","",""); //Se Enlaza el
        origen de datos, no tiene nombre de usuario, ni contraseña
        st=con.createStatement(); //Se crea una sentencia de la BD
        st2=con.createStatement();
    }
    catch(Exception ex)
        {MessageBox.show(ex.getMessage(),"Error en la conexión de la BD");}
}

2. public CEstudiante buscarAlumno(String nom, String usuario){
    try{
        if(usuario.equals("Estudiante"))rs=st.executeQuery("select * from Estudiante where
        nombre='"+nom+"'");
        if(usuario.equals("Profesor"))rs=st.executeQuery("select * from Profesor where
        nombre='"+nom+"'");
        if (rs.next() ) {
            est.setNom(nom);
            est.setLog(rs.getString("login"));
            est.setCon(rs.getString("contrase"));
            est.setDir(rs.getString("direccion"));
            est.setTel(rs.getString("telefono"));
            est.setCur(rs.getString("curso"));
            est.setCod(rs.getString("codigo"));
            est.setEda(rs.getString("edad"));
            est.setAcu(rs.getString("NAcudiente"));
            error=false;
        }
        else
        {
            MessageBox.show("Intente de nuevo escribir el nombre y apellido del
            usuario.", "No se encuentra el estudiante en la Base de Datos");
            error=true;
        }
    }
    catch(Exception ew){
        MessageBox.show(ew.getMessage(),"No se encuentra el usuario en la Base de Datos");
        error=true;
    }
    return est;
}

3. public void AgregarAlumno(CEstudiante e, String usuario){
    try{
        boolean rta=false;
        String sqla="";

```

```

rs=st.executeQuey("select * from Estudiante where login='"+e.getLog()+"");//verifica
que no exista el estudiante
if(rs.next())
    essageBox.show("El Usuario ya existe","Error");
else{
    //adciona el objeto a la BD
    if (usuario.equals("Estudiante"))sqla="insert into Estudiante
(nombre,login,contrase,curso,codigo,edad,direccion,telefono,NAcudiente)
VALUES ('"+e.getNom()+"', '"+e.getLog()+"', '"+e.getCon()+"', '"+e.getCur()+"',
'"+e.getCod()+"', '"+e.getEda()+"', '"+e.getDir()+"', '"+e.getTel()+"',
'"+e.getAcu()+"'");
    if (usuario.equals("Profesor"))sqla="insert into Profesor
(nombre,login,contrase,categoria,especializacion,edad,direccion,telefono,Horari
o) VALUES ('"+e.getNom()+"', '"+e.getLog()+"', '"+e.getCon()+"', '"+e.getCur()+"',
'"+e.getCod()+"', '"+e.getEda()+"', '"+e.getDir()+"', '"+e.getTel()+"',
'"+e.getAcu()+"'");
    rta=st.execute(sqla);
    MessageBox.show("El Usuario ha sido ingresado con éxito","Muy bien!!!");
}
}
catch(Exception ex){
    MessageBox.show(ex.getMessage(),"No se pudo agregar los datos a la Base de datos");
}
}

```

Para mayor información vea la siguiente ruta en el CD: /MEC/ComponenteGestionUsuarios/*.java

8.7 CONEXIÓN CON LA LÓGICA DE APLICACIÓN

La conexión con la Base de Datos se realizará por medio del controlador JDBC:ODBC. Para utilizarlo se importará el paquete com.ms.jdbc.odbc de Java. Para realizar la conexión se definirá primero un origen de datos ODBC Object Data Base Connection (en el panel de control), luego se especificará el puente por medio del método Class.forName, una vez hecho esto se creará un objeto de tipo connection en el que se especificará la conexión al origen de datos creado, finalmente se creará un objeto de tipo Statement para poder hacer uso de las sentencias SQL dentro del lenguaje.

Cada atributo del objeto estudiante será almacenado en tablas dentro de la base de datos, siendo la tabla estudiante la que contenga los datos personales, la tabla sesión los datos referentes al avance del estudiante dentro del tutor, y la tabla caracCognitivas, la información relevante sobre el estilo cognitivo del alumno.

De esta manera la equivalencia (mapping) entre el modelo orientado a objetos y el modelo relacional se realiza por medio de los atributos del objeto que son almacenados en cada una de los campos de las tablas antes mencionadas.

8.8 RESUMEN

En este capítulo se presenta el modelo de persistencia de objetos necesario para almacenar la información referente tanto a los estudiantes que interactúan con el MEC como la información de los profesores que administran el software educativo.

Inicialmente se plantea un modelo lógico basado en registros mediante el cuál se especifican las entidades, atributos de las mismas y las relaciones entre ellas. Este modelo representa fielmente las clases y objetos como entidades. Luego de esto se procedió a realizar un modelo relacional de persistencia donde las entidades se representaban por tablas y los atributos de las entidades por cada uno de los campos de la tabla. Las relaciones se representaban a través de una tabla que contenía los elementos y atributos involucrados en la relación.

Más adelante se especificó el lenguaje de consulta empleado, en este caso el SQL. Este lenguaje permite realizar una jerarquización de la información y permite además realizar búsquedas selectivas con ciertos rangos de prioridad y de restricciones.

El objetivo principal que cumple el módulo gestor de usuarios es organizar la información de cada individuo que interactúa con el MEC, pretendiendo eliminar la redundancia o por lo menos minimizarla. Este módulo por lo tanto emplea un sistema manejador de bases de datos SMBD cuyo objetivo primordial es proporcionar un entorno que sea a la vez conveniente y eficiente para ser utilizado al extraer, almacenar y manipular información de la base de datos. Todas las peticiones de acceso a la base, se manejan centralizadamente por medio del SMBD, por lo que este paquete funciona como interfase entre los usuarios y la base de datos.

El administrador de la base de datos ABD, es la persona o equipo de personas profesionales responsables del control y manejo del sistema de base de datos (en este caso es el profesor (es) encargado(s) de administrar la sala de cómputo), generalmente tiene(n) experiencia en SMBD, diseño de bases de datos, Sistemas operativos, comunicación de datos, hardware y programación. Sin embargo el SMBD se ha diseñado de una manera amigable para el usuario de tal manera que no se le presenten dificultades para administrarlo.

El SMBD diseñado fundamentalmente cumple con seis funciones básicas:

- prevenir la redundancia e inconsistencia en los datos.
- evitar la dificultad en el acceso a los datos.
- eliminar problemas de seguridad a través de la validación de contraseñas de acceso.
- evitar problemas de integridad satisfaciendo cierto tipo de restricciones de consistencia.

9. PRUEBA PILOTO DEL MEC CON ESTUDIANTES

La prueba con estudiantes, cuando es debidamente preparada, conducida y analizada, permite establecer si efectivamente el MEC en cuestión cumple con el propósito previsto, es decir, satisface la necesidad educativa, permite solucionar el problema de enseñanza-aprendizaje que dio origen a su desarrollo o a su elección.

Con la prueba piloto se pretende ayudar a la depuración del MEC a partir de su utilización por una muestra representativa de los tipos destinatarios para los que se hizo. Para llevarla a cabo apropiadamente se requiere preparación, administración y análisis de resultados en función de buscar evidencia para saber si el MEC está o no cumpliendo con la misión para la cual fue desarrollado.

El carácter de “piloto” en una prueba hace referencia a que funciona como modelo o con carácter experimental. Por lógica se puede derivar una primera diferencia entre una prueba “piloto” y una “de campo”¹: mientras que en la primera se trabaja con un grupo representativo de la población objeto, de modo que su efecto positivo o negativo sea controlable y se pueda aprender de la experiencia sin que esto cree efectos masivos, en la segunda se trabaja con toda la población. La otra diferencia entre ambos tipos de prueba es que, mientras que en la prueba piloto se someten a valoración, preferiblemente con grupos escogidos al azar, uno o varios tratamientos (en este caso, formas de favorecer que los estudiantes aprendan aquello que trata el MEC), usualmente en la prueba de campo se aplica, a toda la población, el tratamiento que la prueba piloto mostró ser más efectivo, para así constatar su efectividad, eficiencia y determinar los factores que inciden en ellas.

El flujo de información entre los procesos involucrados en una prueba piloto se presenta en la siguiente figura. En ésta se aprecia, además de los materiales que se van a someter a prueba, los instrumentos de recolección de información (pruebas e información de retorno) y el grupo representativo de estudiantes seleccionados. Por otra parte, las decisiones de ajuste al paquete de materiales de instrucción responden al refinamiento de la información derivada directamente de la prueba, a través de su análisis con los participantes, mediante un seminario.

¹ GALVIS, Op.cit. p, 268.

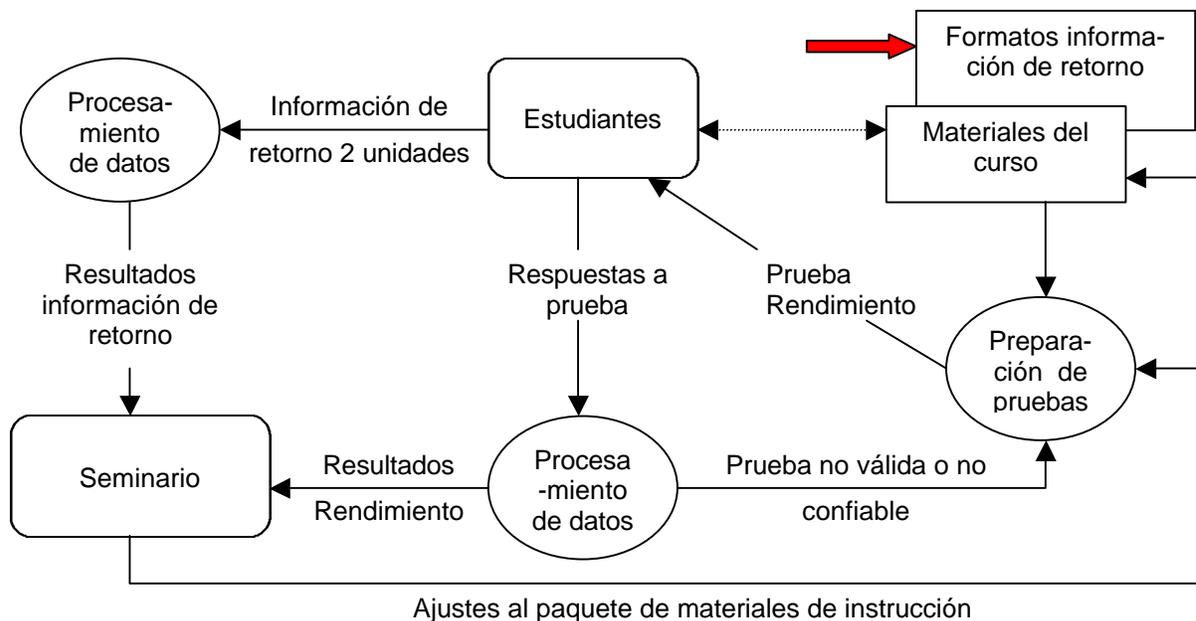


Figura 31. Flujos de información entre procesos involucrados en una prueba piloto

9.1 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA PRUEBA

Lo que hace experimental un diseño es la posibilidad de manipular y tener control directo sobre variables independientes². En este caso los resultados obtenidos respecto a la(s) variable(s) dependiente(s) (p.ej, aprendizaje, actitud frente a lo estudiado) trata de explicarlos, el investigador con base en los datos que tenga sobre las variables involucradas que han sido manipuladas para efectos de investigación (p.ej, aptitud de los estudiantes, conductas de entrada, expectativas, condición socioeconómica, sexo, edad, estilo cognitivo) y en los datos sobre las condiciones bajo las que se condujo la experiencia (p.ej, lo que hizo el profesor, organización para el trabajo, disponibilidad de equipos, tiempo disponible, etc). Un experimento es una situación de investigación en la que al menos una variable independiente, llamada la variable experimental, es deliberadamente manipulada por el investigador.

En este caso, interesa saber si el MEC es suficientemente bueno, como complemento a la instrucción convencional del profesor, para afianzar conocimientos y destrezas de solución de problemas aritméticos con números naturales. Por otro lado se pretende evaluar el beneficio del MEC en la enseñanza de las operaciones aritméticas básicas frente a la utilización del material impreso. Para este fin se propone asignar al azar dos grupos de estudiantes (RG1 y RG2, donde R=Random); al grupo 1 se le da tratamiento experimental, interactuando con el MEC; a los del grupo 2 no se les da instrucción adicional a la que provee el material usual; al final del experimento se realiza una prueba de rendimiento equivalente o igual a ambos grupos. El análisis de resultados

² KERLINGER, F.N. Foundations of Behavioral Research. New York. 1973. p. 320.

permitirá saber si los resultados obtenidos por el grupo experimental son significativamente diferentes de los del grupo de control. El flujo de información del análisis de resultados que se empleará en la prueba piloto se presenta a continuación:

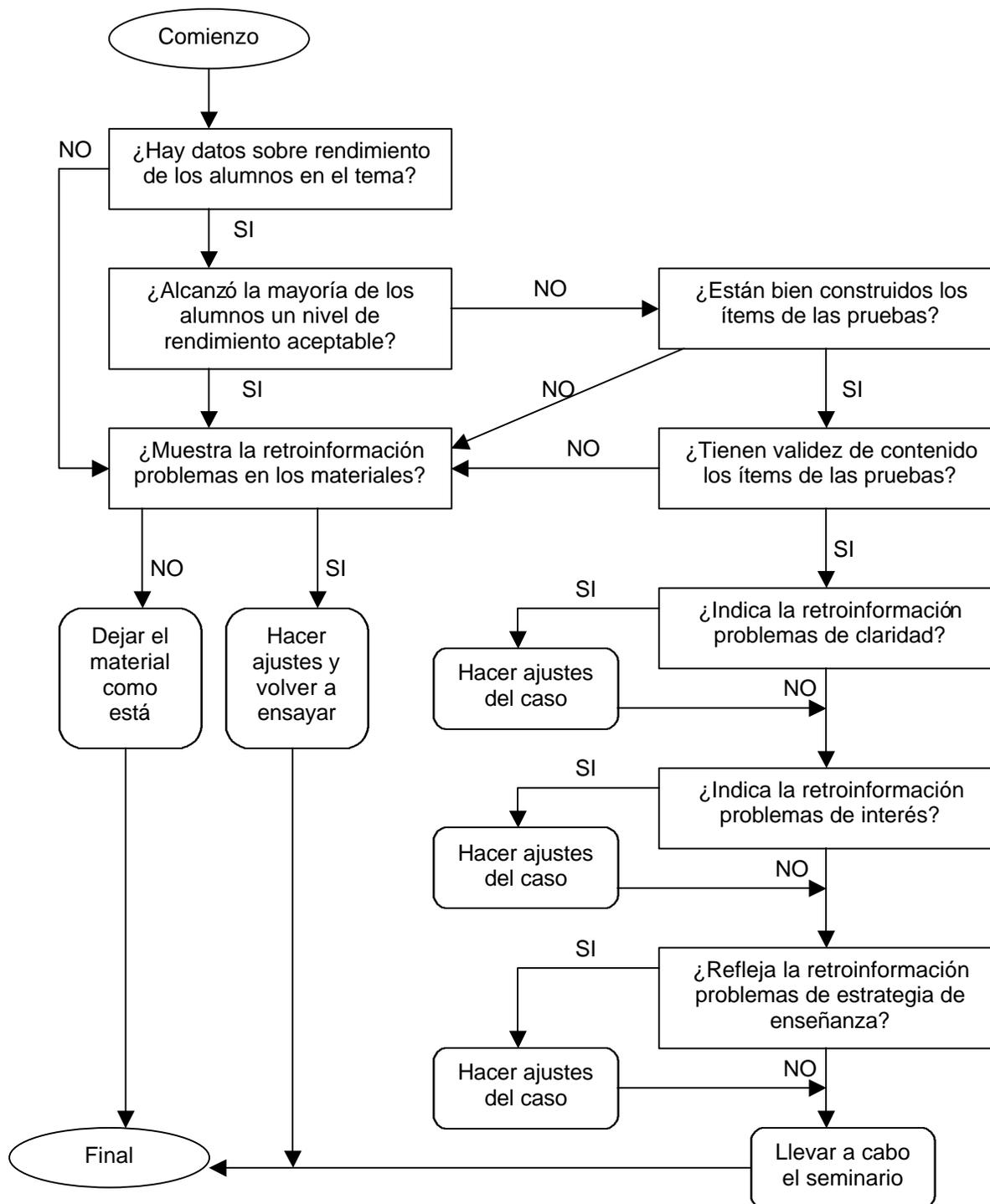


Figura 32. Proceso para analizar los resultados obtenidos de la prueba piloto.

Por otra parte, el diseño experimental será del tipo *pre-test / post-test* con el objetivo de ayudar a medir la ganancia en rendimiento por parte de cada grupo y para estar seguros que las diferencias entre el grupo experimental y el de control no se deben a las diferencias en los niveles de ingreso. El diseño de este tipo con dos grupos, sería como el que se esquematiza a continuación, donde **O1** y **O3** son los resultados del pre-test del grupo experimental (**G1**) y el de control (**G2**), mientras que **O2** y **O4** los respectivos resultados del post-test. El grupo G1 recibirá el tratamiento experimental (**X**) p.ej: usar el micromundo para explorar y llegar al conocimiento, y el grupo de control no recibirá (\neg) tratamiento experimental, sino que tendrá instrucción convencional sobre lo que trata el MEC.

RG1	O1	X	O2
RG2	O3	\neg	O4

Para este tipo de experimentos fue necesario asegurarse que, antes de comenzar el experimento, los estudiantes no dominaban ya el tema, o que, si hay cierto nivel de logro inicial, a éste no se deben las diferencias en el nivel de logro final.

Para garantizar el buen diseño de la prueba experimental se tuvieron en cuenta ciertos criterios³:

1. *Adecuado control experimental*, en el sentido que haya suficientes restricciones sobre las condiciones del experimento para que se puedan interpretar correctamente los datos.
2. *Ausencia de artificialidad*. Esto es particularmente importante en educación, toda vez que los resultados se van a generalizar para ambientes experimentales como lo es un ambiente de aprendizaje.
3. *Bases de comparación*. Debe haber alguna manera de hacer una comparación para determinar si hay un efecto experimental. En el experimento se empleará un grupo de control, el cual no recibe el tratamiento experimental.
4. *Información adecuada a partir de los datos*. Estos deben permitir probar las hipótesis del experimento, es decir, deben permitir aplicar las estadísticas necesarias con el nivel de precisión requerido para tomar decisiones sobre las hipótesis.
5. *Datos no contaminados*, es decir, que reflejan adecuadamente los efectos del experimento. Los efectos de la medición se convierten en causa de contaminación, así como la interacción entre los grupos puede llegar a cancelar los efectos del experimento cuando hay transferencia de conocimientos entre los participantes.
6. *No confusión de variables relevantes*. Puede haber variables exógenas que inciden sobre la variable dependiente. De ser así, sus efectos no deben malinterpretarse como del experimento, sino que deben ser controlados a través del diseño o del tratamiento estadístico.

³ WIERSMA, W. Research Methods in Education – An Introduction. Itasca, Peacock Publishers. 1980

7. *Representatividad.* Para poder generalizar los resultados del experimento se necesita aleatoriedad en la selección de la muestra y en la asignación de individuos a tratamientos.

9.2 PREPARACIÓN DE LA PRUEBA

Cualquiera que sea el tipo de prueba que se va a realizar y el diseño metodológico que se haya decidido utilizar, es evidente que la prueba no se puede efectuar en tanto no se logren condiciones académicas y administrativas que la hagan posible en forma adecuada. Los siguientes numerales discuten aspectos claves en ambos sentidos.

9.2.1 Aspectos Académicos

A continuación se fundamenta la necesidad de atender los siguientes aspectos antes de iniciar la prueba: selección de los alumnos y preparación de instrumentos de recolección de información.

9.2.1.1 Selección de participantes

La prueba contará con estudiantes que pertenezcan a la población objeto, es decir que estudien la asignatura para la cual se desarrolló el material (aritmética), que posean los prerrequisitos esperados y requieran de aquellos que trata el MEC. Para el caso, la población objeto son los estudiantes del colegio el Minuto de Dios que se encuentran cursando 4° de primaria entre los 9 y 11 años de edad, y con una conducta de entrada (conocimientos del alumno previos a la prueba) en matemáticas como la descrita en el capítulo 3.

Para realizar la prueba piloto será necesario recurrir al muestreo, y el diseño de la prueba determina la necesidad de seleccionar 2 grupos de participantes (uno de control y otro piloto) cada uno de 20 estudiantes. La selección y asignación de estudiantes a los grupos se hará al azar, a nivel individual; Esto permite generalizar los resultados para otros grupos de estudiantes como los de la población objeto. Se evitará al máximo realizar la prueba piloto del MEC con grupos que presenten cierta uniformidad (p.ej., voluntarios o agrupados por ciertos criterios), pues los resultados sólo serán generalizables para esta población.

9.2.1.2 Preparación de instrumentos para la recolección de información

Dado que estas pruebas pretenden determinar la eficacia y eficiencia del MEC así como los elementos en que se debe o conviene mejorar el material, es importante disponer de instrumentos válidos y confiables que permitan establecer cada aspecto.

La eficacia tiene que ver con cuánto se satisfacen las necesidades de instrucción detectadas⁴. Ordinariamente se relaciona con el logro de los objetivos de aprendizaje que apoya el software educativo, pero también se incluirá el logro de actitudes positivas hacia lo que se aprende y hacia el uso del computador como medio. Para corroborar este aspecto se prepararán pruebas de rendimiento y de actitud para ser aplicadas antes y después del MEC.

En lo que respecta a la eficiencia, esta tiene que ver con varios factores, entre otros: tiempo de interacción alumno-material para el logro de los objetivos, interés que despierta y grado de suficiencia que tienen los diversos componentes del material. Sobre estos elementos se recopilará información de retorno, tanto dentro del material (capturando los datos dentro del programa y generando reportes al profesor) o fuera del mismo (usando formatos para registro de información).

9.2.1.3 Preparación de instrumentos para medir el rendimiento

A pesar que evaluar el rendimiento de los estudiantes es algo que los profesores realizan permanentemente, no significa esto que cualquier prueba relacionada con el tema que trata un MEC sirva para saber si éste fue efectivo. Es muy importante que los instrumentos de evaluación del rendimiento estén técnicamente elaborados. Eso implica, entre otras cosas, lo siguiente:

1. *Especificación de lo que se desea evaluar.* Para esto se elaboró un cuadro de especificación y balanceo propuesto en el Anexo H numeral 1. Para elaborar este cuadro fue necesario recurrir al análisis de tareas de aprendizaje que se formuló en el capítulo 3 del diseño, numeral 3.1.1. Cada objetivo (terminal e intermedios) que cubre el MEC, se clasifica usando la taxonomía de Gagné (ver Anexo A numeral 3).

Para cada objetivo se elaboró al menos una pregunta con el fin de medir si se logro el objetivo. Para estar seguros que las preguntas corresponden a lo que se busca y al nivel del objetivo, se verificó que al poner en forma interrogativa el enunciado del objetivo se obtuviera un enunciado de pregunta equivalente a los ejemplos formulados. De no ser así, el objetivo o las preguntas no dicen lo que deberían.

El valor relativo (%) de cada objetivo debe reflejar la importancia relativa que tiene cada uno. Al definirlo, queda también establecido el peso de cada pregunta, el cual servirá para otorgar calificación numérica a cada alumno. Dependiendo la clase de objetivo según Gagné, se realizó un tipo de prueba para cada uno de ellos como se muestra en la siguiente tabla:

⁴ GALVIS. Op.cit, p, 281.

Tipo de objetivo según Gagné	Tipo de prueba realizada
Cognoscitivismo reproductivo (conocimiento, comprensión de conceptos, uso de reglas).	Papel y lápiz con preguntas de respuesta cerrada (selección múltiple, pareo, doble alternativa, completar)
Cognoscitivismo productivo (análisis y solución de problemas, síntesis, evaluación)	Papel y lápiz con preguntas de respuesta abierta (ensayos, casos, proyectos).
Afectivo	Encuesta de actitudes.

Tabla 22. Tipos de pruebas utilizadas según la clase de objetivo

2. *Elaboración de instrumentos de evaluación de rendimiento.* Se emplearon dos tipos de instrumentos de evaluación del rendimiento: los reportes al profesor y las pruebas escritas

GENERACION DE REPORTES AL PROFESOR

Después que el alumno haya realizado su evaluación de conocimientos y su evaluación diagnóstica, se registrarán los resultados en el modelo del estudiante. Estos resultados serán luego presentados al profesor para que verifique el estado de desempeño del alumno. El primer reporte consta de una interfaz donde se presenta en forma de reglas de producción los conocimientos que posee el estudiante. Las reglas de producción pueden ser Reglas Buenas o Reglas Malas (como se detalló en el capítulo 5°), dependiendo el uso que les haya dado el alumno en un determinado estado del problema a solucionar. Se emplean las reglas de producción con el fin de representar los modelos mentales subyacentes en el estudiante y como mecanismo de construcción de bloques epistémicos. El reporte de este tipo tendría la siguiente apariencia:

<p>Problema: solucionar la sustracción $102 - 39$</p> <p>Estado del problema: $2 - 9$</p> <p><u>Regla Buena 1:</u></p> <p>Si el número de arriba es menor que el de abajo Y Existen cifras a la izquierda en el minuendo para pedir prestado Y Emplea el operador mover foco a la izquierda Y Aún no se ha terminado la sustracción</p> <p>Entonces Pide prestado a la siguiente cifra a la izquierda en el minuendo</p> <p>Estado del problema: $02 - 9$</p> <p><u>Regla Mala 1:</u></p> <p>Si la siguiente cifra a la que se pide prestado es cero Y Aún no se ha colocado un resultado en la columna de proceso Y Emplea el operador incrementar en 10 en lugar de pedir prestado a la izquierda Y Existen cifras a la izquierda para pedir prestado</p> <p>Entonces Convierte en 10 el 0 sin pedir prestado de nuevo a la cifra a la izquierda del minuendo (1).</p> <p>...</p>
--

Figura 33. Porción del Reporte al profesor en forma de reglas de producción

El segundo reporte presentado pretende mostrarle al profesor la curva de desempeño que ha tenido el alumno durante la interacción con el MEC y su estilo cognitivo. Este reporte se divide en tres partes fundamentales:

- Reporte de las características cognitivas del alumno.
- Reporte de la estrategia pedagógica sugerida a seguir.
- Reporte de las estadísticas de rendimiento del alumno.

Reporte de las características cognitivas del alumno

Características Cognitivas	
Ejercicios realizados por Mundo	<input type="text"/>
Preferencia con problemas reales	<input type="text"/>
Empleo de ayuda del MEC	<input type="text"/>
Solución de Procedimientos	<input type="text"/>
Visitas a hipertextos por nivel	<input type="text"/>
Empleo de herramientas	<input type="text"/>
Respuestas a pregun. conceptual	<input type="text"/>
Requiere de enseñanza lineal ?	<input type="text"/>
Desempeño de la MCP	<input type="text"/>
Tratamiento de Info. Incoherente	<input type="text"/>
Representacion Perceptual EFT	<input type="text"/>
Errores mecánicos y de conteo	<input type="text"/>
Nivel Reflexividad vs Impulsividad	<input type="text"/>
Tipo de Alumno	<input type="text"/>

En este tipo de reporte se presenta una tabla con las características cognitivas más relevantes del alumno.

Estas características han sido determinadas a través de la evaluación de diagnóstico que se realiza después de cada evaluación de conocimientos. Finalmente se encuentra un campo que indica el tipo de alumno, es decir, la categoría del estilo cognitivo que ha determinado el Sistema Clasificador, por ejemplo: alumno convergente analítico, alumno asimilador holístico, etc.

Los campos de las características cognitivas son valores numéricos (porcentajes, valores, etc) que indica el nivel de logro en cada característica, por ejemplo: Ejercicios realizados por mundo: el alumno realiza el 30 % de los ejercicios propuestos en cada mundo.

Figura 34. Reporte de las características cognitivas del alumno

Reporte de la estrategia pedagógica sugerida a seguir

Este reporte consta de un campo de tipo texto donde se indican cuáles son las actividades que el alumno debe realizar ya sea en clase, durante la interacción con el MEC o en la casa, para optimizar su proceso de aprendizaje.

Esta estrategia determina qué nivel de ejercitación requiere el alumno, o si es favorable para él el trabajo en grupo, o si por el contrario es una persona que se desempeña mejor en situaciones de autoaprendizaje o aprendizaje por descubrimiento empleando ya sea material visual o auditivo, etc.

Reporte de las estadísticas de rendimiento del alumno

Este reporte genera dos tipos de estadísticas y un reporte de control de asistencia.

- *Estadísticas de desempeño en evaluaciones:*

Aquí se presenta un diagrama de barras que describe el desempeño del estudiante a través de las evaluaciones, indicando cuál ha sido su promedio de logro de objetivos en cada evaluación presentada. Por medio de este diagrama se puede observar si el estudiante ha tenido que repetir alguna evaluación o si ha mejorado/desmejorado el rendimiento en cada evaluación. La gráfica que se presenta es como la del siguiente ejemplo:

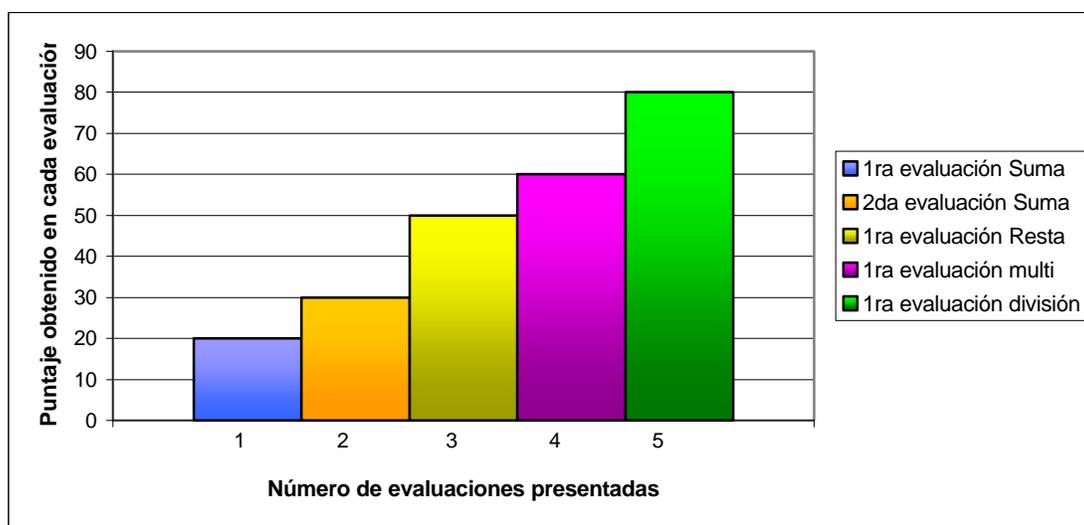


Gráfico 16. Diagrama de barras para el desempeño del estudiante

Como se observa en el gráfico anterior, el estudiante presentó dos veces la evaluación del algoritmo de la adición y fue mejorando progresivamente su desempeño académico.

- *Estadísticas de errores más comunes*

Aquí se presenta un diagrama de torta donde se especifican en términos de porcentajes los errores más cometidos por el alumno en cada una de las evaluaciones. Este tipo de estadística es muy útil para establecer cuáles son los problemas que se deben atender con mayor prioridad en el aprendizaje de las operaciones básicas en matemáticas. Por ejemplo, para la sustracción:

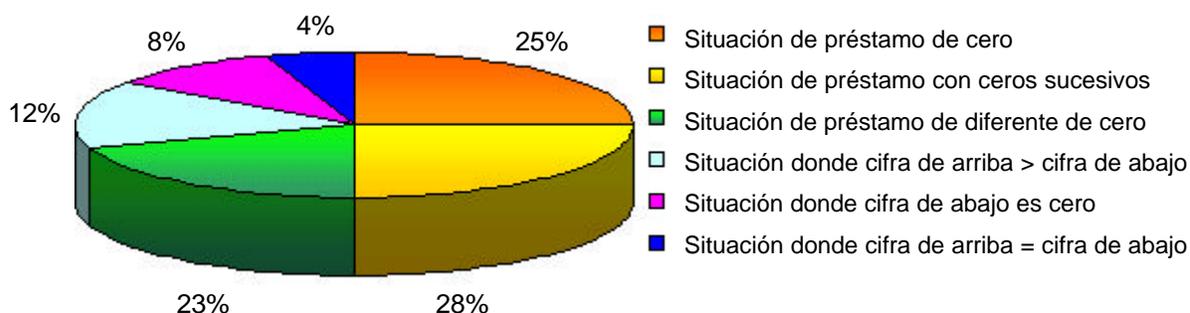


Gráfico 17. Diagrama de torta de los errores más comunes en el alumno en la sustracción

Como se observa del gráfico, el alumno requiere más ayuda en aquellas situaciones donde tiene que realizar un préstamo en cifras sucesivas de ceros, por ejemplo: $20003 - 729$ ya que el 28% de los errores cometidos por el alumno en la sustracción se deben a este tipo de situaciones. Por otro lado el alumno no presenta mayores dificultades en situaciones donde la cifra de arriba es igual a la de abajo como en $745 - 425$, ya que el alumno sólo cometió el 4% de errores en este tipo de situaciones. Esto realmente puede guiar al profesor en la detección de la estructura mental mal formada en el alumno con el objetivo de proporcionar información de retroalimentación de una manera más adaptativa.

- *Reporte del Control de asistencia*

En este reporte se indica el tiempo de interacción en horas, minutos y segundos del estudiante con el MEC. También se presenta un diagrama de navegabilidad que muestra con exactitud el nodo hipertexto donde se encuentra el alumno. Por ejemplo:

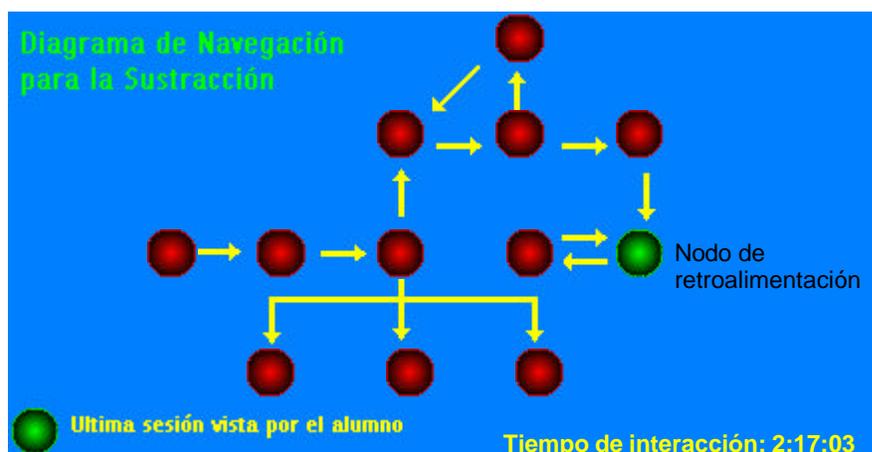


Figura 35. Control de asistencia del alumno

En el gráfico anterior el alumno se encuentra en el micromundo de la resta "Sustraccionalandia" en un nodo de retroalimentación. A partir de esta información se puede estimar la velocidad con que el

alumno está viendo el material hipermedia y el nivel de interés y motivación que ejerce el MEC sobre el niño (en la medida que el alumno interactúa más tiempo con el MEC).

PRUEBAS ESCRITAS

Con base en la especificación que se hizo de los instrumentos de evaluación, se preparó la prueba previa (pretest) y posterior (posttest). Su diseño es el mismo, incluyendo preguntas y situaciones problemáticas equivalentes con el fin de realizar comprobaciones de lo aprendido con la interacción del MEC. Las pruebas escritas se especifican en el Anexo E numeral 2.

3. Preparación de instrumentos para medir las actitudes

El dominio afectivo es muy importante en el proceso de aprendizaje. Quien está interesado en aprender algo o quien tiene una actitud positiva frente a algo, puede más fácilmente aprender de esto que quien no. Por este motivo, aunque no se propusieron objetivos afectivos, en la prueba del MEC se buscó conocer qué actitud desarrolló la gente frente al Tutor, frente a los diferentes componentes de éste, frente al aprendizaje apoyado con el computador e incluso frente al tema.

Para este caso, fue necesario confeccionar una prueba que midiera las actitudes que interesaban evaluar. Una de las pruebas a las que se recurrió es la que preparó Escobar⁵, en la cual mide la actitud respecto a las siguientes variables relativas al MEC: motivación, contenidos, ejercitación y práctica, evaluación, aprendizaje, ritmo, interfaz y actitud global hacia el uso de materiales educativos computarizados. El diseño de la encuesta se describe en el Anexo H numeral 2.

La estructura de la encuesta se sintetiza en la tabla siguiente, en la cual para cada variable se detalla a qué preguntas corresponde y su tendencia (directa: + e inversa: -).

Motivación	Contenidos	Ejerc-Práctica	Evaluación
+	+	+	+
-	-	-	-
1	3	18	5
4	9	14	8
6	11	20	22
12	25	15	17
23	16	28	
21			
29			
19			
Aprendizaje	Ritmo	Interfaz	Actitud Global MEC
+	+	+	+
-	-	-	
7	10	30	26
2	24	31	38
13		32	
27		33	
		34	
		35	
		36	
		37	

Tabla 23. Estructura de la encuesta.

⁵ ESCOBAR, H. Notas para una didáctica constructivista. Bogotá: SENA, Grupo de Informática. 1987.

Las preguntas de tendencia directa pretenden hallar opiniones positivas acerca del uso del MEC, mientras las preguntas de tendencia inversa pretenden esclarecer opiniones negativas sobre el MEC pero que con frecuencia son omitidas por causa de pena o incomodidad frente a los encuestadores.

A medida que los estudiantes terminaron de estudiar el material educativo computarizado, se les solicitó llenar la encuesta final – prueba de material educativo computarizado que parece en el Anexo H numeral 2.

4. Preparación de instrumentos para recolectar otra información necesaria

Puesto que en la prueba de un MEC interesa saber no sólo lo que resultó, sino también a qué se debió, como fundamento para poder corregir los defectos, es importante idear fuentes de información relevantes al respecto.

Las alternativas que se siguieron para este tipo de información fueron las siguientes:

- Registros dentro del programa que capturan datos sobre duración de la interacción, así como sobre las secciones y ejercicios realizados; y sobre el nivel de logro por sección.
- Hojas de anotación de la duración y comentarios por sección. Se seguirán los lineamientos del siguiente formato, adaptado por Henderson y Nathenson⁶:

Material: _____ Fecha prueba: _____.	
Nombre estudiante: _____.	
Sección/Tema que estudió: _____.	
Hora de Inicio: _____ Hora de Terminación: _____.	
Dificultades que tuve estudiando la sección	Sugerencias para mejorar la sección

Figura 36. Formato de comentarios y sugerencias sobre el MEC.

- Encuestas de información de retorno respecto a variables importantes por sección, como por ejemplo interés, utilidad, facilidad de uso, claridad de mensajes, utilidad de información de retorno...
- Entrevistas a los usuarios, o discusión con ellos, respecto a lo estudiado en el material y a su forma de utilización, respecto a lo que señala la información de retorno (sugerencias, etc).
- Registro de consultas al encuestador a lo largo de la prueba, con detalle de frecuencias...

⁶ HENDERSON E. Y NATHENSON, M. Developmental Testing: A new Beginning. England. 1977.

Mediante la información de retorno que se obtendrá se podrá establecer a qué se debieron los resultados que arroja la prueba, como base para efectuar las correcciones que sean pertinentes.

9.2.2 Aspectos Administrativos

Siendo lo académico lo más importante, no deja de ser fundamental cuidar los siguientes aspectos de índole administrativa: reproducción del MEC, soporte computacional, entrenamiento de personal y condiciones temporales.

Reproducción del Material

El material computarizado, impreso, sonoro y audiovisual que compone el paquete será reproducido en número suficiente para que lo usuarios lo aprovechen. El material impreso se copiará para todos los estudiantes, y los demás materiales, cuantos puestos de trabajo van a estar disponibles para el uso de los alumnos (25 puestos de trabajo).

Servicios de soporte computacional

No basta con poseer copias del material que se va a probar. Es indispensable contar con salas de computación debidamente configuradas y con suficientes equipos (número proporcional al tamaño máximo de los grupos, como mínimo $N/2$ equipos, siendo N el tamaño máximo del grupo) donde los estudiantes puedan hacer uso del material. Ante la insuficiencia de máquinas para todos (25 equipos para 40 estudiantes) se definieron franjas de trabajo que aseguraran el acceso al material de todos los alumnos bajo condiciones apropiadas. Los requerimientos de configuración de estas máquinas se definirán en el siguiente capítulo.

Entrenamiento de personal

Cuando los responsables de la Unidad de Instrucción en que se usará el material computarizado no tienen preparación sobre el uso del computador como apoyo a procesos de enseñanza-aprendizaje, es conveniente llevar a cabo con ellos una etapa de alfabetización computacional que les permita sacar provecho de este medio. Por tal motivo, fue necesario entrenar a los profesores durante una semana respecto al uso del paquete de materiales que se sometió a prueba. La correcta integración entre los elementos de la unidad de instrucción, entre ellos el paquete preparado, sus administradores y los usuarios finales, es fundamental. Una actitud de apoyo al alumno y el entendimiento del papel de cada componente, de la experiencia que condujeron los profesores, favoreció que la prueba no se viera entorpecida por factores exógenos al paquete.

Condiciones temporales

También fue importante velar porque la prueba con alumnos se llevara a cabo cuando correspondía en el desarrollo del programa académico para el que se preparó el material. De otra

manera pudieron haber fallado, entre otras cosas, motivación y dominio de prerrequisitos, condiciones esenciales para el aprendizaje. Basados en esta razón, se realizaron pruebas al comienzo del año electivo (2002) entre los meses de Febrero – Abril con estudiantes de 4° de primaria, buscando que no dominarán completamente los temas a tratar por medio del MEC.

9.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y FORMULACIÓN DE CONCLUSIONES

9.3.1 Análisis de los resultados de rendimiento

La eficacia de un material de enseñanza-aprendizaje apoyado con computador se mide en términos de logro de objetivos, de ganancia en los aprendizajes. Por este motivo, es necesario analizar los resultados de los estudiantes en las pruebas de rendimiento. Estos deben analizarse de varias maneras: mediante técnicas matriciales se puede determinar cuáles objetivos son dominados antes de la instrucción y cuáles se lograron con base en esta; mediante análisis estadístico se puede determinar cuáles ítems presentaron problemas en las pruebas y la significancia de las diferencias en rendimiento entre pre-test y post-test.

Los resultados del pre-test son los mismos que se tomaron en cuenta en la identificación de necesidades educativas en el capítulo 2. Los resultados del post-test se presentan a continuación y se basan en el mismo formato de evaluación de conocimientos (Formato MEC 3 de prueba de conocimientos del Anexo E).

Análisis Matricial y estadístico

Teniendo en cuenta los 18 subobjetivos de aprendizaje descritos en el capítulo 3 y los resultados en el pre-test y en el post-test del grupo piloto, se analizan los siguientes resultados:

No. Objetivo	Identificación de los alumnos por código																				Total Logros	Total Fallas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	X			X			X		X		X	X	X					X			12	8
2		X			X	X		X	X			X			X		X				12	8
3	X	X		X	X		X			X		X			X			X	X		10	10
4		X	X		X		X		X								X			X	13	7

5		X	X				X	X		X				X		X				X	12	8
6	X	X				X				X			X			X		X		X	13	7
7				X				X		X	X		X	X		X		X		X	11	9
8	X		X			X			X				X					X	X		13	7
9	X		X				X			X					X				X		14	6
10		X		X	X	X						X	X		X		X				12	8
11	X		X					X			X			X			X	X		X	12	8
12	X		X	X				X		X			X		X	X		X			11	9
13					X		X				X		X				X	X			14	6
14		X	X		X		X		X	X		X		X		X			X		10	10
15	X		X		X		X		X					X	X		X	X			9	9
16		X		X		X		X		X									X	X	12	8
17		X		X	X		X	X	X	X		X			X		X	X		X	8	12
18	X	X		X		X		X			X			X		X				X	11	9
Nota	50	44	55	55	55	66	50	55	61	61	66	55	66	66	55	72	55	50	66	61		
Total de alumnos aprobados (NOTA \geq 70) = 1 alumno																						
Promedio de Notas = 58.2 puntos																						
Desviación Estándar de Notas = 7.23																						
Fecha: Febrero de 2002																						

Tabla 24. Resultados individuales y por objetivo del grupo piloto en la prueba PRE-TEST del MEC

Convenciones: X = el estudiante falla en la prueba

No. Objetivo	Identificación de los alumnos por código																				Total Logros	Total Fallas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	X			X					X			X	X								15	5
2		X			X	X						X									16	4
3	X			X			X			X					X			X			14	6
4									X								X			X	17	3
5		X	X											X		X					16	4
6	X	X				X				X											16	4
7				X				X				X			X	X					15	5
8													X					X	X		17	3

9							X			X								X		17	3	
10		X				X						X	X				X			15	5	
11								X			X			X				X		16	4	
12	X		X	X						X			X			X				14	6	
13													X				X	X		17	3	
14		X			X		X					X				X			X	14	6	
15	X				X				X					X	X					15	5	
16				X				X				X						X	X	15	5	
17		X					X	X	X			X			X			X		13	7	
18	X			X		X					X					X			X	14	6	
Nota	66	66	88	66	83	77	77	77	77	83	83	61	72	83	77	72	83	72	77	83		
Total de alumnos aprobados (NOTA \geq 70) = 16 alumnos																						
Promedio de Notas = 76.15 puntos																						
Desviación Estándar de Notas = 7.12934																						
Fecha: Abril – Mayo de 2002																						

Tabla 25. Resultados individuales y por objetivo del grupo piloto en la prueba final o POST-TEST del MEC

Tomando en cuenta los resultados arrojados en la prueba final e inicial por el grupo piloto y bajo los siguientes criterios se puede afirmar si la instrucción fue efectiva o no:

- El promedio de notas en la prueba de post-test excede la nota mínima aprobatoria (76.15 > 70), por lo cual la instrucción fue efectiva.
- El 80% de los estudiantes (16 estudiantes) aprobaron satisfactoriamente el examen, es decir, obtuvieron puntajes \geq 70, siendo la instrucción efectiva.
- Aplicando la teoría del aprendizaje para el dominio, se puede decir que la instrucción fue efectiva ya que al menos el 70% de los objetivos fueron logrados por el 70% o más de los alumnos. Luego la instrucción fue efectiva.
- Si se considera la instrucción objetivo por objetivo se tiene:

Objetivo	Porcentaje de estudiantes que lo logran
Subobjetivo 1	75 %
Subobjetivo 2	80 %
Subobjetivo 3	70 %
Subobjetivo 4	85 %

Objetivo	Porcentaje de estudiantes que lo logran
Subobjetivo 5	80 %
Subobjetivo 6	80 %
Subobjetivo 7	75 %
Subobjetivo 8	85 %
Subobjetivo 9	85 %
Subobjetivo 10	75 %
Subobjetivo 11	80 %
Subobjetivo 12	70 %
Subobjetivo 13	85 %
Subobjetivo 14	70 %
Subobjetivo 15	75 %
Subobjetivo 16	75 %
Subobjetivo 17	65 %
Subobjetivo 18	70 %

Tabla 26. Análisis de efectividad objetivo por objetivo

Como se aprecia, el Subobjetivo 17 no alcanzó completamente su efectividad del 70%. La instrucción no fue entonces efectiva en el tratamiento de este Subobjetivo y es necesario realizar los ajustes pertinentes.

- Tomando como comparación los resultados obtenidos en las pruebas de pre-test y post-test, se observa que el rendimiento general de los alumnos aumentó, logrando que de 1 alumno con promedio mayor a 70 se pasara a 16 alumnos que lo lograron. Se observa también que el nivel de logro por objetivo aumentó considerablemente ya que en la prueba de pre-test sólo dos Subobjetivos (9 y 13) fueron correctamente desarrollados por el 70% o más de los alumnos, mientras que esta cifra alcanza 17 Subobjetivos en la prueba post-test. Se observa también que la desviación estándar de los datos se mantiene muy similar en las dos pruebas, indicando que en términos generales, los alumnos del grupo piloto lograron aumentar proporcionalmente su desempeño sin presentar mayores altibajos o diferencias individuales en el rendimiento. En este sentido, se puede decir que la instrucción fue efectiva y eficiente.

Si se realiza un Histograma de frecuencias de la Prueba Final (POST-TEST) en el grupo piloto y de control para medir el rendimiento, se obtiene:

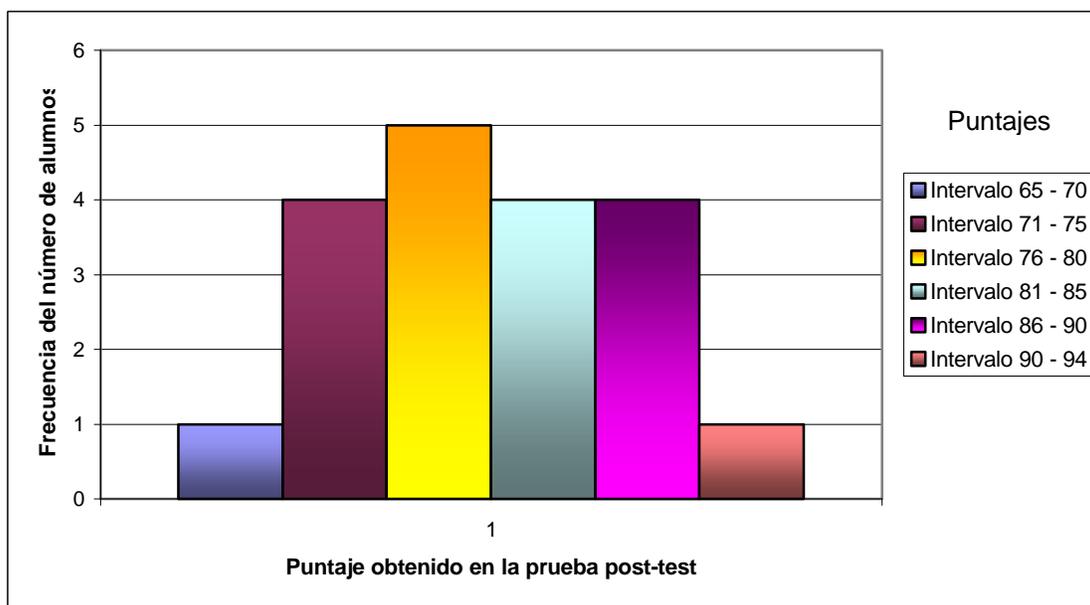


Gráfico 18. Histograma de frecuencias para la prueba post-test en el Grupo Piloto.

Como se observa en el anterior gráfico más del 70% de los resultados de los estudiantes del grupo piloto poseen un desempeño mayor o igual al 70%, y la mayor concentración de los resultados se encuentra en el intervalo de notas [76 – 80]. Se puede decir entonces que la instrucción fue eficiente y eficaz, aunque es recomendable ajustar los contenidos para el Subobjetivo 17 (enseñanza de los criterios de divisibilidad). La prueba de actitudes brindará más luces acerca del motivo por el cual se están obteniendo resultados no muy favorables para este Subobjetivo.

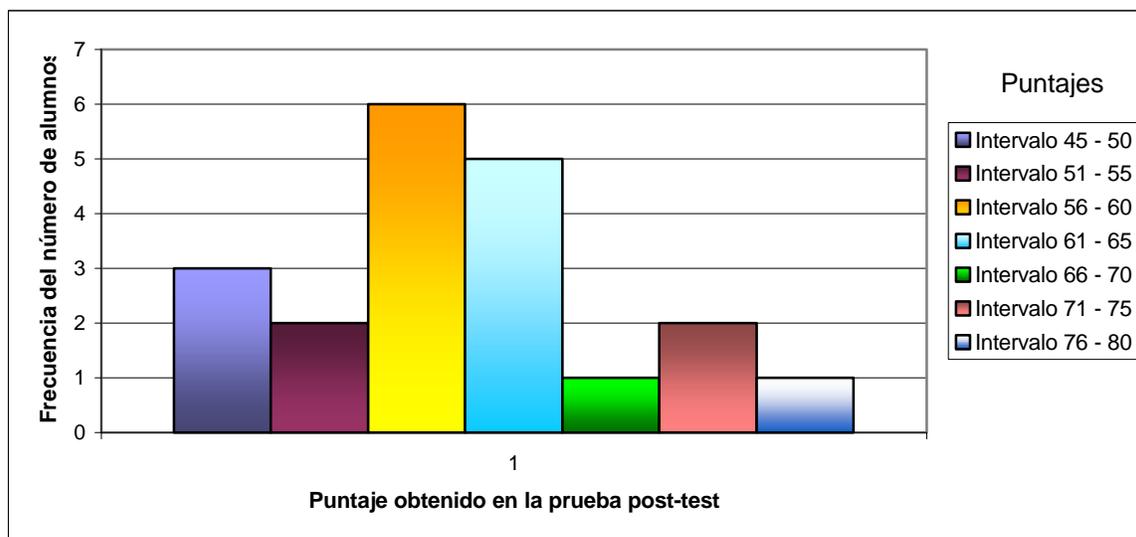


Gráfico 19. Histograma de frecuencias para la prueba post-test en el Grupo de Control.

En el anterior gráfico se observa que el desempeño del grupo de control es bastante deficiente en comparación con el grupo piloto. Los estudiantes del grupo de control tienden a tener promedios en el intervalo [56 - 60] el cual es muy bajo. Se observa también que sólo el 15% de los estudiantes del grupo de control superan un desempeño aceptable de 70 puntos en su rendimiento y un 85% se encuentra bajo los 70 puntos, en comparación del 95% de los estudiantes del grupo piloto que sí alcanzan un desempeño de 70 puntos o superior en la prueba final.

9.3.2 Análisis de información complementaria

La opinión de los usuarios sobre el material en general y sobre sus componentes, el registro de consultas hechas durante las sesiones de trabajo, formatos de información de retorno para usarse a medida que se interactúa con el material o al final de éste, son fuentes de información que se analizarán en búsqueda de explicaciones a los problemas de rendimiento que existan y de sugerencias respecto a cómo resolverlos. Los datos obtenidos de fuentes como las mencionadas darán indicación sobre aspectos positivos y negativos del material, así como sobre posibles razones subyacentes. Al procesar esta información, a la luz de la estructura interna del paquete de materiales, se pueden establecer las razones más probables de logros y fallas, como base para formular las líneas de acción.

La prueba de actitudes realizada al grupo piloto y cuyo formato se encuentra en el Anexo H numeral 3, Arrojó los siguientes resultados. Una vez se obtuvieron las respuestas de los participantes, se tabularon los resultados y se sintetizaron en la siguiente tabla, anotando las frecuencias para cada uno de los ítems.

Número de participantes (N) = 20						
Variable	ítem	5 Acuerdo Total	4 Acuerdo Parcial	3 Ni acuerdo ni desacuerdo	2 Desacuerdo Parcial	1 Desacuerdo Total
Motivación	1	12	6	2		
	6	15	3	2		
	23	10	9	1		
	29	18	2			
	4				3	17
	12					20
	21			2	1	17
	19				2	18

Variable	ítem	5 Acuerdo Total	4 Acuerdo Parcial	3 Ni acuerdo ni desacuerdo	2 Desacuerdo Parcial	1 Desacuerdo Total
Contenidos	3	18	2			
	11	15	1		4	
	16	18	1	1		
	9		1		1	18
	25					20
Ejercitación	18	17	1		2	
	20	19	1			
	28	18	1	1		
	14					20
	15			1		19
Evaluación	5	20				
	22	18	2			
	8				1	19
	17					20
Aprendizaje	7	15	5			
	13	17	2	1		
	2				1	19
	27					20
Ritmo	10	20				
	24					20
Interfaz	30	20				
	32	17	3			
	34	18	2			
	35	20				
	31					20
	33					20
	36			3		17
37					20	
Actitud	26	20				
MEC	38	19	1			

Tabla 27. Resultados encuesta final de actitudes.

Observando la tabla anterior se puede concluir lo siguiente:

- Existe un pequeño porcentaje de estudiantes del grupo piloto (5% = 1 estudiante) quien considera que los temas expuestos por el MEC resultan difíciles para su estudio.
- Existe un porcentaje del 10% de los alumnos del grupo piloto quienes consideran que hace falta más sesiones de ejercitación en algunos escenarios del MEC.
- Existe un 15% (3 estudiantes) del grupo piloto quienes consideran que el texto es un poco confuso en algunas secciones del MEC.
- Existe un porcentaje de alumnos del grupo piloto mayor al 90% quienes consideran que el material es altamente motivador, los demás alumnos consideran que es moderadamente motivador.
- Hay un porcentaje de alumnos mayor al 90% quienes consideran que los contenidos tratados por el MEC son pertinentes y que su explicación es clara y amena.
- Hay un porcentaje de alumnos mayor al 90% quienes consideran que el MEC les proporciona ayuda, orientación y corrección oportuna de los errores durante la interacción con el MEC.
- Existe un 80% de los alumnos quienes creen que el MEC les proporciona una ayuda indispensable en el aprendizaje de las operaciones básicas y que no requieren tener que repasar estos temas por medio de otro tipo de materiales didácticos. El 20% restante creen que aunque el MEC les ofrece una gran ayuda, si requieren realizar más repaso del tema.
- Un porcentaje equivalente al 100% de los estudiantes del grupo piloto consideran que el MEC se ajusta a su ritmo de aprendizaje.
- Un 80% de los alumnos del grupo piloto consideran que la interfaz del MEC emplea correctamente el material hipermedia (video, sonidos, texto, etc.).
- Finalmente, todo el grupo piloto considera que el uso de materiales computarizados en la educación cumplen una función primordial sobrepasando los beneficios de otros tipos de material (textos, cartillas, etc).

Después de realizar la prueba de actitudes se realizó una entrevista con tres de los estudiantes del grupo piloto quienes obtuvieron los resultados más bajos en el POST-TEST y coincidentalmente fueron quienes argumentaron que el MEC presentaba algunos temas de manera confusa y que hacía falta ejercitación en algunas secciones. Se analizó además el Formato de comentarios y sugerencias sobre el MEC de estos tres estudiantes y se obtuvo:

- En la sección donde se tratan los criterios de divisibilidad, los estudiantes argumentan que después de ver las reglas determinadas para cada caso de divisibilidad, las olvidaban rápidamente.
- Justificaron que esta sección debería tener más ejercitación.
- Les gustaría además, que el contenido de esta sección fuera un poco más didáctica.

- Los estudiantes argumentaron que preferirían ver esta sección de divisibilidad a través de un juego.

9.3.3 Formulación de conclusiones y recomendaciones

Gracias a la prueba experimental que se realizó con el grupo piloto y el de control se pudo medir el grado de efectividad del MEC en la enseñanza de las operaciones aritméticas básicas y además se detectaron las deficiencias en la instrucción que proporcionaba el mismo. Las conclusiones que se obtuvieron de la prueba experimental fueron las siguientes:

- El MEC verdaderamente proporciona una instrucción eficiente ya que logra que el 70% o más de los alumnos dominen el 70% o más de los Subobjetivos que trata el MEC.
- El MEC resulta muy motivador para los alumnos y mantiene niveles altos de interés y curiosidad en el alumno.
- El uso de Micromundos Explorativos y juegos dentro del MEC provocó actitudes en los estudiantes de curiosidad, reto y fantasía, factores esenciales en el aprendizaje.
- Los alumnos no demostraron ningún tipo de rechazo por el uso del computador en la clase de matemáticas, por el contrario, demostraron bastante entusiasmo y alegría.
- Se encuentra una gran diferencia entre los estudiantes que emplearon el MEC (grupo piloto) y los que sólo recibieron instrucción convencional por parte del profesor (grupo de control) ya que los primeros demostraron un desempeño superior en la prueba final en comparación con los segundos. Cabe destacar que los dos grupos fueron elegidos al azar teniendo en cuenta de no formar grupos homogéneos.
- Como se pudo observar en la enseñanza del Subobjetivo 17, los alumnos prefieren aprender los temas a través de juegos en lugar de ver una simple interfaz con sonido y gráficos, es decir, resulta bastante atractivo interactuar directamente con el material didáctico que sólo dedicarse a leer los contenidos como se haría en un libro.
- Los alumnos del grupo piloto demuestran bastante agrado por el MEC ya que éste les proporcionó ayuda en los momentos más indicados y además les permitía llevar un autocontrol de navegación por el material a su propio ritmo.

Como recomendaciones se tienen:

- De ser posible en futuras pruebas del MEC, realizar más entrevistas tanto con los estudiantes del grupo piloto como del grupo de control, y también con estudiantes del resto de la población objetivo.
- El material impreso como las pruebas de conocimientos y las pruebas de actitudes deben estar en buenas condiciones, evitando fotocopias de mala calidad, errores de impresión y amontonamiento de las preguntas.

- De la experiencia con esta prueba, se puede afirmar que resulta mucho más fácil trabajar con grupos piloto pequeños, tal como se realizó, para garantizar el orden y la atención requerida durante las pruebas e interacción con el MEC.
- Se debe evitar al máximo que los estudiantes trabajen de a parejas o en grupos ya que para este tipo de pruebas se requiere tener resultados individuales.
- Es vital, antes de realizar la prueba, instruir correctamente a los profesores de la materia y de la sala de computo acerca del funcionamiento del MEC, con el objetivo de crear un apoyo más consistente para los alumnos en el momento de interactuar con el MEC.
- Se debe evitar al máximo el trabajo con el MEC durante más de una hora y media seguida, puesto que como se está trabajando con niños entre los 9 y 11 años, éstos tienden a perder mucho la atención en el trabajo y por tanto a desmotivarse, logrando así que la interacción con el MEC no arroje los resultados esperados.
- En lo posible, se debe adecuar cada equipo con audífonos individuales, con el fin de evitar la desconcentración de los alumnos a causa de los diferentes sonidos que producen las distintas secciones del MEC, ya que como cada alumno avanza a su propio ritmo se puede ver acosado o ansioso por no ir a la par con sus compañeros.
- Es importante que las pruebas no se realicen en horas específicas como antes del descanso o antes de terminar la jornada académica, ya que esto provoca altos niveles de ansiedad en los alumnos modificando los resultados esperados. Es aconsejable realizar la prueba de 7 a 8.30 a.m. o inmediatamente después del descanso, con el fin de aprovechar los estados de agudeza mental en el alumno.
- Es recomendable para futuras pruebas, que el sitio se encuentre acondicionado para la prueba, es decir, que el sitio sea un lugar fresco, donde el sol no entre directamente a las pantallas pero que a la vez no se sienta demasiado frío.
- Se recomienda no ofrecer estímulos de plata a los alumnos para realizar la prueba, los estímulos deben ser simbólicos o académicos.
- Es recomendable rediseñar la sección del MEC donde se explican los criterios de divisibilidad, ajustando el contenido según las observaciones de los estudiantes. Sería aconsejable tratar este tema a través de un juego interactivo donde no se requiera que el alumno se aprenda de memoria las reglas de divisibilidad, sino que las fuera aprendiendo a través del mismo juego.

10. MANUAL TÉCNICO Y DE USUARIO

10.1 MANUAL TÉCNICO

A continuación se presenta los requerimientos de Software y Hardware necesarios para la correcta instalación del MEC versión 1.0.

Requerimientos de Hardware:

- Procesador Pentium I Intel ó superior, con mínimo 233 Mghz de velocidad.
- Disco Duro con 300 Megabytes libres o más.
- Memoria RAM de 64 Mb.(como mínimo) ó 128 – 256Mb (recomendado).
- Parlantes estereofónicos y unidad de CD-ROM.
- Pantalla a color VGA ó SVGA, con mínimo 4 Mb en memoria de video.
- Teclado y Mouse genéricos.
- Tarjeta aceleradora de gráficos (opcional).

Requerimientos de Software:

- Sistema Operativo Windows ME (Millennium Edition), Windows XP, ó Windows 2000.
- Sistema Manejador de Bases de Datos: Access 2000
- Macromedia Flash Player 5.0

Instalación del MEC

- Abra el Explorador de Windows: <Inicio – Explorador de Windows>
- Ubíquese en la unidad del CD-ROM: unidad D:\ ,E:\, ó F:\
- Seleccione la carpeta MEC con un solo click.
- Oprima las teclas “Control C” al mismo tiempo para copiar, o si lo prefiere haga click en el botón derecho del mouse y seleccione la opción copiar.
- Luego, ubíquese en la raíz del disco, es decir, en C:\
- Oprima las teclas “Control V” al mismo tiempo, para pegar la carpeta, o si lo prefiere haga de nuevo click en el botón derecho del mouse y seleccione pegar.
- Para ejecutar la aplicación haga doble clic al archivo MEC.exe que se encuentra en C:\MEC\ MEC.exe, pero antes debe realizar la conexión con el origen de datos.

- **Nota:** Si desea instalar la simulación bajo el enfoque Animat, la aplicación de las Evaluaciones o la aplicación de las sesiones de retroalimentación, repita los mismos pasos anteriores pero con las carpetas “ANIMAT”, “EVALUACIONES” y “RETROALIMENTACION” que se encuentran también en el CD, y para ejecutarlas haga doble click en el ejecutable que se encuentra en cada una de esas carpetas.

Desinstalar la aplicación MEC

- Abra el explorador de Windows o abra Mi PC del escritorio de Windows.
- Seleccione la carpeta a eliminar: MEC, ANIMAT, EVALUACIONES ó RETROALIMENTACION.
- Oprima al mismo tiempo las teclas Shift Supr, o si lo prefiere, haga click en el botón derecho del mouse sobre la carpeta a eliminar y seleccione Eliminar, luego haga click en el botón sí del cuadro de diálogo que aparece.

Conexión con el Origen de Datos

Para que el MEC y la aplicación EVALUACIONES puedan realizar sus consultas a la base de datos, es necesario crear un Origen de Datos. Para esto siga los siguientes pasos:

- Antes de crear el origen de datos, tuvo que haber copiado la carpeta MEC en la ruta C:\, es decir, siga los pasos de instalación del MEC.
- Luego haga click en Inicio.
- Seleccione Configuración.
- Seleccione Panel de control.
- Haga doble click en el ícono Fuentes de Datos ODBC (32bits)
- Haga click en el botón Agregar situado al lado superior derecho.
- Seleccione “Microsoft Access Driver (*.mdb)”
- Haga click en finalizar.
- En la parte donde aparece Nombre del Origen de Datos, escriba **SExp** (sin omitir ningún carácter y teniendo en cuenta mayúsculas y minúsculas).
- En el cuadro Base de datos, haga click en el botón seleccionar
- A continuación aparece el cuadro de dialogo Seleccionar Base de Datos. Ahora debe buscar la base de datos. Recuerde que la base de datos se llama “SE.mdb” y se encuentra en la ruta que creó anteriormente, C:\MEC\SistemaExperto\SE.mdb
- Haga click dos veces en los botones de Aceptar.
- Salga del cuadro de dialogo Fuente de Datos ODBC.

Instalación de Macromedia Flash Player 5.0

Si usted tiene instalado en su equipo Macromedia Flash 5.0 o Flash Player no necesita realizar el siguiente procedimiento, si no, debe realizarlo para poder ver el material multimedia del MEC.

- Abra el explorador de Windows.
- Busque la unidad de CD-ROM y haga doble clic
- Haga doble clic en el instalador de Flash 5.0 (Flash.exe).
- Luego, siga los pasos de instalación que se indican.

10.2 MANUAL DE USUARIO

A continuación se presentan las indicaciones básicas de utilización del MEC. Al ejecutar el MEC encontrará también un manual didáctico que explica las instrucciones básicas de empleo del software.

1. Cuadro de Diálogo de Validación de Usuario

En esta interfaz, el usuario (el profesor o el estudiante) debe ingresar su nombre de usuario y su contraseña con el objeto de habilitar o deshabilitar las áreas de trabajo en el Tutor.



Para ingresar como un usuario "Profesor", seleccione la opción Profesor y luego en el cuadro de texto *escribe tu login* digite profesor y en el cuadro de texto *escribe tu password* digite profe.

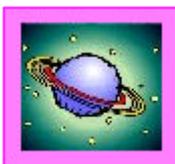
Para ingresar como usuario "Alumno", seleccione la opción Estudiante y luego escriba en login: dioskar y en password escriba cató.

2. Menú de opciones de entrada

En esta interfaz se presentan cinco botones que comunican con diferentes secciones del MEC.



¿Cómo emplear el Tutor?. Esta opción presenta una animación que explica paso a paso las instrucciones para navegar a través del Tutor de una manera muy didáctica.



¡¡¡Comenzar la Aventura!!!. Esta opción comunica con otra interfaz donde se podrá seleccionar desde donde se desea comenzar a interactuar con el MEC.



Gestionar Usuarios. Esta opción le permite únicamente al profesor, gestionar la base de datos de los usuarios. Aquí podrá ingresar nuevos alumnos al sistema, modificar sus datos o eliminarlos. También se pueden editar los datos de los profesores a cargo del Tutor.



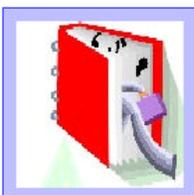
Visualizar el desempeño del estudiante. En esta opción, el profesor podrá ver el reporte de actividades del alumno como también presenta un informe expresado en reglas de producción que representan los modelos mentales del alumno. También se presentan estadísticas acerca del desempeño que ha tenido el alumno en su interacción con el MEC.



Salir. Esta opción permite abandonar el MEC.

3.Ventana: Vamos a Comenzar la Aventura!!!.

A esta interfaz se llega cuando previamente se selecciona la opción comenzar aventura del Menú Principal de opciones de entrada. Aquí aparecen cuatro opciones:



Ver la Introducción a la aventura. Al escoger esta opción se presenta una animación que le explica todo al estudiante acerca de la misión que tiene de salvar su planeta. Se le explica que debe recuperar los cuatro elementos y combatir intelectualmente contra los alienígenas.



Iniciar por primera vez. Esta opción envía al estudiante a una evaluación de diagnóstico donde se establecerá el nivel del estudiante y se determinará además la sesión desde donde es aconsejable empezar a ver el Tutor.



Continuar con la última sesión. Esta opción le permite al estudiante, volver a la última sesión de estudio donde quedó, antes de abandonar el MEC.



¡Seleccionar Escenario!!!. Esta opción habilita una interfaz donde el alumno podrá seleccionar el mundo hacia donde desea viajar: Adicionix, Sustraccionalandia, Multiplex Sum, ó Divi Rex.

4. Ventana Selecciona el mundo donde deseas empezar tu aventura

En esta interfaz aparece el héroe de la historia, "TAHAN", manejando una nave espacial. TAHAN tiene que decidir a cuál planeta viajar. Por lo tanto aparecen cuatro opciones gráficas indicando cada una a los cuatro planetas.



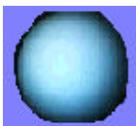
Adicionix: Esta opción conecta con un diagrama de navegación de adicionix donde TAHAN podrá seleccionar específicamente donde quiere empezar su aventura.



MultiplexSum: Esta opción comunica con el planeta Multiplex Sum donde TAHAN practicará la multiplicación y tendrá que recuperar el elemento Tierra.



DiviRex: En este planeta, TAHAN practicara la operación de dividir. Tendrá además que recuperar el elemento aire.



Sustraccionalandia: En este planeta TAHAN disfrutará de aventuras relacionadas con la sustracción. Tendrá además que recuperar el elemento Fuego.

5. Ventana gestionar Usuarios del MEC

A esta interfaz se llega cuando se selecciona la opción Gestionar Usuarios del Menú principal. Aquí aparecen cuatro opciones básicas:



Buscar Datos Usuario: Aquí el profesor podrá buscar toda la información referente a un estudiante o un profesor. Al hacer clic en este botón se activa una interfaz donde inicialmente se tiene que escoger el tipo de usuario a buscar ("estudiante o profesor"), luego se escribe el nombre del usuario y se hace clic en buscar.

Finalmente aparecerá toda la información del usuario.



Ingresar Datos Usuario: En esta opción el profesor podrá ingresar un nuevo usuario al sistema. Luego se carga una interfaz donde inicialmente se escoge el tipo de usuario, se escriben todos sus datos y finalmente se hace clic en agregar para insertar la información en la Base de Datos.



Modificar Datos Usuario: En esta opción el profesor podrá editar la información de algún usuario en particular. Primero se carga un formulario donde se indica que tipo de usuario es y el nombre para buscarlo en la base de datos, luego aparece toda su información y se pueden cambiar aquellos datos incorrectos, finalmente se hace clic en el botón actualizar para insertar los nuevos datos.



Eliminar Datos Usuario: En esta opción el profesor podrá eliminar los datos de un usuario que ya no se encuentre interactuando con el MEC. Inicialmente tendrá que especificar el tipo de usuario y su nombre completo, luego se debe hacer clic en aceptar y finalmente el usuario quedará eliminado de la base de datos tras confirmar la decisión.

6. Ventana Visualizar Desempeño del Estudiante

A esta interfaz se llega después de haber seleccionado el botón visualizar desempeño del estudiante en el Menú de opciones de entrada. En esta interfaz el profesor podrá ver los resultados de la interacción del estudiante con el MEC, como también se presentarán ciertas estadísticas de su rendimiento.

Desempeño en:

Sumar

Restar

Multiplicar

Dividir

Al cargarse esta interfaz, lo primero que se debe hacer es escribir el nombre completo del alumno, luego se debe seleccionar una de las opciones que se encuentra a la izquierda.

Ver Resultados

A continuación se debe hacer clic en el botón Ver Resultados para que aparezcan los informes.

Situación

Situación 1

Situación 2

Situación 3

Situación 4

Situación 5

Situación 6

VER

Ahora, se debe seleccionar el tipo de situación que se desea visualizar, por ejemplo en la división existen 4 situaciones: la división de dos cifras, la división donde la primer cifra del divisor es igual a la primera cifra del dividendo, una división donde se requiere separar otra cifra y una división de tres cifras. Aparecen máximo 6 situaciones ya que la sustracción es la que más situaciones problemáticas posee (6). Finalmente se debe hacer clic en Ver para que aparezca el informe.

Imprimir

Este botón permite imprimir el reporte generado por el Sistema Experto.

Fecha

al hacer clic en este botón, aparecerá la fecha en que el estudiante realizó la evaluación.

Más...

Al hacer clic en este botón, aparecerá un reporte de la siguiente evaluación realizada por el alumno, es decir, la siguiente fecha en que el alumno interactuó con el MEC.

Ver Estadísticas

Este botón carga una interfaz donde se presentan las estadísticas de desempeño del alumno.

Cuando se carga la interfaz de las Estadísticas del alumno, lo primero que se debe hacer es seleccionar el área que se desea visualizar (adición, sustracción, multiplicación ó división). Luego se pueden escoger alguna de las siguientes opciones:

Errores más frecuentes

Esta opción muestra una gráfica en forma de Pie, donde se puede distinguir cuáles son los errores más frecuentes cometidos por el alumno en un área determinada. Esto es de gran ayuda para el profesor, ya que así puede formular estrategias acordes a las necesidades educativas del alumno.

Control de asistencia

Esta opción presenta un diagrama de navegación que indica la última sesión vista por un alumno. Además ofrece el tiempo de interacción en Horas, minutos y segundos que ha interactuado el alumno con el MEC.

Desempeño en evaluaciones

En esta opción se presenta un diagrama de barras que indica el porcentaje de errores que obtuvo el alumno en cada una de las evaluaciones. De esperarse, este porcentaje debe ir disminuyendo en la medida que el estudiante avanza en la interacción con e MEC.

Características Cognitivas

Seleccione una de las características cognitivas del estudiante para presentar el informe:

En este cuadro de diálogo, el profesor deberá escoger una de las características cognitivas, por ejemplo: el desempeño de la MCP, el nivel de ejercitación o el de conceptualización, etc. Después se presentará el puntaje obtenido en cada una de estas variables.

Tipo de Alumno**Alumno Convergente Analítico**

En este cuadro de texto, se indica el tipo de alumno que es el individuo según sus características cognitivas. Este es el resultado arrojado por el Sistema clasificador. Adicional a esto, se presenta un cuadro de texto que presenta una estrategia pedagógica sugerida para este tipo de alumno en especial.

CONCLUSIONES FINALES Y TRABAJO FUTURO

En un sistema educacional intervienen muchos elementos y la introducción del computador no es simplemente equivalente a añadir uno más. Su utilización puede afectar el proceso de enseñanza-aprendizaje, la relación entre el profesor y los alumnos, los contenidos y metodología de los cursos, y puede incluso llevar a reevaluar la filosofía y objetivos de la institución.

Una de las principales ventajas que trae consigo el uso del computador con respecto a otros medios de enseñanza como los libros y el tablero, es el poder de interactividad e individualización que posee. Al igual que un libro, el computador permite presentar textos y gráficas; adicionalmente, se pueden generar con él animaciones y efectos sonoros similares a los de un televisor o una grabadora; también el material computarizado puede incluir una serie de ejercicios y ejemplos variados como los que podría presentar el profesor en el curso o los que provee una cartilla de ejercicios. Pero es a través del computador que el estudiante puede interactuar dialogalmente o por medio de las interfaces, ir a su propio ritmo obteniendo respuesta inmediata con base en su participación en el proceso, recibiendo refuerzos o apoyos apropiados a su desempeño particular; y controlando la secuencia de instrucción.

Por estas razones, el uso del computador en la enseñanza, supera con creces los beneficios de otros tipos de materiales didácticos, sin embargo, no con esto se quiere decir que el objetivo del computador y específicamente del software educativo sea “reemplazar la labor del profesor”, sino por el contrario, lo que se pretende es generar un apoyo para él durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, con el fin subsanar la ausencia de personalización de la instrucción en el aula. Además, se debe ser conciente que existen factores sociales y afectivos entre un tutor humano y un alumno que muy difícilmente se logren simular con el uso del computador, o por lo menos por el momento. Teniendo como base lo anterior, podemos concluir lo siguiente:

El desarrollo del MEC se fundamentó en el modelo pedagógico Cognitivo-constructivista. Este modelo se basa en la idea principal de promover el aprendizaje significativo para construir el conocimiento sobre estructuras mentales subyacentes. David Ausubel en su teoría del aprendizaje significativo sustenta¹: *“Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante es lo que el*

¹ GROS. Op.Cit. p, 45.

alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese tomándolo en cuenta". A partir de esto diseñamos ciertos módulos dentro del MEC que llevarían a cabo las siguientes tareas: por su parte la conducta de entrada identificada por la evaluación diagnóstica representa "Lo que el alumno ya sabe", por otra parte el módulo de diagnóstico (empleando el SE y el SC) representa la frase "Averígüese esto", modelando la estructura cognoscitiva del alumno que se ve afectada por el estilo cognitivo propio. Y finalmente los módulos experto y tutorial aplican la frase "Enséñese tomándolo en cuenta", adaptando las estrategias pedagógicas que se seguirán para individualizar la enseñanza de acuerdo a los constructos mentales ya establecidos y al estilo cognitivo.

Un aspecto determinante en el desarrollo del MEC que nos permitió diseñar sesiones didácticas adecuadas para los estudiantes a quienes iba dirigido, fueron los principios que fundamentan las Teorías del Aprendizaje. Como describimos en el primer capítulo, existen teorías de tendencia conductista y otras de tendencia cognoscitiva. Principalmente, el desarrollo del MEC se fundamentó en las teorías cognoscitivas de Gagné, La Gestalt, del Procesamiento de la Información, la de Interacción entre Aptitud y Tratamiento, y la de Piaget. La teoría de Gagné nos indicó las fases principales de un proceso de aprendizaje y el tratamiento que se le puede dar a cada una a través del MEC. La teoría de La Gestalt nos fue de gran ayuda en la identificación de los elementos básicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La teoría del procesamiento de la información fue un gran apoyo para la representación del proceso de aprendizaje a través de redes de adquisición de conocimientos que se construyen mediante actividades como el acrecentamiento, la estructuración y el afinamiento, y que incidieron directamente en la forma de diseñar el material hipermedia. Por su parte la teoría de la interacción entre aptitud y tratamiento nos fue de gran ayuda en la identificación del modelo de procesamiento de información intrínseco que representa el modo típico del alumno de percibir, pensar, recordar, y solucionar problemas (es decir, el estilo cognitivo propio) como fundamento para el diseño de las sesiones de estudio personalizadas del material. Finalmente la teoría de Jean Piaget nos aportó el sustrato para identificar, según la edad o estadio cognitivo, el tipo de operaciones mentales que puede llegar a realizar el alumno y la forma en que deben ser transmitidas. Inspirándonos en el modelo de equilibrio de las estructuras cognitivas de Piaget, pudimos caracterizar la modificación de los esquemas de conocimiento en el contexto de la interacción con el MEC como un proceso de equilibrio inicial, desequilibrio y reequilibrio posterior. El primer paso para conseguir que el alumno realizará un aprendizaje significativo consistió en romper el equilibrio inicial de sus esquemas respecto al nuevo contenido de aprendizaje que presentaba el MEC. Además de conseguir que el alumno se desequilibrará, se buscó que lograra motivarse para superar el estado de desequilibrio, a fin que el aprendizaje fuera significativo. Fue necesario también que el alumno pudiera reequilibrarse modificando adecuadamente sus esquemas o construyendo unos nuevos, en la medida que aplicaba las estrategias aprendidas durante la interacción con el MEC como también heurísticas para resolver los retos. Estos principios e ideas configuran la concepción cognitivo-

constructivista del proceso enseñanza-aprendizaje que se siguió durante la elaboración del material didáctico.

No se puede decir que existe una única corriente psicológica que centre sus esfuerzos en entender los procesos mentales y las estructuras de memoria con el fin de comprender la conducta humana², por este motivo, fue necesario tomar los postulados básicos de cada teoría para aplicarlos de una manera integradora en el diseño de los ambientes multimedia y en la estructuración de las sesiones de estudio.

Para lograr que el Material Hipermedia produjera un aprendizaje significativo, se buscó además cumplir dos condiciones:

- En primer lugar, el contenido ha de ser potencialmente significativo, tanto desde el punto de vista de su estructura interna (*significatividad lógica*: no ha de ser arbitrario ni confuso), como desde el punto de vista de su asimilación (*significatividad psicológica*: ha de haber en la estructura psicológica del alumno, elementos pertinentes y relacionables).
- En segundo lugar se debe propiciar una actitud favorable para aprender significativamente, es decir, el alumno ha de estar *motivado* por relacionar lo que aprende con lo que sabe. La motivación es lo que induce a una persona a llevar a la práctica una acción, estimulando la voluntad de aprender. Por tanto, la motivación es un factor indispensable en todo proceso de aprendizaje, y para lograrla en alumnos de primaria fue necesario trabajar 3 aspectos que producen motivación intrínseca: el reto, la fantasía y la curiosidad, tal como lo describe Piaget³. Los Micromundos Explorativos buscan al máximo explotar estos tres factores durante el proceso de aprendizaje a través de los diversos desafíos, la trama en que está envuelta la aventura y el sistema de pistas, ayudas e hipertexto que despiertan la curiosidad en el alumno por indagar más en el micromundo.

Los Micromundos Explorativos logran modificar y reevaluar los propios esquemas de conocimiento en el alumno a través del aprendizaje por descubrimiento inductivo. Este tipo de aprendizaje se desarrolla en ambientes dinámicos como los micromundos, donde se adquieren nuevos conocimientos por medio de la observación y la experimentación, mediante el descubrimiento de los elementos del modelo a aprender, sus interrelaciones y a través de la adquisición de experiencia directa con situaciones que por lo general resultarían monótonas o aburridoras donde el alumno puede tomar libremente decisiones. El diseño del micomundo explorativo se vio sujeto además a otros factores como los principios psicológicos sobre la percepción, los cuales aportan ciertos criterios para determinar aspectos de diseño de las interfaces como el color, características del texto y las figuras, reglas de organización y proximidad, y empaquetamiento/codificación de la

² MAYER, R.E. El futuro de la psicología cognitiva. Madrid: Alianza Editorial. 1981. p, 81.

³ MALONE, Op.cit, p, 120.

información; todos ellos con el fin de lograr una percepción selectiva sobre el material.

Con el objetivo de aumentar la robustez y complejidad del software educativo, variadas técnicas de Inteligencia Artificial han sido aplicadas por investigadores en el área. Los sistemas expertos y los sistemas de lenguaje natural son algunas de las técnicas más implementadas en los llamados MEC's del tipo "Sistemas Tutores Inteligentes", sin embargo, nuestra investigación tuvo una fuerte tendencia por aplicar modelos de IA en aprendizaje de máquina que evitaran la necesidad de tener que definir estrictamente los escenarios de toma de decisiones del MEC, sino que fuera éste, a través de un proceso de autoaprendizaje, quien estableciera el conjunto de decisiones para un determinado estado del problema.

El Sistema Experto cumple una función esencial dentro del componente Tutor de un MEC. Su objetivo es simular en alguna medida la función del profesor, intentando detectar las inconsistencias en los alumnos y ofreciendo ayuda y refuerzo inmediato durante la interacción con el MEC. El sistema experto demostró un buen desempeño en la determinación de estrategias pedagógicas a seguir con cada uno de los alumnos de acuerdo a su nivel de rendimiento y su estilo cognitivo. Por otro lado, complementa la labor de diagnosticar el estado de aprendizaje del alumno y de elaborar el modelo del estudiante a través de reglas de producción las cuales pueden ser buenas (cuando representan una acción correcta o una estructura mental bien formada) o pueden ser malas (que corresponden a estructuras mentales erróneas o mal construidas). Este modelamiento a través del SE de las estructuras mentales erróneas del estudiante se lleva a cabo empleando una librería de errores, la cual genera un árbol de los posibles procedimientos equívocos en que pudo incurrir el alumno, sin embargo la determinación del proceso de razonamiento llevado a cabo por éste requiere de la utilización de algún mecanismo de tratamiento de la incertidumbre. Para tal efecto, se propuso emplear el método de las reglas triangulares y el método de los operadores aritméticos. El primer método, ofrece un tratamiento probabilístico que no interfiere en el nivel de motivación ni de concentración del alumno puesto que realiza internamente la inferencia del proceso de razonamiento no observable en el individuo, aunque dicha inferencia pueda verse afectada por un nivel mínimo de error, mientras el segundo método a pesar de ser determinístico y de ofrecer una mayor certeza en la determinación del proceso mental del estudiante, provoca fallas en el sistema motivacional del MEC y cumple una función extremadamente distractora. Finalmente la función del sistema experto puede ser más consistente si posee un modulo de explicación de sus acciones que se base en una técnica de lenguaje natural, para lograr así establecer una relación comunicativa mucho más abierta y comprensiva con el alumno.

Los sistemas clasificadores son sistemas cognitivos que representan modelos mentales de un ambiente determinado. El propósito principal de los sistemas cognitivos es simular el proceso de

aprendizaje de los organismos vivos, empleando esquemas de conocimientos que permitan realizar generalizaciones y especializaciones de su entorno, inferencias y toma de decisiones condicionadas a un aprendizaje por experiencia. Como aporte investigativo en el desarrollo de este proyecto de grado, se propuso emplear un Sistema Clasificador Simple en el módulo diagnóstico del MEC con la misión de identificar adaptativamente el estilo cognitivo del estudiante. Gracias a que el SCS es un sistema cognitivo que se fundamenta en la simulación genética para producir un aprendizaje inductivo por refuerzo, se logró que éste realizará una búsqueda en un espacio altamente arbitrario (el cual consta de 3 dimensiones cognitivas: Analítico-Holístico, Conceptualización Abstracta-Experimentación Concreta y Observación Reflexiva-Experimentación Activa) del perfil cognitivo de cada alumno. El empleo del SCS permite individualizar el material educativo teniendo en cuenta no solo aspectos cuantitativos del alumno, sino también aspectos cualitativos, logrando así “adaptar” la enseñanza a las necesidades educativas personales.

Incluir el tema de los estilos cognitivos en la investigación y desarrollo de software educativo significa dejar de lado las diferencias cuantitativas (notas) entre los alumnos e incidir en las diferencias cualitativas: en sus modos de aprendizaje, en los modos de enseñanza utilizados por los maestros (derivados de sus estilos cognitivos propios que por lo general no se ajustan con los estilos de cada alumno) y la interacción entre ambos. Por esta razón, la profundización en los estilos cognitivos ayuda a respetar las diferencias culturales e individuales de los alumnos y permite personalizar el material educativo computarizado.

Con el fin de controlar la accesibilidad al MEC y gestionar la información de los usuarios, se propuso seguir un modelo de persistencia de base de datos. El modelo de datos que se siguió fue el modelo Entidad-Relación (E-R) el cual permite establecer relaciones directas con el modelo orientado a objetos. Aunque este modelo era el más consistente con el diagrama de clases, se tuvo luego que migrar a un modelo Relacional (soportado por Access 2000), claro está, evitando que se perdiera la esencia de las entidades, atributos y relaciones del modelo E-R. Por otro lado se recurrió al empleo de la serialización de objetos (flujo de archivos) de aquellas clases que perdían su esencia y propósito de estar orientadas a objetos cuando se llevaban a un modelo relacional.

Como se pudo observar en los resultados arrojados por la prueba piloto, el MEC cumple una función importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje ya que el 70% de los alumnos que lo emplearon, superan satisfactoriamente más del 70% de los objetivos instruccionales para los cuales fue diseñado el software educativo. La motivación y el nivel de adaptabilidad del MEC, fueron dos de los factores más importantes que lograron que éste fuera un material “útil” y ameno para el aprendizaje de las operaciones básicas en aritmética, sin embargo, existen aún muchos aspectos por mejorar para lograr que el material sea efectivo en todos los casos.

El trabajo en el desarrollo de software educativo es bastante amplio y sus beneficios en la educación pueden llegar a ser incalculables, por tal motivo se invita principalmente a la comunidad académica para que continúe investigando en este hermoso y apasionante campo del desarrollo de materiales educativos computarizados, con el fin de mejorar la calidad académica de los Colombianos. Presentamos a continuación algunas recomendaciones y aspectos que podrían trabajarse en trabajos futuros referentes al desarrollo de software educativo:

- El mundo real está lleno de valores discontinuos, es multivariable y posee señales de ruido, por lo tanto es difícil pretender modelar el perfil cognitivo de un estudiante con métodos rígidos y determinísticos. Se propone emplear un Sistema Clasificador Difuso para la determinación del estilo cognitivo del estudiante ya que este tipo de sistemas emplea la lógica difusa para manipular valores que poseen cierto nivel de incertidumbre y ambigüedad (p.ej: nivel de abstracción del alumno, nivel de interés, etc).
- En este proyecto se realizó un primer prototipo del diseño de un subsistema de Lenguaje Natural. Se espera que futuros trabajos se refine este modelo y se llegue a implementar este tipo de sistemas para lograr así establecer un nivel superior de comunicación del MEC con el usuario y ofrecer de esta manera una mayor orientación remedial al alumno durante su proceso de aprendizaje. El empleo del subsistema de Lenguaje Natural es útil además porque ayuda a detectar correctamente aquello que el alumno no entiende o no sabe, y lo que sí entiende; con el fin de establecer un modelo del estudiante más acorde con la realidad.
- Es necesario promover la colaboración y el trabajo grupal, ya que éste establece mejores relaciones con los demás alumnos, les agrada la clase, se sienten más motivados, aumenta su autoestima y aprenden habilidades sociales más efectivas al trabajar en grupos cooperativos⁴. Para aprovechar al máximo las ventajas del aprendizaje colaborativo se puede pensar en realizar un material educativo computarizado que trabaje en ambientes distribuidos, es decir, que los equipos de cómputo se encuentren en red y donde la interacción de cada alumno sea bajo el mismo entorno de aprendizaje.
- Se espera que en proyectos posteriores se realicen ambientes hipermedia mucho más refinados que permitan altamente la interacción alumno-MEC. Se propone realizar ambientes virtuales en 3D empleando el lenguaje VRML (Virtual Reality Modeling Language) el cual consume pocos recursos computacionales.
- Con el objetivo de personalizar correctamente el material didáctico se puede recurrir a la literatura sobre PNL (Programación NeuroLingüística). PNL es un modelo coherente, formal y dinámico de cómo funciona la mente humana, cómo procesa la información y la experiencia, y las diversas implicaciones que esto tiene para el éxito personal. Los planteamientos de la PNL no sólo han resultado novedosos sino que han echado por tierra las metodologías habituales utilizadas en los ambientes escolares y en el aprendizaje. En el campo de la educación sus

⁴ WENGER, Op.cit. p, 248.

aplicaciones van desde la solución a diversos problemas de aprendizaje, mejoramiento de la creatividad, estrategias para aprender efectivamente, aprendizaje de las matemáticas, aprendizaje de la física y la química, solución de conflictos en el aula, hasta el mejoramiento de la efectividad del docente; entre otros.

- Según Jean Stine⁵, el Estado Óptimo de Aprendizaje (EOA) es un momento de agudeza mental propio para llegar al punto máximo de entendimiento. El EOA está directamente relacionado con las ondas electromagnéticas teta que emite el cerebro. Las ondas teta están en el orden de los cuatro a los siete ciclos por segundo (CPS) y están muy cercanas a las ondas alfa (8-12 CPS) las cuales se producen en estados de relajamiento y meditación. Investigaciones realizadas por el científico Mihaly Csikszentmihalyi de la Universidad de Chicago, demostraron que los componentes mentales del estado de relajación profunda y el estado de concentración están estrechamente relacionados y por tal motivo se puede adquirir un EOA en un momento preciso si antes se logra un estado de relajamiento, y luego se desaceleran las ondas mentales sólo un ciclo por segundo hasta llegar al EOA. Proponemos entonces emplear métodos de relajamiento como los proporcionados por el nidrayoga, donde a través de los mantras hindúes (música para meditar que se puede encontrar en formatos *.mp3 ó *.wav), la respiración profunda y las imágenes mentales sobre elementos de la naturaleza (ríos, árboles, jardines celestiales, etc, que pueden ser presentadas en formatos *.jpg, *.gif ó *.bmp) se puede llegar a relajarse antes de comenzar una sesión de estudio, con el objetivo de aprovechar al máximo lo que se enseña, alcanzando por su puesto un EOA.
- Se recomienda emplear en trabajos futuros una plataforma de desarrollo más robusta como por ejemplo Jbuilder, ya que Visual J++ no soporta multiplataforma y es poco eficiente en la conexión con controles ActiveX.

Cuando se piensa en el aprendizaje apoyado por computador es necesario pensar en un enfoque metodológico para el desarrollo de software educativo, sin embargo, este tipo de desarrollo no es una tarea que solo incumba a especialistas en el área de Ingeniería del software, por el contrario, es una labor que implica la intervención de muchas áreas interdisciplinarias como la pedagogía, la informática educativa, la psicología cognitiva, las ciencias de la computación, el diseño gráfico y la multimedia, la teoría del color, la teoría general de sistemas, la inteligencia artificial, e incluso las matemáticas. Hemos descubierto entonces que nuestra labor como Ingenieros de Sistemas en este dominio del conocimiento, es ver al software educativo como un “Sistema de lazo cerrado” donde se encuentran numerosos elementos comunicados entre sí formando una relación sinérgica y donde el buen funcionamiento de uno de sus componentes depende del funcionamiento de los demás, con el objetivo claro está, de lograr que el “todo” ejerza un mayor beneficio en el proceso de enseñanza-aprendizaje que lo que harían sus elementos por separado.

⁵ STINE, Jean Marie. Multiplique el poder de su mente. Prentice Hall. México. 1997.

BIBLIOGRAFÍA

- ACCHIONE, Noel, S., & Psocka, J. MACH III: Past and future approaches to Intelligent Tutoring. Proceedings of the 1993 Conference on Intelligent Computer-Aided Training and Virtual Environment Technology, Houston, TX. 1993
- Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaría de Educación. Proyecto Evaluación Competencias Básicas: Resultados grado Cuarto y Quinto. Bogotá abril 2001
- ALLEN, J y PERRAULT, C.R. Readings in Natural Language Processing. 1986.
- ALVAREZ, María del Carmen. Microcomputadora y Construcción del Conocimiento. Méjico, Revista Camaleón marzo 1988.
- ANDERSON, J. Language, Memory and Thought. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates. 1976.
- ANDERSON, J. Rules of the Mind. Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1993.
- ANDERSON, J. The Architecture of Cognition. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1983.
- ANDERSON, J. & Bower, G. Human Associative Memory. Washington, DC: Winston. 1973.
- ANDERSON, J. The Adaptive Character of Thought. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates. 1990.
- ANDERSON, J., Boyle, C., Farrell, R. & Reiser, B. Cognitive principles in the design of computer tutors. In P. Morris (ed.), Modeling Cognition. NY: John Wiley. 1987.
- ANDERSON, John. Language, Memory and Thought. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates. 1986.
- BAKER, F.B. Computer Managed Instruction: Theory and Practice . N.J. 1978.
- BARKER E. La Evaluación de Programas Institucionales. 1985. / GALVIS, A. Ingeniería de Software Educativo. Bogotá
- BARTOLOME, A. "Multimedia interactivo y sus posibilidades en educación superior". Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 1994.
- BERLYNE, D.E. Structure and Direction in Thinking. New York. 1965.
- BLOOM, B.S. The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring. Educational Researcher, 1984.
- BOOCH, G, RUMBAUGH, J y JACOBSON I. The unified modeling language user guide. Adisson Wesley. 1999.
- BOOCH, G. Object –Oriented análisis and designs with applications. Benjamín Cummins. 1994.
- BOSCO, J. "Interactive Video: Educational Tool or Toy". Educational Technology. Abril. 1984.
- BRADEN, R. "Interactive Video: A formative Evaluation". Educational Technology. Septiembre. 1985.

- BROWN, J.S. y VANLEHN, K. Repair theory: A generative theory of bugs in procedural skills. Cognitive Science. 1980.
- BRUNER, J.S. Toward a Theory of Instruction. Cambridge. 1966
- BRUNER. Varieties of cognitive power. The nature of Intelligence. Hillsdale. 1976.
- BUJANDA JÁUREGUI, M. P. Tendencias actuales en la enseñanza de la matemática. Ed. S.M. Madrid, 1.981.
- BUNDERSON, C. V. The computer and instructional design. In W. H. Holtzman (Ed.), Computer-assisted instruction, testing, and guidance. New York: Harper & Row. 1970.
- CARBONELL, J.R. AI in CAI: An Artificial Intelligence Approach to Computer – Assisted Instruction. 1970.
- CERROLAZA, Miguel. Algoritmos de optimización basados en simulación genética. Venezuela. 1996.
- CHADWICK, C.B. y VÁSQUEZ, J.A. Teorías del Aprendizaje para el docente. Santiago de Chile.
- CHAIX,P. "The evolution of the Production and Use of Audio- Visual Courses and Materials over the Last Twenty Years". Educational Media International. N°3. 1983.
- CHOMSKY, N. Syntactic Structures. La Haya: Mouton. 1957.
- CLANCEY, W.J. Knowledge-based tutoring: The GUIDON program. Cambridge, MA: The MIT Press. 1987.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. Intrinsic Rewards and emergent motivation. N.J. 1979.
- CULLINGFORD, R.E. SAM. En *Inside Computer Understanding*. Ed. R.C. Shanck. NJ. 1981.
- DARWIN, C. El origen de las especies. Planeta De- Agostini, 1992.
- DAVIS, Lawrence. Handbook of Genetic Algorithms. New York. 1991.
- DAVIS, Philip y HERSH, Reuben. La experiencia matemática: Barcelano. Labor.
- DAWKINS, R. El Gen Egoísta. Las bases biológicas de nuestra conducta. Biblioteca Científica Salvat, 1993.
- DE ARMAS, S. Método para el tratamiento de la incertidumbre en Sistemas Tutoriales Inteligentes, trabajo de diploma, U.H., Fac Mat-Cibernética. 1988.
- DE CORTE, Eric. Aprender a Pensar. Boletín de RCII UNESCO. Suplemento # 2 de Informática Educativa. Sep. 1987.
- DE LA GARANDERIE. Pédagogies des mohines d'apprendre. Paris: Le Centurion. 1982.
- DE LANGE, Jan. Mathematics Insight and Meaning.
- DEDE,C.(1988): The role of hypertext in transforming information into knowledge. Proceedings of the NECC. Dallas, Junio 1988,
- DIAZ, Paloma., CATENAZZI, Nadia. y AEDO, Ignacio. De la Multimedia a la Hipermedia. RAMA Editorial. Madrid- España. 1997.
- DICKSON, L. El aprendizaje de las matemáticas. Barcelona. Editorial Labor S.A. 1991.
- DOWTY, D.R. Introduction to Montague Semantics. Dordrecht. 1981.

- DWYER, F.M. The Program of Sistematic Evaluation. A Brief Review. 1981.
- DYER, M. InDepth Understanding. MA. 1983
- ELIZONDO, Rosa Elva. Tecnologías de multimedios -Una perspectiva educativa- . Conferencia del Módulo 9 del CREAD. Monterrey, México. Noviembre de 1993.
- ESCOBAR, H. Información de retorno final, prueba de material educativo computarizado. Bogotá, 1989.
- ESCOBAR, H. Notas para una didáctica constructivista. Bogotá: SENA, Grupo de Informática. 1987.
- Estilos cognitivos y Estilos de aprendizaje. Proyecto desarrollado en el centro de Investigaciones de la Universidad pedagógica Nacional con el apoyo financiero de Colciencias. Proyecto código 1108-11-110-95 Contrato 116-96.
- FERNÁNDEZ SATRE, Sergio M. Fundamentos del <diseño y la Programación Orientada a Objetos. Mac Graw Hill. España .1994.
- FLEMMING, N.A. y LEVIE, J. Reglas gestálticas de la organización de la percepción. 1980.
- FOULER, Martín y SCOTT Kendall. UML gota a gota. Ed. Prentice Hall. 1998.
- FULLAT, H. Teaching and Learning models. 1984.
- GAGNE, R.M. Essentials of Learning for Instruction. México. 1975.
- GAGNE, R.M. Principios del aprendizaje para selección y uso de medios de Instrucción. 1975.
- GAGO, Alicia. Desarrollo de la Inteligencia. Art. # 23. La Informática desde una óptica Pedagógica. CELADI. 1993.
- GALBREATH, J. (1992): The Educational Buzzword of the 1990's: Multimedia, or Is It Hypermedia, or Interactive Multimedia, or...?. Educational Technology. 32(4). Abril 1995.
- GALVIS PANQUEVA, Alvaro. Ingeniería de Software Educativo.1994. Ediciones Uniandes.
- GAYESKI, D. Making Sense of Multimedia. Educationa Technology, # 32. Mayo 1992.
- GIARRATANO, Joseph. Sistemas Expertos Principios y Programación. Thomson Editores. 1999.
- GOLDBERG, David. Genetic Algorithms in search, optimization and machine learning. Addison Wesley, 1972.
- GÓMEZ Maza, Carlos. Enseñanza de la suma y la resta. Editorial Síntesis. Madrid. España, 1990.
- GÓMEZ Maza, Carlos. Multiplicar y dividir a través de la resolución de problemas. Aprendizaje Visor. Madrid-España, 1991.
- GÓMEZ, Pedro. Dictagramas Matemáticos. Revista Informática Educativa, Bogotá. 1990.
- GOODENOUGH, D.R. y KARPA, S.A. Field dependence and intellectual functiming. 1961.
- GOUGH, H.G. y OLTON, R.M. Field independence as related to nonerbal measures of perceptual performance and cognitive ability. 1972.
- GROS, Begoña. Diseño y programas Educativos: pautas para la elaboración de software. Ariel educación. Barcelona - España, 1997.

- HANSEN,E. "The Role of Interactive Video Technology in Higher Education: Case Study and a Proposed Framework". Educational Technology, 30(9). 1990.
- HATHAWAY, M.D. Variables of Computer Screen Display and How They Affect Learning. Educational Technology. 1989.
- HAYTEN, P.J. El color en Publicidad y Artes Gráficas. Barcelona. Las ediciones del arte. 1988.
- HEDERICH, Christian M y CAMARGO, Angela. Estilos Cognitivos como modalidades de procesamiento de la información. Universidad Pedagógica Nacional. 1998.
- HEDERICH, Christian y CAMARGO Angela. Estilos cognitivos en Colombia. Resultados de cinco regiones culturales colombianas.1999.
- HEDERICH, Christian. Estilos cognitivos en el contexto escolar. Proyecto de Estilos cognitivos y logro educativo en la ciudad de Bogotá. 2001.
- HEID,J. (1991): Getting Started with Multimedia Macworld, Mayo,
- HENDERSON E. Y NATHENSON, M. Developmental Testing: A new Beginning. England. 1977.
- HINTIKKA, J. Knowledge and Belief. NY. 1962.
- HITT, Fernando Antonio. Las Microcomputadoras en la Educación Matemática. En: Segundo Simposio Internacional Sobre Investigación en Educación Matemática. 1991.
- HOLLAND, J.H., Holyoak, K.J., Nisbett, R.E. y Thagard, P.R. Induction: Processes of Inference, Learning and Discovery. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
- JONASSEN,D. "Interactive Lesson Designs: A Taxonomy". Educational Technology, # 25. 1990.
- JONASSEN,D. Hypertext/Hypermedia. Educational Technology Pub., Englewood Cliffs, New Jersey. 1989.
- JOYANES AGUILAR, Luis. Programación Orientada a Objetos. Mac Graw Hill. España. 1996.
- KAGAN. Psychological significance of styles of conceptualization. Monographs of Society for Research in Child evelopment. 1966.
- KAUFMAN, R.A. Needs Assesment:: What it is and How to do it. 1976.
- KERLINGER, F.N. Foundations of Behavioral Researh. 2a ed. New York: Holt, Rinehart y Winston. 1973.
- KINZER,H. Video feed-back in the class-room: Possible Consequences for the Communication Aprehensive. Paper presented at the Annual Meeting of the Western Speech Communication Association. Fresno (California). 1985.
- KIRBY, Jhon. Cognitive Strategies and educational performance, Educational psychology series. 1984.
- KOHLER, W. Gestalt Psychology: An introduction to new concepts in modern psychology. New York. 1987
- KOLB, D.A. (1984). Experiential Learning. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- KOLERS, P. y DUHNICKY R. Eye Movement Measurement for Readability on Microcomputer Screen. 1988.

- KROENKE, David M. Procesamiento de Bases de Datos, Fundamentos, diseño e instrumentación. México 1996.
- KUHN, Thomas S. The Structure of Scientific Revolution. 2° ed. University of Chicago Press. Chicago. 1970
- LEDBETTER, J y COX, Brad J. Objet – Oriented Programming. An Evolutionary Approach. Adison – Wesley. 1985
- LEWIN, K. Force field Análisis. La Joya. 1959.
- LEWIS,R "Open learning - the future". En Paine,N.(Ed.) Open learning in transition. London, Kogan 1988.
- LEWIS,R./SPENCER,D. What is Open Learning? Open Learning Guide_CET, 4.1986.
- LINDSAY, P.H. y NORMAN, D. Human Information Processing: An Introduction to Psychology. New York. 1972.
- LITTLE,T. Multimedia as a Network TEchnology. Business Communication REview, Mayo, 1991.
- LOPEZ OSTIO, J. Sistemas Tutoriales Inteligentes (ITS). Conferencia mecanografiada. San Sebastián, España: 1993.
- LORET DE MOLA, Gustavo. Métodos cuantitativos para el procesamiento de la incertidumbre, Monografía: Consideraciones sobre la construcción de entrenadores basados en Sistemas Expertos, U.Habana, 1989.
- LYSAUGH, J.P. y WILLIAMS, C.M.. Introducción a la enseñanza programada. México. Editorial Limusa 1982.
- MALONE, T.W. Toward a Theory of intrinsically Motivating Instruction. Cognitive Science. 1981.
- MARIÑO, Olga. Informática Educativa: tendencias y visión prospectiva. Boletín de informática educativa. Uniandes. 1988.
- MARTÍN Tim. DB2/SQL, Manual para programadores, España 1991.
- MARTINEZ, José J y ROJAS. Sergio A. Introducción a la Informática Evolutiva. Universidad Nacional de Colombia. Octubre 1999.
- MAYER, R. Capacidad Matemática. En: Sternberg. Las Capacidades Humanas. Un enfoque desde el procesamiento de la información.Barcelona. 1986.
- MAYER, R.E. El futuro de la psicología cognitiva. Madrid: Alianza Editorial. 1981.
- MCINTOSH, A. Preposed Framework for Examing Basic Number Sense. Canadá. 1992
- MEAD, M . Una redefinición de educación. En universidad Pedagógica Nacional. 1950
- MEYER, J.A.; GUILLOT, A. From SAB90 to SAB94: four years of animat research. En: WILSON,S.W. From Animals to Animats 3: Proceedings of the Third Conference on Simulation of Adaptive Behavior. The MIT Press/Bradford Books. 1994.
- Ministerio de educación Nacional. Lineamientos Curriculares de Matemáticas. Cooperativa Editorial Magisterio. 1999.
- NCTM, Professional Standards for teaching Mathematics. Reston VA. 1991

- NIELSEN, J. Hypertext and Hypermedia. Academic Press. EE.UU. 1990.
- NORMAN, D.A. Categorization of action slips. Psychological Review, 1982.
- NORMAN, D.A. GAT goes on in the Mind of the Learner. New Directions for Teaching and Learning, Number 2. 1980.
- ORIHUELA, José Luis y SANTOS, María Luisa. Introducción al diseño digital. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid- España. 1999.
- PAPERT. Conclusions and Recommendations. Proceeding of a meeting on the use of Microcomputers for developing countries. Microcomputer application in education and training for developing countries. Westview Press. 1987.
- PASCUAL-LEONE, J. An organismic Process Model of Witkin's Field Dependence-Independence. 1989.
- PATIÑO, Támara. "Uso del Computador como herramienta en la construcción del conocimiento, evaluación y operativización de procesos administrativos en la escuela". 1998.
- PIAGET, J. El lenguaje y el pensamiento en el niño pequeño. Buenos Aires. 1976.
- PIAGET, J. La representación del mundo en el niño. Madrid: Espasa Calpe. 1934.
- PIAGET, J. Play, Dreams and Imitation in Child. New York. 1951.
- PIAGET, J. Psicología de la Inteligencia. Editorial Siglo XX Buenos Aires. 1971.
- PLOWMAN, L. Learning from Learning Theories: A Overview for Designers of Interactive Video. Interactive Learning International. 5(4). Oct-Dic,
- PRESSMAN, Roger S. Ingeniería del Software. Un enfoque Práctico. Editorial McGraw Hill 4° Edición. 1998.
- PRILUSKY, Jaime. "A Practical Guide for Developing Educational Software", 1996,
- PUIG, Luis y Cerdán, Fernando. Problemas aritméticos escolares. Editorial Síntesis. Madrid-España, 1995.
- RALSTON, G. Hypermedia... not Multimedia. The Expanded Desktop. 1(4), Abril. 1991.
- RICH, Elaine. Inteligencia Artificial Segunda Edición. España, 1994.
- RICO, Luis y CASTRO, E. Fundamentos para una aritmética escolar. Editorial Síntesis. Madrid. 1987
- RIDING, R. On the Nature of Cognitive Style. Educational Psychology. 1996.
- ROGERS, C.R. & FREIBERG, H.J. Freedom to Learn (3rd Ed). Columbus, OH: Merrill/Macmillan. 1994.
- ROJAS, Sergio A. Disertación teórica sobre simulaciones inspiradas biológicamente para el estudio del comportamiento adaptativo. Monografía de grado, Universidad Nacional de Colombia, 1998,
- ROLSTON, David. Diseño de Sistemas Expertos en Educación. 1992.
- RUMELHART, D.E. y NORMAN, D.A. Accretion, Tuning and Restructuring: Three Modes of Learning. New Jersey. 1978.

- SALINAS,J. "Hipertexto e hipermedia en la enseñanza universitaria" Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación. 1994.
- SALINAS,J. . "Interacción, medios interactivos y vídeo interactivo". Enseñanza, 1993
- SELF, Jhon. Ordenadores en la Educación. New York. 1987.
- SHANCK, R.C. y ABELSON R.P. Scripts, Plans, Goals, and Understanding. NJ. 1977.
- SKINNER, B.F. Tecnología de la enseñanza. Barcelona. 1970.
- SKINNER, B.F. The Science of Learning and The Art of Teaching. Harvard Educational Review.1954.
- SMITH, S. L. Letter Size and Legibility, Human Factors. 1979.
- STINE, Jean Marie. Multiplique el poder de su mente. Prentice Hall. México. 1997.
- STROTHMAN,J. .Commodore Amiga, Multimedia Vet, Aids in Presentations, Trainig AV Video Enero (Suplemento "Computer Pictures"). 1991
- TAMAYO TAMAYO, Mario. La metodología formal de la investigación científica. Bogotá. 1979.
- TAYLOR, R.M. The computer in the school: Tutor, Tool, Tutee. New York. 1980.
- TOFFLER. Curriculum and strategies of teaching. 1985.
- TSAI, Alice Y. Sistemas de Bases de Datos, Administración y uso. México 1990.
- VANLEHN, K. . Mind Bugs. Cambridge, MA: MIT Press. 1989.
- VAQUERO, Antonio y FERNÁNDEZ DE CHAMIGO, Carmen. La Informática Aplicada a la Enseñanza.. Eudema S.A. Madrid, 1987.
- VILLANUEVA MARTINEZ, Orlando. Así se presenta un trabajo escrito. Bogotá. 2000.
- WENGER, Etienne. Artificial Intelligence and Tutoring Systems. Computational and Cognitive Approaches Communication of Knowledge. Los Altos: Morgan Kaufmann Publishers. 1990.
- WERTHEIMER, M. Gestalt Theory. Social Research. 1974.
- WIERSMA, W. Research Mehods in Education – An Introduction. Itasca, Peacock Publishers. 1980
- WILENSKY, R. PAM. En *Inside Computer Understanding*. NJ. 1981.
- WILKS, Y.A. Preference semantics. En *Formal Semantics of Natural Language*. Cambridge. 1975.
- WILSON, S.W. From Animals to Animats 3: Proceedings of the third International Conference on Simulation of Adaptive Behavior. The MIT Press/Bradford Books, 1994.
- WITKIN, H. Psychological differentiation: current status. Journal of Personality and Social Psychology. 1979.
- ZUBIRÍA SAMPER, Julián. Los modelos Pedagógicos. Fondo de Publicaciones Bernardo Herrera Merino. Santafé de Bogotá, D.C. 1994.

DIRECCIONES EN INTERNET

- Enseñanza Personalizada en el Computador
www.civila.com/universidades/webnntt/bloque%202/EAO.htm
- Estructura básica de los programas Educativos <http://comenius.usach.cl/~omolina/part2.htm>.
- Experiential Learning. <http://tip.psychology.org/rogers.html>. C. ROGERS. 09/09/01.
- Principios del Aprendizaje de la Instrucción Programada.
<http://comenius.usach.cl/~omolina/index.htm>
- Programas Educativos. [www.ucatolicamz.edu.co/capacita/docs/inforedu/tabla de contenido.htm](http://www.ucatolicamz.edu.co/capacita/docs/inforedu/tabla_de_contenido.htm)
- Programas Generativos
<http://www.ucatolicamz.edu.co/capacita/docs/inforedu/INFOR/Informatica11.htm>
- Programas Lineales. <http://comenius.usach.cl/~omolina/clasifica2.htm>
- Riolo: <http://www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkham16.htm#Riolo>
- RIOLO: <http://www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkham16.htm#Riolo>
- SAMPER MARQUEZ.. Juan José. El conocimiento al saber.
- Sistemas clasificadores. [Http://www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkham063.htm](http://www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkham063.htm)
- Sistemas clasificadores. <http://www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkham16.htm#Goldberg89>
- Sistemas clasificadores. www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkham061a.htm#RTFTtoC25
- Sistemas clasificadores. www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkham061b.htm#RTFTtoC27
- Sistemas clasificadores. <http://www.stanford.edu/~buc/SPHINcsX/bkham0824.htm>
- Software Educativo. <http://comenius.usach.cl/~omolina/esestructura.htm>
- TICCIT y PLATO www.uls.edu.mx/publicaciones/onteanqui/b17/interaccion.html
- Tradicional Computer Aided.
<http://www.cs.mdx.ac.uk/staffpages/serengul/The.expert.module.htm>. Mayo 3 de 2001.
- Tutores Inteligentes. <http://structio.sourceforge.net/prop1/CONTENIDO.html> (4, Octubre ,2000).
- www.psicologia.com/articulos/ar_jsamper01.html. 09/07/01

ANEXOS

ANEXO A

1. COGNOSCITIVISMO Y TEORÍA DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Ligado a la teoría de la Memoria como una estructura de datos está el *Modelo de Procesamiento de la Información*. Según este, la forma como uno aprende es mediante tratamientos sucesivos de información. Esto incluye transformaciones de la información en la mente, según se ilustra en la siguiente figura. Este modelo fue propuesto por Lindsay y Norman¹, para explicar lo que sucede durante un acto de aprendizaje en términos del procesamiento de la información:

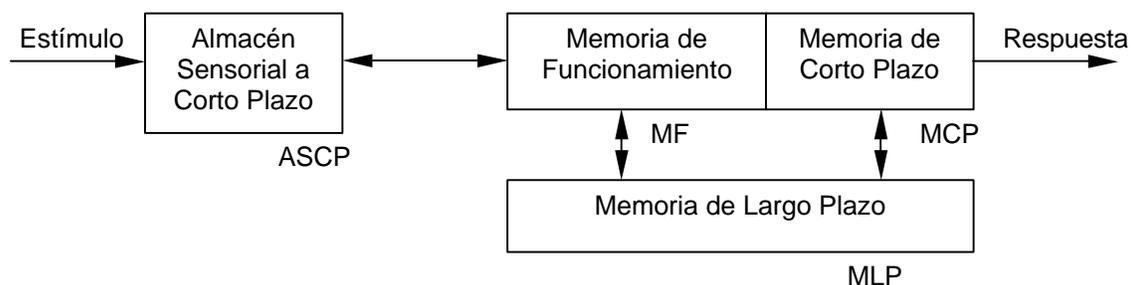


Figura 37. Modelo General de Procesamiento de la Información.

ASPECTO	ASCP	MF – MCP	MLP
Capacidad	Grande o ilimitada	Limitada a 7 unidades de Información	Ilimitada
Modo de Almacenamiento	Exacto y sensorial	Repetición y Repaso del Material	Organizado y significativo
Duración de la Inf. Almacenada	Breve (1/2 segundo para inf. Visual)	Relativa (18 segundos sin repaso)	Permanente
Perdida de la Información	Desvanecimiento temporal	Falta de repaso en material o desplazamiento por nueva información	Falla en la recuperación o interferencia de otra Información

Tabla 28. Modelo de Procesamiento de la Información.

Bajo esta concepción, el aprendizaje no es una actividad unitaria. Las investigaciones han encontrado al menos tres etapas²:

- **Acrescentamiento**, la cual consiste en acumular conocimientos en la estructura de memoria.

¹ LINDSAY, P.H. y NORMAN, D. Human Information Processing: An Introduction to Psychology. New York. 1972. p, 78.

² RUMELHART, D.E. y NORMAN, D.A. Accretion, Tuning and Restructuring: Three Modes of Learning. New Jersey. 1978.

- **Estructuración**, la cual consiste en formar las estructuras conceptuales apropiadas.
- **Afinamiento**, consisten en el uso eficiente de este conocimiento.

2. COGNOSCITIVISMO Y PSICOLOGÍA EVOLUTIVA DE JEAN PIAGET

Estadio Cognoscitivo Edad Aproximada	Manifestaciones de cada estadio cognoscitivo
Sensoriomotor (pre – verbal) 0 a 2 años	Hay reflejos y hábitos sensoriomotores. Sólo conciencia de los objetos permanentes.
Pensamiento Simbólico 2 a 4 años	Se dan los comienzos del lenguaje, de la función simbólica y por ende del pensamiento o representación. A nivel de pensamiento representacional se reconstruye lo que se desarrollo en el nivel Sensoriomotor.
Pensamiento Intuitivo 4 a 7 años	Hay comprensión de ideas que no necesariamente están relacionadas entre sí (sincretismo). También hay razonamiento transductivo, aquel que yuxtapone un hecho particular con otro que supuestamente lo explica. Sin embargo, en este pensamiento no existen operaciones en el sentido explicado: todavía no hay conversiones, que son el criterio psicológico para la presencia de operaciones reversibles.
Operaciones Concretas 7 a 12 años	Se realizan operaciones sobre objetos: clasificación y ordenamiento, y las demás operaciones de la lógica de clases y relaciones, de la geometría y de la física elemental. Se desarrolla la idea de número, se realizan operaciones espaciales y temporales. Hay manifestaciones de reversibilidad y uso de razonamiento inductivo.
Operaciones Formales 12 años o más	Se realizan operaciones sobre hipótesis expresadas verbalmente, no sólo sobre objetos; es decir, hay uso de pensamiento hipotético deductivo, de pensamiento formal abstracto. Se hace control de variables, se puede verificar enunciados, se tiene sentido de proporcionalidad, se puede efectuar operaciones y transformaciones.

Tabla 29. Estadios de Desarrollo Cognoscitivo según Piaget.

Para Piaget existen cuatro factores que inciden o intervienen en el aprendizaje, en la modificación de estructuras cognoscitivas³:

- *Maduración*: Tiene que ver con la maduración orgánica, aquella que es fruto del desarrollo biológico, como se mencionó anteriormente.
- *Experiencia*: puede haber experiencia física, consistente en actuar sobre objetos y obtener, por abstracción de ellos, algún conocimiento de los mismos. Hay otro tipo de experiencia a la que Piaget llama experiencia lógico-matemática que se basa en la acción del sujeto y no en los objetos mismos. Es una experiencia necesaria antes de que puedan existir las operaciones; una vez logradas éstas, la coordinación de acciones puede efectuarse en la forma de deducción y de construcción de estructuras abstractas.
- *Equilibrio*: es el factor más importante del desarrollo de estructuras, y se relaciona con la transición de un estado de desarrollo cognoscitivo al otro. El sujeto es activo y cuando en el acto de conocer está enfrentado a una perturbación externa, reaccionará para compensarla y

³ Piaget, Op.cit. 1971. p. 98.

tenderá hacia el equilibrio. Cuando se posee una condición de equilibrio las estructuras mentales están acopladas, pero cuando se asimilan o incorporan nuevos objetos de la realidad a la estructura mental, ésta se desequilibra, lo cual lleva a una acomodación o modificación de las estructuras mentales, buscando así el equilibrio. Esto le permite al ser humano pasar de un estado de desarrollo mental a otro.

- *Transmisión Social*: El cuarto factor fundamental en el desarrollo cognitivo es la transmisión social, en un sentido amplio (transmisión lingüística, educación). Por supuesto que este factor es clave sólo cuando el niño se encuentra en el estado de poder entender tal información. Aun niño de cinco años no se le puede enseñar matemáticas avanzadas, pues no posee las estructuras que le posibiliten entenderlas. Asimismo, estructuras lingüísticas que implican la inclusión de una subclase, no la entienden los niños en tanto que no han construido, por sí mismos, la estructura lógica correspondiente.

3. CONDUCTISMO COGNOSCITIVO: LA TEORÍA DE ROBERT GAGNÉ

Para Gagné⁴, el aprendizaje es un proceso de cambio en las capacidades del individuo, el cual produce estados persistentes y es diferente de la maduración o desarrollo orgánico. Se infiere que ha ocurrido cuando hay un cambio de conducta que perdura. El aprendizaje se produce usualmente mediante interacción del individuo con su entorno (físico, social, psicológico...). Gagné describe un modelo del Procesamiento de la Información en el proceso de aprendizaje muy similar al de Lindsay y Norman, sin embargo identifica otros elementos, como se observa:

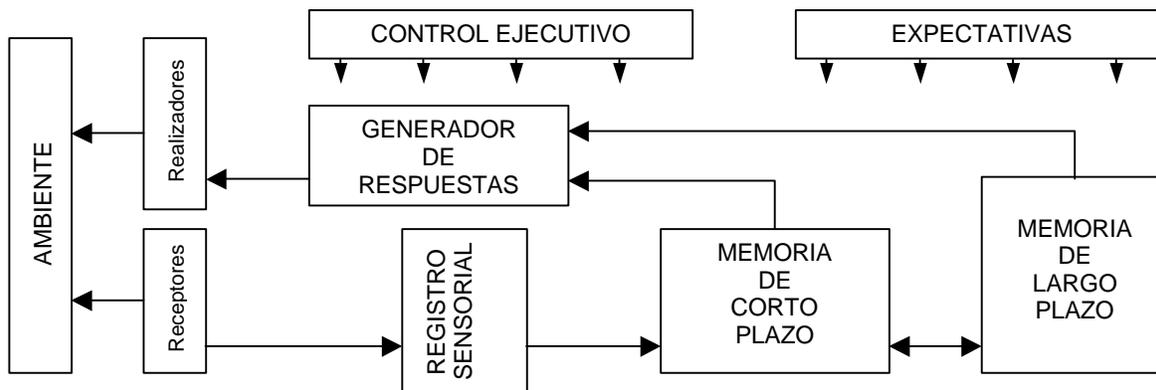


Figura 38. Modelo de procesamiento de la información según Gagné.

Bajo el Modelo propuesto por Gagné, además de las relaciones entre las memorias y los mecanismos de interacción con el ambiente, hay dos elementos que conviene destacar:

- *El control ejecutivo*, estructura que influye en el procesamiento de información y permite que éste gane eficiencia; a través suyo se mejoran los procesos del pensamiento, es decir, se aprenden estrategias para aprender (o estrategias cognitivas).

⁴ GAGNE, R.M. Essentials of Learning for Instruction. México. 1975. p, 14.

- *Las expectativas*, estructura interna que es capaz de generar expectativas en el alumno, semejantes a las que podrían generarse desde el medio ambiente; dicha estructura está en la base de sistemas de autoaprendizaje, en los que el alumno debe asumir el pleno control del proceso.

Principios del Conductismo Cognoscitivo

Gagné propone dos grupos complementarios de principios del aprendizaje para la instrucción. Uno relaciona directamente las fases del aprendizaje con los eventos o actividades a cargo del material educativo. El otro, los tipos de aprendizaje con los principios que permiten promover cada uno de estos tipos de resultados.

FASES APRENDIZAJE	PROCESOS	EVENTOS DE INSTRUCCION
Motivación	Expectativas	1. Comunicar la meta que se quiere lograr 2. Confirmación previa de la expectativa a través de experiencias exitosas.
Aprehensión	- Atención - Percepción selectiva	1. Cambios en la estimulación que activen la atención 2. Aprendizaje perceptivo previo 3. Claves diferenciales para percibir lo deseado
Adquisición	- Codificación - Inicia almacenamiento	Sugerir esquemas para codificación y empaquetado de la información.
Retención Recuerdo	-Almacenamiento - Recuperación	1. Sugerir esquemas para recordar 2. Dar claves para recordar
Generalización	Transferencia	Variedad de contextos para encadenar lo recordado
Realización Retroinformación	- Respuesta - Refuerzo	- Instancias para el desempeño (“ejercicios”) - Información de retorno que provea verificación o comparación con respecto a un patrón o marco referencial.

Tabla 30. Los eventos externos de Instrucción y las fases del aprendizaje

TIPOS DE APRENDIZAJE	EVENTOS DE INSTRUCCIÓN QUE SON ESCENCIALES PARA PROMOVER EL APRENDIZAJE
INFORMACIÓN VERBAL	1. Activar la Atención mediante variaciones en los estímulos (voz, letra) 2. Presentar un contexto organizado y significativo para un cifrado eficaz
HABILIDAD INTELECTUAL	1. Estimular la recuperación de habilidades requeridas 2. Presentar indicaciones (verbales o escritas) para el ordenamiento de la combinación de habilidades necesarias. Fijar ocasiones para repaos espaciados Utilizar variedad de contextos para ejercitación, retroinformación y transferencia.
ESTRATEGIA COGNOSCITIVA	1. Descripción (verbal o escrita) de la estrategia 2. Proporcionar variedad frecuente de ocasiones para ejercitar la estrategia.
ACTITUD	1. Recordar experiencias de triunfo que siguieron a la elección de una acción particular; garantizar identificación con un “modelo Humano” admirado. 2. Ejecutar la acción elegida, u observar su ejecución por parte de un modelo humano 3. Proporcionar refuerzo de las ejecuciones exitosas y observar esto en un modelo humano representativo
HABILIDAD MOTRIZ	1. Presentar orientación (verbal u otra) para guiar el aprendizaje de los

	componentes de cada rutina de ejecución. 2. Proporcionar práctica repetida. Proporcionar retroinformación con rapidez y precisión.
--	--

Tabla 31. Eventos de Instrucción que influyen decisivamente en el aprendizaje

4. MODELOS PEDAGÓGICOS

Por "modelo", según la definición del diccionario se entiende: "ejemplar, patrón que se construye y luego se sigue o copia en la ejecución"⁵. El término "pedagógico" hace referencia a un cuerpo de conocimientos teóricos y prácticos fruto de la reflexión sobre el fenómeno de la educación intencional (Fullat⁶ 1984). Con ello se delimita el campo semántico del término, destacando su carácter de "saber" acerca de los procesos de formación del hombre; y ciñéndolo exclusivamente al caso en que esa formación sucede porque hay una intención bilateral: enseñar algo a alguien que quiere aprender.

Por ejemplo, un examen en el cual se le solicite al estudiante definiciones, conocimientos específicos o soluciones ya presentadas durante la clase, indica necesariamente que la información particular reviste gran importancia para el profesor; de lo contrario no se entendería una frecuente utilización de preguntas orientadas a evaluar aprendizajes específicos. Esta predominancia asignada a la información no es compartida por los distintos enfoques pedagógicos. Y si bien no permite sacar ninguna conclusión definitiva, comienza a mostrar algunos breves elementos de la práctica educativa. De otra parte, la importancia dada a los intereses, a las opiniones y a la acción del estudiante, también empezaría a mostrar una manera particular de entender el aprendizaje y la función de la escuela, revelando, por lo tanto, otros indicadores de la concepción pedagógica que se plasma en la acción en ésta⁷.

El currículo Educativo:

Un currículo es la caracterización de los propósitos, los contenidos, la secuenciación, el método, los recursos didácticos y la evaluación. Cada uno de estos elementos resuelve una pregunta pedagógica diferente, pero interrelacionada con las demás. Las siguientes gráficas recrean lo dicho sobre los elementos del currículo, los preguntas que resuelve y la relación principal entre los elementos y las respectivas preguntas.

Los diversos Modelos Pedagógicos han resuelto de manera diferente los interrogantes señalados. Han definido finalidades, contenidos y secuencias diversas, y de ellas se han derivado métodos, recursos y evaluaciones distintas.

⁵ Real Academia de la Lengua Española 1977

⁶ FULLAT, H. Teaching and Learning models. 1984. p. 45.

⁷ Ibid. P, 12

Las preguntas del Currículo	Elementos del Currículo
¿Para qué enseñar?	PROPÓSITOS EDUCATIVOS
¿Qué enseñar?	CONTENIDOS
¿Cuándo enseñarlo?	SECUENCIACIÓN
¿Cómo enseñarlo?	METODOLOGÍA
¿Con qué enseñarlo?	RECURSOS DIDÁCTICOS
¿Se cumplió o se está cumpliendo?	EVALUACIÓN

Tabla 32. Preguntas y Elementos del Currículo

MODELO TRADICIONAL

En una primera aproximación, de manera sintética se podría decir que en la escuela tradicional, bajo el propósito de enseñar conocimientos y normas, el profesor cumple la función de transmisor. El profesor “dicta la lección” a un estudiante que recibirá las informaciones y las normas transmitidas. El castigo recordará a los estudiantes que, al mismo tiempo que “la letra con sangre entra”, se debe a respetar a los mayores. El aprendizaje es también un acto de autoridad.

Es posiblemente Alain el que le dará más coherencia y soporte a la práctica pedagógica tradicional. Para Alain⁸, el principal deseo del niño es el de dejar de serlo, lo cual le confiere un gran impulso a su actuación y un inagotable esfuerzo por superarse. El papel del profesor es favorecer su deseo haciéndolo sentir adulto. Para conseguir este propósito, el profesor tiene que actuar de una manera severa y exigente, ya que el niño y el hombre – para Alain – buscará siempre lo difícil.

El principal papel del profesor, es el de “repetir y hacer repetir, corregir y hacer corregir”, en tanto que el estudiante deberá imitar y copiar durante mucho tiempo⁹. Los principales postulados del Modelo Tradicional son:

Postulado Primero (Propósitos): La función de la escuela es la de transmitir los saberes específicos y las valoraciones aceptadas socialmente.

Postulado Segundo (Contenidos): Los contenidos curriculares están constituidos por las normas y las informaciones socialmente aceptadas.

Postulado Tercero (La secuenciación): El aprendizaje tiene carácter acumulativo, sucesivo y continuo, por ello el conocimiento debe secuenciarse instruccional o cronológicamente.

Postulado Cuarto (el método): La exposición oral y visual del profesor, hecha de una manera reiterada y severa, garantiza el aprendizaje.

⁸ La base de los planteamientos de Alain son tomados de su libro *Proposiciones sobre la Educación*, citado por Louis Not (1983).

⁹ ZUBIRÍA SAMPER. Op cit. p, 52

Postulado Quinto (*los recursos didácticos*): las ayudas educativas deben ser lo más parecido a lo real para facilitar la percepción, de manera que su presentación reiterada conduzca a la formación de imágenes mentales que garanticen el aprendizaje.

Postulado Sexto (*la evaluación*): La finalidad de la evaluación será la de determinar hasta que punto han quedado impresos los conocimientos adquiridos.

MODELO ACTIVISTA

La pedagogía activista explica el aprendizaje de una manera diferente a la pedagogía tradicional. El elemento principal de diferencia que establece el activismo proviene de la identificación del aprendizaje con la acción; se “aprende haciendo”. El conocimiento será efectivo en la medida en que repose en el testimonio de la experiencia; en consecuencia, el material educativo debe crear las condiciones para facilitar la manipulación y experimentación por parte de los alumnos. El niño pasa a ser el elemento fundamental de los procesos educativos, y tanto los programas como los métodos tendrán que partir de sus necesidades e intereses¹⁰.

La escuela debe permitir al niño actuar y pensar a su manera, favoreciendo un desarrollo espontáneo, en el cual el profesor cumpla un papel de segundo orden y se libere el ambiente de las restricciones y las obligaciones propias del modelo tradicional. El activismo busca así, vincular los contenidos con la naturaleza y con la vida. Esta nueva manera de entender el aprendizaje dependiente de la experiencia y no de la recepción generará un vuelco total en los modelos y experiencias pedagógicas. Los principales postulados del Modelo Activista son:

Postulado Primero (*Propósitos*): El fin de la escuela no puede estar limitado al aprendizaje; la escuela debe preparar para la vida.

Postulado Segundo (*Contenidos*): Si la escuela debe preparar para la vida, la naturaleza y la vida misma deben ser estudiadas.

Postulado Tercero (*La secuenciación*): Los contenidos educativos deben organizarse partiendo de lo simple y concreto hacia lo complejo y abstracto.

Postulado Cuarto (*el método*): Al considerar al niño como artesano de su propio conocimiento, el activismo da primacía al sujeto y a su experimentación.

Postulado Quinto (*los recursos didácticos*): Los recursos didácticos serán entendidos como útiles de la infancia que al permitir la manipulación y experimentación, contribuirán a educar los sentidos, garantizando el aprendizaje y el desarrollo de las capacidades individuales.

Postulado Sexto (*la evaluación*): El activismo carece de una concepción científica del aprendizaje, sin la cual no es posible hoy por hoy, hablar de una teoría pedagógica.

¹⁰ ZUBIRÍA SAMPER. Op cit. p, 73

MODELO CONCEPTUAL

El principal cambio que requieren los sistemas educativos actuales tiene que ver con la comprensión de que el propósito de la escuela no puede ser el de transmitir los aprendizajes. Esta finalidad no corresponde a la época actual ya que los alumnos... "tendrán que vivir una vida de adultos en un mundo en el cual la mayor parte de los hechos aprendidos hace años incluso los datos históricos habrán cambiado ó habrán sido reinterpretados". En todo caso, cualquier información que necesiten estará al alcance de ellos con solo presionar una tecla del computador.

El individuo del próximo milenio requerirá entonces de unas operaciones intelectuales desarrolladas de manera que pueda realizar inferencias deductivas e inductivas de gran calidad, disponer de instrumentos de conocimiento que permitan acceder al estudio de cualquier ciencia, y criterios e instrumentos para valorar, como también actividades y destrezas básicas para la convivencia, la comprensión y la práctica deportiva. Todo ello puede y debe ser logrado en la escuela. Sin embargo, para alcanzarlo será necesario que la escuela se convierta en un espacio para pensar, para valorar y para desarrollar habilidades. Los principales postulados del modelo conceptual son:

Postulado Primero: La escuela tiene que jugar un papel central en la promoción del pensamiento, las habilidades y los valores.

Postulado Segundo: La escuela debe concentrar su actividad intelectual, garantizando que los alumnos aprendan los conceptos básicos de la ciencia y las relaciones entre ellos.

Postulado Tercero: La escuela futura deberá diferenciar la pedagogía de la enseñanza y el aprendizaje.

Postulado Cuarto: Los enfoques pedagógicos que intenten favorecer el desarrollo del pensamiento deben diferenciar los instrumentos del conocimiento de las operaciones intelectuales y en consecuencia actuar deliberada e intencionalmente en promoción de cada uno de ellos.

Postulado Quinto: La escuela del futuro tendrá que reconocer las diferencias cualitativas que existen entre alumnos de periodos evolutivos diferentes y actuar consecuentemente a partir de allí.

Postulado Sexto: Para asimilar los instrumentos de conocimiento científico en la escuela es necesario que se desequilibren los instrumentos formados de manera espontánea.

Postulado Séptimo: Existen periodos posteriores al formal, los cuales tienen que ser reconocidos por la escuela para poder orientar a los alumnos hacia allí y para poder trabajar pedagógicamente en ellos.

MODELO SISTÉMICO- INVESTIGATIVO

El paradigma del modelo Sistémico – Investigativo propone que la escuela es una realidad social, compleja, singular y diversa. Es vista bajo la conceptualización de sistema, interacción, organización y cambio.

El método investigativo, es una pedagogía centrada en la formulación y tratamiento de situaciones nuevas, de problemas relativos tanto a los procesos de aprendizaje de los estudiantes, como a la actuación del profesor en el proceso académico-educativo. Por tanto, se busca reemplazar el libro texto clásico como fuente de información primordial, por la biblioteca de clase o centro, o un material educativo computarizado, o por Internet. Además de la elaboración de documentos escritos, videos y recursos apropiados para la situación concreta.

En este caso la función del profesor es la de ser el facilitador del aprendizaje mediante la regulación del flujo de información del proceso académico- educativo que perfecciona los procesos comunicativos interindividuales y grupales intentando eliminar la incidencia de factores que produzcan obstáculos no deseados al flujo de información seleccionada, información potencialmente más significativa en cada momento. Además se considera al profesor como el investigador en el aula. El papel del estudiante será primordial para el desarrollo del proceso enseñanza aprendizaje. El estudiante deberá autoaprender sus lecciones y avanzará en la medida en que este lo desee; por lo tanto debe ser una persona muy disciplinada y organizada para lograr cumplir con los objetivos establecidos. El estudiante deberá interactuar con el profesor en forma cooperativa para la determinación de los objetivos del curso, el plan académico, la participación en la evaluación así como la regulación de la motivación en cada clase.

Los contenidos temáticos para este modelo se manejarán basados en los siguientes sistemas:

Sistema de conocimientos:

- La información previamente procesada y acumulada por cada estudiante.
- La información que emana de fuentes tales como libros de texto o de consulta, archivo de clase, apuntes multicopiados, etc.
- La información verbal y no verbal que emiten los profesores y los estudiantes en su interacción.

Sistema de habilidades

- La información procedente de aspectos de la realidad socio-natural directamente estudiados.

Sistema de valores

- La información contenida en los métodos de trabajo y en los recursos instrumentales empleados en cada caso de la escuela.

ANEXO B

1. INFORMÁTICA EDUCATIVA

La Moderna Informática Educativa tiene el propósito de contribuir a la generación de una nueva cultura educativa que caracteriza tanto las necesidades crecientes de la sociedad actual basada en conocimiento como los desarrollos tecnológicos. Toda investigación en Informática Educativa es necesariamente interdisciplinaria, integra y reúne investigadores de diferentes áreas del conocimiento, intenta promover una *innovación pedagógica* como componente clave de la calidad de un sistema educativo que viabilice la asimilación y generación interna de conocimientos como una contribución real al desarrollo social y económico de un país.

La Informática Educativa busca crear un espacio tecnológico donde se produzcan herramientas, métodos y técnicas relevantes para los docentes, apoyando de esta manera diferentes filosofías educativas, que posibiliten la creatividad y faciliten la experimentación de ideas e iniciativas tanto de educadores como de educandos. Asimismo busca ofrecer al estudiante nuevas alternativas de aprendizaje y un ambiente propicio para el desarrollo de habilidades cognitivas de tal manera que promueva un mejor desarrollo de la Inteligencia Humana. En este sentido, la Profesora Alicia Gago¹¹, afirma que “La educación, rezagada respecto al crecimiento científico y tecnológico, transmite una cultura envejecida y forma hombres que no conocen ni comprenden las nuevas posibilidades del saber actualizado, y es misión de la Informática Educativa combatir contra esta concepción”.

Para los niveles inferiores del sistema educativo, esta tecnología busca identificar los elementos teóricos y prácticos de la Inteligencia Artificial que le permitan al estudiante desarrollar mejores perspectivas cognoscitivas. En este sentido se perfilarán metodologías y desarrollos experimentales que se constituyen en alternativas computacionales para el desarrollo de la Inteligencia. Otro propósito asociado con esta tecnología, mencionado por Rolston¹², es la promoción de investigaciones psicológicas e informáticas que faciliten el enunciado y construcción de nuevas teorías del aprendizaje y de la enseñanza basados en la moderna informática. De igual forma se requiere estudiar las implicaciones sociales de la incorporación de la Inteligencia Artificial en el medio y en particular en el sector educativo.

¹¹ GAGO, Alicia. Desarrollo de la Inteligencia. Art. # 23. La Informática desde una óptica Pedagógica. CELADI. 1993.

¹² ROLSTON, David. Diseño de Sistemas Expertos en Educación. 1992. p. 9.

Un punto central en el cual se ha enfocado la Informática Educativa es el Aprendizaje apoyado con Computador, y gran parte de la Evolución de La Informática Educativa se debe al cambio metamórfico que ha sufrido el Software Educativo a través de la historia para lograr niveles altos en el Proceso Enseñanza-Aprendizaje. A continuación se describirá brevemente algunos aspectos de la Evolución de la Informática Educativa y su impacto en la educación a través del tiempo.

Enfoque	Características Distintivas	Ejemplo
Instrucción Programada	Se relacionaba con algún tipo de estructura de enseñanza orientada a las metas. IP requería que el programador especificara la entrada y salida en términos de las habilidades y comportamientos terminales del estudiante. Seguía los principios conductistas del aprendizaje.	IP (1961)
Programas lineales	Derivación del conductismo; presentación sistemática; refuerzo y ritmo propios. No presentan retroalimentación personalizada.	Last (1964)
Programas ramificados	Realimentación correctora; adaptable a la respuesta del alumno; diálogos tutoriales; uso de lenguajes de autor. Una desventaja es que trabajar en un programa ramificado con formato de libro resulta ser muy confuso y el refuerzo es escaso.	Ayscough (1967)
Resolución de problemas	El computador como ambiente; niños programando; derivación de la teoría de Piaget y de la inteligencia artificial.	Papert (1973)
Modelos matemáticos de aprendizaje	Uso de teorías estadísticas de aprendizaje de aplicabilidad limitada; sensibilidad a la respuesta. Laubsch ¹³ sostiene: "Los enfoques tradicionales que utilizan la teoría de la decisión y los modelos estocásticos de aprendizaje, han llegado a un punto muerto debido a su representación super simplificada del aprendizaje". La razón del fracaso de los modelos estocásticos de aprendizaje como modelos de enseñanza es la carencia de representación del contenido que ha de ser enseñado.	Laubsh y Chiang (1974)
Enseñanza asistida por computador generativa	Ejercicios y prácticas; uso de medidas de dificultad de tareas; contestación a preguntas del alumno muy restringidamente. Presenta paso a paso la solución del problema. Intenta comprometer más al alumno en la realimentación por medio de preguntas pertinentes al problema y su solución.	Palmer y Oldehoeft (1975)
TICCIT	Equipo de producción de courseware; lecciones de "línea principal"; uso de televisión y minicomputadores; control por parte del alumno.	Mire Corporation (1976)
PLATO	Sistema de multiterminales interactivo, pantallas gráficas; enfoque "tienda abierta"; interés por el costo	Bizer (1976)

¹³ SELF, Jhon. Ordenadores en la Educación. New York. 1987. p, 23.

Simulación	El computador concebido como laboratorio; gráficos interactivos; normalmente programas pequeños.	McKenzie (1977)
Juegos	Intrínsecamente motivantes; efectos audiovisuales; con mucho potencial para fines educativos	Malone (1980)
Sistemas de diálogo	Estrategias tutoriales; uso del lenguaje natural; iniciativa mixta; uso de representaciones complejas de los conocimientos. Ambos participantes pueden hacer preguntas en cualquier momento, y no necesariamente preguntas expresamente previstas. El diálogo mantiene, globalmente, una cierta orientación, posibilitando la predicción de las intervenciones concretas.	Carbonell (1981)
Sistemas Tutores Inteligentes	Estrategias tutoriales, dialogo con el estudiante, diagnóstico del proceso de aprendizaje, empleo de técnicas de inteligencia artificial como los sistemas expertos, modelamiento del comportamiento del estudiante, dominio pedagógico.	Etiene Wenger (1985)

Tabla . Enfoques desarrollados para la educación asistida por computador.

2. SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

2.1 Consideraciones sobre el Material Didáctico.

Según Bujanda¹⁴, el material didáctico empleado por los STI, debe cumplir ciertas consideraciones en especial:

1. *Que sea capaz de crear situaciones atractivas de aprendizaje:*

La percepción y la acción son procesos fundamentales en la educación matemática. Por consiguiente, si el material didáctico ha de contribuir eficazmente a ella deberá ser capaz de provocar una y otra. Se considera, por tanto, inadecuado el material o el mal uso que se hace de él, cuando lo maneja exclusivamente el profesor, aunque se sirva de él para atraer y mantener la atención del alumno.

2. *Que facilite al niño la apreciación del significado de sus propias acciones:*

Esto es, que pueda interiorizar los procesos realizados a través de la manipulación y ordenación de los materiales. Hay que tener en cuenta que las estructuras percibidas son rígidas, mientras que las mentales pueden ser desmontadas y reconstruidas, combinarse unas con otras, etc.

3. *Que prepare el camino a nociones matemáticamente valiosas:*

Si un material no cumple esta condición de preparar y facilitar el camino para llegar a un concepto matemático, no puede ser denominado didáctico, en lo que se refiere a este campo.

¹⁴ BUJANDA JÁUREGUI, M. P. Tendencias actuales en la enseñanza de la matemática. Ed. S.M. Madrid, 1.981.

4. *Que dependa en parte de la percepción y de las imágenes visuales:*

Hay que tener en cuenta que el material didáctico puede servir de base concreta en una etapa determinada, pero debe impulsar el paso a la abstracción siguiente. Esta dependencia, sólo parcial de lo concreto, facilitará el desprendimiento del material, que gradualmente deberá hacer el alumno.

5. *Que sea polivalente:*

Atendiendo a consideraciones prácticas, deberá ser susceptible de ser utilizado como introducción motivadora de distintas cuestiones.

2.2 La Teoría ACT

La Teoría ACT sigue un modelo de representación como el siguiente:

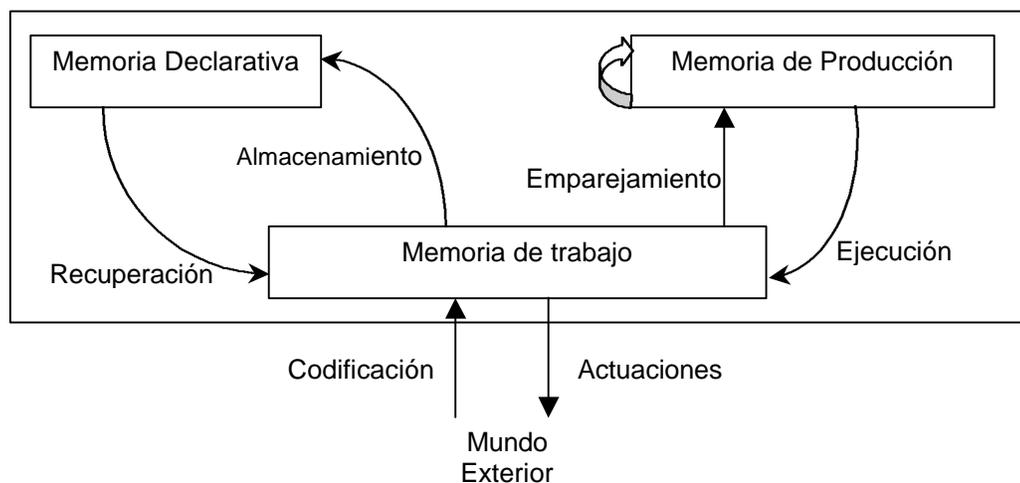


Figura 39. Representación de la Teoría ACT*

De acuerdo a ACT*, todo conocimiento comienza como una información declarativa; el conocimiento procedimental es aprendido a medida que se realizan inferencias del conocimiento existente verdadero. ACT* soporta tres tipos de aprendizaje: *generalización*, en la cual las producciones se convierten en un rango de aplicación amplio, *discriminación*, en la cual las producciones se convierten en un rango de aplicación limitado, y *Refuerzo*, en el cual algunas producciones son aplicadas más frecuentemente. Las producciones nuevas son formadas por la conjunción o disyunción de las producciones existentes.

Alcance:

ACT* puede explicar una gran variedad de efectos de la memoria, tales como las demostraciones geométricas, programación y aprendizaje de lenguajes como lo sustenta Anderson¹⁵.

¹⁵ ANDERSON, John. Rules of the Mind. Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1993. p. 35.

ANEXO C

Uno de los objetivos principales que se persiguen al incorporar el potencial de las tecnologías de Inteligencia Artificial en el espacio educativo, como lo menciona Rolston¹⁶, es proveer un ambiente para facilitar el aprendizaje y desarrollo cognitivo, de tal suerte que se respeten las condiciones y estímulos individuales del alumno.

1. SISTEMAS EXPERTOS

Los sistemas expertos se pueden considerar como el primer producto verdaderamente operacional de la inteligencia artificial¹⁷. Son programas de ordenador diseñados para actuar como un especialista humano en un dominio particular o área de conocimiento. En este sentido, pueden considerarse como intermediarios entre el experto humano, que transmite su conocimiento al sistema, y el usuario que lo utiliza para resolver un problema con la eficacia del especialista. El sistema experto utilizará para ello el conocimiento que tenga almacenado y algunos métodos de inferencia. A la vez, el usuario puede aprender observando el comportamiento del sistema. Es decir, los sistemas expertos se pueden considerar simultáneamente como un medio de ejecución y transmisión del conocimiento.

Características Fundamentales de los Sistemas Expertos

La característica fundamental de un sistema experto es que separa los conocimientos almacenados (*base de conocimiento*) del programa que los controla (*motor de inferencia*). Los datos propios de un determinado problema se almacenan en una base de datos aparte (*base de hechos*). Una característica adicional deseable, y a veces fundamental, es que el sistema sea capaz de justificar su propia línea de razonamiento de forma inteligible por el usuario.

Los sistemas expertos siguen una filosofía diferente a los programas clásicos. Esto queda reflejado en la siguiente tabla, que resume las diferencias entre ambos tipos de procesamiento.

¹⁶ ROLSTON, David. Diseño de Sistemas Expertos en Educación. 1992. p. 83.

¹⁷ SAMPER MARQUEZ.. Juan José. El conocimiento al saber. www.psicologia.com/articulos/ar_jsamper01.html. 09/07/01

SISTEMA CLÁSICO	SISTEMA EXPERTO
Conocimiento y procesamiento combinados en un programa	Base de conocimiento separada del mecanismo de procesamiento
No contiene errores	Puede contener errores (incertidumbre)
No da explicaciones, los datos sólo se usan o escriben	Una parte del sistema experto la forma el módulo de explicación
Los cambios son tediosos	Los cambios en las reglas son fáciles
El sistema sólo opera completo	El sistema puede funcionar con pocas reglas
Se ejecuta paso a paso	La ejecución usa heurísticas y lógica
Necesita información completa para operar	Puede operar con información incompleta
Representa y usa datos	Representa y usa conocimiento

Tabla 34. Comparación entre un sistema clásico de procesamiento y un sistema experto

A continuación se muestran los modelos funcionales de los sistemas expertos, junto al tipo de problema que intentan resolver y algunos de los usos concretos a que se destinan.

CATEGORIA	TIPO DE PROBLEMA	USO
Interpretación	Deducir situaciones a partir de datos observados	Análisis de imágenes, reconocimiento del habla, inversiones financieras
Predicción	Inferir posibles consecuencias a partir de una situación	Predicción meteorológica, previsión del tráfico, evolución de la Bolsa
Diagnóstico	Deducir fallos a partir de sus efectos	Diagnóstico médico, detección de fallos en electrónica
Diseño	Configurar objetos bajo ciertas especificaciones	Diseño de circuitos, automóviles, edificios, etc
Planificación	Desarrollar planes para llegar a unas metas	Programación de proyectos e inversiones. Planificación militar
Monitorización o supervisión	Controlar situaciones donde hay planes vulnerables	Control de centrales nucleares y factorías químicas
Depuración	Prescribir remedios para funcionamientos erróneos	Desarrollo de software y circuitos electrónicos
Reparación	Efectuar lo necesario para hacer una corrección	Reparar sistemas informáticos, automóviles, etc
Instrucción	Diagnóstico, depuración y corrección de una conducta	Corrección de errores, enseñanza
Control	Mantener un sistema por un camino previamente trazado. Interpreta, predice y supervisa su conducta	Estrategia militar, control de tráfico aéreo
Enseñanza	Recoger el conocimiento y explicarlo	Aprendizaje de experiencia

Tabla 35. Modelos funcionales de los sistemas expertos

Debido a la separación entre la base de conocimiento y el mecanismo de inferencia, los sistemas expertos tienen gran flexibilidad, lo que se traduce en una mejor modularidad, modificabilidad y legibilidad del conocimiento. Otra ventaja es que este tipo de sistemas pueden utilizar razonamiento aproximado para hacer deducciones y que pueden resolver problemas sin solución algorítmica. Pero los sistemas expertos también tienen inconvenientes. El conocimiento humano es complejo de extraer y, a veces, es problemático representarlo. Si un problema sobrepasa la competencia de un sistema experto, sus prestaciones se degradan de forma notable. Además, las estrategias de razonamiento de los motores de inferencia suelen estar programadas procedimentalmente y se adaptan mal a las circunstancias. Están limitados para tratar problemas con información incompleta.

Un experto humano no estudia progresivamente una hipótesis, sino que decide de inmediato cuando se enfrenta a una situación análoga a otra ocurrida en el pasado. Los sistemas expertos no utilizan este razonamiento por analogía. Los costos y duración del desarrollo de un sistema experto son bastante considerables (aunque se suelen amortizar rápidamente) y su campo de aplicación actual es restringido y específico.

Arquitectura y funcionamiento de un Sistema Experto

No existe una estructura de sistema experto común. Sin embargo, la mayoría de los sistemas expertos tienen unos componentes básicos: base de conocimientos, motor de inferencia, base de datos e interfaz con el usuario. Muchos tienen, además, un módulo de explicación y un módulo de adquisición del conocimiento. La figura muestra la estructura básica de un sistema experto.

La base de conocimientos contiene el conocimiento especializado extraído del experto en el dominio. Es decir, contiene conocimiento general sobre el dominio en el que se trabaja. El método más común para representar el conocimiento es mediante *reglas de producción* aunque existen otros muy conocidos también (estructuras como marcos, guiones, redes semánticas, árboles Y/O y de decisión, rejillas, entre otros).

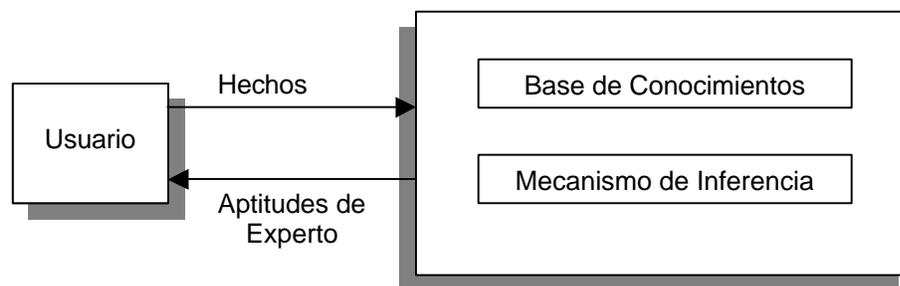


Figura 40. Arquitectura Básica de un Sistema Experto

El dominio de conocimiento representado por reglas, se divide, en pequeñas fracciones de conocimiento o reglas SI ... ENTONCES ...; Cada regla constará de una parte denominada condición y de una parte denominada acción, y tendrá la forma:

SI condición ENTONCES acción

Como ejemplo se puede considerar la siguiente regla médica:

SI el termómetro marca 39°

Y el termómetro funciona correctamente

ENTONCES el paciente tiene fiebre

Cuando los conocimientos almacenados se han quedado obsoletos, o cuando se dispone de nuevos conocimientos, es relativamente fácil añadir reglas nuevas, eliminar las antiguas o corregir errores en las existentes. No es necesario reprogramar todo el sistema experto. Una base de conocimientos muy ingenua, para identificar vehículos, podría ser la siguiente:

Regla 1: SI tiene 2 ruedas Y utiliza motor

ENTONCES es una motocicleta

Regla 2: SI tiene 2 ruedas Y es movido por el hombre

ENTONCES es una bicicleta

Regla 3: SI tiene 4 ruedas Y utiliza motor Y pesa menos de 3500 Kgs.

ENTONCES es un coche

Existen reglas de producción que no pertenecen al dominio del problema. Estas reglas se llaman *metarreglas* (reglas sobre otras reglas) y su función es indicar bajo qué condiciones deben considerarse unas reglas en vez de otras. Un ejemplo de metarregla es:

SI hay reglas que usan materiales baratos Y hay reglas que usan materiales caros

ENTONCES usar antes las primeras que las segundas

La base de datos o *base de hechos* es una parte de la memoria del ordenador que se utiliza para almacenar los datos recibidos inicialmente para la resolución de un problema. Contiene conocimiento sobre el caso concreto en que se trabaja. También se registrarán en ella las conclusiones intermedias y los datos generados en el proceso de inferencia. Al memorizar todos los resultados intermedios, conserva el vestigio de los razonamientos efectuados; por lo tanto, se puede utilizar para explicar las deducciones y el comportamiento del sistema.

El Motor de Inferencia es un programa que controla el proceso de razonamiento que seguirá el sistema experto. Utilizando los datos que se le suministran, recorre la base de conocimientos para alcanzar una solución. La estrategia de control puede ser de *encadenamiento progresivo* o de *encadenamiento regresivo*. En el primer caso se comienza con los hechos disponibles en la base de datos, y se buscan reglas que satisfagan esos datos, es decir, reglas que verifiquen la parte SI. Normalmente, el sistema sigue los siguientes pasos¹⁸:

1. Evaluar las condiciones de todas las reglas respecto a la base de datos, identificando el conjunto de reglas que se pueden aplicar (aquellas que satisfacen su parte condición)
2. Si no se puede aplicar ninguna regla, se termina sin éxito; en caso contrario se elige cualquiera de las reglas aplicables y se ejecuta su parte acción (esto último genera nuevos hechos que se añaden a la base de datos).
3. Si se llega al objetivo, se ha resuelto el problema; en caso contrario, se vuelve al paso 1

A este enfoque se le llama también *guiado por datos*, porque es el estado de la base de datos el que identifica las reglas que se pueden aplicar. Cuando se utiliza este método, el usuario comenzará introduciendo datos del problema en la base de datos del sistema.

Al encadenamiento regresivo se le suele llamar *guiado por objetivos*, ya que, el sistema comenzará por el objetivo (parte acción de las reglas) y operará retrocediendo para ver cómo se deduce ese objetivo partiendo de los datos. Esto se produce directamente o a través de conclusiones intermedias o *subobjetivos*. Lo que se intenta es probar una hipótesis a partir de los hechos contenidos en la base de datos y de los obtenidos en el proceso de inferencia. Este enfoque emplea los siguientes pasos:

1. Obtener las reglas relevantes, buscando la expresión E en la parte acción (éstas serán las que puedan establecer la verdad de E)
2. Si no se encuentran reglas para aplicar, entonces no se tienen datos suficientes para resolver el problema; se termina sin éxito o se piden al usuario más datos
3. Si hay reglas para aplicar, se elige una y se verifica su parte condición C con respecto a la base de datos.
4. Si C es verdadera en la base de datos, se establece la veracidad de la expresión E y se resuelve el problema
5. Si C es falsa, se descarta la regla en curso y se selecciona otra regla (Backtracking).
6. Si C es desconocida en la base de datos (es decir, no es verdadera ni falsa), se le considera como subobjetivo y se vuelve al paso 1 (C será ahora la expresión E)

¹⁸ Op.cit SAMPER. P, 65.

Existen también *enfoques mixtos* en los que se combinan los métodos guiados por datos con los guiados por objetivos.

La interfaz de usuario permite que el usuario pueda describir el problema al sistema experto. Interpreta sus preguntas, los comandos y la información ofrecida. A la inversa, formula la información generada por el sistema incluyendo respuestas a las preguntas, explicaciones y justificaciones. Es decir, posibilita que la respuesta proporcionada por el sistema sea inteligible para el interesado. También puede solicitar más información si le es necesaria al sistema experto. En algunos sistemas se utilizan técnicas de tratamiento del lenguaje natural para mejorar la comunicación entre el usuario y el sistema experto. La mayoría de los sistemas expertos contienen un módulo de explicación, diseñado para aclarar al usuario la línea de razonamiento seguida en el proceso de inferencia. Si el usuario pregunta al sistema cómo ha alcanzado una conclusión, éste le presentará la secuencia completa de reglas usada. Esta posibilidad de explicación es especialmente valiosa cuando se tiene la necesidad de tomar decisiones importantes amparándose en el consejo del sistema experto. Además, de esta forma, y con el tiempo suficiente, los usuarios pueden convertirse en especialistas en la materia, al asimilar el proceso de razonamiento seguido por el sistema. El subsistema de explicación también puede usarse para depurar el sistema experto durante su desarrollo.

El módulo de adquisición del conocimiento permite que se puedan añadir, eliminar o modificar elementos de conocimiento (en la mayoría de los casos reglas) en el sistema experto. Si el entorno es dinámico es muy necesario, puesto que, el sistema funcionará correctamente sólo si se mantiene actualizado su conocimiento. El módulo de adquisición permite efectuar ese mantenimiento, anotando en la base de conocimientos los cambios que se producen.

Para ilustrar cómo trabajan los procedimientos de inferencia, se supondrá un sistema que contiene las siguientes reglas en la base de conocimiento:

R1: SI abrigo ENTONCES bingo

R2: SI chaqueta ENTONCES dentista

R3: SI bingo ENTONCES esposa

Enfoque guiado por datos (o encadenamiento hacia adelante):

El problema es determinar si se da esposa sabiendo que se cumplen abrigo y chaqueta.

- Lo primero que se hace es introducir en la base de datos abrigo y chaqueta:

B.D. = {abrigo, chaqueta}

- El sistema identifica las reglas aplicables:

$R = \{R1, R2\}$

- Selecciona R1 y la aplica. Esto genera bingo que se añade a la base de datos:

B.D. = {abrigo, chaqueta, bingo}

- Como no se ha solucionado el problema, vuelve a identificar un conjunto de reglas aplicables (excepto la ya aplicada, que no cambiaría el estado de la base de datos): $R = \{R2, R3\}$

- Selecciona y aplica R2 quedando:

B.D. = {abrigo, chaqueta, bingo, dentista}

- El problema todavía no se ha solucionado, luego el sistema selecciona otro conjunto de reglas aplicables: $R = \{R3\}$

- Seleccionando y aplicando R3, la base de datos queda:

B.D. = {abrigo, chaqueta, bingo, dentista, esposa}

Como esposa se encuentra en ella, se ha llegado a la solución del problema.

Enfoque guiado por objetivos (o encadenamiento hacia atrás):

- Se quiere determinar si se cumple esposa teniendo en la base de datos abrigo y chaqueta:

B.D. = {abrigo, chaqueta}.

- El conjunto de reglas aplicables en este caso será:

$R = \{R3\}$ (R3 es la única que tiene esposa en su parte derecha).

- Se selecciona R3 y se genera bingo. Como no se encuentra en la base de datos (no es verdadero ni falso) se le considera como subobjetivo.

- El sistema intentará ahora probar bingo. Identifica las reglas aplicables: $R = \{R1\}$.

- Aplica R1 y se obtiene abrigo que es verdadero en la base de datos. De esta forma, se prueba el subobjetivo, y al probar éste, se prueba esposa resolviendo el problema.

Los sistemas expertos empleados en la enseñanza pueden hacer uso de una de las dos estrategias de control o de ambas. Cuando se requiere supervisar y controlar las acciones del alumno, es favorable emplear el enfoque guiado por datos o encadenamiento hacia delante y cuando se requiere diagnosticar las acciones o estados del alumno, se recomienda utilizar el enfoque guiado por objetivos o encadenamiento hacia atrás.

2. INFORMÁTICA EVOLUTIVA

2.1. Fundamentos de la Teoría de la Evolución

La evolución de los seres orgánicos por medio de la selección natural es una de las más grandes teorías de todos los tiempos, pues es la única explicación científica e integral a la existencia y a las características del fenómeno más complejo con que el ser humano se ha encontrado en su largo camino de logros y descubrimientos: la vida en nuestro planeta¹⁹.

¹⁹ Ibid. p. 8.

La evolución se fortalece con las bases físicas de la herencia brindadas por la teoría molecular del código genético respecto a la estructura química del material hereditario y de la información que contiene, además de los mecanismos de expresión de dicha información.

Al analizarla desde la teoría de sistemas, la teoría de la evolución presenta un nuevo aspecto que permite prever fuertes implicaciones de naturaleza teórica y práctica. Desde este punto de vista, las realizaciones de la vida se consideran como sistemas complejos adaptativos. Todos los seres vivos, resultado de este proceso adaptativo, comparten tres propiedades básicas: invarianza reproductiva, teleonomía y morfogénesis autónoma²⁰.

Invarianza Reproductiva

Es la característica más fácil de medir en forma cuantitativa, ya que se trata de la capacidad de reproducir una estructura con un alto grado de orden, es decir, de información. De esta forma, el contenido de invarianza reproductiva de una especie es igual a la cantidad de información que se transmite de una generación a otra para conservar la norma estructural específica que determina sus características.

Teleonomía

Todas las adaptaciones funcionales que presentan los seres vivos, así como todos los dispositivos configurados por ellos, cumplen proyectos particulares que pueden ser considerados como aspectos o fragmentos de un objetivo primitivo único, que es la conservación y multiplicación de la especie, por tanto, debe ser claro que no se trata solo de actividades ligadas directamente a la reproducción, sino de todas aquellas que contribuyan, aunque muy indirectamente a la supervivencia y multiplicación de la especie. Así, todas las estructuras, todos los comportamientos y todas las actividades que contribuyan al logro del objetivo esencial se denominan *Teleonímicas*.

Morfogénesis Autónoma

La estructura de todo ser vivo, desde la forma general, hasta el menor detalle, se debe completamente a interacciones morfogenéticas internas al ser mismo; esta estructura define un determinismo autónomo, preciso y riguroso que implica una "libertad" casi total respecto a los agentes o condiciones externas, capaces de trastornar ese desarrollo pero no de dirigirlo o de imponer al organismo viviente una nueva generación. Este determinismo autónomo asegura la formación de las estructuras extremadamente complejas (y por lo tanto con una considerable cantidad de información) de los seres vivos. Este proceso de morfogénesis autónoma y espontánea, se basa en última instancia en las propiedades de reconocimiento estereoespecífico de las proteínas, donde se encuentra el secreto de la construcción de los seres vivos²¹.

²⁰ Ibid. p. 8.

²¹ MARTINEZ, José J y ROJAS. Sergio A. Op Cit. P, 11

Algoritmos Genéticos

En la siguiente figura, se presenta una clasificación general de las técnicas de búsqueda donde se puede observar el lugar que ocupan los AG, como algoritmos evolutivos, guiados por técnicas de búsqueda aleatoria.

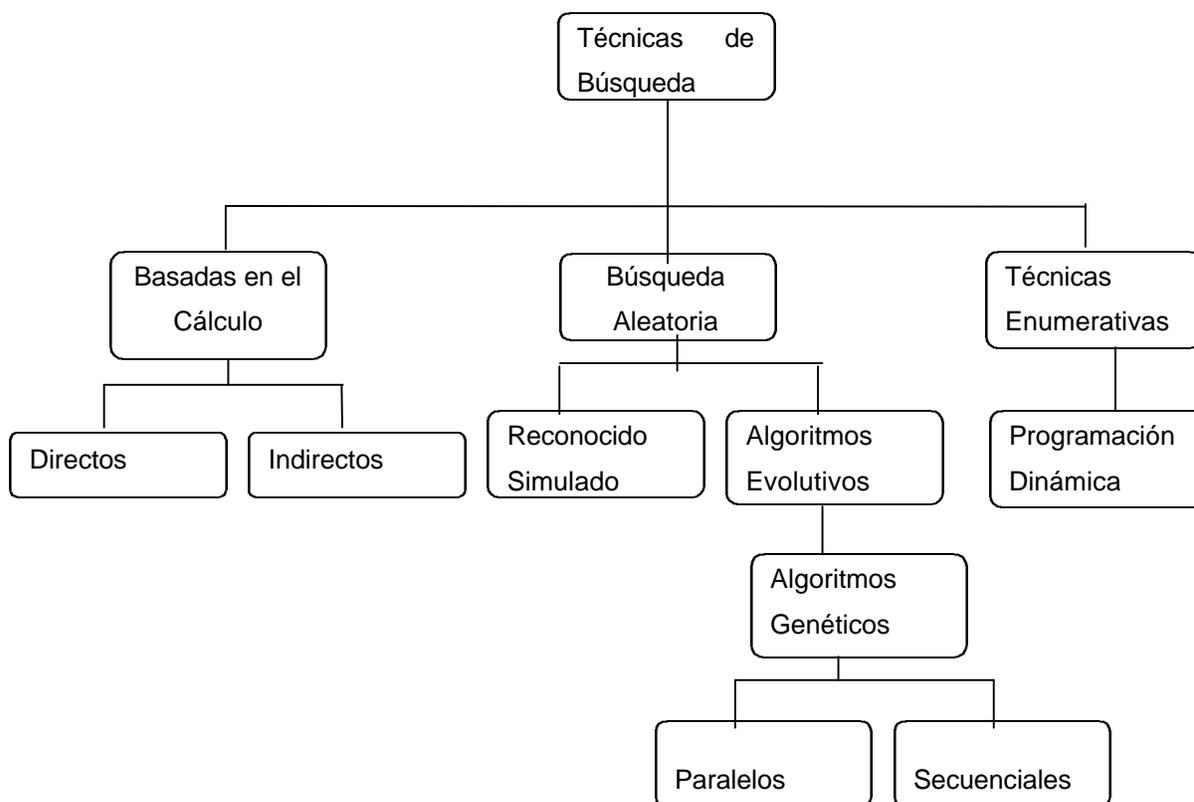


Figura 41. Clasificación de Técnicas de Búsqueda

Porque utilizar AG en problemas de Optimización y Búsqueda²²

Como se mencionó anteriormente, una de las características de los AG es su robustez, lo que lo hace más eficiente a la hora de encontrar soluciones óptimas en problemas específicos, y que los métodos tradicionales como el cálculo, los enumerativos y aleatorios, no poseen. Estos métodos tradicionales han sido muy estudiados. Se subdividen en dos clases principales: Directos e Indirectos. Los Indirectos buscan extremos locales, solucionando un conjunto de ecuaciones, generalmente no lineales, resultantes de dividir el gradiente de la función objetivo igual a cero. Los métodos Directos buscan óptimos locales saltando sobre la función y moviéndose en una dirección relacionada con el gradiente local. Esta es la noción de subir la colina: encontrar el mejor local,

²² Ibid. p, 34

subir por la función en la dirección permisible más escarpada. Aunque ambos métodos basados en el cálculo se han mejorado, ampliado y desmenuzado, algunos razonamientos simples muestran su falta de robustez²³.

El mundo real de la búsqueda está lleno de discontinuidades, es multivariable, con espacios ruidosos. Esto lleva a que los métodos dependientes de requerimientos de continuidad y de existencia de derivadas sean inapropiados para casi todo, excepto para un dominio muy limitado de problemas, por esta razón y debido a su alcance local implícito de búsqueda, es prudente considerar otros métodos. Los algoritmos aleatorios de búsqueda han aumentado su popularidad, a medida que los investigadores han reconocido la pobreza de los esquemas basados en cálculo y de los métodos enumerativos. También, los recorridos y esquemas aleatorios que buscan y guardan la mejor solución, se deben descartar debido al requerimiento de eficiencia. Se puede esperar que las búsquedas en corridas largas, no sean mejores que los esquemas enumerativos.

Es conveniente tener en cuenta que los métodos de búsqueda estrictamente aleatorios se deben separar de las técnicas aleatorias. El AG es un ejemplo de un procedimiento de búsqueda, que usa escogencia aleatoria como una herramienta para guiar una búsqueda altamente explotable a través de la codificación de un espacio de parámetros. Teniendo en cuenta esto, se puede notar que los métodos de búsqueda convencionales no cumplen los requerimientos de robustez que requiere el mundo real, considerando también que el concepto de optimización es un problema relativo a la cantidad de información que se tenga en un momento dado. Por otra parte, los AG presentan como característica esencial su robustez, ya que se desempeñan muy bien a través de un número grande de categorías de problemas. Esta robustez resulta en parte porque los AG comúnmente aplican su búsqueda en forma paralela, a un conjunto grande de puntos en el espacio de soluciones, en lugar de trabajar sobre un punto único, como hacen los algoritmos basados en el cálculo. Por ello, los AG no quedan recluidos en mínimos locales. Además usan la aptitud de las cadenas para dirigir la búsqueda; por lo que no requieren en general, mayor conocimiento específico del problema y de su espacio de búsqueda, y pueden operar bien sobre espacios de búsqueda que tienen saltos o ruido.

Métodos de Selección de cromosomas

Selección proporcional a la aptitud, con juego de la ruleta:

El AG original de Holland, usó la selección proporcional a la aptitud, en el cual el valor esperado de la reproducción de un individuo, es decir, el número de veces que se selecciona ese individuo, es proporcional a la probabilidad dada por la aptitud de ese individuo dividida por la aptitud

²³ Ibid, p,38.

promedio de la población. El método más común para implementarlo es el de la ruleta, donde a cada individuo se le asigna un arco de círculo de la ruleta, correspondiente a su aptitud proporcional con respecto a la población. La rueda se gira aleatoriamente el número de veces que sea necesario, hasta seleccionar el total de individuos de la población.

Escalización Sigma:

Los métodos de escalización sirven para proyectar valores de aptitud bruta en valores esperados, de tal forma que el AG sea menos susceptible a la convergencia prematura. Al iniciar una corrida, cuando la desviación estándar de las aptitudes es normalmente alta, los individuos más aptos no tendrán desviaciones estándar arriba de la media, y así no se destinarán a compartir la descendencia. Así mismo, en la corrida, cuando la población es normalmente más convergente y la desviación estándar es normalmente baja, los individuos más aptos permanecerán fuera, permitiendo que la evolución pueda continuar.

Elitismo:

Es una adición a muchos métodos de selección que obliga al AG a retener algunos de los mejores individuos, que pueden perderse si no se seleccionan para reproducción o si se destruyen por el cruce o la mutación.

Selección por clasificación:

La selección por clasificación es un método alternativo, cuyo propósito es también impedir la convergencia demasiado rápida. Los individuos de la población se ordenan de acuerdo a la aptitud, y el valor esperado de cada individuo depende de su clasificación más que de su aptitud absoluta. En este caso no hay necesidad de hacer una escala de aptitud, puesto que las diferencias de aptitud absoluta pueden llevar a problemas de convergencia. Entre sus desventajas está que en algunos casos puede ser importante saber que un individuo está bastante lejos en aptitud que su competidor más cercano.

Selección por torneo:

Los métodos proporcionales a la aptitud descritos anteriormente, requieren dos pasos a través de la población en cada generación: un paso para calcular la aptitud media, y otro paso para calcular el valor esperado de cada individuo. El escalamiento por clasificación, requiere el ordenamiento de toda la población por clase, un procedimiento que potencialmente consume mucho tiempo. La selección por torneo es similar a la selección por clasificación, en términos de presión de selección, pero es computacionalmente más eficiente y más apropiada para la implementación paralela. Existe una variante de este método denominada selección por torneo- n. La variación consiste en seleccionar una subpoblación de individuos escogidos al azar (sin importar su aptitud) a los que

posteriormente se aplica una selección por ruleta. De esta manera existen más posibilidades de que los individuos excepcionalmente mediocres tengan oportunidad de reproducirse.

Selección de estado estacionario:

La mayoría de los AG descritos son generacionales, en cada generación la nueva población esta conformada completamente de descendientes formados por padres de la generación anterior (a pesar de que algunos hijos sean idénticos a los padres). En selección de estado estacionario, solamente se reemplazan unos pocos individuos en cada generación, generalmente un número pequeño de los que son menos aptos se reemplaza por sus descendientes obtenidos de cruce y mutación de los individuos más aptos.

2.2 Paradigmas de aprendizaje de Máquina

El aprendizaje es la acción y efecto de aprender, es decir, de adquirir conocimiento (llegar a saber por medio de la inteligencia la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas). Existen 3 paradigmas básicos de aprendizaje de máquina descritos a continuación:

Aprendizaje Supervisado

En este tipo de aprendizaje, existe un profesor que tiene conocimiento del ambiente, conocimiento que no tiene el sistema, el cual es sentido por el sistema y el profesor; este último emite la respuesta óptima (que en efecto es la respuesta óptima que debería dar el sistema); el sistema a su vez, emite su respuesta, que se compara con la deseada para calcular una señal de error que retroalimenta al sistema para que sepa que tan lejos se encuentra de ella, y pueda corregir su acción. El sistema va ajustando su aprendizaje a medida que pasa el tiempo hasta que eventualmente pueda emular al profesor. En otras palabras, el conocimiento que tiene el profesor sobre el ambiente, se transmite al sistema tan fielmente como sea posible. Una vez alcanzada esta situación, el sistema puede ubicarse en el ambiente y actuar totalmente por él mismo, sin necesidad de depender del profesor.

Aprendizaje por Refuerzo

En el aprendizaje reforzado, no existe un profesor que le enseñe al sistema, cual sería la mejor acción a tomar en una situación dada. A cambio de eso, en este paradigma, el sistema demuestra un comportamiento de ensayo y error, y recibe una señal del ambiente que le indica si la acción que toma es buena o mala, que le servirá para reforzar o debilitar el mérito de la misma. Eventualmente, puede existir un crítico, que mejore la calidad de la señal de refuerzo dada por el ambiente. La señal de refuerzo enviada por el ambiente, evalúa el comportamiento del sistema (como un premio o castigo), pero no le indica cual es el que debería seguir, el sistema debe aprender, explotando el conocimiento que ha ganado de su ambiente, explorando el espacio de

soluciones posibles, buscando un mejor estado en el que reciba un refuerzo positivo. Sin embargo, se puede presentar el problema que por explorar nuevas soluciones, no se explore alguna que sea óptima, o viceversa. El aprendizaje reforzado puede ser de varios tipos:

Aprendizaje con refuerzo no asociativo: El sistema debe seleccionar una única acción, en vez de asociar varias acciones con diferentes estímulos. En este tipo, la señal de refuerzo es la única entrada que recibe el sistema del ambiente. Ha sido estudiado ampliamente en la optimización de funciones.

Aprendizaje con refuerzo asociativo: El ambiente suministra además de la señal de refuerzo, información sobre el estado del mundo, generalmente no completa. El sistema debe aprender una asociación óptima entre las sensaciones sobre su ambiente, y las acciones que puede ejecutar.

Aprendizaje con refuerzo postergado: Ocurre cuando en vez que el sistema reciba una señal de refuerzo después de cada acción ejecutada indicándole que tan buena fue, recibe un refuerzo retrasado después de la ejecución de una secuencia de acciones. Esta definición es aplicable a muchas situaciones de la vida real, en las cuales el premio final recibido por el agente depende de cada una de las acciones que se tomen para arribar hasta el estado final.

Aprendizaje con refuerzo indirecto o basado en modelos: En este tipo de aprendizaje, el sistema debe primero aprender un modelo del mundo, por ejemplo, de manera supervisada, para después utilizarlo en la búsqueda de una política adecuada de selección de acciones.

Aprendizaje con refuerzo directo o primitivo: Aquí el sistema ajusta su política de selección de acciones, basándose en las consecuencias observadas debido a las acciones tomadas, mediante experimentos de ensayo y error, sin necesidad de utilizar un modelo del mundo.

Aprendizaje no Supervisado

En este tipo de aprendizaje, también llamado autoorganizativo, no existe un profesor o señal de refuerzo. En este caso, el sistema debe encontrar las regularidades estadísticas de la información de entrada y desarrollar la habilidad de formar representaciones internas que codifiquen las características de la entrada y así crear nuevas clases automáticamente, sin recibir más información.

2.3 Sistema Clasificador CS-1

En 1978 Holland y Reitman²⁴ describen un sistema llamado "Sistema Cognitivo Uno" (CS-1), el cual se presenta esquemáticamente a continuación. El CS-1 combina un sistema de desempeño basado sintácticamente en cadenas simples de reglas (clasificadores), un sistema de asignación de créditos por épocas, y un algoritmo genético.

²⁴ GOLDBERG, Op.Cit p, 265-267.

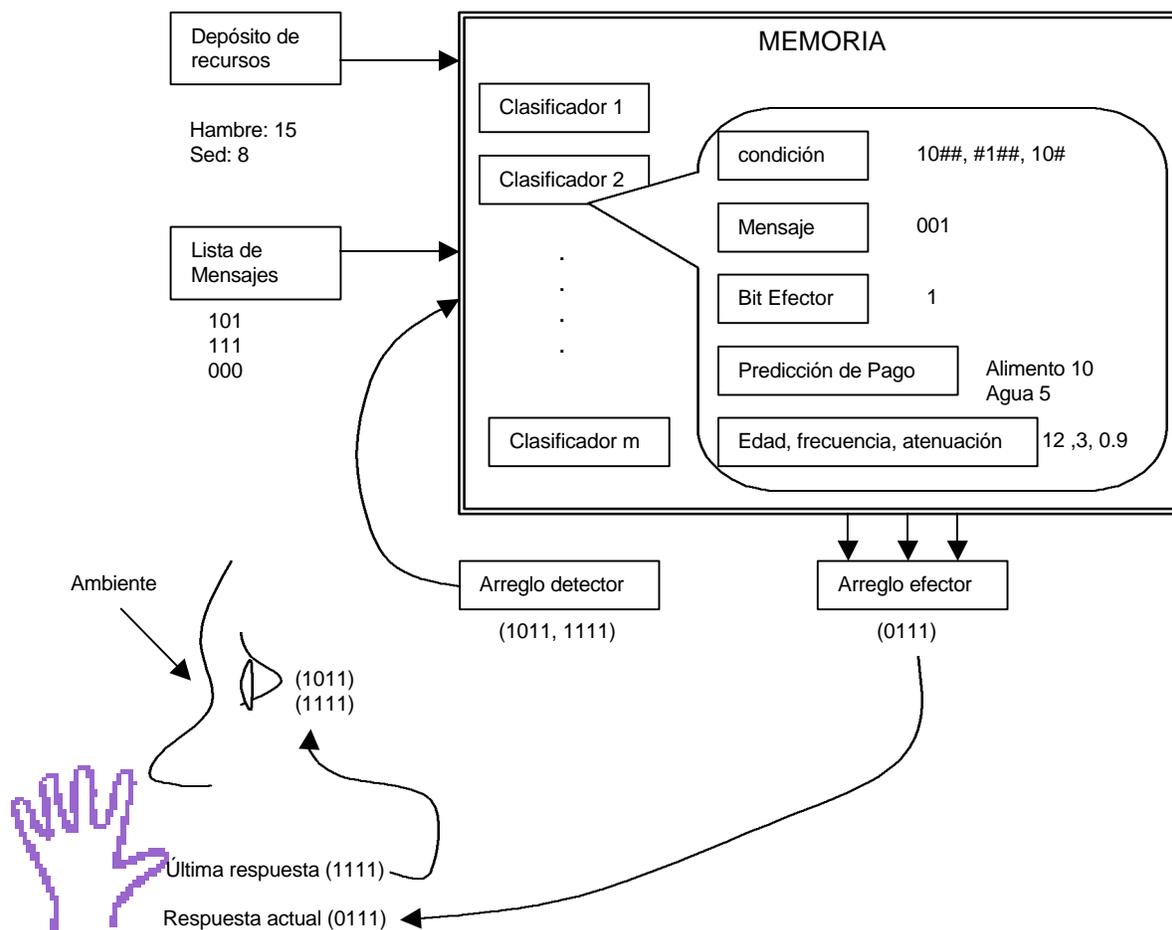


Figura 42. Esquema del Sistema Cognitivo Clasificador Uno, o CS-1. (Holland y Reitman, 1978)

Este sistema posee ciertas similitudes con el Sistema Clasificador Simple propuesto por Holland, aunque se pueden detectar diferencias considerables entre ambos. En CS-1, las condiciones de las reglas son segmentadas de tal forma que una porción se dedique a las señales del ambiente, otra porción se dedica a la última acción y una porción se dedica a una lista interna de mensajes separados. Esto es algo diferente de la descripción del sistema clasificador simple donde todas las comunicaciones son enviadas como mensajes a la lista de mensajes. En CS-1, el pago y su distribución son realizadas de forma diferente. Primero, el sistema mantiene depósitos separados para un número finito de recursos correspondientes a un número de necesidades del sistema: en el dibujo se aprecian dos recursos, alimento (hambre) y agua (sed). Estos niveles de recursos son agotados uniformemente con el tiempo y deben ser reabastecidos. De esta forma los niveles del recurso actual son usados para determinar la demanda actual, y los niveles de esta demanda son entonces usados en el proceso de decisión para determinar cuáles reglas activar. Segundo, CS-1 no distribuye el pago con un algoritmo de "Bucket Brigade", en cambio, es usado un algoritmo de épocas. Aquí una época es definida como el periodo de tiempo entre los eventos de pago, y se

elabora una tabla de records para rastrear el uso de la regla y su exactitud para el estado del problema dado.

Los parámetros de decisión primarios para un clasificador son sus valores de predicción de pago, los valores u . El CS-1 mantiene un valor separado para cada recurso relevante para el sistema (alimento y agua en la figura). Para determinar cuál o cuáles reglas se activarán en un ciclo dado, CS-1 toma el valor u_i de la predicción de pago de un clasificador, y el valor d_i de la demanda actual del sistema (donde la función d especifica un incremento del nivel de demanda por decrementar el nivel del depósito de recursos) y se calcula un valor de conveniencia x para cada clasificador de acuerdo con la siguiente ecuación: $x = \sum d_i u_i$, donde la sumatoria es tomada sobre todos los recursos i . La vuelta de una rueda de la ruleta indica el ganador donde el producto de la conveniencia x y el puntaje de emparejamiento obtenido M determinan el tamaño de las ranuras de la rueda (aquí el puntaje de emparejamiento es una medida que incrementa con la especificidad de la regla).

Después del procedimiento de emparejamiento y activación de la regla, el algoritmo de asignación de créditos por épocas rastrea la exactitud de los valores de predicción de pago por cada clasificador a través del uso de tres parámetros: edad, frecuencia, y atenuación. El parámetro de edad es incrementado en 1 durante cada ciclo computacional; sin embargo, como el clasificador recibe una recompensa (cuando se completa la época), la edad del clasificador es reducida por una cantidad que incrementa con el aumento de la utilidad de la regla. Este algoritmo de "Ponce de León" prolonga la vida útil de una regla, porque la sustitución del clasificador es desempeñada estocásticamente de acuerdo a la edad.

El parámetro de frecuencia es incrementado cada vez que una regla es activada. Esto es usado en el esquema de ajuste de pesos para dar mayor énfasis a aquellas reglas más pesadas (usadas). El parámetro de atenuación es un número entre 0 y 1. Inicialmente la atenuación de cada clasificador es igual a 1.0. Este es decrementado en el momento en que una regla tiene un valor de predicción de pago más alto que el de la regla sucesora. Una función de atenuación es usada como un multiplicador para decrementar la atenuación acumulada de la regla con el incremento de un error. Cuando el pago entra al sistema es distribuido de acuerdo a la atenuación y la frecuencia. Después, el esquema de asignación de créditos por épocas continúa de pago en pago (de recompensa en recompensa) ajustando los valores de predicción de pago de acuerdo con los valores de pago actuales.

ANEXO D

1. UN NUEVO PARADIGMA DE PROGRAMACIÓN

La *programación orientada a objetos* (POO) se suele conocer como un nuevo paradigma de programación. El significado de paradigma²⁵ en su origen significaba un ejemplo ilustrativo, en particular, modelo que mostraba todas las inflexiones de una palabra. El historiador Thomas Kuhn²⁶ describió un paradigma como un conjunto de teorías, estándares y métodos que juntos representaban un medio de organización del conocimiento, es decir, un medio de visualizar el mundo. En este sentido, la programación orientada a objetos es un nuevo paradigma. La orientación a objetos fuerza a reconsiderar nuestro pensamiento sobre la computación, sobre lo que significa realizar computación y sobre cómo se estructura la información dentro del computador²⁷. En POO, las entidades centrales son los **objetos**, que son tipos de datos que encapsulan con el mismo nombre estructuras de datos y las operaciones o algoritmos que manipulan esos datos.

ORIENTACIÓN A OBJETOS

La orientación a objetos puede describirse como el conjunto de disciplinas (ingeniería) que desarrollan y modelizan software para facilitar la construcción de sistemas complejos a partir de componentes²⁸. El atractivo intuitivo de la orientación a objetos es que proporciona conceptos y herramientas con las cuales se modela y representa el mundo real tan fielmente como sea posible. Las ventajas de programación a objetos son muchas en programación y modelación de datos. Como apuntaba Ledbetter y Cox (1985)²⁹: “la programación orientada a objetos permite una representación más directa del modelo del mundo real en el código”. El resultado es que la transformación radical normal de los requisitos del sistema (definido en términos de usuario) a la especificación del sistema (definida en términos de computador) se reduce considerablemente. Utilizando técnicas convencionales, el código generado para un problema de mundo real consta de

²⁵ Un ejemplo que sirve como modelo o patrón. Dictionary of Science and Technology. Academic Press. 1992.

²⁶ KUHN, Thomas S. The Structure of Scientific Revolution. 2° ed. University of Chicago Press. Chicago. 1970

²⁷ Objet – Oriented Programming (OOP).

²⁸ JOYANES AGUILAR, Luis. Programación Orientada a Objetos. Mac Graw Hill. España. 1996. p, 16.

²⁹ LEDBETTER, J y COX, Brad J. Objet – Oriented Programming. An Evolutionary Approach. Adison – Wesley. 1985

una primera codificación del problema y a continuación la transformación del problema en términos de un lenguaje de computador. Las disciplinas y técnicas orientadas a objetos manipulan la transformación automáticamente, de modo que el volumen de código codifica el problema y la transformación se minimiza. De hecho, cuando se compara con estilos de programación convencionales (procedimentales), las reducciones de código van desde un 40% hasta un orden de magnitud elevado cuando se adopta un estilo de programación orientado a objetos.

La POO proporciona las siguientes ventajas frente a otros lenguajes de programación³⁰:

Uniformidad: Ya que la representación de los objetos lleva implícita tanto el análisis como el diseño y la codificación de los mismos.

Comprensión: Tanto los datos que componen los objetos, como los procedimientos que los manipulan, están agrupados en clases, que se corresponden con las estructuras de información que el programa trata.

Flexibilidad: Al tener relacionados los procedimientos que manipulan los datos con los datos a tratar, cualquier cambio que se realice sobre ellos quedará reflejado automáticamente en cualquier lugar donde estos datos aparezcan.

Estabilidad: dado que permite un tratamiento diferenciado de aquellos objetos que permanecen constantes en el tiempo sobre aquellos que cambian con frecuencia, permite aislar las partes del programa que permanecen inalterables en el tiempo.

Reusabilidad. La noción de objeto permite que programas que traten las mismas estructuras de información reutilicen las definiciones de objetos empleadas en otros programas e incluso los procedimientos que los manipulan. De esta forma, el desarrollo de un programa puede llegar a ser una simple combinación de objetos ya definidos donde éstos están relacionados de una manera particular.

La orientación a objetos trata de cumplir las necesidades de los usuarios finales, así como las propias de los desarrolladores de productos de software. Estas tareas se realizan mediante la modelización del mundo real. El soporte fundamental es el modelo objeto. Los cuatro elementos (propiedades) más importantes de este modelo³¹ son:

- Abstracción
- Encapsulación
- Modularidad
- Jerarquía

Como sugiere Booch, si alguno de estos elementos no existe, se dice que el modelo no es orientado a objetos.

³⁰ FERNÁNDEZ SATRE, Sergio M. Fundamentos del <diseño y la Programación Orientada a Objetos. Mac Graw Hill. España .1994. p, 5.

³¹ BOOCH, Grady. Object – Oriented Analysis and Design with Applications. Benjamin/Cummings. 1994.

Abstracción

La abstracción es la propiedad que permite representar las características esenciales de un objeto, sin preocuparse de las restantes características (no esenciales). Una abstracción se centra en la vista externa de un objeto, de modo que sirva para separar el comportamiento esencial de un objeto de su implementación. Definir una abstracción significa describir una entidad del mundo real, no importa lo compleja que pueda ser, y a continuación utilizar esta descripción en un programa. El elemento clave de la programación orientada a objetos es la **clase**. Una clase se puede definir como una descripción abstracta de un grupo de objetos, cada uno de los cuales se diferencia por su estado y por la posibilidad de realizar una serie de operaciones. Por ejemplo³², una pluma estilográfica es un objeto que tiene un estado (llena de tinta o vacía) y sobre la cual se pueden realizar algunas operaciones (por ejemplo escribir, poner o quitar el capuchón, llenar de tinta si está vacía).

Encapsulación o encapsulamiento

La Encapsulación es la propiedad que permite asegurar que el contenido de la información de un objeto este oculta al mundo exterior: el objeto A no conoce lo que hace el objeto B, y viceversa. La Encapsulación, en esencia, es el proceso de ocultar todos los secretos de un objeto que no contribuyen a sus características esenciales.

La Encapsulación permite la división de un programa en módulos. Estos módulos se implementan mediante clases, de forma que una clase representa la Encapsulación de una abstracción. En la práctica esto significa que cada clase debe tener dos partes: una interfaz y una implementación. La interfaz de una clase captura sólo su vista externa y la implementación contiene la representación de la abstracción, así como los mecanismos que realizan el comportamiento deseado.

Modularidad

La Modularidad es la propiedad que permite subdividir una aplicación en partes más pequeñas (llamadas módulos), cada una de las cuales debe ser tan independiente como sea posible de la aplicación en sí y de las restantes partes.

La Modularidad consiste en dividir un programa en módulos que se puedan compilar por separado, pero que tienen conexiones con otros módulos. Al igual que la Encapsulación, los lenguajes soportan la Modularidad de diversas formas. Por ejemplo en C++ los módulos son archivos

³² JOYANES AGUILAR, Luis. Op Cit. p, 17

compilados por separado y en java son los mismos packages.

Jerarquía

La jerarquía es una propiedad que permite una ordenación de las abstracciones. Las dos jerarquías de un sistema complejo son: estructura de clases (Jerarquía es-un (is-a): generación/ especialización) y estructura de objetos (Jerarquía parte de (part-of): agregación). Las jerarquías de generalización/ especialización se conocen como herencia. Básicamente, la herencia define una relación entre clases, en donde una clase comparte la estructura o comportamiento definido en una o más clases (herencia simple y herencia múltiple, respectivamente).

La agregación es el concepto que permite el agrupamiento físico de estructuras relacionadas lógicamente. Así, un camión se compone de ruedas, motor, sistema de transmisión y chasis; en consecuencia, camión es una agregación, y ruedas, motor, sistema de transmisión y chasis son agregados de camión.

Polimorfismo

Polimorfismo es la propiedad que indica, literalmente, la posibilidad de que una entidad tome diversas formas. En términos prácticos, el polimorfismo permite referirse a objetos de clases diferentes mediante el mismo elemento de programa y realizar la misma operación de diferentes formas, según sea el objeto que se referencia en ese momento. Por ejemplo³³, cuando se describe la clase mamíferos se puede observar que la operación comer es una operación fundamental en la vida de los mamíferos, de modo que cada tipo de mamífero debe poder realizar la operación o función comer. Por otra parte, una vaca o una cabra que pastan en un campo, un niño que se come un bombón o caramelo y un león que devora a otro animal, son diferentes formas que utilizan los distintos mamíferos para realizar la misma función (comer). El polimorfismo implica la posibilidad de tomar un objeto de un tipo (mamífero, por ejemplo) e indicarle que ejecute comer; esta acción se ejecutará de diferente forma, según sea el objeto mamífero sobre el que se aplique.

Otras propiedades

El modelo objeto ideal no solo tiene las propiedades anteriormente citadas, sino que es conveniente que soporte, además, estas otras propiedades:

- Concurrencia (multitarea).
- Persistencia (almacenar datos en disco duro).

³³ JOYANES AGUILAR, Luis. Op Cit. p, 19.

- Genericidad.
- Manejo de excepciones.

El desarrollo de software bajo la concepción de la orientación a objetos, se constituye básicamente de tres fases: Análisis, Diseño y Programación Orientada a Objetos.

Etapas del Modelado de Objetos (Ciclo de vida del software)

Según Booch³⁴, El *Análisis Orientado a Objetos* (AOO) es un método que examina los requisitos del usuario desde la perspectiva de las clases y objetos que se encuentran en el vocabulario del dominio del problema. El *Diseño Orientado a Objetos* (DOO) es un método de diseño que abarca el proceso de descomposición orientada a objetos y una notación para describir los modelos lógico y físico, así como los modelos estático y dinámico del sistema que se diseña. Y la *Programación Orientada a Objetos* (POO) es un método de implementación en el que los programas se organizan como colecciones cooperativas de objetos, cada uno de los cuales representa una instancia de una clase, y cuyas clases son, todas ellas, miembros de una jerarquía de clases unidas mediante relaciones de herencia. A continuación se observa el flujo de proceso entre cada una de estas etapas las cuales son realimentadas en cada iteración del proyecto. Las fases de Prueba piloto y de campo son típicas de los proyectos de software educativo.

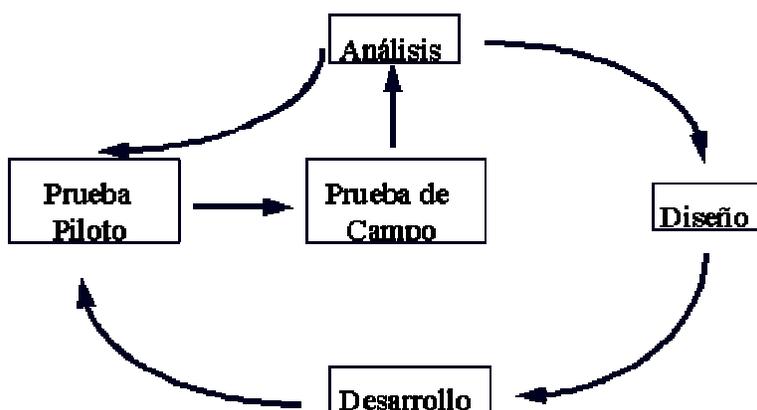


Figura 43. Etapas del desarrollo de software Educativo.

Frente a las ventajas y características que proporciona el paradigma orientado a objetos, el desarrollo de software ha alcanzado niveles superiores de eficiencia, seguridad, flexibilidad y sobre todo ha generado herramientas para el desarrollo de prototipos que se asemejan cada vez más a la realidad.

³⁴ BOOCH, G. Object –Oriented análisis and designs with applications. Benjamín Cummins. 1994. p, 56.

ANEXO E

1. Lineamientos Curriculares para matemáticas (Operaciones y problemas de suma, resta, multiplicación y división de números naturales)

Los lineamientos curriculares para matemáticas³⁵ son el resultado de un trabajo interdisciplinario e interinstitucional, que fue posible gracias a la voluntad decidida de muchas personas y organizaciones (entre ellas la Dirección General de Investigación y Desarrollo Pedagógico del Ministerio de Educación Nacional MEN) que compartieron interrogantes y se comprometieron en la búsqueda de conocimientos acerca de los lineamientos pedagógicos y curriculares que el país necesita y el Ministerio de Educación debe ofrecer. A continuación se presenta el currículo y sus elementos para el área de matemáticas de 4° de primaria.

1. Propósitos Educativos

Se debe considerar que el conocimiento matemático (sus conceptos y estructuras), constituye una herramienta potente para el desarrollo de habilidades del pensamiento. Un propósito importante respecto al desarrollo del pensamiento numérico y ampliando algunos énfasis propuestos en la resolución 2343, se podría decir que algunos aspectos fundamentales estarían constituidos por el uso significativo de los números y el sentido numérico que suponen una comprensión profunda del sistema de numeración decimal, no sólo para tener una idea de cantidad, de orden, de magnitud, de aproximación, y de estimación de las relaciones entre ellos, sino además para desarrollar estrategias propias de la resolución de problemas. Otro aspecto fundamental sería la comprensión de los distintos significados y aplicaciones de las operaciones en diversos universos numéricos, por la comprensión de su modelación, sus propiedades, su efecto y su relación entre las diferentes operaciones. Es de anotar que para el desarrollo del pensamiento numérico se requiere del apoyo de sistemas matemáticos más allá de los numéricos como el geométrico, el métrico, el de datos; es como si este tipo de pensamiento tomara una forma particular en cada sistema.

2. Contenidos

Es necesario relacionar los contenidos de aprendizaje con la experiencia cotidiana de los alumnos, así como presentarlos y enseñarlos en un contexto de situaciones problemáticas y de intercambio de puntos de vista. De acuerdo con esta visión global e integral del quehacer matemático, se

³⁵ Ministerio de educación Nacional. Lineamientos Curriculares de Matemáticas. Cooperativa Editorial Magisterio. 1999

propone considerar tres grandes aspectos para organizar el currículo en un todo armonioso:

- **Procesos generales** que tienen que ver con el aprendizaje, tales como el razonamiento, resolución y planteamiento de problemas, como también la comunicación, la modelación, elaboración, comparación y ejercitación de procedimientos.
- **Conocimientos básicos** que tienen que ver con procesos específicos que desarrollan el pensamiento matemático y con sistemas propios de las matemáticas.
- **El contexto** tiene que ver con los ambientes que rodean al estudiante y le dan sentido a las matemáticas que aprende. Variables como las condiciones sociales y culturales tanto locales como internacionales, los intereses que se generan, las creencias, así como las condiciones económicas del grupo social en el que se concreta el acto educativo, debe tenerse en cuenta en el diseño y ejecución de experiencias didácticas.

El acercamiento de los estudiantes a las matemáticas, a través de situaciones problemáticas procedentes de la vida diaria, de las mismas matemáticas y de otras ciencias es el **contexto** más propicio para poner en práctica el aprendizaje activo, la inmersión de las matemáticas en la cultura, el desarrollo de procesos de pensamiento y para contribuir significativamente tanto al sentido como a la utilidad de las matemáticas.

Los **conocimientos básicos** acerca del pensamiento numérico se adquieren gradualmente y van evolucionando en la medida en que los alumnos tienen la oportunidad de pensar en los números y de usarlos en contextos significativos. Los lineamientos curriculares proponen tres aspectos básicos que pueden ayudar a desarrollar el pensamiento numérico de los niños a través del sistema de los números naturales:

- *Comprensión de los números y de la numeración*: los números tienen distintos significados para los niños de acuerdo con el contexto en el que se emplean. En la vida real se utilizan de distintas maneras, entre las cuales están las siguientes³⁶: como secuencia verbal los números se utilizan en su orden habitual (uno, dos, tres,..) sin hacer referencia a ningún objeto externo, a veces con el propósito de recitar la secuencia o de cronometrar la duración de un juego. Cuando los números se usan para contar cada uno se asocia a un conjunto de objetos discretos. Este contexto conlleva el correcto empleo de la correspondencia biunívoca que cada número asocia un objeto. Cuando un número natural describe la cantidad de un conjunto bien definido de objetos discretos, se está usando el número como cardinal. Los números se utilizan para medir cuando describen la cantidad de unidades de alguna magnitud continua como longitud, superficie, etc. En un contexto ordinal el número describe la posición relativa de un elemento en un conjunto discreto y totalmente ordenado. En el contexto de código, los números se utilizan para distinguir clases de elementos. Actualmente, con el uso de los computadores, el número se

³⁶ RICO, Luis y CASTRO, E. Fundamentos para una aritmética escolar. Editorial Síntesis. Madrid. 1987

emplea como una tecla, en el que está asociado con un resorte diferenciado, que hay que accionar físicamente para su utilización. Dentro de la comprensión significativa del sistema de numeración se consideran tres actividades o destrezas que al reflexionar sobre ellas y relacionarlas ayudan a los niños a comprender el sistema de numeración, que son: contar, agrupar (en decenas, centenas, miles, etc) y el uso del valor posicional (es diferente tener 3 en las decenas que en las centenas).

- *Comprensión del concepto de las operaciones*: los aspectos básicos que según varios investigadores (NCTM³⁷, Dickson³⁸, McIntosh³⁹) se pueden tener en cuenta para construir el significado de las diferentes operaciones y que pueden dar pautas para orientar el aprendizaje de cada operación, tiene que ver con:

- reconocer el significado de la operación en situaciones concretas, de las cuales emergen. En el proceso de aprendizaje de cada operación hay que partir de las distintas acciones y transformaciones que se realizan en los diferentes contextos numéricos y diferenciar aquellas que tienen rasgos comunes, que luego permitan ser consideradas bajo un mismo concepto operatorio. Por ejemplo las acciones más comunes que dan lugar a conceptos de adición y sustracción son agregar y desagregar, reunir y separar, acciones que se trabajan simultáneamente con las ideas que dan lugar al concepto de número.
- reconocer los modelos más usuales y prácticos de las operaciones: se han propuesto diversos modelos para las operaciones básicas:

Adición:

- a) *Unión. Parte – parte – todo*: Juan tiene 3 carritos grandes y 2 carritos pequeños. ¿Cuántos carritos tiene en total?
- b) *Añadir o adjunción*: Juan tiene 3 carritos. Compra 2 más. ¿Cuántos tiene ahora?
- c) *Comparación*: Juan tiene 3 carritos. María tiene 2 carritos más que Juan. ¿Cuántos carritos tiene María?
- d) *Sustracción Complementaria*: Juan le da 2 carritos a María. Ahora le quedan 3. ¿Cuántos carritos tenía al empezar?
- e) *Sustracción vectorial*: Esta mañana Juan perdió 2 carritos. Al mediodía tenía 3 carritos más que al desayuno. ¿Cuántos carritos encontró?

Sustracción

- a) *Separación o quitar*: Juan tiene 5 carritos. Pierde 3. ¿Cuántos le quedan?
- b) *Comparación – Diferencia*: María tiene 5 carritos y Juan tienen 3. ¿Cuántos carritos más tiene María que Juan? ¿Cuántos carritos menos tienen Juan que María? ¿Qué diferencia hay entre el número de carritos que tiene María y el número de los que tiene Juan?
- c) *Parte – parte – todo. Unión*: Juan tiene 5 carritos, 3 son grandes. ¿Cuántos son pequeños?

³⁷ NCTM, Professional Standards for teaching Mathematics. Reston VA. 1991

³⁸ DICKSON, L. El aprendizaje de las matemáticas. Barcelona. Editorial Labor S.A. 1991.

³⁹ MCINTOSH, A. Proposed Framework for Examining Basic Number Sense. Canadá. 1992

- d) *Adjunción – Añadir*: Juan quiere 5 carritos. Ya tiene 3. ¿Cuántos más necesita?
- e) *Añadir*: Juan tenía algunos carritos. Ha comprado 3 más. Ahora tiene 5. ¿Cuántos tenía al empezar?
- f) *Sustracción vectorial*: Juan perdió hoy 5 carritos. Por la mañana perdió 3. ¿cuántos perdió por la tarde?

Multiplicación

- a) *Factor multiplicante*: Juan tenía tres carritos. María tenía 4 veces más. ¿Cuántos carritos tenía María?
- b) *Adición Repetida*: Juan compró 3 carritos cada día durante 4 días. ¿Cuántos carritos tiene en total?
- c) *Razón*: 4 niños tenían 3 carritos cada uno. ¿Cuántos carritos tenían en total?
- d) *Producto Cartesiano*: Un carrito de juguete se fabrica en 3 tamaños distintos y en 4 colores diferentes. ¿Cuántos carritos distintos se pueden comprar?

División

- a) *Repartir*: Juan tenía 12 carritos. Quería colocarlos en 4 hileras iguales. ¿Cuántos debía colocar en cada hilera?
- b) *Agrupamiento o sustracción repetida*: Juan tenía 12 carritos. Quería colocarlos en hileras de 4. ¿Cuántas hileras podía hacer?

Los significados que los niños captan más fácilmente son aquellos que tienen que ver con una acción, como “añadir”, “quitar”, “repartir”, lo cual coincide con la idea de Piaget con respecto a que las operaciones son acciones internalizadas.

- Comprender las propiedades matemáticas de las operaciones: lo más importante en el trabajo con las propiedades no es que los alumnos las expresen con símbolos o palabras, sino que sean capaces de manejar los números con solvencia al resolver problemas de la vida real, y en especial, para efectuar operaciones con destreza y eficacia, tanto en el cálculo mental como con el uso del computador.
 - Comprender el efecto de cada operación entre operaciones: por ejemplo, multiplicar por 0.1 es equivalente a dividir por 10; y dividir por 0.1 es equivalente a multiplicar por 10. Cuando un alumno comprende y descubre las relaciones que conectan la multiplicación y la división, puede ampliar su rango de estrategias para resolver problemas.
- Cálculos con números, y aplicaciones de números y operaciones: el cálculo mental y la estimación dan una gran oportunidad a los alumnos para hacer más dinámicas las operaciones y para desarrollar ideas sobre relaciones numéricas. Conviene estimularlos para que exploren e inventen estrategias alternativas para el cálculo mental. El contexto del problema no solo da pistas para las operaciones apropiadas sino para los números que se usan en estas operaciones y si una solución exacta o aproximada es apropiada.

Sin obedecer a una clasificación excluyente los **procesos generales** presentes en toda actividad matemática tienen que ver con factores como:

- *la resolución y el planteamiento del problema:* En la medida en que los estudiantes van resolviendo problemas van ganando confianza en el uso de las matemáticas, van desarrollando una meta inquisitiva y perseverante, van aumentando su capacidad de comunicarse matemáticamente y su capacidad para utilizar procesos de pensamiento de más alto nivel. En el proceso de resolver problemas influyen los siguientes factores:

- El dominio del conocimiento, que son los recursos matemáticos con los que cuenta el estudiante y que pueden ser utilizados en el problema como intuiciones, hechos, procedimientos y concepción sobre las reglas para trabajar en el dominio.
- Estrategias cognitivas que incluyen métodos heurísticos como descomponer el problema en simples casos, establecer metas relacionadas, invertir el problema, dibujar diagramas, el uso de material manipulable, el ensayo y el error, el uso de tablas y listas ordenadas, la búsqueda de patrones y la reconstrucción del problema.
- Las Estrategias Metacognitivas se relacionan con el monitoreo y control. Están las decisiones globales con respecto a la selección e implementación de recursos y estrategias, acciones tales como planear, evaluar y decidir.
- El sistema de creencias se compone de la visión que se tenga de las matemáticas de sí mismo. Las creencias determinan la manera como se aproxima una persona al problema, las técnicas que usa o evita, el tiempo y el esfuerzo que le dedica, entre otras.

- *El razonamiento:* En el razonamiento matemático es necesario tener en cuenta de una parte, la edad de los estudiantes y su nivel de desarrollo y, de otra, que cada logro alcanzado en un conjunto de grado se retoma y amplía en los conjuntos de grados siguientes. Para favorecer el desarrollo del razonamiento matemático se debe:

- Propiciar una atmósfera que estimule a los estudiantes a explorar, comprobar y aplicar ideas. Esto implica que los maestros escuchen con atención a sus estudiantes, orienten el desarrollo de sus ideas y hagan uso extensivo y reflexivo de los materiales físicos que posibiliten la comprensión de ideas abstractas.
- Crear en el aula un ambiente que sitúa el pensamiento crítico en el mismo centro del proceso docente. Toda información hecha, tanto por el maestro como por los estudiantes, debe estar abierta a posibles preguntas, reacciones y reelaboraciones por parte de los demás.

- *La comunicación:* según NCTM⁴⁰, las clases deberían caracterizarse por las conversaciones sobre las matemáticas entre los estudiantes mismos y con el profesor: Para que los profesores maximicen la comunicación con y entre los estudiantes, deberían minimizar la cantidad de tiempo

⁴⁰ NCTM, Op.cit p, 96.

que ellos mismos dominan las discusiones en el salón de clase. En las clases los profesores necesitan escuchar lo que los estudiantes comprenden, lo que ellos saben, lo que ellos piensan sobre las matemáticas y sobre su aprendizaje, escuchar las preguntas que hacen y las que no, etc., para conocer cómo van sus procesos de razonamiento, de resolución de problemas, etc., para orientar el uso del lenguaje matemático y ayudarlos a desarrollar su habilidad para comunicar las matemáticas.

- *La modelación:* Treffers y Goffree⁴¹ proponen que para transferir la situación problemática real a un modelo planteado matemáticamente, pueden ayudar algunas actividades como las siguientes:

- Identificar las operaciones matemáticas específicas en un contexto general.
- Esquematizar
- Formular y visualizar un problema en diferentes formas
- Descubrir relaciones
- Descubrir regularidades
- Reconocer aspectos isomorfos en diferentes problemas
- Transferir un problema de la vida real a un problema matemático
- Transferir un problema del mundo real a un modelo matemático conocido.

- *La elaboración, comparación y ejercitación de procedimientos:* bajo el nombre de procedimientos se define a los conocimientos en cuanto a actuaciones, destrezas, estrategias, métodos, técnicas, usos y aplicaciones diversas, resaltando en el alumno la capacidad de enfocar y resolver las propias actuaciones de manera cada vez más hábil e independiente, más estratégica y eficaz, con prontitud, precisión y exactitud. Un procedimiento puede ser por ejemplo, el acto de pedir prestado en la resta, o llevar un uno cuando la suma en las unidades da por ejemplo 13, etc.

3. *Secuenciación:* a continuación se esquematiza el orden cronológico y secuencial de cómo se debe presentar los temas referentes a las operaciones básicas en matemáticas.

CONTENIDOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	CLASES
Suma y Resta		
- Sistemas de numeración decimal	- Identificar unidades, decenas, centenas, etc. En un número.	1
- Descomposición polinómica de números naturales	- Expresar un número mediante la suma de los valores relativos de sus cifras	1
- Algoritmo de la adición	- Aplicar el algoritmo de la adición en la obtención de sumas	4
- Aplicaciones		
- Algoritmo de la Sustracción	- Utilizar el algoritmo de la sustracción en la solución de restas	6
- Aplicaciones		

⁴¹ DE LANGE, Jan. Mathematics Insight and Meaning. P, 43.

Multiplicación - Multiplicaciones básicas - Múltiplos y propiedades - Multiplicaciones abreviadas - Propiedad distributiva de la multiplicación - Algoritmo de la multiplicación - Otras multiplicaciones abreviadas	- Identificar múltiplos de un número	1
	- Reconocer a partir de un diagrama de flechas las propiedades de relación “es múltiplo de”	2
	- Multiplicar abreviadamente para ahorrar tiempo en la obtención de productos	2
	- Utilizar la propiedad distributiva de la multiplicación en la obtención rápida de productos	2
	- Comprender el algoritmo de la multiplicación mediante las propiedades que satisface	5
	- Resolver en forma ágil multiplicaciones abreviadas	2
División - La división y la sustracción - La división y la multiplicación - Algoritmo de la división para divisor de una cifra - Divisores - Números primos - Criterios de divisibilidad - Generalización del algoritmo de la división - Aplicaciones	- Efectuar divisiones como restas repetidas	2
	- Relacionar la división con la multiplicación	1
	- Comprender el algoritmo de la división con divisores de una cifra	4
	- Identificar los divisores de un número dado	4
	- Reconocer números primos por identificación de sus divisores	2
	- Aplicar los criterios de divisibilidad para reconocer los divisores de un número dado	4
	- Utilizar el algoritmo de la división para hallar cocientes	8
	- Resolver problemas en que intervengan las operaciones básicas	4

Tabla 36. Orden cronológico de los Contenidos Temáticos

4. Metodología

La metodología que se aplica a la enseñanza de las matemáticas puede variar dependiendo de la Institución Educativa, sin embargo la más recomendable⁴² es la Constructivista. El constructivismo matemático es muy coherente con la Pedagogía Activa y se apoya en la Psicología Genética de Piaget; se interesa por las condiciones en las cuales la mente realiza la construcción de los conceptos matemáticos, por la forma como los organiza en estructuras y por la aplicación que les da; todo ello tiene consecuencias inmediatas en el papel que juega el estudiante en la generación y desarrollo de sus conocimientos.

5. Recursos Didácticos

Los recursos didácticos empleados en el salón de clase para la enseñanza de las matemáticas tienen que ver con el uso del tablero, el ábaco, objetos como pelotas, frutas, entre otros y juegos referentes al tema visto en clase. Se puede emplear el computador para afianzar destrezas si se lleva bajo el enfoque de un programa de informática educativa en la Institución.

⁴² DAVIS, Philip y HERSH, Reuben. La experiencia matemática: Barcelano. Labor. p, 45.1998.

6. Evaluación

La nueva ley de educación introduce un cambio sustancial en el sistema educativo colombiano, exigiendo que la evaluación sea cualitativa. Esto no pretende decir que lo cualitativo excluye lo cuantitativo, sino por el contrario, lo primero incluye lo segundo cuando es posible cuantificar. El objetivo principal de la evaluación es determinar el alcance por parte de los alumnos, de los objetivos generales y específicos previstos en la ley general de educación colombiana y en los proyectos educativos de las instituciones y los logros que subyacen en los indicadores propuestos en la resolución 2343 de 1996. A continuación se presenta el listado del archivo de observaciones para la evaluación, con sus respectivos logros e indicadores, propuestos por el área de matemáticas de 4° de primaria en el Colegio El Minuto de Dios.

Logros	Identificadores
1. Identificación, Lectura, escritura y comprensión de números naturales, usándolos en diferentes contextos.	<ul style="list-style-type: none"> - Lee y escribe cantidades de siete o más cifras. - Reconoce el valor posicional de los números en nuestro sistema de numeración. - Descompone cantidades de siete cifras o más. - Emplea cantidades numéricas para describir su entorno. - Presenta dificultad en la escritura, lectura y descomposición de cantidades
2. Aplicación de la lógica y las operaciones de adición, sustracción, multiplicación y división de números naturales en la solución de problemas.	<ul style="list-style-type: none"> - Realiza con agilidad y precisión sumas y restas de números naturales - Realiza con agilidad y precisión multiplicaciones de números naturales - Realiza con agilidad y precisión divisiones entre números naturales - Aplica las operaciones vistas en la formulación y solución de problemas matemáticos. - Establece y explica relaciones entre las diferentes operaciones - Falta agilidad y precisión al efectuar sumas y restas - Falta agilidad y precisión al efectuar multiplicaciones - Falta agilidad y precisión al efectuar divisiones - Se le dificulta solucionar problemas matemáticos por falta de lógica en el análisis.
3. Aplicación de propiedades de las operaciones matemáticas en la solución de problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica las propiedades de la adición, sustracción, división y la multiplicación, aplicándolas en el cálculo numérico. - Se le dificulta identificar las propiedades de la adición, sustracción, división y la multiplicación, aplicándolas en el cálculo numérico. - Formula, analiza y soluciona problemas matemáticos con elementos de su entorno - Se le dificulta formular, analizar y solucionar problemas matemáticos con elementos de su entorno. - Encuentra múltiplos de un número. - Encuentra divisores de un número.

Tabla 37. Logros e Identificadores correspondientes al aprendizaje de las operaciones básicas en matemáticas.

2. FORMATOS DE ENCUESTAS Y PRUEBAS DE CONOCIMIENTOS

FORMATO MEC 1 DE ENCUESTA PARA PROFESORES



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

Proyecto: Material Educativo Computarizado con Alto Nivel de Interacción como Apoyo para la enseñanza de las Matemáticas Básicas (Suma, Resta, Multiplicación y División de números Naturales).

ENCUESTA PARA PROFESORES

Colegio: _____.
 Nombre: _____ Area: _____.
 Grado: _____ Teléfono: _____.

1. ¿Qué problemas ha detectado que se presentan con mayor frecuencia en los alumnos en el aprendizaje de las matemáticas? _____

2. ¿Qué problemas ha detectado en los alumnos, específicamente en el aprendizaje de las operaciones básicas como la suma, resta, multiplicación y división de números naturales?

3. ¿En qué teoría del aprendizaje se basa para el desarrollo de actividades de enseñanza? ¿Por qué?

Conductismo
 Conductismo Cognoscitivo
 Cognoscitividad
 Otras _____
 Porque: _____

4. ¿Qué metodología emplea para la enseñanza de su materia? ¿Por qué la emplea? _____

5. ¿Qué método de evaluación emplea? ¿Por qué? _____

6. ¿Qué método de evaluación le gustaría emplear? ¿Por qué? _____

7. ¿Qué mecanismos de retroalimentación utiliza? _____

8. ¿Cómo verifica que la totalidad de los alumnos han asimilado y comprendido el tema correctamente? _____

9. ¿Qué estrategias sigue para detectar y nivelar aquellos alumnos que no han alcanzado el nivel de los demás? _____

10. ¿Personaliza o individualiza usted la enseñanza de cada uno de los estudiantes? Sí No
¿Cómo lo hace? _____

11. ¿Qué actividades realiza para la enseñanza de su materia? _____

12. Cuando nota que los estudiantes han perdido interés por el tema o la materia, ¿qué mecanismos utiliza para motivarlos? _____

13 ¿Qué medios emplea como apoyo para la enseñanza?

Películas Cintas Carteleras
 Tablero Materiales Didácticos Textos
 Software Educativo Laboratorios Herramientas Multimedia
 Internet Otras: _____

14. ¿Qué conocimientos básicos tiene en computación?

Manejo de DOS Manejo de Windows 95/98 Manejo de Office (Word,Excel..)
 Manejo de Archivos Instalar y desinstalar software Juegos
 Otras (explique) _____

15 Emplea un software educativo como apoyo para la enseñanza de su materia? _____

16 Desearía contar con un software que le ayudaría a detectar los problemas en sus estudiantes?
¿Por qué? _____

17 ¿Qué características debería tener dicho software según su criterio? _____

18 ¿Hace parte de algún proceso de informática educativa en el colegio donde usted educa?

Sí No Explique el proceso: _____

GRACIAS POR SU COLABORACION

FORMATO MEC 2 DE ENCUESTA PARA ALUMNOS



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

Proyecto Investigativo: Material Educativo Computarizado con Alto Nivel de Interacción como Apoyo para la enseñanza de las Matemáticas Básicas (Suma, Resta, Multiplicación y División de números Naturales).

ENCUESTA PARA ALUMNOS

Colegio: _____
 Nombre: _____ Edad: _____
 Curso: _____ Teléfono: _____

1. ¿Cuál es la materia que menos te gusta estudiar? _____
 ¿Por qué? (señala una o varias razones)

Porque me parece aburrida
 Porque no le entiendo al profesor
 Porque me parece muy difícil
 Porque no me gusta como el profesor hace la clase
 Porque no existe confianza con el profesor
 Porque se me dificulta realizar las tareas cuando estoy solo
 Porque cuando no entiendo me da pena preguntar
 Porque el profesor explica demasiado rápido

Otras: _____

2. Imagina que eres el profesor de esa materia que no te gusta, ¿Cómo harías la clase para que los niños tomaran interés en ella? Haz algunas sugerencias.

3. ¿Cómo te gustaría que se realizara la clase para que te comenzara a gustar? (elige una o varias opciones)

Con talleres
 Con cuentos
 Con la ayuda del computador
 Con juegos
 Con ejemplos reales
 Con la ayuda de un profesor sólo para mi

Otras: _____

4. ¿Te gustan las matemáticas? Si No ¿Por qué? _____

5. Escribe el nombre de la materia que más te gusta: _____
¿Por qué te gusta? (selecciona una o varias opciones)

Porque el profesor explica claramente

Por que entiendo fácilmente lo que el profesor explica

Por que la clase no es monótona ni aburrida ya que se realizan diversas actividades

Porque el profesor explica varias veces hasta que todo el mundo entiende

Otras: _____

6. ¿Te gusta usar el computador? Si No ¿Por qué? _____

7. Cuando empleas el computador, ¿Qué es lo que más te gusta hacer?

Jugar

dibujar

ver cuentos e historietas

leer y escribir

Otras: _____

8. De los siguientes juegos e historietas, escoge la categoría que más te guste:

Dinosaurios

Astronomía, Espaciales

Animales

Personajes de la televisión

Otras: _____

GRACIAS POR TU COLABORACION

FORMATO MEC 3 DE PRUEBA DE CONOCIMIENTOS PARA ALUMNOS

Colegio: _____
 Nombre: _____ Edad: _____
 Curso: _____ Teléfono: _____

Identifica las operaciones que se deben utilizar (puedes escribir suma, resta, multiplicación o división)

- 1). Ana se come 2 dulces diariamente. ¿Qué debe hacer para saber cuantos come en una semana? _____.
- 2). A Rodrigo se le perdieron 3 canicas de las 24 que tenía. ¿Qué debe hacer él para saber cuantas le quedan ahora? _____.
- 3). Si Juan tiene 3 manzanas y Carla le regala otras 2. ¿Qué operación se debe realizar para saber cuántas manzanas tiene Juan? _____.
- 4). Una pizza trae 8 porciones. Si Diego va con Andrea, ¿Qué debe hacer para saber cuántas porciones le corresponde a cada uno? _____.

Realiza los siguientes ejercicios

5). Completa los siguientes matemagramas buscando que coincidan todas las respuestas horizontal y verticalmente:

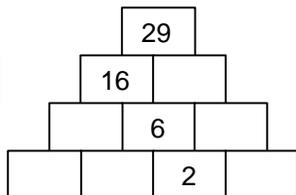
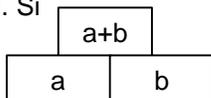
10	-	5	=	
+		+		+
	-		=	5
=		=		=
	-	20	=	

12	X		=	
X		X		÷
	X	4	=	16
=		=		=
	÷	16	=	3

Resuelve el siguiente Problema:

6). Carlos, la semana pasada recogió los huevos de su gallinero así: el lunes 19, el martes 28, el miércoles 24, el jueves 22, el viernes 27y el sábado 24. ¿Cuántos huevos recogió en los 6 días y Cuánto dinero realizó si vendió a \$ 62 la docena?

7). Si



Completa la siguiente pirámide

8). Si A y B son consecutivos, halla A, B y C.

$$\begin{array}{r} A B \\ + A C \\ \hline 1 B B \end{array}$$

Realiza las siguientes operaciones:

- 9). $36 + 24 =$ _____.
- 10). $117 - 48 =$ _____.
- 11). $15 \times 7 =$ _____.
- 12). $135 \div 5 =$ _____.
- 13). $1342 + 176 =$ _____.
- 14). $2897 - 35 + 24 =$ _____.
- 15). $(329+8) \times 5 =$ _____.
- 16). $4608 \div 18 =$ _____.
- 17). $4897 - 568 + (25 \times 32) =$ _____.
- 18). $43788 \div 356 =$ _____.

Completa las siguientes operaciones con la respuesta correcta:

- 19). _____ $\times 12 = 4800$
- 20). $135 \times$ _____ $= 945$
- 21). $947 +$ _____ $= 1736$
- 22). _____ $\div 10 = 45$

Puedes realizar las operaciones en la hoja en blanco al respaldo.

ANEXO F

Clases Reutilizadas de La MFC (Microsoft Foundation Class)

- com.ms.wfc.app: Proporciona las clases que encapsulan las operaciones de las aplicaciones Windows, como threads (hilos), paso de mensajes (messaging), y acceso al portapapeles y al registro. Algunas de las clases contenidas dentro de este paquete son:
 - Application: Proporciona métodos estáticos típicamente usados en una aplicación.
 - CharacterSet: Encapsula las diferentes parámetros que un objeto Font puede usar.
 - Clipboard: Encapsula el portapapeles de los sistemas Win32.
 - DataFormats: Traducciones entre formatos de portapapeles WFC basados en texto y formatos de portapapeles Win32 basados en enteros
 - DataFormats.Format: Almacena el formato del tipo
 - DataObject: Define un objeto básico de transferencia.
 - Locale: Encapsula el identificador Win32 local(LCID).
 - Message: Implementa un mensaje Windows.
 - Registry: Proporciona un conjunto de constantes para las claves de la raíz en el registro del sistema.
 - RegistryKey: Proporciona métodos que permiten leer y escribir en el registro del sistema.
 - SystemInformation: Proporciona información acerca del sistema operativo
 - Window: Proporciona una encapsulación de bajo nivel para el manejo y procedimientos de una ventana.
- com.ms.wfc.core: Proporciona las clases del modelo de núcleo de componentes. Algunas de las clases que se encuentran este componente son:
 - Container: Representa un contenedor de componentes
 - Event: Representa la Clase base para todos los eventos
 - PropertyInfo: Define una propiedad de un componente

Algunas de las interfaces que se encuentran este componente son:

- Icomponent: Define la interfaz de un componente
- IresourceManager: Define una interfaz para el manejo de recursos de datos

- Icustomizer: Define la interfaz para un componente personalizado
- com.ms.wfc.ui: Proporciona las clases del componente interfaz de usuario. Contiene clases como:
 - Animation: Encapsula un control Windows de animación, un control rectangular que corre un archivo de animación AVI.
 - Appearance: Define constantes que especifican la apariencia de un componente.
 - Bitmap: Encapsula un mapa de bits de Windows.
 - BorderStyle: Define las constantes que especifican los estilos básicos para el borde de una ventana.
 - Button: Encapsula un control Button (Botón) de Windows.
 - CheckBox: Encapsula un control CheckBox de Windows.
 - ComboBox: Encapsula un control ComboBox de Windows.
 - Cursor: Encapsula el puntero de mouse y las operaciones que puede desempeñar el mouse.
 - Form: Representa una ventana de alto nivel.
 - Help: Encapsula el motor de ayuda Win32.
 - Image: Representa la clase base para clases de imágenes como mapas de bits, iconos, cursores, metarchivos, etc.
 - Label: Encapsula el control label (etiqueta) de Windows.
 - LayoutEvent: Proporciona eventos para el layout de un objeto control.
 - ToolBar: Encapsula un control ToolBar (Barra de herramientas) personalizado
 - ShocwaveFlash: es un control active X que controla la conexión con animaciones en Flash 5 de Macromedia.

Adicionalmente a las clases encontradas en los paquetes especificados, se reutilizarán algunas clases ejemplo que se distribuyen con las librerías de ayuda de MSDN (Microsoft Developer Network), estas son:

- FlatBase: Es una clase abstracta Define las especificaciones básicas de un botón plano.
- FlatButton: Es un clase instancia a partir de FlatBase, para permitir ejemplificar objetos concretos en la interfaz.
- FlatStyle: Clase que define el estilo específico de un botón plano.

ANEXO G

1. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO ENTRE LOS DOS SISTEMAS CLASIFICADORES EN UN ENFOQUE ANIMAT

Cuando Holland propuso el primer modelo de un sistema clasificador lo hizo con el fin de simular un sistema cognitivo orgánico que pudiera crear modelos mentales de su entorno. Un modelo mental es la representación a través de estructuras cognitivas de una situación percibida.

Holland investigó y evaluó aquellas estructuras cognitivas que pudieran representar coherentemente una información de entrada al sistema cognitivo y llegó a la conclusión que las reglas de producción, consideradas por él mismo como bloques de construcción epistémicos, podían hacer este tipo de representaciones correctamente.

El objetivo principal de construir un sistema cognitivo (conocido también con el nombre de sistema clasificador) era el poder simular procesos de aprendizaje por medio de la inducción, los cuales pasaran del conocimiento muy específico hasta llegar al general. En la medida que se desplaza de lo específico hacia lo general es posible llegar a conclusiones que son incorrectas (p.e: los silogismos ilustrativos usualmente conciernen {aves, plumas, volar y pingüinos}). Sin embargo, si el proceso de inferencia es guiado o forzado entonces la inducción y la abducción (descrita como “inferir la mejor explicación de algo”) pueden ser usadas para entender el aprendizaje en ambientes dinámicos y complejos. Holland⁴³ asevera que “el problema central de la inducción es especificar las restricciones de procesamiento que asegurarán las inferencias realizadas por un sistema cognitivo y que tienden a ser plausibles y relevantes para las metas del sistema”. Las restricciones deben estar basadas en colecciones de reglas o hechos auxiliares que condicionen el proceso de abducción. Por otro lado el proceso de abducción de una visualización del entorno es dependiente del contexto y es necesario tener algún mecanismo de retroalimentación de tal forma que el conocimiento actual pueda ser alterado (corregido o ampliado) como consecuencia de la visualización.

Se ha denominado *enfoque animat* a la ciencia que intenta diseñar, implementar y construir agentes autónomos o animales artificiales (o simulados) que puedan sobrevivir exitosamente en un

⁴³ Holland, J.H., Holyoak, K.J., Nisbett, R.E. y Thagard, P.R. Induction: Processes of Inference, Learning and Discovery. Cambridge, MA: MIT Press, 1986..

ambiente dinámico y amenazante, demostrando un comportamiento adaptativo, que posea algún grado de inteligencia artificial. Se define una animat como un animal simulado o un robot real (simulated animal, artificial animal) cuyas reglas de comportamiento están inspiradas en las de los animales reales. Están dotados de sensores y actuadores que les permiten reaccionar a cambios ocurridos en el ambiente. Su comportamiento es adaptativo, en la medida que le permite sobrevivir o alcanzar su misión en tal ambiente. Los comportamientos más estudiados son los de movimiento, búsqueda de comida, evasión de obstáculos, apareamiento, supervivencia, comunicación, modelos presa-depredador, y en conducta de manadas y rebaños⁴⁴.

Los animats son sistemas que funcionan en tiempo real: deben realizar la acción correcta, es decir, deben tomar las decisiones más apropiadas en el momento preciso, basándose en las señales enviadas hacia y desde el ambiente, su estructura fisiológica (interna) y las consecuencias de su comportamiento actual y futuro. El animat debe querer algo y estar fundamentado en un sistema motivacional⁴⁵.

Para realizar este experimento se simulará un ambiente artificial bidimensional (similar al modelo realizado por Wilson⁴⁶ quien lo definió como mundo WOODS7) en forma de rejilla cuadrículada de 8 x 8 posiciones en la que habitará un ratón (el animat propiamente dicho). Este ratón deberá aprender a moverse dentro de su ambiente evitando obstáculos como muros y límites del ambiente, evitando consumir venenos y procurando buscar alimento y agua.

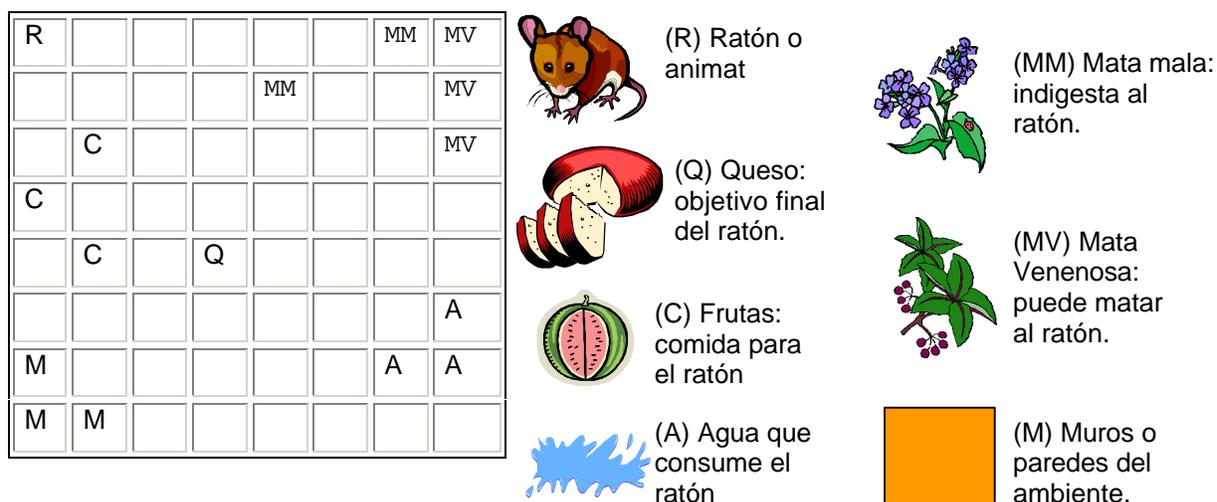


Figura 44. Ambiente artificial del animat

⁴⁴ MEYER, J.A.; GUILLLOT, A. From SAB90 to SAB94: four years of animat research. En: WILSON, S.W. From Animals to Animats 3: Proceedings of the Third Conference on Simulation of Adaptive Behavior. The MIT Press/Bradford Books. 1994.

⁴⁵ ROJAS, Sergio A. Disertación teórica sobre simulaciones inspiradas biológicamente para el estudio del comportamiento adaptativo. Monografía de grado, Universidad Nacional de Colombia, 1998, p. 5 - 62.

⁴⁶ GOLDBERG, Op.cit, p, 285 - 288.

El ambiente posee 8 elementos básicos:

- Ratón (R): representa al animat.
- Comida (C): representa un insumo para el ratón. El consumo de ésta le retribuye un beneficio al animat.
- Agua (A): representa un insumo líquido para suplir la necesidad de sed en el animat.
- Queso (Q): representa el objetivo final del animat, es decir, cuando el ratón consigue comerse el queso entonces recibe una recompensa y se detiene la simulación.
- Mata Mala (MM): representa uno de los obstáculos del ambiente. El ratón podrá comerla pero recibirá un refuerzo negativo (indigestión).
- Mata Venenosa (MV): esta planta al igual que la mata mala es un refuerzo negativo aunque la venenosa ocasiona un efecto más drástico.
- Muro (M): representa un límite espacial dentro del ambiente.
- Casilla en blanco (B): representa la ausencia de objetos en dicha casilla.

El objetivo del animat es alcanzar la mayor cantidad de comida sin toparse con las matas ni los muros. El animat posee un campo de percepción de 8 casillas a su alrededor, es decir, las casillas ubicadas a su norte, noreste, este, sureste, sur, suroeste, oeste y noreste. La información sensada se representa como una cadena, llamada mensaje ambiental, que comienza con lo sensado en la celda vecina al noroeste siguiendo el recorrido en el sentido de las manecillas del reloj; ejemplo:

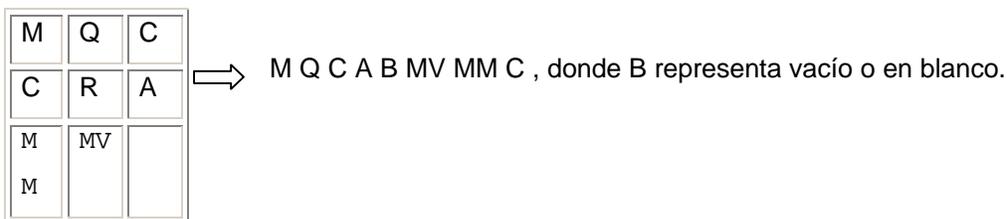


Figura 45. Rango de percepción del animat.

Dicha cadena de caracteres se convierte a una cadena binaria por medio de la siguiente transformación:

M	→	001
B	→	010
A	→	011
C	→	100
Q	→	101
MM	→	110
MV	→	111

L → 000 : representa un límite del ambiente, es decir, si el ratón se encuentra en la posición 8,8 del ambiente inicial, no se podrá desplazar a la posición 8,9 porque el ambiente solo tiene 8 posiciones a lo largo y 8 posiciones a lo ancho.

Las reglas o clasificadores que guían el comportamiento del animat tienen una condición de 24 bits (equivalentes al contenido de las 8 celdas que rodean al ratón, y cada celda se representa por 3 bits indicando el elemento que se encuentra en la casilla) más dos bits que representan una señal propia del ambiente (ya que el animat puede encontrarse en diferentes ambientes, cada uno posee una identificación binaria) y su acción está representada por 3 bits indicando la próxima casilla a desplazarse.

La codificación de la acción está dada por:

Posición Noroeste:	→	000	Posición Sureste:	→	100
Posición Norte:	→	001	Posición Sur:	→	101
Posición Noreste:	→	010	Posición Suroeste:	→	110
Posición Este:	→	011	Posición Oeste:	→	111

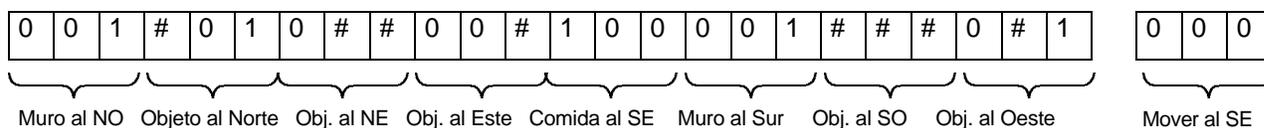
Ejemplo:

M	M	M
M	R	M
M	M	C



M M M M C M M M: Este estado del problema puede ser modelado por el siguiente clasificador: 0 0 1 # 0 1 0 # # 0 0 # 1 0 0 0 0 1 # # # 0 # 1 : 1 0 0 , lo cual quiere decir que cuando el ratón se encuentre rodeado de Muros y encuentre alimento en la casilla al sureste, se debe desplazar hacia ésta para consumir el alimento.

Del clasificador anterior se puede distinguir:



Gracias a la existencia de los comodines (#) se pueden formar esquemas que representan más de un estado del problema. Por ejemplo, en el clasificador anterior hay 8 comodines, luego el clasificador representa $2^8 = 256$ estados del problema ya que cada # puede ser sustituido por un 1 o un 0. Por lo tanto, la cadena 0#1 (Objeto al oeste) puede representar tanto un Muro (001) como un suministro de agua (011), en el primer caso el ratón deberá esquivarlo, en el segundo el ratón podrá dirigirse al suministro de agua. Esto quiere decir que aunque se encuentre un clasificador que concuerde con el mensaje ambiental, no siempre su acción representa la decisión óptima, sólo representa una decisión (aplicable al estado actual) que puede ser mejorada o reemplazada por otra a través del tiempo y la experiencia con el mismo ambiente.

Para realizar el experimento se tomarán tres ambientes diferentes los cuales se incrementarán en

complejidad. Luego se determinará el número de iteraciones que tarda cada sistema clasificador en llegar a su objetivo (queso) empleando y sin emplear un mecanismo generador de reglas nuevas (el Algoritmo Genético). Cabe notar que la implementación del SC del animat posee los mismos parámetros especificados en la sección 6.5.

Ambiente 1: Buscando alimento diagonalmente...

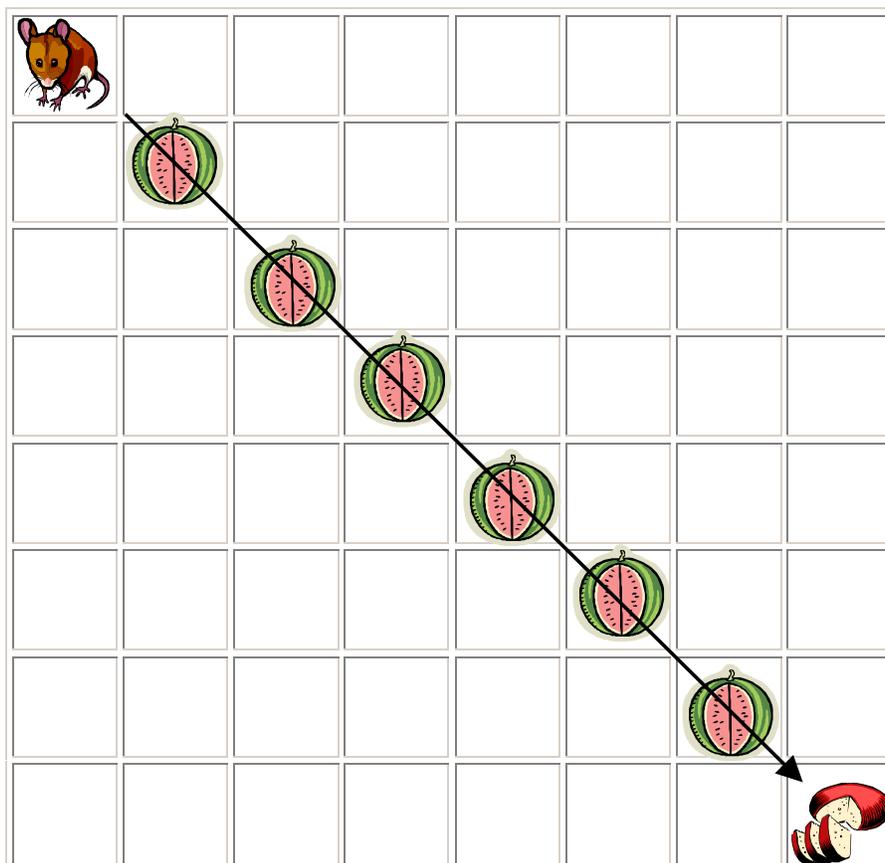


Figura 46. Ambiente Artificial 1.

El objetivo principal de este ambiente es lograr que el ratón aprenda a moverse dentro del patrón de distribución de comida, es decir, debe moverse diagonalmente comiéndose las frutas hasta llegar al queso. El número óptimo de pasos que debe realizar el animat es 8.

La población de clasificadores inicial es generada aleatoriamente y cada clasificador posee un ganancia (aptitud) de 500 unidades. Luego de tener esta población inicial, se activaron cada uno de los sistemas clasificadores teniendo en cuenta tres parámetros: empleando el AG, sin emplear el AG y empleando un mecanismo completamente estocástico (aleatorio). Los resultados fueron los siguientes:

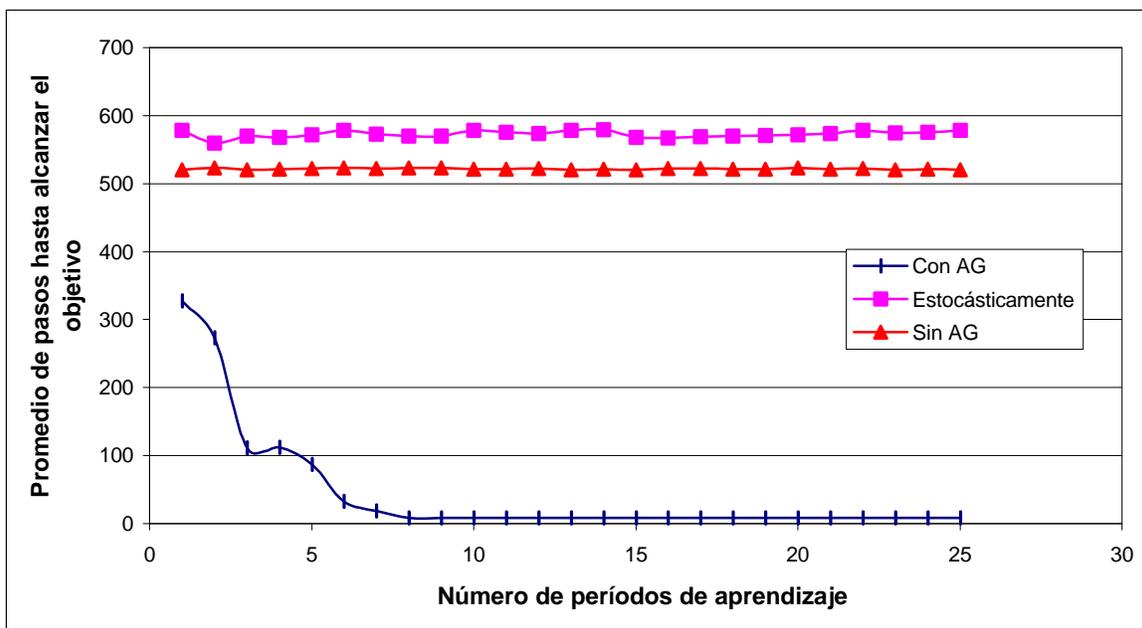


Gráfico 20. Curva de aprendizaje del Animat empleando el Sistema Clasificador Simple.

Para obtener los resultados anteriores, se realizó el mismo procedimiento 10 veces sobre una población constante y luego se procedió a obtener el promedio por cada período de aprendizaje (equivalente al número de iteraciones realizadas por el animat hasta encontrar el queso) con el fin de tener unos resultados confiables. Como se puede observar, el sistema clasificador simple SCS demuestra un buen desempeño y una curva de aprendizaje convergente (a ocho pasos) cuando se emplea un mecanismo generador de reglas nuevas (AG). En promedio, se requieren de 8 períodos de aprendizaje para lograr que el animat aprenda el patrón de distribución de comida en forma diagonal del ambiente, esta cantidad de períodos es relativamente pequeña gracias a que el ambiente no es muy complejo.

Se puede observar también que la curva de aprendizaje no decrementa en forma constante y muchas veces se pueden encontrar altibajos en la gráfica, esto se debe a que el animat en cada período de aprendizaje comienza a buscar al tanteo una ruta de desplazamiento, y es a través de la experiencia que va refinando sus modelos mentales (clasificadores y conexiones) hasta lograr estabilizar su recorrido en busca de alimento. Algo importante que cabe destacar es que en un principio el animat no “sabe” que la comida como las frutas y el queso le retribuyen algún tipo de beneficio, sino que es por medio de la experiencia y la retroalimentación que se establece este tipo de conocimiento. Ahora se presenta el desempeño ofrecido por el sistema cognitivo CS-1.

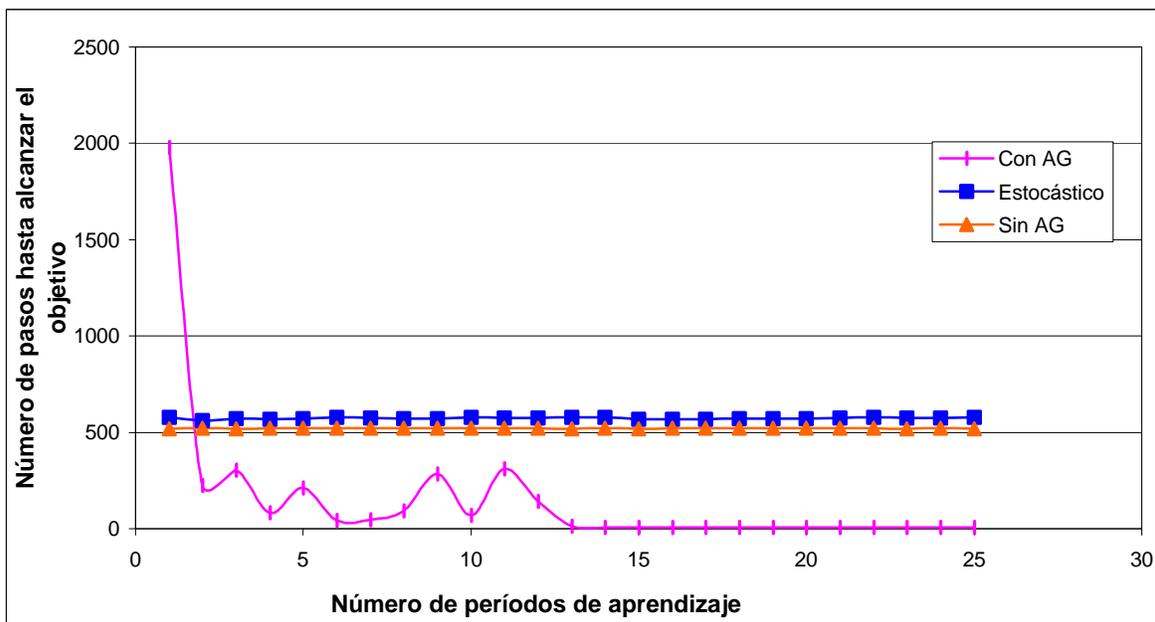


Gráfico 21. Curva de aprendizaje del Animat empleando el Sistema Cognitivo 1.

Como se puede apreciar en el anterior gráfico, el desempeño del sistema cognitivo es bastante irregular, logrando una convergencia en el aprendizaje después de 14 períodos de tiempo contra 8 del SCS. De nuevo el uso del AG ofrece un mejor rendimiento sobre aquellas técnicas puramente estocásticas y sobre sistemas cognitivos que no emplean mecanismos de generación de reglas nuevas, aunque en un comienzo el CS-1 requería un mayor número de iteraciones o pasos antes de encontrar el queso a causa de invertir esfuerzos en la exploración de diferentes rutas alternas. A continuación se presenta la comparación entre el rendimiento de los dos sistemas clasificadores:

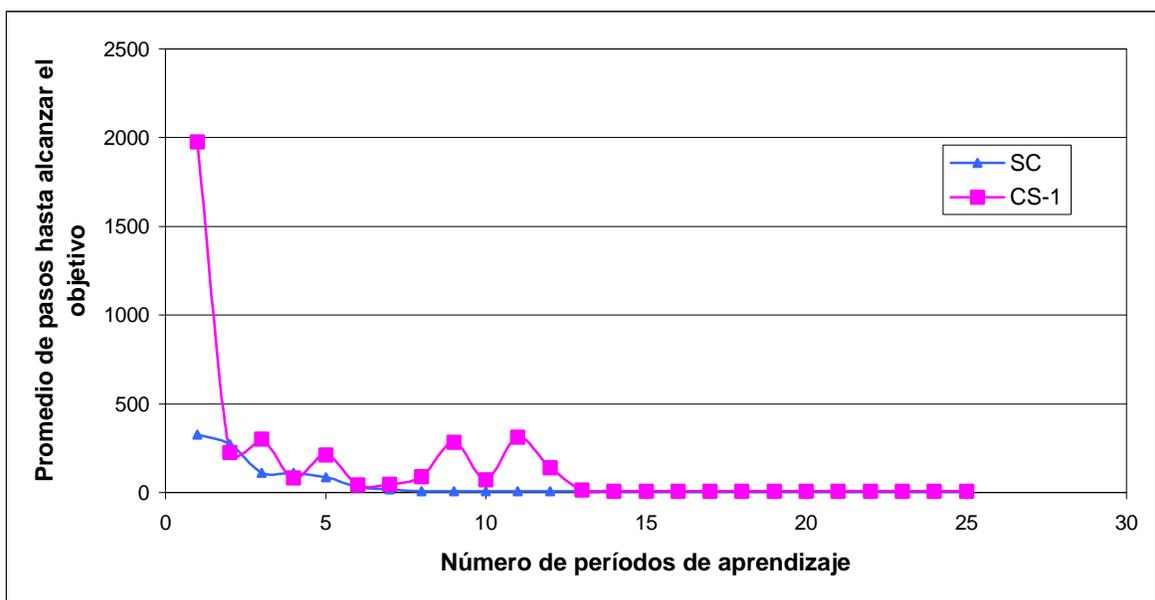


Gráfico 22. Comparación de rendimiento entre los dos sistemas clasificadores.

En el anterior gráfico se puede observar la notable diferencia entre el desempeño del SCS y el del CS-1. Por un lado el SCS requiere de menos iteraciones inicialmente para encontrar el queso y posee un tiempo de convergencia menor mientras el CS-1 realiza un esfuerzo 5 o 6 veces mayor que el realizado por el SCS para encontrar el queso en los primeros períodos de aprendizaje. A continuación se puede observar en detalle los puntos de convergencia de cada sistema clasificador

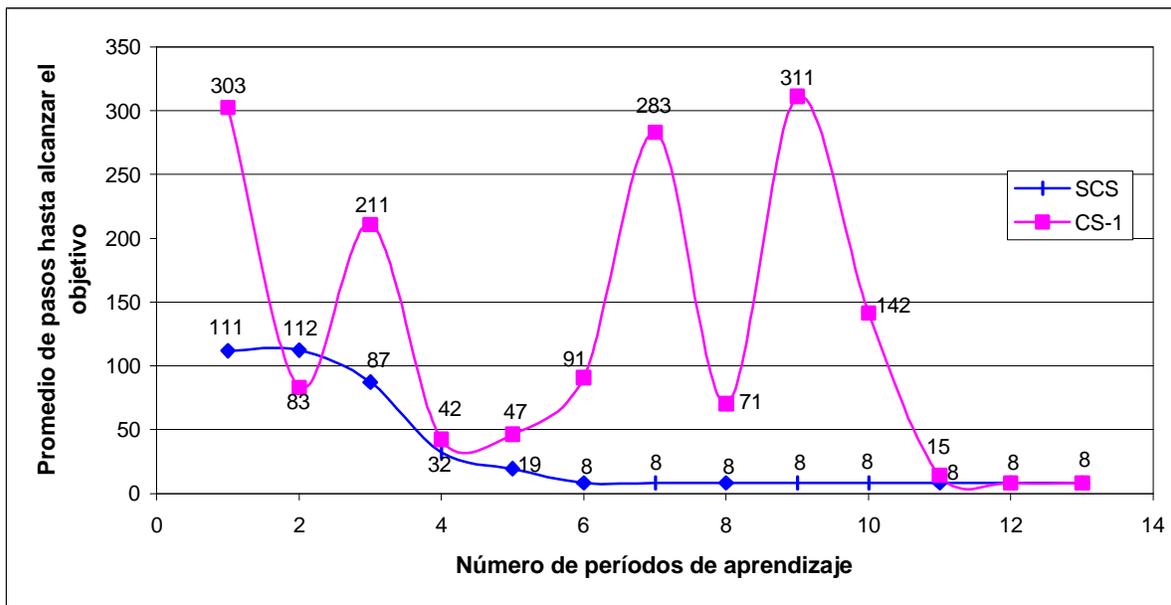


Gráfico 23. Detalle del nivel de convergencia de cada sistema clasificador (Tomado después del 5° período de aprendizaje).

Ambiente 2: Buscando alimento en forma de semicircunferencia...

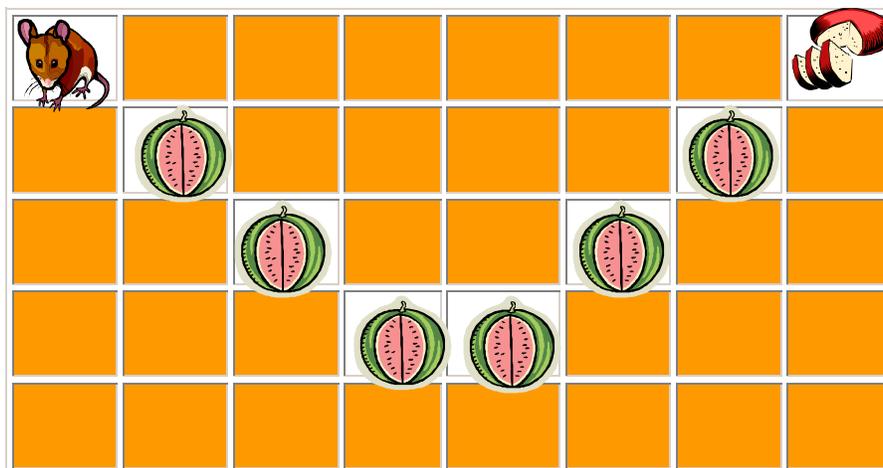


Figura 47. Ambiente Artificial 2.

En este ambiente se pretende que el animat encuentre su alimento siguiendo una ruta semicircular. El proceso de aprendizaje se realizará sobre el conocimiento ya adquirido en el ambiente 1.

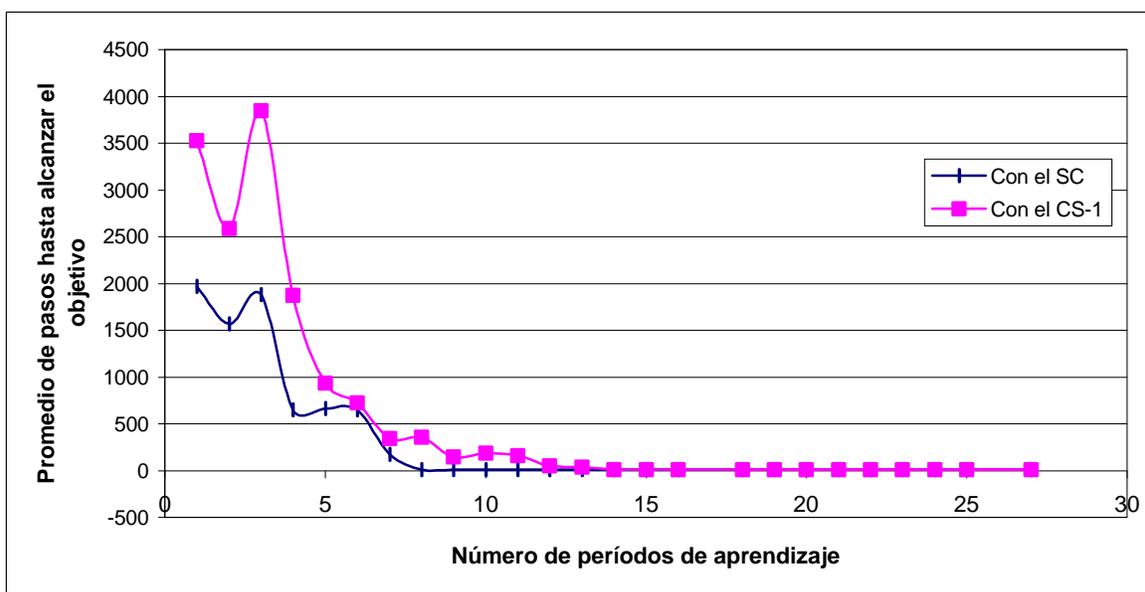


Gráfico 24. Desempeño de los dos sistemas clasificadores en el ambiente 2.

En el anterior gráfico se observa cómo el desempeño del SCS supera al del CS-1, sin embargo en comparación con el número de pasos requeridos hasta alcanzar el objetivo, ambos sistemas clasificadores emplearon un mayor número de iteraciones. La explicación a esta conducta se debe a que los sistemas clasificadores intentaron generalizar las reglas (clasificadores) aprendidos en el ambiente 1 y aplicarlos en el ambiente 2, lo cual comenzaba a tener problemas ya que la ruta diagonal ya no seguía este comportamiento sino que se desviaba hacia la parte superior requiriendo así la intervención de nuevos clasificadores cuya creación y jerarquización demorarían el proceso de aprendizaje.

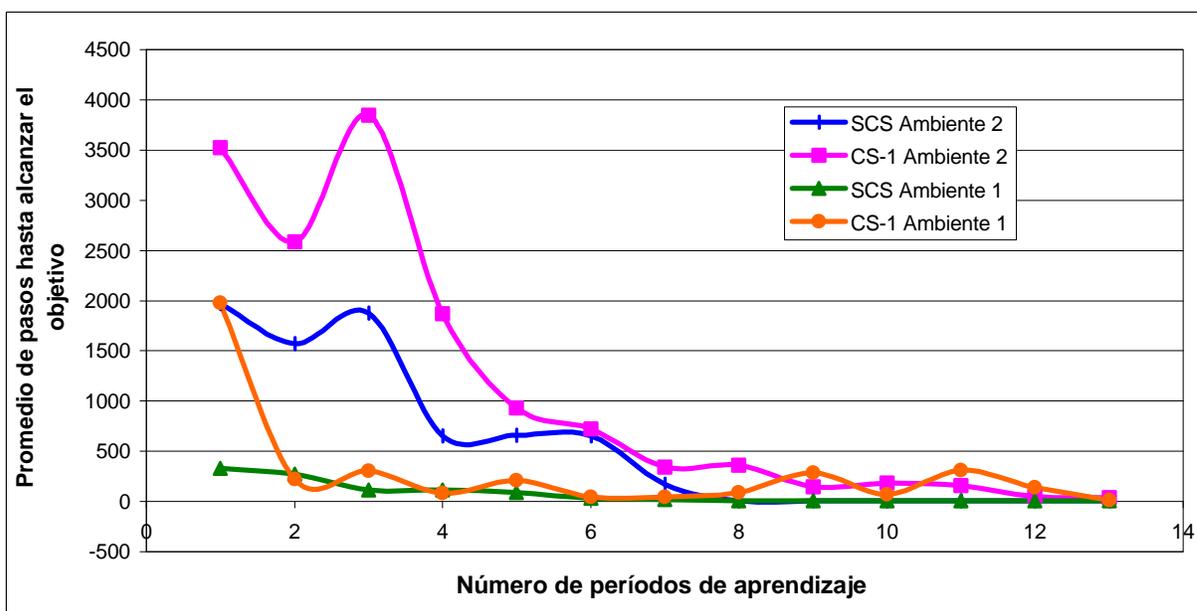


Gráfico 25. Comparación de desempeño entre los sistemas clasificadores en los ambientes 1 y 2.

Ambiente 3: Siguiendo el caminito ...

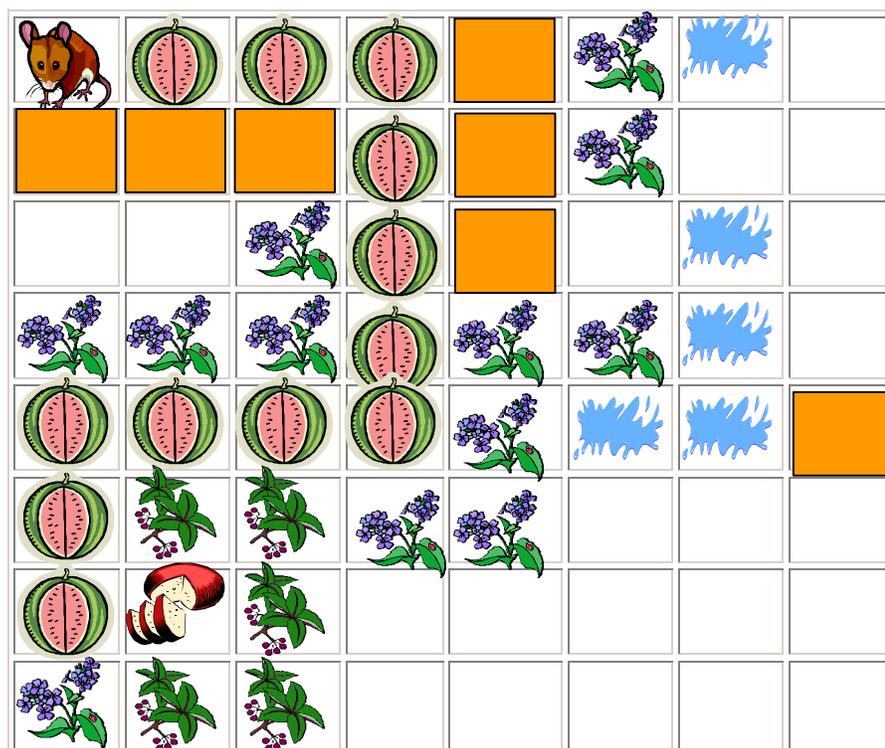


Figura 48.
Ambiente Artificial 3.

Este ambiente es un poco más complejo que los dos anteriores, ya que son muy escasos los movimientos similares a los aprendidos en los ambientes 1 y 2. Por tal motivo el animat deberá aprender desde cero a desplazarse en este nuevo medio, lo cual implica un gran número de pasos en cada período de aprendizaje. Por otro lado el animat se verá sujeto a experimentar con nuevos elementos en su hábitat, tales como las matas malas, las matas venenosas y los depósitos de agua. El objetivo principal de este ambiente es que el animat siga el camino de frutas (comida) que lo lleva directamente al queso empleando 13 pasos como máximo, evitando desviarse o comer matas. Los resultados de desempeño se presentan a continuación:

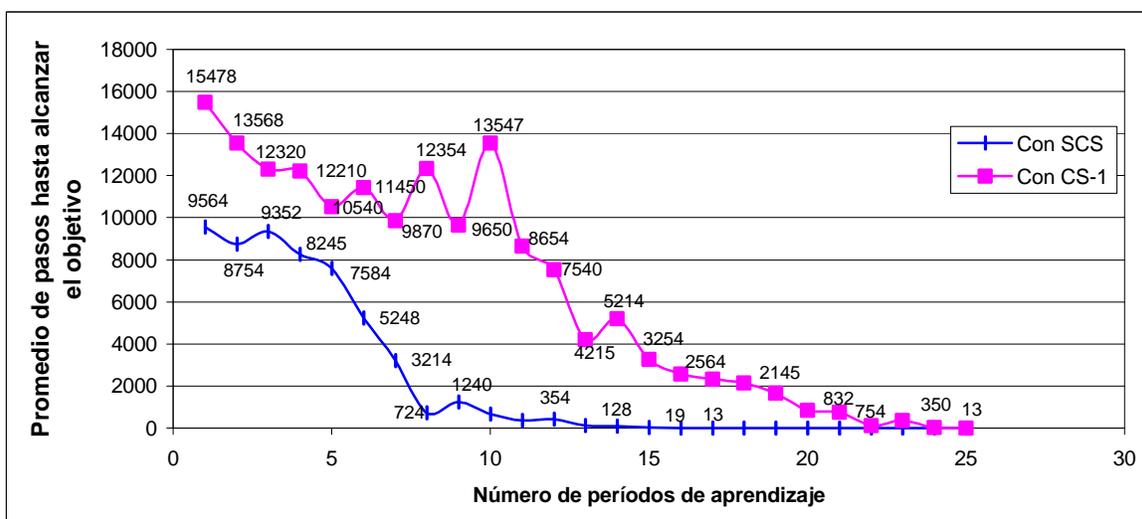


Gráfico 26. Curva de desempeño de los sistemas clasificadores en el ambiente 3

En este último ambiente, el SCS convergió en el período de aprendizaje número 16 mientras el CS1 después del período número 25. Cabe destacar que de nuevo la curva tiempo de aprendizaje del SCS decrementa más rápido que la del CS-1. Por otro lado el SCS encontró una ruta más corta de 13 pasos para alcanzar el objetivo, lo hizo en 12. Para lograr esto el SCS empleó conocimiento adquirido anteriormente y lo aplicó en su nuevo ambiente como se puede ver en la siguiente figura:

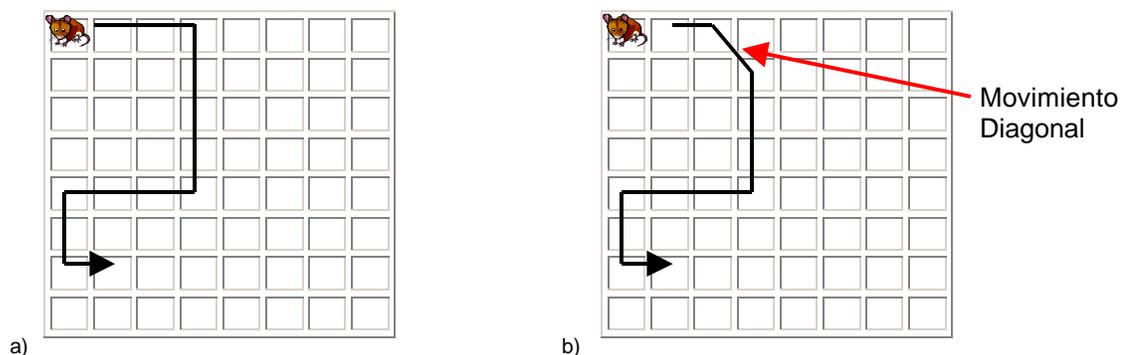


Figura 49. recorrido del animat en el ambiente 3.

En la parte a) de la figura se observa el comportamiento que se esperaba obtener por parte del animat al final del proceso de aprendizaje, empleando 13 pasos. En la parte b) de la figura se observa como el animat optimizó el número de pasos (de 13 a 12) hasta llegar a su objetivo desplazándose diagonalmente, conocimiento que lo había adquirido principalmente en el ambiente 1 y reforzado en el ambiente 2. A continuación se presenta en detalle la culminación del proceso de aprendizaje en el ambiente 3 para el SCS (Obsérvese que finalmente el proceso se estabiliza en 12 pasos):

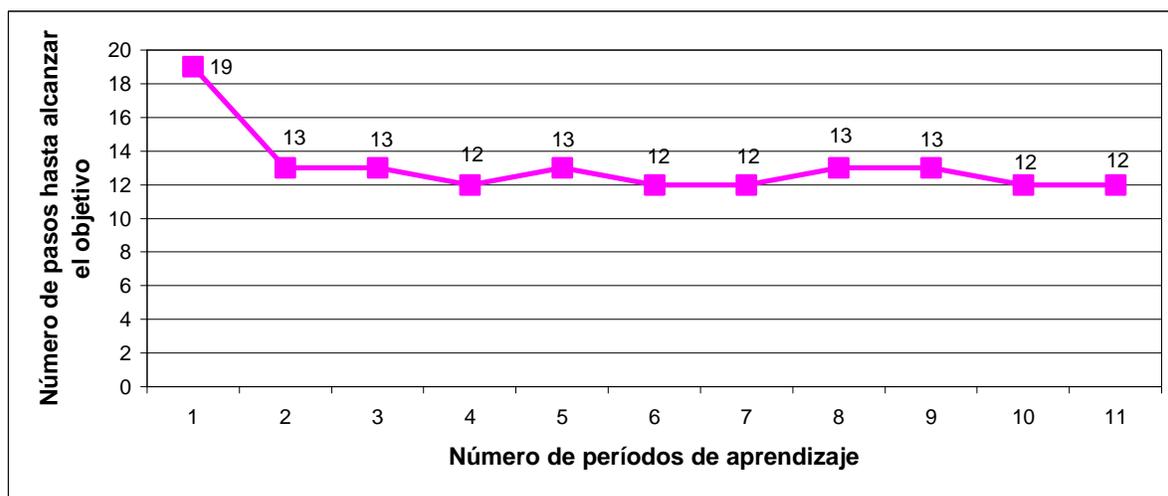


Gráfico 27. Detalle del proceso de aprendizaje del SCS en el ambiente 3.

Después de varias iteraciones del CS-1 en el ambiente 3, se volvió a llevar el animat al ambiente 1 y 2, y se observó que éste había olvidado algunas de sus reglas de comportamiento (clasificadores).

Como conclusión del experimento con las dos arquitecturas de sistemas clasificadores y tras una exhaustiva depuración del proceso de aprendizaje en cada uno, se deduce que el Sistema Clasificador Simple es un sistema cognitivo que cumple con los tres parámetros básicos:

- *Es adaptativo*: modifica su comportamiento para ser cada vez más apto (esto se refiere a la supervivencia diferencial) dentro del ambiente variable que lo rodea.
- *Es robusto*: Aunque fallen algunos de sus componentes, su comportamiento global es estable, es decir, no falla completamente. Inclusive, en caso de sufrir daños u olvidar conocimientos, puede autorepararse (esto no implica necesariamente recuperar material constituyente, también implica recuperar las habilidades perdidas recreando representaciones o aprendizaje que ya había adquirido).
- *Es efectivo*: tiene un conjunto de objetivos que alcanza exitosamente.

Aunque el CS-1 cumple en cierta forma con estos aspectos, no logra ser muy robusto en el momento de aprender habilidades en varios ambientes y regresar conservando el conocimiento, ya que le cuesta un esfuerzo mucho mayor para recuperar lo que olvidó que cuando inicialmente lo aprendió. Por otro lado su efectividad es muy pobre en comparación con el SCS, ya que requiere de muchos períodos de aprendizaje para lograr un objetivo.

Uno de los aspectos claves que determina la diferencia entre el tiempo de aprendizaje en cada sistema clasificador es el algoritmo de distribución de créditos empleado. Por un lado el SCS emplea el algoritmo *Bucket Brigade* mientras el CS-1 emplea un algoritmo de distribución de créditos por épocas ADCE. Una de las características distintivas más destacada es el empleo de un mecanismo de recolección de impuestos aplicado por el Bucket Brigade, el cual mantiene la población de reglas libre de clasificadores potencialmente mediocres, los cuales son penalizados ya sea por inactividad o por mal rendimiento de sus acciones, logrando así mantener un “status” alto de la población de clasificadores. En contraposición el ADCE emplea un parámetro llamado “edad” que indica el tiempo de inactividad de un clasificador y sirve como factor de decisión para saber qué clasificador sustituir (a mayor edad mayor probabilidad de sustitución), sin embargo este factor no es muy confiable ya que existen clasificadores con muy buen desempeño y esto se debe a la experiencia adquirida a través del tiempo (el parámetro de edad es alto).

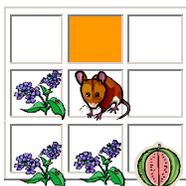
Otro aspecto fundamental que empobrece el rendimiento del CS-1 es que su valor de conveniencia (ganancia o aptitud del clasificador) está sujeto a la variación de la demanda de

recursos por parte el sistema clasificador y no por la experiencia de cada uno de sus clasificadores, por ejemplo, si el nivel de un recurso en el depósito disminuye entonces la demanda del mismo aumenta proporcionalmente, lo cual hace que las aptitudes de todos los clasificadores de la población varíen con respecto a esto, eliminando el registro de un buen desempeño de algún(os) clasificador(es) en situaciones anteriores, es decir, se pierde el soporte del clasificador.

2. EMPLEO DE ESQUEMAS EN UN SISTEMA CLASIFICADOR

Un mecanismo para lograr la inducción en los sistemas cognitivos planteado por Holland y empleado en el presente proyecto es la “teoría del esquema”. Un esquema es una plantilla que describe un subconjunto de clasificadores con ciertas similitudes en posiciones específicas. Por tal motivo el alfabeto binario $\{0,1\}$ fue expandido con un caracter que cumple la función de comodín $\{0,1,\#\}$. El significado de esquema es claro si se piensa en que éste es un dispositivo reconocedor de patrones: un esquema reconoce una señal de entrada particular si en cada posición del esquema un 1 corresponde con un 1 en la señal, un 0 con un 0, o un # con cualquiera de los dos.

El teorema del esquema promueve el aprendizaje por inducción según lo demuestra Goldberg⁴⁷, por ejemplo: retomando de nuevo el experimento con el animat, se podría pensar en un estado inicial como el siguiente:



Este estado del problema puede corresponder con un esquema como el siguiente:

01# 00# 01# 0#0 10# 11# 110 11# : 100 cuya acción conduce al animat a

$\underbrace{\quad\quad\quad}_{d1} \underbrace{\quad\quad\quad}_{d2} \underbrace{\quad\quad\quad}_{d3} \underbrace{\quad\quad\quad}_{d4} \underbrace{\quad\quad\quad}_{d5} \underbrace{\quad\quad\quad}_{d6} \underbrace{\quad\quad\quad}_{d7} \underbrace{\quad\quad\quad}_{d8} \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_{\text{acción}}$

desplazarse a la posición sureste a consumir la fruta.

Nota: (d = detector).



Después de ciertos períodos de aprendizaje, el animat se puede encontrar con una situación muy similar a la anterior como se observa a la izquierda. Sin embargo esta situación contiene elementos nuevos como las matas venenosas en lugar de matas malas, de un queso en lugar de frutas y de un depósito de agua en lugar de un espacio en blanco. El SCS selecciona el mismo esquema empleado en la situación anterior, y se ajusta correctamente al resultado esperado, el animat se come el queso. Esto se logra porque el animat emplea el detector d3 “01#” para reconocer tanto un espacio en blanco “010” como un depósito de agua “011”, por otro lado emplea el detector d5 “10#” para reconocer tanto frutas(comida) “100” como el premio final, el queso “101”, por último el animat emplea los detectores d6 y d8 = “11#” para reconocer tanto matas malas “110” como matas venenosas “111”.

⁴⁷ GOLDBERG, Op.cit, p, 19 – 33.

Se puede decir entonces que el animat ha generalizado su conocimiento, ya que inicialmente empleó un esquema clasificador para una situación dada (conocimiento específico), y dicho clasificador lo vuelve emplear para una situación diferente, generalizando y dando por hecho, por ejemplo, que si existe ya sea una mata mala o una mata venenosa, no se acercará a comerla, y si existe ya sea un queso o unas frutas debe dirigirse a consumirlos. El problema de generalizar el conocimiento, es que en ocasiones se puede generalizar situaciones que no tienen mucho en común, como por ejemplo: el animat generalizó un depósito de agua con una casilla en blanco con el esquema "01#", sin embargo no es lo mismo si el animat se desplaza a un depósito de agua que a una casilla en blanco. Por otro lado los esquemas con bajo nivel de especificidad conducen a comportamientos confusos, por ejemplo el esquema "###" puede aplicarse a cualquiera de los 8 elementos del ambiente, es por eso que por medio de la experiencia ejercida por el animat y la intervención del AG se eliminan aquellos clasificadores cuyo desempeño es confuso y no permite un buen desempeño del SCS.

ANEXO H

1. Preparación de instrumentos para medir el rendimiento

Clasificación N° objetivo	Conocimiento	Comprensión	Uso de reglas	Solución prob	Ejemplo de Pregunta que conviene usar	Preguntas		Valor %
						Tipo	Cantidad	
Subobjetivo 1	X				¿en el número 786 el 7 es una centena, decena o unidad?	Selec. Mult.	2	4%
Subobjetivo 2			X		Expresa el siguiente número en la suma de valores relativos: 1487	Pareo	1	3 %
Subobjetivo 3			X	X	Empleando el algoritmo de la suma, ¿cuánto da $1258 + 973$?	Selec. únic	4	12 %
Subobjetivo 4			X	X	Empleando el algoritmo de la resta, ¿cuánto da $1023 - 796$?	F/V, SM	4	12 %
Subobjetivo 5	X	X			¿cuál de las siguientes operaciones indica la propiedad clausurativa de la suma	Selec. únic	1	4 %
Subobjetivo 6	X				Identifica los múltiplos del siguiente número: 24	Selec. Múlt	4	3 %
Subobjetivo 7	X	X			Identificar las propiedades en el ejercicio: $2*6*4 = (2*6)*4 = 12*4=48$	Selec. Múlt	1	4 %
Subobjetivo 8			X	X	Realiza la siguiente multiplicación empleando el algoritmo: $1254 * 203$	F/V, SM	4	12 %
Subobjetivo 9			X		¿cuánto da $4578 * 10$?	Selec. Mult	2	2 %
Subobjetivo 10			X		¿cuántas veces puedes restarle 5 a 35?	Selec. Unic	3	2 %
Subobjetivo 11	X	X			Si reparto 27 dulces en 3 paquetes ¿Cuántos dulces tiene cada paquete?	F/V	2	3 %
Subobjetivo 12			X		Realiza la siguiente división $9 / 3$	Selec. Unic	3	3 %
Subobjetivo 13			X		Realiza $45 / 15$	Selec. Unic	3	3 %
Subobjetivo 14	X				Identifica los divisores de 45	Selec. Mult	4	4 %
Subobjetivo 15	X				¿qué propiedades se aplican en la división?	Selec. Mult	1	4 %
Subobjetivo 16	X		X		El número 47 ¿es primo?	F/V	4	4%
Subobjetivo 17	X		X		Aplica los criterios de divisibilidad para reconocer los divisores de 4575	Selec. Mult	4	9 %
Subobjetivo 18			X	X	Realiza la siguiente división empleando el algoritmo: $2040 / 102$	Selec. unic.	4	12 %

Tabla 39. Especificación y balanceo de la prueba de rendimiento

2. ENCUESTA FINAL – PRUEBA DE MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO

PROPÓSITO

Este instrumento busca obtener información acerca de diversos aspectos didácticos involucrados en el material educativo computarizado que acabas de utilizar. Esto permitirá hacer los ajustes y recomendaciones que se requieran para su manejo dentro de un proceso normal de enseñanza-aprendizaje.

INSTRUCCIONES

En las páginas siguientes aparece una colección de enunciados relativos al material educativo computarizado que utilizaste. Interesa saber qué opinas sobre cada afirmación. Tu opinión es muy importante.

Básate en la siguiente escala para valorar cada enunciado:

- 5 – Acuerdo total
- 4 – Acuerdo Parcial
- 3 – Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2 – Desacuerdo parcial
- 1 – Desacuerdo total

Debes dar tu opinión sobre lo afirmado en cada frase utilizando las alternativas 5 – 4 – 3 – 2 – 1. Marca con una “X” la alternativa elegida; por ejemplo si marcas 5 en cualquiera de las afirmaciones, eso indica que estás de acuerdo planamente con ella.

Frase	5 Acuerdo Total	4 Acuerdo Parcial	3 Ni acuerdo ni desacuerdo	2 Desacuerdo Parcial	1 desacuerdo Total
1.					
2.					
3.					

-
-
-

Esta tabla es el formato donde el alumno tendrá que escribir las respuestas. El formato de preguntas se presenta a continuación.

3. LO QUE OPINO SOBRE ESTE MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO

HOJA DE AFIRMACIONES

1. He disfrutado con el uso de este apoyo educativo en el computador.
2. Después de haber utilizado el programa, creo que necesito profundizar mucho más en el tema de estudio.
3. Creo que los contenidos del programa son suficientes para trabajar el tema.
4. En ocasiones sentí que perdía el gusto por utilizar este material computacional.
5. La información de retorno dada por el programa fue adecuada para saber cuánto estaba aprendiendo.
6. Utilizar este programa es verdaderamente estimulante
7. Sin este programa creo que sería imposible aprender los contenidos más importantes del tema.
8. Sentí que cuando fallaba en mis respuestas, el programa NO me daba pistas para hallar el error.
9. Los contenidos tal como fueron presentados por el programa son muy difíciles de aprender.
10. Si yo quiero, el programa me permite ir despacio o rápido en mi aprendizaje.
11. Los contenidos me parecieron fáciles.
12. Creo que los mensajes motivadores NO son convenientes.
13. Utilizando esta ayuda aprendí elementos que anteriormente NO había entendido.
14. Pienso que los contenidos presentados por el programa son de poco uso práctico.
15. Me hubiera gustado contar con MENOS oportunidades de ejercitación.
16. Este paquete educativo hace que los contenidos adquieran un excelente grado de claridad.
17. Me parece que el tipo de preguntas que hace este programa NO es el adecuado.
18. El programa me dio la oportunidad de ejercitarme suficientemente.
19. En determinadas momentos sentí desmotivación por el tipo de respuestas dadas en el computador.
20. El programa me permitió hacer prácticas verdaderamente significativas.
21. Pienso que el uso de esta ayuda computacional desmotiva al estudiante en su aprendizaje.
22. El nivel de exigencia en los ejercicios corresponde a lo enseñado.
23. Me agrada la forma como este programa me impulsa a seguir en mi proceso de aprendizaje
24. El programa NO me permite ir a mi propio ritmo de aprendizaje
25. Me pareció que NO fueron suficientes los contenidos del programa para trabajar el tema.
26. Pienso que los proceso de aprendizaje apoyados con computador tienen ventajas sobre los que NO utilizan estos medios.
27. Este apoyo computacional NO me ayudó a aprender lo más importante del tema.
28. Después de haber utilizado el programa me siento en capacidad de aplicar lo aprendido.

29. Durante todo el tiempo que utilice el programa, siempre me mantuve animado a realizar las actividades propuestas.
30. Los colores usados en el programa son agradables.
31. La música sobra.
32. La letra utilizada permite leer con facilidad.
33. Los colores NO me gustaron.
34. La música es agradable.
35. Los gráficos y efectos visuales ayudan a entender el tema.
36. El tipo de letra utilizado NO es el adecuado.
37. Los gráficos y efectos visuales dificultan entender los contenidos.
38. Me gustaría volver a participar en otra prueba de materiales educativos computarizados. Dé razones al respaldo de la hoja de respuestas.

Muchas gracias por tu colaboración