



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE HIDALGO**

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE
INFORMACIÓN Y SISTEMAS**

MAESTRÍA EN CIENCIAS COMPUTACIONALES

**ESPACIOS VIRTUALES DE
EXPERIMENTACIÓN COOPERATIVA
CASO DE ESTUDIO: LABORATORIO VIRTUAL DE
CINEMÁTICA**

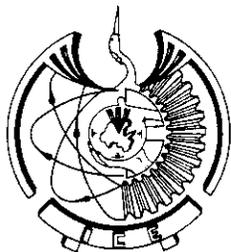
T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES**

**PRESENTA
GONZALO ALBERTO TORRES SAMPERIO**

**DIRECTOR
DR. GUSTAVO NÚÑEZ ESQUER**

**CODIRECTOR
M. EN C. ALEJANDRO MENDOZA GAMIÑO**



**Pachuca de Soto Hgo., Noviembre del 2001
México.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

Carretera
 Pachuca-Hidalgo Km. 4.5
 C.P. 42073
 Tel. (01 771) 7 20 00
 Ext. 6301 6302
 Fax. (01 717) 7 21 09

ING. GAUDENCIO LUGO VERA
 DIRECTOR DE CONTROL ESCOLAR
 DE LA U.A.E.H.,
 P R E S E N T E.

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado Al Candidato a Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería de Sistemas **Gonzalo Alberto Torres Samperio**, quien presenta el trabajo para obtener el grado **“Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa Caso de Estudio: Laboratorio Virtual de Cinemática-“**, después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado

- PRESIDENTE: Dr. Joel Suárez Cansino
- PRIMER VOCAL: M. en C. María de los Ángeles Alonso Lavernia
- SECRETARIO: M. en C. Omar Arturo Domínguez Ramírez
- PRIMER SUPLENTE: Dr. Gustavo Núñez Esquer
- SEGUNDO SUPLENTE: M. en C. Mariano Javier Pozas Cárdenas

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
 “AMOR, ORDEN Y PROGRESO”
 Pachuca, Hgo., a 14 de noviembre de 2001

Ing. Martín O...
 Director



"No basta con que los resultados de las investigaciones sean conocidos, elaborados y aplicados por unos cuantos especialistas. Si los conocimientos científicos se limitan a un pequeño grupo de hombres, se debilita la mentalidad filosófica de un pueblo que camina así a su empobrecimiento espiritual"

Albert Einstein.

"La constancia es la virtud por la que todas las cosas dan fruto"

Arturo Gra

"Llegar a la cima no significa que has hallado el fin del camino, significa que ha llegado la hora en que debes de abrir tus alas y volar para llegar más alto"

Alberto Torres

"Las grandes obras son hechas no con la fuerza, sino con la perseverancia."

Samuel Johnson

Doy gracias a Dios: por que aunque camine por un valle oscuro el siempre esta ahí conmigo y cuida de mi.

Doy gracias a todas aquellas personas que me motivaron a concluir este trabajo, pero especialmente:

A mis Padres Ezequiel Torres y Raquel Samperio: por darme la vida y enseñarme que no hay caída de la que no pueda levantarme para seguir adelante.

A mi esposa Natalia: por su apoyo y comprensión y sobre todo por estar a mi lado en los días más difíciles de mi vida.

A mis hijos Alberto y Nallely: por que representar mi vida, la luz de la esperanza y el máximo regalo que la dios me ha dado.

A mis hermanos Magdalena, Norma y Ezequiel: Por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas.

A los Directivos del ICBI el Ing. Martín Ortiz Granillo y a la Mtra. Ma. Elvira Chew Bolaños: por su incondicional apoyo y sobre todo, por creer y confiar en mí.

A mis maestros: Por su paciencia y dedicación para hacer de mí; un ser útil a la sociedad.

A mis compañeros de la primera generación Arturo, Víctor, Perfecto, Verónica, Yessenia y Griselda: por compartir triunfos, desvelos, sueños y esperanzas.

A mis revisores el Dr. Joel Suárez C., el M. en C Omar A. Domínguez R..., la M. en C. Ma. De los Angeles Alonso L. y el M. en C. Mariano F. Pozas C.: por su tiempo y valiosas aportaciones.

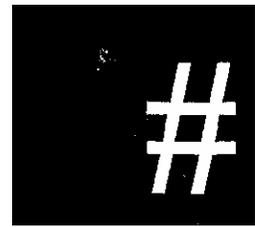
A mis amigos que por fortuna son muchos y de quienes siempre encontré una mano donde apoyarme o un hombro en donde llorar: Wenceslao, Alberto, Israel, Herlindo, Lizbeth, Olivia, Nitzia, Víctor, Helen, Anahí, Tere, Jhovany, Jesús, Laura,...

Agradezco sinceramente al Dr. Gustavo Níñez Esquer quien confió en mí para la realización de este trabajo, gracias por su tiempo, consejos y apoyo y especialmente, gracias por brindarme su valiosa e inigualable amistad.

Agradezco con toda sinceridad al M. en C. Alejandro Mendoza Gamiño, por su invaluable amistad y apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

A todos ellos les dedico esta tesis, y gracias muchas gracias por ayudarme a transformar este sueño en realidad...

Gonzalo Alberto Torres Samperio



Índice

<i>Resumen</i>	<i>ix</i>
<i>Capítulo 1: Introducción</i>	<i>1</i>
Resumen	1
Objetivos del Capítulo	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 El Concepto de Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa	3
1.3 Planteamiento del Problema	6
1.4 Justificación	6
1.5 Objetivos	10
1.6 Alcances del Sistema Propuesto	10
1.7 Requerimientos	11
1.8 Limitaciones	11
1.9 Estructura de la Tesis	11
REFERENCIAS	13
<i>Capítulo 2: Ambientes Virtuales cooperativos: Situación Actual</i>	<i>15</i>
Resumen	15
Objetivos del Capítulo	15
2.1 Evolución de la Enseñanza Asistida por Computadora	16
2.2 Ambientes Virtuales Cooperativos	21
2.2.1 Ambientes Virtuales Cooperativos en Internet.....	22
2.3 Laboratorios Virtuales	24
2.3.1 Laboratorios Virtuales en Internet.....	25
2.4 Los Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa	26
REFERENCIAS	28

Capítulo 3: Marco Teórico Conceptual.....	31
Resumen.....	31
Objetivos del Capítulo.....	31
3.1 Metodologías de Diseño y Desarrollo.....	32
3.1.1 Trabajo Cooperativo.....	32
3.1.2 La Familia IDEF.....	33
3.2 Lenguajes de Programación y Herramientas.....	36
3.2.1 Lenguaje de Programación Java.....	36
3.2.2 JSAI (<i>JavaScript Authoring Interface</i>).....	36
3.2.3 Servlets.....	37
3.3 Diseño Instruccional.....	38
3.3.1 Análisis de las Necesidades Educativas.....	41
3.3.2 Meta Instruccional.....	41
3.3.3 Sistema de Producción.....	42
3.3.4 Análisis Instruccional.....	42
3.3.5 Estrategia Instruccional.....	42
3.3.6 Medios Instruccionales.....	43
3.3.7 Evaluación.....	43
REFERENCIAS.....	44

Capítulo 4 Espacio Virtual de Experimentación Cooperativa (EVEC) en Física..... 47

Resumen.....	47
Objetivos del Capítulo.....	47
4.1 Trabajo Grupal en los EVEC.....	48
4.1.1 Definición de Roles para el Trabajo Cooperativo.....	49
4.1.2 Elementos de Apoyo al Trabajo Cooperativo.....	49
4.1.3 Estrategias para el Trabajo en Grupo.....	50
4.1.4 Implementación de las Estrategias de Trabajo Grupal.....	52
4.2 Diseño Instruccional.....	57
4.2.1 Situación Actual (Escenario Educativo).....	58
4.2.2 Meta Instruccional.....	60
4.2.3 Sistema de Producción.....	60
4.2.4 Análisis Instruccional.....	61
4.2.5 Objetivos de Aprendizaje.....	61
4.2.6 Análisis de Destrezas.....	63
4.2.7 Medios Instruccionales.....	72
4.2.8 Estrategias Instruccionales.....	76
4.2.9 Evaluación del Aprendizaje.....	77
REFERENCIAS.....	78

Capítulo 5: Arquitectura del Sistema.....	81
Resumen.....	81
Objetivos del Capítulo.....	81
5.1 Funcionalidades.....	82
5.2 Modelo Funcional.....	87
5.3 Plataforma Tecnológica de los Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa.....	93
5.4 Extensibilidad de las Funciones del Sistema.....	101
REFERENCIAS.....	104
Capítulo 6: Evaluación del Sistema.....	105
Resumen.....	105
Objetivos del Capítulo.....	105
6.1 Evaluación del Sistema.....	106
6.2 Análisis de Resultados.....	109
REFERENCIAS.....	113
Conclusiones y Trabajo Futuro.....	115
Apéndice A: Modelado de Realidad Virtual.....	119
Resumen.....	119
Objetivos del Apéndice.....	119
A.1 Gráficos por Computadora.....	120
A.1.1 Visualización Científica.....	120
A.2. Realidad Virtual.....	122
A.2.1 Breve Historia de la Realidad Virtual... ..	123
A.2.2 Lenguaje de Modelado de Realidad Virtual (<i>Virtual Reality Modeling</i> . <i>Lenguaje, VRML</i>).....	125
A.3 Herramientas Authoring de Realidad Virtual.....	128
A.3.1 Cos mo Worlds	128
A.3.2 3D Studio Max.....	128
A.3.3 Autocad.....	129
A.3.4 Render Soft.....	130
REFERENCIAS.....	131
Glosario de Términos.....	135



Índice de Tablas y Figuras

Capítulo 1: Introducción

Figura 1.1	Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa.	4
------------	--	---

Capítulo 2: Ambientes Virtuales Cooperativos: Situación Actual

Tabla 2.1	Comparación de Aplicaciones de Espacios Virtuales.	27
-----------	--	----

Capítulo 3: Marco Teórico Conceptual

Figura 3.1	Modelo de Experimentación Cooperativa	33
Figura 3.2	El modelo IDEF0.	34
Figura 3.3	IDEF0 Jerarquía de Procesos.	35
Figura 3.4	Exportación de BPWIN a ERWIN.	35
Figura 3.5	JSAI (Java Script Authoring Interface).	37
Figura 3.6	Arquitectura de los Servlets.	37
Figura 3.7	Modelo PHI (Modelo del Procesamiento Humano de la Información).	41

Capítulo 4: Espacio Virtual de Experimentación Cooperativa en Física

Figura 4.1	Arquitectura de Trabajo Cooperativo de los EVEC.	48
Figura 4.2	Arquitectura del Módulo de Administración del Modelo de trabajo Grupal	50
Figura 4.3	Método de trabajo grupal.	53
Figura 4.4	Implementación de Estrategias de Trabajo Grupal en Servicios de Comunicación.	54
Figura 4.5	Actividades Grupales en una Pagina Web.	56
Tabla 4.1	Servicios – Estrategias.	56

Figura 4.6	Proceso del Diseño Instruccional PHI para el EVEC.	58
Figura 4.7	Escenario Educativo.	59
Figura 4.7	Indicadores a Tomar en Cuenta.	60
Tabla 4.2	Objetivos de Aprendizaje.	62
Figura 4.9	Esquema General del Diseño Instruccional.	63
Tabla 4.4	Objetivos de Aprendizaje Nivel B.	64
Figura 4.10	Habilidades Subordinadas Objetivo de Aprendizaje Nivel B.	65
Figura 4.11	Habilidades Subordinadas Objetivo de Aprendizaje 2.1 Nivel B1.	66
Figura 4.12	Habilidades Subordinadas Objetivo de Aprendizaje 2.2 Nivel B2.	67
Figura 4.13	Habilidades Subordinadas Objetivo de Aprendizaje 2.3 Nivel B3.	68
Figura 4.14	Habilidades Subordinadas Objetivo de Aprendizaje 2.4 Nivel B4.	69
Figura 4.15	Interfaz de la Caída libre.	70
Tabla 4.5	Tabulación del Tiempo Contra la Gravedad.	71
Figura 4.16	Interfaz de los Mínimos Cuadrados (Carda libre).	71
Figura 4.17	Medios Instruccionales para EVEC.	73
Figura 4.18	Interfaz Principal del Laboratorio Virtual de Cinemática.	73
Figura 4.19	Área de Registro.	74
Figura 4.20	Experimento del Tiro Parabólico.	74
Figura 4.21	Teoría del Tiró Parabólico.	75
Figura 4.22	Pantalla de Servicios	75
Figura 4.23	Examen Generado para el Experimento del Tiro Parabólico.	76

Capítulo 5: Arquitectura del Sistema

Figura 5.1	Esquema General de EVEC para el Laboratorio de Cinemática	82
Figura 5.2	Modelo Entidad –Relación de la Base de Datos del Sistema (Registro).	83
Figura 5.3	Modelo Lógico de la Base de Datos del Sistema (Registro).	84
Figura 5.4	Ingreso al Sistema.	85
Figura 5.5	Generación de Exámenes.	86
Figura 5.6	Árbol del Modelo Funcional de EVEC.	87
Figura 5.7	Esquema Funcional del Laboratorio de Física (Nivel 0).	88
Figura 5.8	Diseño Funcional del Laboratorio de Física (Nivel 1).	89
Figura 5.9	Diseño Funcional del laboratorio de Física (Nivel 2 para el Proceso Solicitud de Servicio).	90
Figura 5.10	Diseño Funcional del laboratorio de Física (Nivel 2 para el Proceso Experimentación).	91
Figura 5.11	Diseño Funcional del Laboratorio de Física (Nivel 2 para el Proceso Evaluación).	91
Figura 5.12	Diseño Funcional del Laboratorio de Física (Nivel 2 para el Proceso de Elección del servicio).	92
Figura 5.13	Arquitectura del Sistema Computacional.	92
Figura 5.14	Arquitectura del JSAI para EVEC.	96
Figura 5.15	Grafo de Escena para la Manipulación de Comportamientos Complejos del EVEC con JSAI.	97
Listado 5.1	Código JSAI para el Experimento del Tiro Parabólico.	98
Figura 5.16	Trayectoria de un Proyectoil.	99
Listado 5.2	Código de VRML para el Experimento del Tiro Parabólico.	100

Figura 5.17	Extensibilidad: Diseño de Nuevos Experimentos	103
-------------	---	-----

Capítulo 6: Evaluación del Sistema

Figura 6.1	Usabilidad vs Utilidad.	106
Figura 6.2	Gráfica que Muestra la Proporción de Problemas de Usabilidad Encontrados Mediante la Aplicación de una Evaluación.	107
Tabla 6.1	Evaluación de Usabilidad.	108
Tabla 6.2	Tabla de Resultados de la Evaluación de Usabilidad de la Interfaz.	109
Figura 6.3	Gráfico de Tendencias en Aspectos de Usabilidad de EVEC.	112

Apéndice A: Modelado de Realidad Virtual

Figura A.1	Interfaz Principal de 3D Studio Max.	129
Figura A.2	Interfaz Principal de AutoCad.	129
Figura A.3	Interfaz Principal de Render Soft.	130



Resumen

En esta tesis se presenta un sistema para realizar trabajo experimental en grupo a través de Internet en un laboratorio virtual de Física, utilizando técnicas de Realidad Virtual y metodologías de Trabajo Cooperativo, soportado en un diseño instruccional planificado.

Como caso de estudio se desarrollan tres experimentos de un Laboratorio Virtual de Cinemática, para el trabajo experimental que se realiza con el fin de comprender el fenómeno del movimiento de los cuerpos con aceleración constante: caída libre, plano inclinado y tiro parabólico, sin fricción y con fricción.

Este laboratorio, permite al usuario ingresar a un ambiente donde es posible llevar a cabo trabajo experimental en forma individual y discutir los resultados en forma grupal. Este ambiente se soporta en un diseño instruccional planificado, donde se toman en cuenta aspectos fundamentales como la revisión de un marco teórico, la identificación de los principales parámetros que intervienen en el fenómeno, la experimentación con diversas situaciones que se presentan y la manipulación estadística de los resultados de la experimentación.

La tecnología de realidad virtual, hace posible la manipulación de experimentos bajo condiciones que posiblemente no pueden darse en el laboratorio, así como también, permite la interacción percepción e inmersión, en un ambiente tridimensional generado por la computadora.

La simulación de experimentos mediante la computadora, reduce en gran medida algunas de las dificultades que se presentan en el montaje de éstos en un laboratorio real, pues se puede tener mayor libertad en cuanto a la manipulación de ciertos aspectos mecánicos, técnicos y económicos los cuales, deben tenerse en cuenta en la implementación del experimento.

Por otra parte, los experimentos realizados en la computadora haciendo uso de la realidad virtual, dan la posibilidad de su ejecución en repetidas veces, bajo condiciones que posiblemente no podrían darse en un laboratorio real, pues permiten manipular parámetros lógicos como el peso o la gravedad.

Aunque los temas de cinemática que se desarrollan en este trabajo parecen simples desde el punto de vista teórico, su comprobación experimental en un laboratorio no lo es. En la mayor parte de los casos su instrumentación es bastante sofisticada como es el caso del tiro

parabólico o la caída libre. Por otra parte, este tipo de experimentos corresponden por lo general a cursos básicos de física que, se imparten en los primeros semestres (le una ingeniería, por lo que en muchos de los casos, tienen que ser realizados por grupos numerosos de alumnos, lo cual, requiere una logística bastante compleja.

Uno de los aspectos más relevantes del sistema que se propone, es la utilización de técnicas de Realidad Virtual para la generación de escenarios tridimensionales interactivos, así como el desarrollo de experimentos virtuales que simulan el trabajo real que se realiza en un laboratorio de Cinemática.

Los escenarios virtuales se desarrollaron utilizando el Lenguaje de Modelado de Realidad Virtual (*Virtual Reality Modeling Language, VRML*). Los comportamientos complejos para que el usuario interactúe con los objetos 3D de los experimentos, se implementaron a través de una técnica denominada Interfaz de Autoría de Java Script (*Java Script Authoring Interface, JSAI*), la cual utiliza *Scripts* de Java para insertar eventos externos a la escena 3D.

La interfaz de usuario es un *frame* compuesto por una interfaz de Realidad Virtual y por páginas Web desarrolladas en HTML (*HyperText Markup Language*) y DHTML (*Dynamic Hypertext Markup Language*). Ésta permite presentar al sistema en forma integrada para trabajar con los experimentos que se presentan.

Para la manipulación y consulta de la base de datos implementada en *Access 97*, donde se almacenan los datos de los profesores y usuarios del sistema, se utilizó la tecnología de los *Servlets*. Estos son programas desarrollados en Java que tienen incorporado código SQL o HTML, cuya salida son páginas Web dinámicas. Estos también se utilizaron para el control de la pizarra electrónica y el contador de ingresos.

En la presente tesis se desarrolla un modelo de trabajo grupal en donde se redefinen los conceptos de *colaboración, consultoría y experimentación*, bajo un esquema donde los *procesos cognitivos* se ordenan en una secuencia de etapas, tomando en cuenta el uso de *estrategias de trabajo grupal* soportadas por nuevas tecnologías de Web para la ejecución de las actividades individuales y grupales. Este modelo es una integración de modelos de Trabajo Grupal y Evaluación, de Trabajo Colaborativo CSCW (*Computer Supported Collaborative Work*) y de Diseño Instruccional.

Para la implantación del modelo, se utilizan herramientas computacionales disponibles en Internet tales como *chats, e-mail*, foros de discusión y boletín electrónico. Estas conforman una plataforma que permite la comunicación y participación en el trabajo experimental cooperativo a distancia. Mediante ellas, tanto el profesor como el alumno, pueden compartir experiencias, planificar el trabajo grupal, o bien solicitar y obtener asesoría.

Para el diseño instruccional de los experimentos se ha empleado el Modelo del Procesamiento Humano de la Información (PHI) [5], conjuntamente con el modelo de trabajo grupal propuesto.

Introducción

Resumen.

En este capítulo se presentan los antecedentes de los Laboratorios Virtuales, para ubicar al lector en el campo general de este trabajo. Además, se proporciona una explicación del término de Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa, que es el concepto básico subyacente en este trabajo. Otro de los aspectos que aquí se abordan son la justificación de la tesis, los objetivos y la estructura de la misma, a fin de dar un panorama general. Finalmente, se explican los alcances y las limitaciones de esta investigación.

Objetivos del Capítulo.

- Dar a conocer los antecedentes más relevantes de los Laboratorios Virtuales (LV).
- Explicar el concepto de Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa (EVEC).
- Ubicar al lector en el dominio del tema a desarrollar.
- Presentar los objetivos generales y es específicos del trabajo.
- Proporcionar un panorama general del tema.

1.1 Antecedentes.

En los últimos años, las tecnologías de la información y la comunicación, han impactado en todos los sectores sociales, culturales y económicos. El uso de las redes de computadoras, especialmente Internet, se ha reflejado en casi todos los campos de las actividades humanas. Una manera de explicar las posibilidades de Internet como medio de comunicación, es conceptualizándola como un conjunto de herramientas y de espacios, en los que comunidades de seres humanos con intereses comunes, interactúan e intercambian información.

Se estima que en la actualidad Internet une a más de 150 millones de personas de todo el mundo. Universidades, centros de investigación, instituciones privadas, organismos públicos, empresas y particulares participan de una experiencia tecnológica y social inédita en la historia de la humanidad.

La Realidad Virtual como parte de estos avances tecnológicos, representa una interesante y revolucionaria herramienta. Ésta se ocupa del desarrollo de entornos de 3 dimensiones producidos por computadora en los que varias personas, interactúan con elementos físicos simulados en un entorno donde se hace uso de técnicas de modelado interactivo para la asignación de atributos lógicos como peso, gravedad y movilidad a personas u objetos virtuales [10].

Este tipo de simulación permite reproducir situaciones de la realidad, abriendo la posibilidad de compartir experiencias reales a través de un entorno virtual que, diseñado inteligentemente, puede reducir las distancias entre lo que debemos aprender y lo que somos capaces de aprender mediante la experiencia, siempre y cuando se tengan bien definidos objetivos y estrategias instruccionales [23].

El aula virtual (*virtual classroom*) es uno de los conceptos que se utiliza actualmente para referirse a la enseñanza en línea por Internet. En principio, un aula virtual es un entorno de enseñanza / aprendizaje basado en un sistema de comunicación mediada por la computadora [2].

Las aulas virtuales son espacios generados por la computadora que modelan o reproducen los ambientes didácticos de las aulas reales, en contextos en los que no es posible reunir físicamente a los participantes en un proceso de enseñanza/aprendizaje. Debido a que no todo lo importante en educación se produce estrictamente dentro del aula, también se han acuñado términos como laboratorios, bibliotecas, pasillos, cafeterías y otros espacios virtuales para permitir la relación interpersonal en este tipo de ambientes [2], [27].

El concepto de Laboratorio Virtual es uno de los ejemplos más palpables de esta modalidad educativa. Los Laboratorios Virtuales, representan un interesante y revolucionario instrumento para la Educación Virtual por Computadora (EVC), puesto que constituyen todo un sistema de exploración intelectual, concebido para acelerar el aprendizaje [3], [27].

Un Laboratorio Virtual es un entorno distribuido y heterogéneo de resolución de problemas el cual, es la simulación del entorno de un laboratorio y/o de un experimento que se realiza en un laboratorio. Se dice que es una simulación, pues no existe físicamente equipo de laboratorio en el cual se está realizando el experimento, esto debido a que todo toma lugar dentro de una computadora. El Laboratorio Virtual, permite a un grupo de personas, situadas en diferentes lugares geográficos, trabajar juntos en proyectos comunes. Como en cualquier otro laboratorio, las herramientas y técnicas son específicas del dominio de investigación, pero los requisitos de infraestructura básica se comparten entre las distintas disciplinas [12].

Muchos de los planteamientos hechos hasta ahora sobre laboratorios virtuales, sólo se dedican a presentar una serie de experimentos, sin utilizar la realidad virtual como herramienta para la simulación de fenómenos.

Para hacer uso de estos laboratorios a través de las redes de computadoras, se han implementado programas que permiten la ejecución de manera distribuida con distintos enfoques. Sin embargo, muy pocos de ellos consideran el uso de herramientas para apoyar el trabajo grupal. El aprendizaje en los laboratorios virtuales tradicionales se centra en un esquema autodidacta, en donde los participantes aprenden por sí mismos sin la ayuda de un asesor o la interacción con otros usuarios.

Si se añade interacción con otros usuarios de cualquier parte del mundo, se puede tener un laboratorio virtual muy valioso y un excelente medio de comunicación para mostrar sus resultados.

1.2 El Concepto de Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa.

El concepto de Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa (EVEC) que se introduce en este trabajo, considera el uso de escenarios tridimensionales interactivos en donde los usuarios pueden llevar a cabo trabajo experimental en un ambiente cooperativo. Éste se basa en un diseño instruccional planificado en el contexto de un modelo que hace uso de estrategias de trabajo grupal, implementadas mediante herramientas de comunicación para grupos de trabajo (ver figura 1.1).

Los EVEC son ambientes virtuales creados para utilizarse en Internet, en los cuales, se considera como componente principal un *Laboratorio Virtual* desarrollado con técnicas de realidad virtual, concebido bajo un *Modelo de Experimentación Cooperativa*. En éste se toma en cuenta la *interacción* de los usuarios en un ambiente de experimentación, mediante un modelo de trabajo grupal [20], basado en un *Diseño instruccional* planificado [5], [7]. En éste último se toma en cuenta los conocimientos del área disciplinar, presentados con un contenido claramente estructurado (*procesos cognitivos*), de acuerdo con los *objetivos de aprendizaje* específicos y con una *estrategia instruccional* bien definida.

El diseño instruccional da como resultado prácticas interactivas las cuales, cuentan con escenarios tridimensionales que simulan el trabajo experimental que se realiza en un laboratorio y el sustento teórico necesario, para ejecutarse a través de Internet.

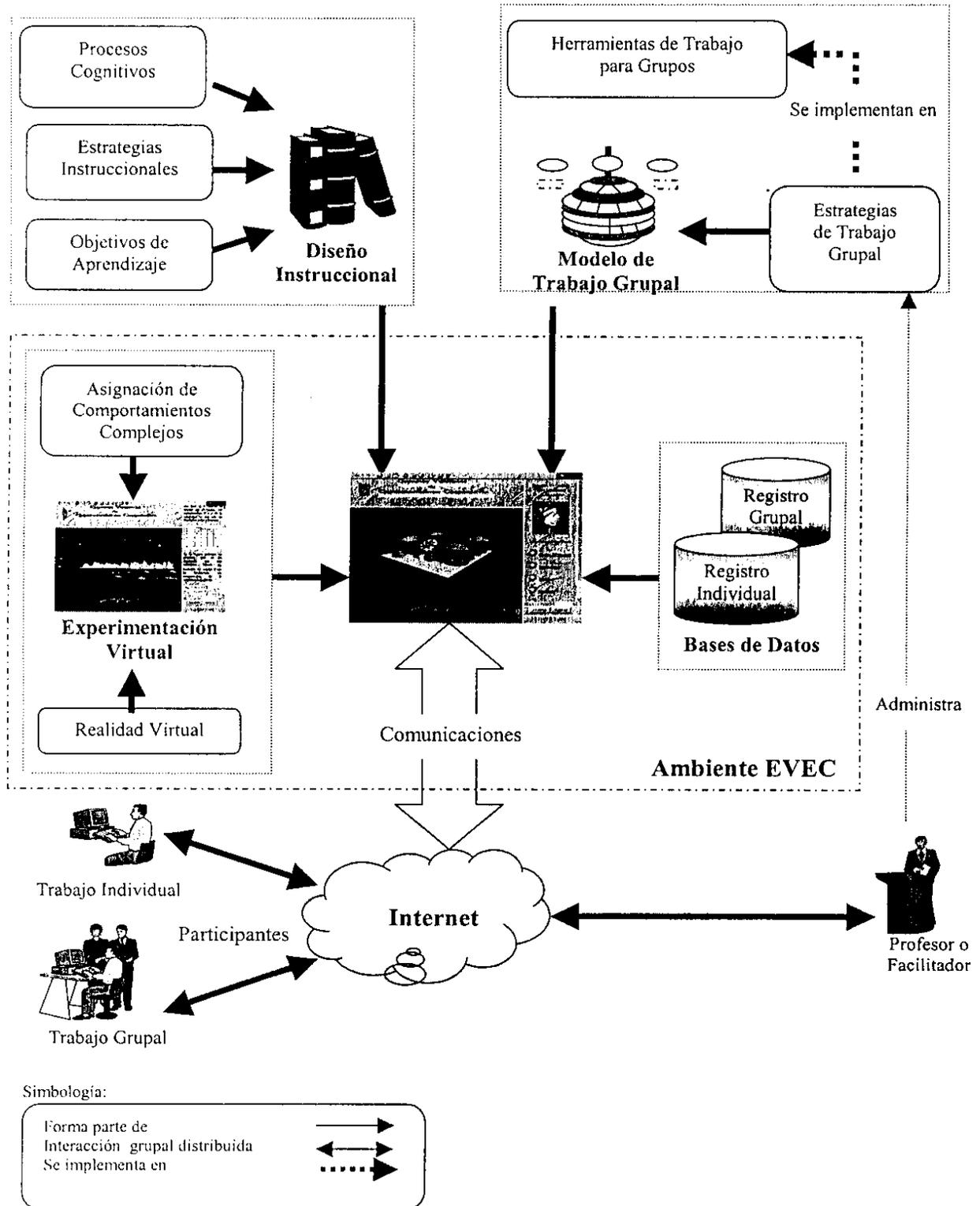


Figura 1.1 Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa.

Uno de los aspectos relevantes que se propone en los EVEC, es la utilización de técnicas de modelado de realidad virtual en la generación de escenarios tridimensionales interactivos y el desarrollo de experimentos virtuales con comportamientos complejos.

Las Interfaces de usuario integran al *mundo virtual* con páginas *Web* y herramientas de trabajo en grupo, de tal manera, que se permite la *experimentación* en un ambiente cooperativo distribuido a través de Internet.

La propuesta de EVEC está inspirada en el concepto de Espacios Virtuales de Aprendizaje (EVA) [9], [16], dado a conocer por el Centro de Investigación en Computación (CIC), del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

En el concepto de EVA se especifica la creación de espacios donde se contemplan los cuatro componentes esenciales del aprendizaje: *el conocimiento, consultoría (o asesoría), colaboración y experimentación*.

Los EVEC se centran en los conceptos de *colaboración, consultoría y experimentación*, introduciendo un *modelo general de trabajo grupal* donde los procesos cognitivos se ordenan en una secuencia de etapas basadas en el uso de estrategias de trabajo en grupos. Estas últimas, se implementan mediante *herramientas de trabajo para grupos*, en su forma más básica [27].

Bajo el esquema de este modelo, se especifica también la asignación de roles bien definidos (participante, facilitador) para llevar a cabo la interacción distribuida de los participantes durante la experimentación en un ambiente de trabajo grupal, soportado en un diseño instruccional planificado que toma en cuenta los elementos de apoyo necesarios que permitan administrar el trabajo individual y grupal [2].

En el modelo se plantea la *interacción grupal distribuida* entre usuarios. Ésta, se lleva a cabo haciendo uso de estrategias de trabajo grupal, implementadas mediante servicios síncronos y asíncronos.

Aunque forma parte del modelo de EVEC, la *experimentación distribuida* no se ha desarrollado y se deja como trabajo futuro. Esta, permite a distintos usuarios llevar a cabo experimentación cooperativa de forma simultánea en una misma escena. Con este esquema, los usuarios ejecutan tareas cooperativas de experimentación mediante el uso de un mismo objeto u objetos tridimensionales en un espacio virtual compartido con otros usuarios que se encuentran situados en lugares geográficos diferentes.

Por otra parte, un componente que también forma parte los EVEC son las *Bases de Datos*. Éstas contienen información acerca de registro individual y grupal de las actividades realizadas en el sistema, así como de los recursos específicos de las aplicaciones, tales como simulaciones iniciales, observaciones experimentales o actividades de experimentación. En el caso específico de este estudio, sólo se utilizan para almacenar los datos personales de los participantes y las actividades realizadas por cada uno de ellos, dejando como trabajo futuro el registro grupal de actividades.

1.3 Planteamiento del Problema.

En el presente trabajo se plantea la utilización integrada de distintas tecnologías de información para desarrollo de un mundo virtual educativo de experimentación orientado a Internet, en donde alumnos, maestros e investigadores pueden resolver problemas específicos de cinemática o compartir e intercambiar ideas sobre un experimento bajo un ambiente de trabajo grupal.

Un ambiente como éste debe ser *Multiplataforma*, lo que significa que puede ejecutarse en distintas plataformas de hardware y software. Debe ser *distribuido*, desde el punto de vista en que sea posible su uso a través de una red de computadoras conectadas a *Web*. Debe permitir la *representación 3D* de objetos y escenas en realidad Virtual, para el manejo de experimentos con comportamientos complejos y la *Comunicación con un motor de bases de datos*, que permita el almacenamiento y recuperación de información de los usuarios, observaciones experimentales, actividades realizadas en el sistema o recursos específicos de las aplicaciones.

También, debe ser *fácil de usar y amigable*, sin perder de vista aquellas cualidades que lo hagan eficiente, apropiado y económico para los usuarios que lo utilizan y para los equipos que lo soportan [15]. Finalmente, deberá ser *dinámico, extensible y apegado a estándares*, de tal manera que permita integrar nuevas herramientas y sistemas heterogéneos, que puedan redimensionarse a escala para resolver los problemas en un ambiente grupal cooperativo [28].

El software para el desarrollo de sistemas como éstos debe ser orientado a objetos, sencillo, interpretado, distribuido, robusto, seguro, de arquitectura neutral, portátil y dinámica.

Desde el punto de vista técnico, los problemas fundamentales que se pretenden resolver en esta propuesta son: la asignación de comportamientos complejos a escenarios tridimensionales y la integración de tecnologías de información en donde se hace uso de lenguajes (como VRML, Java, JavaScript, HTML y DHTML), técnicas o estrategias de trabajo grupal (tales como las denominadas: Delphi, círculos de calidad y lluvia de ideas) y de herramientas de comunicación para grupos (como el chat, *e-mail*, *pizarras electrónicas* y *foros de discusión*), en el desarrollo de un Espacio Virtual de Experimentación orientado a Internet, interactivo y amigable, con escenas virtuales no inmersivas.

1.4 Justificación.

Como producto práctico de la presente tesis, se desarrolla un sistema para realizar trabajo experimental en grupo a través de Internet en un Laboratorio Virtual de cinemática, utilizando técnicas de Realidad Virtual y metodologías de trabajo cooperativo, soportado en un diseño instruccional planificado.

En la actualidad existen diversas herramientas de autoría que permiten el desarrollo de escenas tridimensionales por ejemplo: 3dStudio [1], Geometry 3D [19], o bien Maya [14]; sin

embargo, éstas sólo generan escenas que pueden ejecutarse de forma local. Si se desea generar mundos virtuales para su uso en Internet, será necesario desarrollarlos usando lenguajes como VRML [10], [4], Java 3D API [11] o bien Open GL [17].

Con Java 3D API, es posible hacer uso de primitivas 3D simples para la generación de ambientes tridimensionales distribuidos e independientes de plataforma Sin embargo, este es más complicado cuando se desea generar aplicaciones en donde se hace aso de comportamientos complejos pues, su programación es más difícil que la de VRML y no es común hallar herramientas de autoría que permitan exportar las escenas a código Java 3D API.

El lenguaje OpenGL permite generar ambientes virtuales distribuidos e independientes de plataforma, los cuales pueden visualizarse a través de Internet. Este lenguaje fue tomado como base para desarrollar la especificación VRML; busca aprovechar la capacidad del hardware de aceleración gráfica para desplegar con mayor eficiencia mundos tridimensionales. A través de un navegador como el *PulsaPlayer* [17], es posible navegar en estos mundos mediante controles que se activan con el mouse.

Como en el caso de Java 3D API, la programación de aplicaciones en OpenGL es más compleja que la de VRML y no es común hallar herramientas de autoría que permitan exportar las escenas a código de este lenguaje.

El VRML es un lenguaje abierto y extensible, estandarizado para la industria, orientado a la descripción de escenas o mundos 3D que permite la autoría y visualización de mundos tridimensionales, distribuidos e interactivos, enriquecidos mediante la incorporación de texto, imágenes, animación, sonido, música e incluso vídeo. Asimismo, permite La descripción de simulaciones interactivas de multi-participación en mundos virtuales, conectados vía Internet vinculados con la WWW (*World Wide Web*).

EL Lenguaje VRML es el más alto nivel que Java 3D API y Open GL, lo que lo hace más simple de programar, además de que permite que todos los aspectos de representación, interacción e interconexión en la red puedan ser especificados [10], [4]. Los mundos pueden visualizarse usando un navegador o *browser* VRML el cual, está conectado con el *browser* WWW. El VRML constituye la primera definición estandarizada del espacio tridimensional en Internet.

El lenguaje VRML cuenta con una interfaz nativa que permite la asignación de comportamientos complejos a los objetos de los mundos virtuales, mediante los lenguajes Java Script y Java. La interfaz consiste de un segmento de código JavaScript o Java insertado un el código VRML para el control de eventos. Con otros lenguajes, como es el caso del C++, la asignación es más compleja debido a que es necesario el desarrollo de una interfaz externa que permita la comunicación.

Por otra parte, para asignar comportamientos complejos también pueden desarrollarse interfaces externas mediante los lenguajes Java o JavaScript. Estas interfaces, conocidas como EAI (*External Authoring Interface*) y JSAI (*JavaScript Authoring Interface*),

permiten mayor flexibilidad para asignar comportamientos complejos a los objetos de los mundos virtuales, ya que es posible mantener el código VRML independiente de los programas de desarrollados en Java o *JavaScripts*, utilizados para manipular los eventos.

La JSAI consiste de *Scripts* externos que contienen funciones, las cuales son llamadas por el nodo *Script* de VRML. El nodo *Script* usa los campos *event in* y *event out* para ingresar y extraer eventos del *Script* en Java e insertarlos a la escena, Por su parte, la EAI se basa en el uso de Applets de Java que insertan y extraen eventos desde el mundo VRML.

En el caso particular del sistema que se desarrolla para este trabajo, la asignación de comportamientos complejos se hace mediante JSAI. Esta interfaz mantiene independencia entre el código VRML y *JavaScript*, es más simple y no requiero de compilar el código cada vez que éste se modifica, haciendo más simple la asignación de comportamientos.

En la actualidad bs lenguajes HTML XHTML ML y DHTML se utilizan para el desarrollo de páginas Web. El lenguaje XHTML es un proyecto basado en XML para estandarizar la creación de páginas Web en Internet, con el objeto de que éstas puedan interpretarse de la misma forma en diferentes *browsers*. El XHTML cuarta con una serie de normas, las cuales deben tomarse en cuenta en la generación de un código HTML. Sin embargo, tales normas no son soportadas por las versiones de *browsers* actuales, por tal razón, se decidió no utilizarlo en este trabajo [8], [26], [24], [25].

Por otra parte, el lenguaje DHTML posee características que permiten generar páginas Web dinámicas [6], es decir, páginas que incluyen efectos especiales, los cuales, se activan con el mouse o el teclado, todo controlado por un *Script* de Java. Además de HTML, se utilizó también DHTML, pues debido a sus características es posible controlar diversas actividades en la interfaz, incluyendo el manejo de menús dinámicos, el despliegue de un reloj digital, ventanas animadas y un mensaje en movimiento que aparece en la barra de estado del explorador (*scroller*).

En éste trabajo se hace uso de *JavaScript*, debido a que éste aprovecha la combinación de *Cascading Style Sheet* y *JavaScript* en un documento HTML, para lograr cambios en su aspecto al tiempo de mostrar el mismo al usuario o de interactuar éste con el documento, haciendo a este último más agradable y fácil de navegar.

Hasta hace poco tiempo, para la comunicación de páginas *Web* con bases de datos sólo podría darse a través del uso los CGI,'s (*Common Gateway Interface*).

Los CGI's son *scripts* (desarrollados en PERL, C++ y Visual basic, entre otros) que corren en el servidor y permiten tener acceso a bases de datos a través de páginas desarrolladas en HTML.

En este trabajo, la comunicación entre las páginas *Web* y la base de datos del sistema se realizó a través de la tecnología *Servlets* la cual es de reciente aparición en el mercado de la informática. Los *Servlets* son programas en Java con código SQL (*Structured Query Language*) incorporado, que se ejecutan en el servidores y no presentan ningún tipo de

interfaz gráfica, puesto que estás totalmente controlados por un servicio de red, como pudiera ser un servidor *Web*. Mediante ellos se puede tener acceso a bases de datos a través de páginas *Web*.

Se decidió utilizar los *Servlets* debido a que son más rápidos que los CGI's, consumen menos recursos y no necesitan recompilarse para cada plataforma, además de que trabajan de forma directa con las instrucciones de *GET* y *POST* de los formularios HTML [21], [22].

Para implementar un modelo de Trabajo grupal como el que se plantea en este trabajo, es necesario contar con una infraestructura de comunicaciones que permita, tanto al profesor como a los alumnos llevar a cabo una interacción grupal distribuida en la realización de actividades de experimentación.

En este caso se ha decidido utilizar herramientas clásicas de comunicación disponibles en Internet en su forma más básica (salones de charlas, foros de discusión, pizarra electrónica y correo electrónico). Estas herramientas son libres, de uso común y son fácilmente configurables a medida para resolver problemas de comunicación entre un grupo de personas que deben cooperar entre sí. Por otra parte, es importante considerar que aunque resuelven en gran medida las necesidades de comunicación, están limitadas en comparación con aquellas desarrolladas para ambientes especializados de *groupware* y *workflow*, tal es el caso de Lotus Notes Domino, por ejemplo [13].

Proyectos como el que se presenta en esta tesis, pueden extender los beneficios de la educación más allá de las aulas, dando posibilidad a aquellos individuos de nuestra sociedad que no tienen oportunidad de ingresar a un sistema escolarizado además de dejar antecedente para que en un futuro se lleven a cabo investigaciones y desarrollos de la misma especie

Con tecnologías como la de realidad virtual, es posible no solo manipular los experimentos bajo condiciones que no pueden darse en el laboratorio, sino que también, es posible la interacción, percepción e inmersión, en un ambiente tridimensional generado por la computadora donde se pueden manipular parámetros lógicos como el peso o la gravedad, o bien, manejar un concepto flexible de tiempo.

La simulación de experimentos mediante la computadora permite eliminar en gran medida, las dificultades inherentes al montaje, pues da mayor libertad en cuanto a la manipulación de ciertos aspectos mecánicos, técnicos y económicos que deben considerarse en la implementación del experimento. Por otra parte, los experimentos realizados en la computadora, dan la posibilidad de poder ejecutarlos repetidas veces bajo condiciones que posiblemente no podrían darse en el laboratorio real.

En particular, los temas de cinemática que se desarrollan en este trabajo, aunque simples desde el punto de vista teórico, su comprobación experimental es el laboratorio no lo es. Por ejemplo, la instrumentación que se requiere para realizar el experimento de tiro parabólico es bastante sofisticada. Por lo general, este tipo de experimentos corresponden a cursos básicos de física que típicamente, son impartidos en los primeros semestres de una ingeniería y tienen que ser realizados por grupos numerosos de alumnos lo cual, requiere una logística bastante compleja.

1.5 Objetivos.

Objetivo General.

Desarrollar un ambiente virtual para Internet, que permita la realización de experimentos interactivos y el trabajo en grupo, basados en un Diseño Instruccional planificado, que utilice Realidad Virtual y metodologías de trabajo cooperativo.

Objetivos Particulares.

1. Desarrollar un modelo de trabajo experimental cooperativo aplicable al EVEC, estructurado con base en objetivos de aprendizaje específicos y en una estrategia instruccional bien definida, con evaluación y retroalimentación individual y grupal.
2. Desarrollar experimentos interactivos para un Laboratorio Virtual de Cinemática, asignando comportamientos complejos a escenarios tridimensionales,
3. Desarrollar una herramienta que facilite el trabajo experimental en cinemática, y que pueda ser utilizado por grupos numerosos de alumnos.
4. Evaluar, desde el punto de vista de los usuarios, la usabilidad del sistema, producto del trabajo práctico de esta tesis.
5. Desarrollar un ambiente virtual en Internet que coadyuve al desarrollo de la educación abierta y a distancia vía Internet en la UAEH.

1.6 Alcances del Sistema Propuesto.

En el presente trabajo se hace uso de tecnologías de información bajo el concepto "Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa", en el desarrollo de una aplicación para la educación virtual a distancia a través de Internet.

Se toma como caso de estudio un laboratorio de cinemática, para ilustrar el potencial de esta aproximación en el trabajo experimental a distancia a través del uso de tecnologías modernas de información.

El Laboratorio Virtual de Cinemática, es un prototipo operativo donde es posible llevar a cabo trabajo grupal a través de la interacción grupal distribuida de los participantes mediante herramientas de comunicación. Esta interacción se limita a la comunicación y no posibilita la experimentación simultánea de los usuarios en una misma escena tridimensional.

El sistema que se desarrolla en este trabajo, tiene como objetivo servir como apoyo a la experimentación que se lleva cabo en laboratorio real, en los casos en donde es necesario simular condiciones que no pueden darse en la realidad o bien, donde se requiere que los participantes experimenten con equipo costoso, limitado o geográficamente lejano.

1.7 Requerimientos.

Se requiere contar con equipos robustos y servidores de alto desempeño para la manipulación de gráficos. Es necesario contar con un servicio de Internet que tenga un gran ancho de banda (*High Broadband*), calidad de servicio (*Quality of Service, QOS*), retardo *reducido* (*Low Latency*) y capacidad de transmisión multipunto o multidifusión (*Multi-Broadcast*).

La aplicación de usuario requiere ser corrida sobre la plataforma *Windows 2000 Advanced Server*, *Windows NT Server 4,0* ó *Windows 9.5*. Se requiere además *Internet Explorer 5.0* o superior o *Netscape Communicator 4.5* y una versión de *Cosmo Player*, que soporte tipos de datos MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*).

Pare del software utilizado se encuentra en Internet como versiones libres temporales, que requerirán de una licencian de uso indefinido y actualización Tal es el caso del *Java Web Server*.

1.8 Limitaciones.

Este tipo de sistemas no sustituye el trabajo experimental realizado en un laboratorio, mas bien, son un apoyo en la comprobación de los resultados obtenidos en el laboratorio.

Su operación requiere de un cambio cultural por parte del profesor y los alumnos, desde el punto de vista en que su actitud debe orientarse al autoaprendizaje, la iniciativa y la proactividad. Este cambio, incluye también el claro entendimiento en la utilización y el propósito de la tecnología.

El sistema desarrollado, aborda solo tres de los experimentos más importantes relacionados con el fenómeno del movimiento de los cuerpos con aceleración constante, y es necesario llevar a cabo más trabajo al respecto para abordar todos los temas de cinemática.

La aplicación desarrollada para este caso de estudio, no cuenta con un subsistema automatizado para la administración y evaluación del trabajo grupal realizado por cada uno de los participantes durante el proceso de experimentación.

En el sistema se da retroalimentación sólo en el sentido que se le dice al alumno lo que salió mal, pero no reproduce la interacción entre el alumno y el profesor. En este sentido, el profesor y el alumno deben interactuar constantemente mediante las herramientas de comunicación para ajustar detalles sobre la experimentación, corregir procedimientos erróneos o bien dar solución a respuestas incorrectas por parte del alumno.

1.9 Estructura de la Tesis.

En el capítulo 1 se presentan los antecedentes de los Laboratorios Virtuales, para ubicar al lector en el campo general de este trabajo. Además, se proporciona una explicación del término de Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa, que es el concepto básico subyacente en este trabajo. Otros de los aspectos que aquí se abordan, son la justificación de la tesis, los objetivos y la estructura de la misma. Finalmente, se explican los alcances y las limitaciones de esta investigación.

En el capítulo 2 se presenta el estado del arte sobre la investigación y desarrollo del concepto de los ambientes virtuales cooperativos, los ambientes virtuales de experimentación, así como una evolución y tendencias del concepto de Laboratorios Virtuales, En este capítulo, también se hace un breve estudio de las tendencias, actuales y futuras, en los Espacios Virtuales y otros trabajos relacionados.

En el capítulo 3 se proporciona una descripción general del marco conceptual del dominio de la tesis, se aborda el tema del trabajo en grupo y el aprendizaje cooperativo; también, se mencionan, a grandes rasgos, la metodología de diseño IDEF y la de Diseño Instruccional

En el capítulo 4 se presenta el diseño instruccional del laboratorio Virtual, que incluye las metas instruccionales los prerequisites y características del usuario, y la forma de implementación del material instruccional. Otro de los aspectos que aquí se abordan, es el análisis del esquema de trabajo cooperativo que se utiliza en los EVEC.

Las partes funcionales, el modelo funcional del sistema y la plataforma tecnológica en la cual está implementado, se describen en el capítulo 5.

En el capítulo 6 se presenta el diseño realizado para evaluar el sistema en términos de usabilidad. También se muestra el análisis de los resultados obtenidos después de hacer la evaluación del sistema.

Finalmente, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro que se deriva de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] 3D Studio MAX Release 3, (1999),
URL: <http://www2.discreet.com/products/products.html?prod=3dsmax>
- [2] Adell, J. (1997), "*Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje*", Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Educación, Sevilla: Ediciones Alfar, págs. 114-121.
- [3] Banks, I. & Moon, B. (1997), "*Introduction. European Journal of Teacher Education*", Vol. 20, No. 1, págs. 5-6.
- [4] Burdea, G. (1994), "*Virtual Reality Technology*", John Wiley & Sons.
- [5] Dick, W. & Carey, L. (1978), "*Diseño Sistemático de la Instrucción*", Ed. Voluntad, Bogotá.
- [6] DHTML Dynamic Drive, (2001),
URL: <http://www.dynamidrive.com>
- [7] Englewood, C. (1996), "*Case Studies in Instructional Design*", New York Educational Technology Publications Inc.
- [8] Extensible Markup Language (XML). (2000),
URL: <http://www.est.uniades.edu.co/1-arcim/Spec.html>.
- [9] Guzman, A. & Nunez, G. (1998), "*Virtual Learning Spaces in Distance Education: Tools for the Eva Project*", International Journal Expert Systems with Applications: (Special Issue), Pergamon Press.
- [10] ISO/IEC 14772-1: (1997), "Virtual Reality Modeling Language (VRML97)",
URL: <http://vrml.org/specifications/VRML97>.
- [11] Java 3D API Specification, (2000),
URL: <http://java.sun.com/products/java-media/3D/forDevelopers/j3dguide/j3dTOC.doc.html>.
- [12] Karweit, M. (1997), "*A Virtual Engineering/Science Laboratory Course*", Johns Hopkins University. Dept. Chemical Engineering,
URL: <http://www.jhu.edu/~virtlab/virtlab.html>.
- [13] Lotus Notes & Domino, (2000),
URL: <http://www.sisdef.cl/lotus.htm>.
- [14] Maya animation 3D Artemis, (2000),
URL: <http://www.arenadigital.net/new/maya.html>.
- [15] Nielsen Jakob, and Mack (1994), "*Usability Inspection Methods*", John Wiley and Sons.
- [16] Núñez, G.; Sheremetov, L.; Martínez, J.; Guzmán, A. & Albornoz, (1998), "*The Eva Teleteaching Project - The Concept And The First Experience In The Development Of Virtual Learning Spaces.*", In Gordon Davies (ed.) *Teleaching'98 Distance Learning, Training and*

Education: Proceedings of the 15th IFIP World Computer Congress "The Global Information Society on the Way to the Next Millennium", Vienna and Budapest, 31 August - 4 September, Part II, pp. 769-778.

- [17] OpenGL *"The OpenGL Web Site"*, (1999),
URL: <http://realily.sgi.com/opengl/>

- [18] Poston, T. & Serra, L. (1996), *"Estroux Virtual Work: A System for Visualizing and Manipulating Medical Images with Emphasis on Interaction Techniques"*,
Communications of the ACM: Virtual Reality, slides 39 (5), 37-45.

- [19] Raindrop Geometry 3D, (2000),
URL: <http://www.geometry.com/products/studio>

- [20] Rodríguez, J. L. (1999), *"Modelo de Trabajo Grupal y Evaluación en Aprendizaje Cooperativo Personalizado Asistido por Computadora"*, tesis de Maestría, Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, México.

- [21] Servlets, (1999),
URL: <http://servlets.com>

- [22] Servlets Essentials. (1999),
URL: http://www.novocode.com/doc/servlet_essentials/

- [23] Trefftz, H.; Urquijo, L. H. & Correa, C. D. (1998) *"Grupo de Interés en Realidad Virtual"*, Universidad EAFIT, URL: <http://urania.eafit.edu.co/~rvirtual.html>

- [24] XHTML, (2000),
URL; <http://www.acta.es/articulos/intro-xhtml.html>

- [25] XHTML, (2000). *"Una llamada al orden para el HTML"*
URL: http://iramon.org/xml/articulos/intro_xhtml_html.htm

- [26] XML, (1999), *"Introducción a XML"*,
URL: <http://people.debian.org/inick1/xml.html>

- [27] Zapata D. (1999), *"Sistemas de Soporte al Trabajo Colaborativo (CSCW) para Ambientes de Aprendizaje Apoyado en Nuevas Tecnologías"*, proyecto CONEXIONES, Universidad EAFIT, Medellín - Colombia.

- [28] Zyda, M.; Pratt, D.; Falby, J.; Lombardo, C. & Kelleher, K. (1993), *"The Software required for the computer generation of virtual environments"*, Presence, Vol 2, No. 2.

Ambientes Virtuales Cooperativos: Situación Actual

Resumen.

En este capítulo se presenta el estado del arte sobre la investigación y desarrollo del concepto de los ambientes virtuales cooperativos, los ambientes virtuales de experimentación, así como una evolución y tendencias del concepto de Laboratorios Virtuales.

También se hace un breve estudio de las tendencias, actuales y futuras, en los Espacios Virtuales y otros trabajos relacionados.

Objetivos del Capítulo.

- Analizar alado del arte de la presente investigación.
- Presentar la descripción de las características y componentes de los ambientes virtuales.
- Presentar la descripción da las características y componentes más comunes de los laboratorios virtuales.
- Proporcionar un panorama general de las tendencias actuales de los laboratorios virtuales.

2.1 Evolución de la Enseñanza Asistida por Computadora.

La puesta en órbita del primer satélite artificial de la tierra por la Unión Soviética, el 4 de octubre de 1957, conmocionó el sistema educativo norteamericano y en general del mundo occidental, se inicia entonces una búsqueda renovadora con la intención clara de proporcionar un cambio radical y disminuir esta desventaja.

Como parte de esas tendencias se introducen en los sistemas educacionales de Estados Unidos gran cantidad de dispositivos técnicos, además de una remodelación de los planes y programas de estudio; surgen entonces medios tan novedosos como los laboratorios de idiomas audioactivos comparativos, la televisión en circuito cerrado con video-grabadoras domesticas, las máquinas de enseñar y la enseñanza asistida por computadora [12], [2], [23].

En los años 50 aparecieron los primeros sistemas de enseñanza, los llamados *programas lineales*, en los que ningún factor podía cambiar el orden de enseñanza establecido en su momento por el programador. Estos sistemas, desconocían la posibilidad de que el alumno no hubiera entendido correctamente los conceptos expuestos hasta el momento [18].

Esta delimitación tiene origen en la teoría conductista defendida en su momento por Skinner, que propugnaba que las personas funcionaban por estímulos en dependencia de cuales fueran estos, se obtendrían unas respuestas concretas [31].

Los programas lineales no ofrecían una enseñanza individual, es decir, todo alumno recibía el mismo conocimiento y exactamente en la misma secuencia. En el desarrollo de una sesión de enseñanza no se tenía en cuenta la aptitud del alumno; si le era más rápido entender las cosas, si aprendía mejor con ejemplos que con explicaciones [20].

Los sistemas lineales están compuestos por: salida del programa, entrada del alumno y reacción del programa [25].

Los sucesores de los programas lineales fueron los *programas ramificados*, con un número fijo de ternas, igual que los programas lineales, pero con capacidad para actuar según la respuesta del alumno. La mejoría ofrecida por estos sistemas se consiguió gracias a la técnica de *Pattern-matching* y al diseño de lenguajes de autor. En cuanto a la técnica de *Pattern-matching*, permitía tratar las respuestas del alumno como aceptables o parcialmente aceptables, en lugar de totalmente o incorrectas como exigía la propuesta de Skinner.

Por tanto, los programas ramificados pueden ajustar el temario a las necesidades del usuario, repitiendo textos de explicación, volviendo hacer ejercicios, etcétera. De alguna forma, el sistema de enseñanza tiene estructurado su conocimiento como un organigrama, en función de la respuesta del alumno. Aunque mejoran las facilidades de los programas lineales, no ofrecen una enseñanza individual; a igual respuesta corresponde igual actuación del sistema, independiente del alumno.

A principio de los años 60 las computadoras habían comenzado a extenderse por las universidades, sobre todo en Estados Unidos, y su uso empezó a ser parte integrante de la formación de los estudiantes universitarios en algunas carreras. Pronto se empezó a tratar de utilizar experimentalmente esas mismas computadoras en otros niveles de enseñanza [30].

Patrick Suppers, filósofo y matemático de la universidad de Stanford, en un artículo que apareció en la popular revista *Scientific American*, resumía las expectativas y las ideas, de ese momento y sostenía que la verdadera función revolucionaria de las computadoras en la educación se debía a la nueva área de la instrucción asistida por computadora. Allí comenzaba prediciendo que: "dentro de unos pocos años millones de escolares tendrán acceso a algo de lo que gozaba el hijo de Filipo de Macedonia, Alejandro, como una prerrogativa real: los servicios personales de un tutor tan bien informado e idóneo como Aristóteles" [16].

A finales de los años 60 y principios de los 70 (1967-1971) surgieron los *sistemas generativos*, asociados a una nueva filosofía educativa que manifiesta: "los alumnos aprenden mejor enfrentándose a los problemas de dificultad adecuada, que atendiendo a explicaciones sistemáticas"; es decir, adaptando la enseñanza a sus necesidades [20].

Estos sistemas surgieron al reconocerse el hecho de que el material de enseñanza podría ser generado por la misma computadora; ellos son capaces de generar problemas, construir sus soluciones y diagnosticar las respuestas del alumno, controlando, a su vez, el nivel de dificultad de los problemas.

En los sistemas generativos, el sistema determina el grado de dificultad del problema que se presente. Para ello tiene en cuenta cuál es el concepto que se debe tratar y con qué nivel de detalle lo quiere verificar, en dependencia de la profundidad de explicación, a continuación genera el problema correspondiente y lo presenta al alumno. Cuando se recibe la respuesta del alumno, el sistema la compara con su solución; las diferencias entre ambas se considerarán errores.

Los sistemas generativos no servían para todo tipo de enseñanza, ya que las dificultades para generar problemas aumentan en ciertas áreas de trabajo. Otro problema de interés, es el número de soluciones que puede crear el sistema de enseñanza y las posibles soluciones reales de los problemas. Los sistemas generativos crean una única solución para un problema concreto y pueden existir múltiples soluciones correctas.

Los sistemas de enseñanza vistos hasta el momento (programas lineales, programas ramificados, sistemas generativos) se conocen con el nombre de *CAI (Computer Aided Instruction, Instrucción Asistida por Computadora)* [36]. Este concepto fue introducido desde la década de los 50 y desde entonces han sido desarrollados muchos programas CAI.

Los programas tradicionales CAI, pueden considerarse como los descendientes evolutivos de los libros ya que, al igual que ellos, están organizados de modo que contienen tanto el dominio de conocimiento, como el conocimiento instruccional de los expertos humanos (maestro).

Los programas CAI están diseñados basándose en acciones educativas, anticipan las circunstancias que requieren decisiones y, escriben el código apropiado que permita capturar tales decisiones. Por consiguiente, los programas CAI tradicionales aprovechan la experiencia instruccional de los maestros expertos y directamente reflejan esta habilidad en el comportamiento de los programas.

Esta circunstancia hace poderoso el enfoque de los sistemas CAI pero, al mismo tiempo, es su falla más importante. De hecho, pocos maestros pueden anticipar todos los errores de concepto que un estudiante puede adquirir. Lo que es peor, es prácticamente imposible realizar programas de aplicaciones que contengan todas las decisiones imaginables.

Las principales desventajas de los programas CAI se pueden resumir de la siguiente manera:

- La calidad de los programas de aplicaciones, en muchos sistemas instruccionales, está estrechamente relacionada con la habilidad del autor para proporcionar al usuario, tantas respuestas como sea posible y, entonces, poder especificar la trayectoria de la instrucción que resulte más apropiada.
- Cuando una estrategia de enseñanza se traslada a líneas de código, puede que la aplicación resultante no se ajuste a las necesidades específicas del estudiante.
- Pretenden abarcar cursos completos en lugar de limitarse a temas concretos.
- Existen barreras de comunicación entre el tutor y el alumno que restringen la interacción, entre ellos.
- No tienen conocimientos de cómo y por qué se ejecutan las tareas. De igual modo, la reacción del programa viene determinada por la respuesta del alumno y una serie de situaciones previstas a posibles respuestas, independientemente de las características del alumno.
- Su construcción ha estado muy dirigida a sistemas específicos, lo que impide transportarlos a otros dominios.
- Tienden a ser estáticos en lugar de evolucionar y ser dinámicos. Una vez construidos, el conocimiento que incluye no se ve modificado con el tiempo.

En resumen, son programas costosos y repetitivos, en los cuales aún no hay independencia entre qué y cómo se enseña. Esta problemática estimuló el desarrollo de técnicas basadas en la inteligencia artificial, para utilizarlas en sistemas educativos. Por razones históricas, mucha de la investigación en el campo del *software* educativo que involucra inteligencia artificial ha sido llamada *Intelligent Computer-Aided Instruction* (ICAI), como evolución del término CAI, utilizado para referirse al uso de computadoras en la educación.

A mitad de la década de los 80, el término ICAI fue reemplazado por el de Sistemas Tutores Inteligentes (*Intelligent Tutoring Systems*, ITS) [9], [3], [22].

En un principio los ITS se les llamó ICAI, nombre que aún se utiliza. Sin embargo, algunos investigadores no les gustaba que estos sistemas se diferenciases de los ICAI, sólo por una letra y surgió el nombre de ITS; otros no desean usar el término inteligente y optan por nombres como sistemas tutores basados en el *conocimiento* (*Knowledge Based Tutorial System, KBTS*), sistemas tutores adaptables (*Adaptable Tutorial System, ATS*) y sistemas de comunicación del conocimiento. Pero la mayor parte de los expertos en esta área están de acuerdo con la denominación de ITS, aunque acepten que el uso de la palabra inteligente es, estrictamente hablando, una equivocación [20].

Un tutor inteligente es un programa mediante el cual se pretende enseñar algunos conocimientos a una persona, teniendo en cuenta su capacidad de aprendizaje y el conocimiento que tiene en todo momento sobre esa materia; dicho programa también debe ser flexible y abierto a las posibles sugerencias del alumno, de igual modo debe ser capaz de responder a sus preguntas; en una palabra, un buen ITS debe actuar según lo haría un buen profesor.

El diseño de los distintos ITS es muy variado, de hecho es muy, raro encontrar dos ITS con la misma arquitectura [25], [33].

Sin embargo toda arquitectura de propósito general, en la que se separa lo que se enseña de cómo se enseña, tiene cuatro componentes básicos: el módulo sobre el dominio que se enseña, el módulo del estudiante, el módulo pedagógico y el módulo interfaz con el estudiante.

El *interfaz* es la forma final del ITS, lo que ve el usuario. Cualidades como el uso fácil y la atracción podrían ser cruciales para la aceptación del ITS por parte de, un estudiante [20], aunque algunos autores no lo incluyen dentro de los componentes básicas de un ITS [33].

El *módulo sobre el dominio* es la base de conocimiento del tutor, donde está presentado y almacenado el conocimiento que va a ser enseñado el alumno. Es muy importante que el conocimiento almacenado aquí sea correcto, ya que sí no fuera así, se estaría dando al alumno una mala enseñanza. Es por ello que en la producción y codificación de este conocimiento, además del experto en técnicas de IA, debe colaborar estrechamente un experto del dominio [20].

En la base de conocimiento se, incluyen habitualmente conocimientos declarativo y/o procedural sobre la materia que se enseña. El conocimiento declarativo, consiste en una colección de conceptos o temas relacionados entre sí, por ejemplo, éste sería el caso de materias como Histología. Por otro lado, el conocimiento procedural es aquel que enseña como realizar ciertas cosas, por ejemplo, como resolver problemas de diagnóstico médico [23].

Las representaciones pueden ser totalmente opacas (cajas negras) o totalmente transparentes (cajas de cristal). En las representaciones opacas, sólo los resultados finales están disponibles para el usuario [10]. En las opciones transparentes, cada paso de razonamiento que hace el tutor para generar el siguiente tema o problema que se debe presentar al alumno puede ser inspeccionado o interpretado.

Un *modelo de estudiante* es toda información que contenga un programa de enseñanza que sea específica para el alumno que esté siendo educado. La información puede variar desde el simple cálculo de las respuestas incorrectas que se hayan producido, hasta la complicada estructura de datos que pretende representar una parte importante de los conocimientos del alumno sobre el tema [25].

La adaptación de un sistema tutor está determinada por la procesión de la información contenida en el módulo del estudiante. Ésta debe representar de forma adecuada las características propias de cada estudiante (capacidad y conducta) [34]. Además, hay que tener en cuenta que el proceso de aprendizaje del estudiante se realiza paso a paso, por tanto, se precisará de una creación incremental y actualización continua del modelo del estudiante [17], [25].

Para diseñar el modelo del estudiante, debemos pensar en términos de *qué características e información debe contener*. Habrá que observar el comportamiento del estudiante e interpretar sus acciones según se van produciendo; todo ello permitirá al sistema actualizar su conocimiento sobre el alumno (conocimientos adquiridos, capacidad de aprendizaje, etcétera).

Las acciones que realiza el tutor se pueden clasificar en seis tipos: corrección, elaboración, estrategia, diagnóstico, predicción y evaluación. La estructura del modelo depende en gran medida del dominio que queramos abordar; igualmente hay que tener en cuenta el propósito de los problemas que se deben resolver y su método de resolución.

En general, se puede decir entonces que los ITS combinan técnicas de inteligencia artificial (IA), modelos psicológicos del estudiante y del experto y teorías de la educación [33]. Estos sistemas están orientados a reproducir el comportamiento de un tutor humano, adaptando su enseñanza al ritmo y forma de aprendizaje más conveniente para el usuario, utilizando modelos de conocimiento sobre el dominio, métodos de enseñanza y los perfiles de los estudiantes [29]. El concepto de ITS, se define como, un software educativo basado en un sistema experto, que encapsula el conocimiento del educador experto [29], [39].

En los últimos años, las innovaciones tecnológicas por un lado, y la creciente popularidad y disponibilidad de Internet, por el otro, fueron las razones principales de desarrollo de numerosas aplicaciones y proyectos de investigación, orientados a la utilización de los medios informáticos en el campo de la tecnología educativa.

El desarrollo de la computación distribuida, las redes de computadoras, las telecomunicaciones y, sobre todo, la utilización masiva de Internet, han propiciado el desarrollo de una nueva clase de sistemas que contemplan la difusión del conocimiento, la comunicación, coordinación y colaboración entre grupos de personas situadas en lugares geográficos diferentes [32].

Esta línea de investigación se ha denominado aprendizaje cooperativo (*Collaborative Learning*) o también aprendizaje cooperativo soportado por computadora (*Computer Supported Collaborative Learning, CSCL*).

Las ventajas, posibilidades y limitaciones de esta tecnología, han sido exploradas ampliamente [6] [8] [19], [15]. El aprendizaje cooperativo estudia métodos educativos que buscan mejorar el aprendizaje cuando varios estudiantes trabajan sobre una misma tarea. En general, este es efectivo

en dominios donde los participantes desean adquirir habilidades como planeación categorización y memorización.

Existen varios estudios que sugieren que el ambiente cooperativo ayuda a los estudiantes a entender tareas complejas, donde el dominio del conocimiento es complejo, jerárquico y se requiere un conocimiento profundo en cada nivel de la jerarquía.

En general, el CSCL estudia las formas de administrar un ambiente de aprendizaje colaborativo a través de las tecnologías de información, haciendo que el sistema tome parte activa en el análisis y el control.

Este campo de investigación, se origina a partir de la aplicación de técnicas de trabajo cooperativo asistido por computadora (*Computer-Supported Cooperative Work*, CSCW) al diseño de ambientes cooperativos de aprendizaje. Los ambientes cooperativos virtuales de enseñanza permiten aplicar la inteligencia artificial, las tecnologías de *groupware*, *workflow* y agentes, las redes de computadoras y las telecomunicaciones, para generar ambientes de enseñanza y de trabajo cooperativo [7], [6].

El uso de ambientes cooperativos, conjuntamente con la tecnología de realidad virtual, dan lugar al concepto de los Ambientes Virtuales Cooperativos (AVC). Los AVC's son, prácticamente, la intersección de CSCW con la Realidad Virtual [27], [15].

El uso de AVC's en la educación es, entonces, una consecuencia lógica de la evolución de las investigaciones en Realidad Virtual, Trabajo Cooperativo Soportado por Computadora y Aprendizaje Cooperativo Soportado por Computadora. Es un área de investigación muy joven, y ha despertado interés tanto en las áreas de informática como en las de educación.

Las tecnologías de información ofrecen grandes oportunidades para replantear a fondo el proceso de adquisición del conocimiento.

2.2 Ambientes Virtuales Cooperativos.

Un Ambiente Virtual Cooperativo (AVC), es un "punto de encuentro" que permite a varias personas, a través de sus computadoras, interactuar en un mundo virtual, buscando un objetivo común [11], [4].

Mundo virtual significa, en este contexto, un espacio tridimensional que permite interacción a distancia entre varios usuarios por medio de computadoras, comunicados a través de una red. La interacción puede ir desde un intercambio de ideas escritas, hasta cohabitar un espacio tridimensional con la posibilidad de movimiento e intercambio de voz [7].

Desde el punto de vista de la interfaz de usuario, los AVC's se pueden implementar como *tipo texto* o de *realidad virtual*. En las *interfaces tipo texto*, los usuarios escriben en sus teclados y leen en su pantalla lo que los demás escriben, Tal es el caso de los MUD's (*MultiUser Dungeons*) y los IRC's (*Internet Relay Chats*). Éstos son utilizados por grupos de personas alrededor del mundo para intercambiar ideas respecto a un tema específico [14].

En las *interfaces de realidad virtual*, los usuarios que cohabitan el mundo virtual tienen una representación tridimensional, se pueden mover dentro del mundo y pueden intercambiar información utilizando la voz. Es el caso de interfaces como el *DIVE (Distributed Interactive Virtual Environment)* [1], [13]. Los AVC con interfaz tipo Realidad Virtual se han difundido menos en el mundo, en parte por los costos elevados que, hasta hace poco, tenía la tecnología de Realidad Virtual [8].

En sus comienzos, la mayor parte de las aplicaciones de Realidad Virtual se diseñaron para ser utilizadas por una sola persona [8], [37]. La más reciente versión de Netscape cuenta con un visor de VRML. Varios investigadores están proponiendo extensiones al VRML que permitan a varios usuarios habitar al mismo tiempo un mundo virtual, creando así un AVC en Internet [21], [14]. Incluso, Microsoft ha realizado propuestas para brindar más interactividad al VRML [21]. En los últimos años, ha surgido un interés muy grande por aplicaciones que permitan a varios usuarios encontrarse en un mundo virtual para realizar algún tipo de trabajo cooperativo.

2.2.1 Ambientes Virtuales Cooperativos en Internet.

A continuación se presentan algunos ambientes virtuales cooperativos que sirven de plataforma para aplicaciones similares a la de los Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa.

Espacios Virtuales de Aprendizaje (EVA).

Éste, es un programa de investigación desarrollado por el Centro de Investigaciones en Computación (CIC) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), el cual se ubica dentro de una línea bien definida dedicada a la creación de ambientes virtuales interactivos para soportar la educación a distancia, con un enfoque de ingeniería de procesos [32], [22].

Haciendo uso de tecnologías de información avanzadas, el proyecto EVA se propone replantear a fondo el proceso de educación a distancia, así como el desarrollo de nuevas y variadas formas de enseñanza, de aprendizaje y de colaboración para grupos de trabajo. En el concepto de EVA se contemplan los 4 componentes esenciales del aprendizaje, *el conocimiento, la colaboración, la consultoría (o asesoría)* y la experimentación.

Las aplicaciones del ambiente EVA, también permiten ponerse en contacto con personas con los mismos intereses para formar grupos de trabajo o de estudio, comunicarse con personas y grupos de trabajo en áreas afines, con el objeto de obtener asesoría y realizar el trabajo experimental que su requiere para aprender eficientemente. La aplicación más conocida de EVA son los POLILIBROS. Estos son libros electrónicos que se generan automáticamente por el sistema, concatenando los capítulos o las unidades de aprendizaje. Cada unidad como un módulo autosuficiente puede formar parte de varios POLILIBROS generados en forma personal según la formación, el nivel de avance y los intereses del alumno [22].

Distributed Interactive Virtual Environment (DIVE).

Este es el AVC con interfaz de Realidad Virtual un poco conocido. Este proyecto, realizado en Suecia por el SICS (*Swedish Institute of Computer Science*) [1], [13], fue una de las primeras plataformas para construir ambientes virtuales cooperativos. Corre sobre varias plataformas y se puede conseguir sin costo para aplicaciones educativas.

Las aplicaciones de DIVE, permiten que varios usuarios cohabiten un mundo virtual simultáneamente para realizar algún tipo de interacción. Cada usuario está representado tridimensionalmente mediante un avatar, de tal forma que, cada usuario puede ver a los demás usuarios. En la actualidad, Las aplicaciones de DIVE se encuentran disponibles en distribución binaria y sin costo para usos no comerciales, para un número limitado de plataformas UNIX (*Silicon Graphics, Linux, Sun, Hewlett-Packard*).

Model, Architecture and System for Spatial Interaction in Virtual Environments (MASSIVE).

Desarrollado por el *Communication Research Group*, de la Universidad de Nottingham, permite la interacción a través de múltiples medios (incluyendo la interacción espacial) entre un gran número de personas [5].

Este sistema de Realidad Virtual distribuido, soporta nuevos modelos de interacción espacial tripartita que incluyen regiones y abstracciones, la comunicación con múltiples usuarios vía la combinación de gráficos en 3D, paquetes de audio y texto en una red basada en IP multidifusión (multibroadcasting) y el desarrollo de aplicaciones extensibles orientadas a objetos. Una de las aplicaciones más representativas de MASSIVE, es la aplicación denominada DEVRL (*Distributed Extensible Virtual Reality Laboratory*). Esta aplicación permite a personas de diferentes partes del Reino Unido, trabajar juntas en un mismo espacio para construir con formas geométricas simples un objeto complejo.

Narrative Based, Immersive, Constructionist/Collaborative Environment for Children (NICE).

NICE es una plataforma que permite la creación de ambientes virtuales de aprendizaje, basados en las teorías educacionales actuales del aprendizaje, el constructivismo la narrativa y la colaboración en un contexto atractivo.

En el marco de este proyecto, desarrollado en la Universidad Illinois en Chicago [15], se creó un ambiente virtual para que niños en edad preescolar puedan compartir un mundo virtual. El mundo consiste en una isla que pueden recorrer. En ella se encuentran con otros niños o con señales de tráfico, las cuales pueden ser agentes "inteligentes" controlados por la computadora o pueden ser comandados por adultos (profesores).

En una parte de la isla, hay un jardín que es mantenido por los niños. Es posible tener acceso a las aplicaciones de este ambiente mediante *WEB* o dispositivos inmersivos llamados CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*).

Ambientes Virtuales Colaborativos Aplicados a la educación Superior (AVALON).

Es un proyecto de investigación en el cual, se explora el uso de la Realidad Virtual Inmersiva como soporte para la Educación a Distancia. La idea central de este proyecto, es el desarrollo de una plataforma de software para Ambientes Virtuales Colaborativos que incorpore las sugerencias de los pedagogos a fin hacer las aplicaciones desarrolladas bajo este concepto, más adecuadas a los propósitos educativos.

Investigadores de la Universidad EAFIT de Medellín, Colombia, han construido una aplicación de Realidad Virtual, la cual permite a dos usuarios se encuentren en un mundo virtual para obtener una asesoría o para recorrer conjuntamente un mundo virtual. Esta aplicación conocida como Aula Virtual, consiste de un navegador de un mundo virtual compartido por dos personas. Las peponas pueden moverse libremente dentro del mundo y ver las representaciones tridimensionales de los demás participantes [36], [37], [38]. Ésta es una aplicación muy exitosa y es comparable con los trabajos como VirtuOsi [13], Massive 1 y la "Mesa de trabajo virtual" [19].

2.3 Laboratorios Virtuales.

Con el gran desarrollo y crecimiento de Internet, así como de los equipos de cómputo que procesan toda la información que en ésta se puede encontrar, se ha hecho factible la implementación y difusión de conceptos como el de laboratorios virtuales.

Un laboratorio virtual, es la simulación del entorno de un laboratorio y/o de un experimento que se realiza en un laboratorio. Se dice que es una simulación, pues no existe físicamente equipo de laboratorio en el cual se está realizando el experimento, esto debido a que todo toma lugar dentro de una computadora. Un experimento virtual, puede constar desde una simulación basada sólo en texto, hasta una inmersión en realidad virtual [24].

En un laboratorio virtual, es posible simular y evaluar actividades que toman mucho tiempo, cuestan mucho dinero o son peligrosas de realizar en condiciones reales. Esta simulación, puede ser usada para manejar problemas complejos en áreas tales como: control de tráfico aéreo, sistemas espaciales (tanto una galaxia como una nave espacial), procesos de ingeniería redes de computadoras y de comunicaciones, evaluación del desempeño de computadoras, sistemas de comunicación satelital e inalámbrica, educación y entrenamiento, sistemas de salud y práctica de cirugías, sistemas de manufactura, sistemas militares y de combate, sistemas de transporte, manejo de cadenas de suministro o, construcción de estructuras by edificios.

Los laboratorios virtuales, pueden usarse como suplemento de un laboratorio tradicional para hacer experimentos que no son posibles de realizar de otra forma. A diferencia de un laboratorio real, un laboratorio virtual puede manejar un concepto flexible de tiempo. Es decir, un estudiante puede hacer que el tiempo "transcurra más lento" para observar detenidamente lo que de otra forma sería un evento rápido, hacer que el tiempo transcurra más rápido o repetir eventos.

Las limitaciones de los laboratorios virtuales son claras, ya que no pueden ofrecer las mismas experiencias de aprendizaje que uno real. Un teclado y un ratón, no pueden ofrecer la misma sensación que el equipo real. Algunas habilidades pueden perderse, por ejemplo: los estudiantes en un laboratorio virtual de electrónica, nunca experimentarán los problemas asociados con un cable suelto o con un *microchip* dañado y, más importante, no aprenderán cómo buscar y resolver esos problemas. También, los estudiantes tienen interacción social en un laboratorio real, ya que pueden discutir el desarrollo o los problemas del experimento con sus compañeros y sus profesores, lo que en un laboratorio virtual no tendrán.

Sin embargo, los laboratorios virtuales son el resultado del desarrollo tecnológico que nos da la oportunidad de realizar tareas de aprendizaje y de investigación de una forma diferente, con la enorme ventaja de poder llevarlos a cabo bajo condiciones muy variadas, sin que esto implique el aumento en los costos [24].

Como en cualquier otro laboratorio, las herramientas y técnicas son específicas del dominio de investigación, pero los requisitos de infraestructura básica, se comparten entre las distintas disciplinas. Aunque ya existen algunas de las aplicaciones de Realidad Virtual, el laboratorio virtual no supone a priori la necesidad de compartir un entorno con tales características.

Todos los laboratorios virtuales pueden tener componentes, herramientas y técnicas específicas del dominio de investigación, sin embargo, es posible distinguir algunos componentes que son comunes en todos los casos. Entre ellos tenemos a los servidores, las bases de datos, grandes instrumentos científicos conectados a una red., herramientas de trabajo para grupos y la infraestructura de redes de computadoras.

2.3.1 Laboratorios Virtuales en Internet.

Los laboratorios virtuales, como ambiente virtual de experimentación, representan un área de investigación interesante. En esta sección se presentan algunas aplicaciones de laboratorios virtuales que resultan similares en ciertos aspectos a la de los Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa.

Laboratorio de Ondas Mecánicas.

Desarrollado en el Centro de Aprendizaje Distribuido (*Center for Distributed Learning, CDL*) del Sistema Universitario de California (CSU) [26], tiene como objetivo la obtención de un software interactivo que integre las experiencias más novedosas y representativas que se están impartiendo a los alumnos de Ingeniería en Sistemas y de la Licenciatura de Física, sobre el estudio de onda. En esta aplicación, se ha creado un laboratorio virtual en el que se realizan, paso a paso las prácticas experimentales incluidas en las asignaturas correspondientes, éstas se visualizan a través de animaciones del proceso llevado a cabo en el laboratorio. De ellas, se obtienen resultados numéricos y gráficos, los cuales, son tratados para la obtención de conclusiones.

Virtual Reality and Education Laboratory (VREL).

En este proyecto, se evalúan y recomiendan la tecnología de Realidad Virtual como apoyo procesos de aprendizaje en las escuelas. En este laboratorio se examinan las capacidades de la realidad virtual en la educación y el entrenamiento, a través del uso de herramientas que permiten evaluar el desempeño de los alumnos de primaria, de manera individual; sin embargo, no específica su desempeño de forma grupal [38].

Laboratorio Virtual de Robótica Móvil.

Este proyecto tiene como propósito la presentación de una serie de experimentos, en un ambiente que es la representación tridimensional del laboratorio que, en este caso particular, es el de Sistemas Inteligentes y del robot Nomad 200 del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) Campus Morelos [35].

El ambiente virtual desarrollado, tiene como propósito probar algoritmos de navegación para robots móviles. La representación virtual, contempla el modelo de los sensores de un robot real: sonares, sensores de contacto, cámara, etc. De esta forma, es posible reproducir y visualizar los movimientos, desplazamientos, giros, etc. realizados por el robot móvil virtual, para posteriormente, ejecutar los programas en un robot real.

Sistemas de Simulación Molecular.

Este es un laboratorio virtual desarrollado en la Universidad de Carolina del Norte, en Chape Hill [37], el cual, proporciona a los investigadores y estudiantes a través de una interacción espacial, da facilidad de examinar y controlar los choques entre las partículas o cuerpos, o la fricción y la gravedad en ensayos de Química Molecular bajo un Ambiente Constructivista de Aprendizaje Situado que permite a los usuarios, interactuar con enormes moléculas y "volar" a través de sus estructuras, en un entorno inmersivo.

2.4 Los Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa.

Como puede verse existen distintos ambientes que sirven de plataforma para aplicaciones en donde es posible llevar a cabo trabajo cooperativo y, aunque su orientación es distinta, en la mayoría de los casos pueden establecerse ciertos puntos de comparación entre ellas y el caso de estudio desarrollado para esta tesis. En general, los EVEC como la mayoría de las aplicaciones antes

descritas, hacen uso de la realidad virtual y se basan en un diseño instruccional en donde, se tornan en cuenta objetivos de aprendizaje específicos y metas instruccionales bien definidas.

Los EVEC, como la mayoría de las demás aplicaciones, también contemplan el uso de herramientas y técnicas de trabajo cooperativo bajo un contexto instruccional. El trabajo cooperativo en los EVEC especifica formalmente bajo un Modelo de Experimentación Cooperativa en donde se considera el uso de estrategias de trabajo grupal, implementadas en herramientas de comunicación para grupos de trabajo, aspecto que no está formalmente especificado en algunas de las aplicaciones estudiadas.

El Laboratorio Virtual Cinemática, caso de estudio de esta tesis, comparado con las aplicaciones de laboratorios virtuales analizadas en el presente capítulo, reúne la mayor parte de las características además, permite implementar el trabajo experimental del ambiente de un laboratorio, mediante el uso de técnicas para la asignación de comportamientos complejos a los experimentos.

Aunque en el modelo de EVEC, se plantea la interacción grupal distribuida entre usuarios mediante uso de estrategias de trabajo grupal, implementadas mediante servicios síncronos y asíncronos, no es posible llevar a cabo experimentación distribuida. Esto significa que, no es posible ejecutar tareas cooperativas de experimentación mediante el uso de un mismo objeto u objetos tridimensionales en un espacio virtual compartido con otros usuarios que se encuentran situados en lugares geográficos distintos. En la tabla 2.1, se hace un resumen comparativo de las características más importantes de las aplicaciones analizadas en este capítulo, con respecto a los Espacios Virtuales Experimentación Cooperativa.

Ambiente / Aplicación	Aspectos de comparación			
	Realidad Virtual	Modelo de Trabajo Grupal	Interacción Distribuida Entre Usuarios	Experimentación Virtual Distribuida entre Usuarios
EVA / Polilibros		X	X	
DIVE / Mundos Virtuales Lúdicos	X	X	X	X
MASSIVE / DEVRL	X	X	X	X
DIVE / Jardín Virtual	X	X	X	X
AVALON / Aula Virtual	X	X	X	X
Laboratorio de Ondas Mecánicas	X			
Laboratorio de Robótica Móvil	X		X	
Sistemas de Simulación Molecular	X		X	
EVEC / Laboratorio Virtual de Cinemática	X	X	X	

Tabla 2.1 Comparación de Aplicaciones de Espacios Virtuales.

REFERENCIAS

- [1] Anderson, M.; Carlsson, C.; Hagsand, O. & Stahl, O. (1997), "DIVE, The *"Distributed Interactive Virtual Environment, Technical Reference"*. Swedish Institute of Computer Science. URL: <http://www.siscs.se/dive/>
- [2] Ainsworth D. (1987), "What century is this anyway? A critical look at technology in education." Educ Technol.
- [3] Ayala, G. & Yano, Y. (1996), "Communication Languages and Protocols in «n agent-based collaborative learning environment." In Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol.3, pp. 2078-2087.
- [4] Benford, S.; Bowers J.; Fahlen, L.; Greenhalgh, C. & Snowdon, D. (1995), "User embodiment in Collaborative Virtual Environments", In Proceedings of CHI 95, Denver, Colorado.
- [5] Benford, S. Greenhalgh, C. (1995), "A Distributed Virtual Reality System Incorporating Spatial Trading". Communication Research Group, University of Nottingham URL: <http://www.crg.cs.nott.ac.uk/research/system/MASSIVE-2/>
- [6] Broll, W. (1995), "Extending VRML to Support Collaborative Virtual Environments", German National Research Center fur Information Technology, URL: <http://orqwis.qmd.de>.
- [7] Bowman, T. (1997), "VR Meets Physical Therapy", Communications of the ACM: Technologies in Health Care, Slide Sets, 40 (8), 59-60,
- [8] Burdea, G. (1994). "Virtual Reality Technology", John Wiley & Sons.
- [9] Clancey, W.J. (1987), "Knowledge-based tutoring: The GUIDON program." Cambridge, MA: The MIT Press.
- [10] Cuba, (1996)," Plan de acción para el incremento de la calidad de los recursos humanos en el Sistema Nacional de Salud. Ministerio de Salud Pública.". La Habana: Editorial Ciencias Médicas, 1996.
- [11] De la guardia, G. (1997), "La educación Hacia el siglo XXI", Soluciones Avanzadas, New Age Connectivity Enterprises.
- [12] González, V. (1986), "Teoría y práctica de los medios de enseñanza.". La Habana : Editorial Pueblo y Educación.
- [13] Hagsand, O. (1996), "Interactive Multiuser Ves in the DIVE System, IEEE Multimedia, string.

- [14] Honda, Y.; Matsuda, K.; Rekimoto, J. & Lea, R. (1995) Virtual Society: *"Extending the WWW to support Multi-User Interactive Shared 3D Environments"*. In Proceedings of the VRML'95 Symposium,
URL: <http://sonnypic.com/vs/index.html>
- [15] Johnson, A; Roussos, M.; Liehg, J.; Vasilakis, C.; Barnes C. & Moher, T. (1995), *"The NICE project "*, URL: <http://www.ice.eecs.uic.edu/~nice>.
- [16] Kent G. (1969). *"Blackboard to computer."* London: Ward Lock Education, 1969.
- [17] Klimber L. (1978), *"Introducción a la didáctica general."* La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- [18] Konstantinov NA. (1976), *"Historia de la Pedagogía."* IA Habanas Editorial Pueblo y Educación.
- [19] Krueger. W.; Bohn, C.; Froehlich, H.; Schueth, H.; Strauss, W. & Wesche, G. (1995), *"The responsive workbench: A virtual Mark Environment"*. In IEEE Computer, Vol 28, No. 7, pags. 42-48.
- [20] López Ostio J. (1993), *"Sistemas Tutoriales Inteligentes (ITS)"*. Conferencia mecanografiada. San Sebastián, España.
- [21] Microsoft (1996), *"Active Virtual Reality Modeling Language"*,
URL: <http://www.microsoft.com/intdev/avr/avrml.htm>
- [22] Nuñez, G., Sheremetov, L., Martínez, J, Guzmán, A., & Albornoz, (1998). *"The Eva Teleteaching Project - The Concept And The First Experience In The Development Of Virtual Learning Spaces."* In Proceedings of the 15th IFIP World Computer Congress, The Global Information Society on the Way to the Next Millennium, Vienna and Budapest, 31 August - 4 September.
- [23] O'Farrill E & Colonga C. (1992), *"El desarrollo de la informática en la Educación Médica Superior"*. Rev Educ Med Sup, slides (2):122-36.
- [24] Olvera, C. & De la O, Pablo (1998), *"Laboratorios Virtuales en Internet"*, Dirección de Telecomunicaciones, DGSCA, UNAM.
URI.: <http://www.dgsca.unam.mx>.
- [25] O'Shea T, Self J. (1998), *"Enseñanza y aprendizaje con ordenadores."*, La Habana: Editorial Científico-Técnica.
- [26] Pérez, E. Vlab (1999). *"Laboratorio de Ondas Mecánicas"*,
URL: <http://www.apple.com/es/education/aua/aua0101/applets.html>
- [27] Pesce, M. (1997), *"VRML Modelado y diseño "*, Editorial Prentice Hall.

- [28] Pantelidis, V. (1998), "*Virtual Reality and Education Laboratory*", URL: <http://150.216.8.1/vr/vrel.htm>
- [29] Rosas, R.; Slrasser, K.; Nussbaum, M. & Csaszar, F. (1996), "*Propuesta de un Modelo para el Diseño de Sistemas Instruccionales Inteligentes*" Universidad Católica de Chile.
- [30] Rossell W. (1989), "*Medios de enseñanza*", La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- [31] Saetler P. (1968), "*A history of instructional techonology.*", USA: Mc Graw Hill Books.
- [32] Sheremetov, L. B. (1997), "*Desarrollo de la Tecnología y del Software para Repartir Cursos Vía el World Wide Web*", En Memorias del Simposium Inteniacional de Computación, Nuevas Aplicacionese Innovaciones Tecnológicas en Computación México-City, México, November 12-14, pp. 171-181.
- [33] Sleeman D & Brown JS., (1952), "*Intelligent tutoring systems.*" London: Academic.
- [34] Spitzen DR. (1987), "*Megatrennds in educational technology.*", Educ. Technol. 27(9):44-7.
- [35] Sucar, L. E. (1999), "*Laboratorio Virtual de Robótica Movil*". División de Ingeniería y Ciencias, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Morelos . URL:http://www.mor.itesm.mx/~lsi/laboratorio_virtual.html.
- [36] Tiffin, J & Rajasingham, L. (1997), "*En busca de la clase virtual*", Editorial Paidós, España.
- [37] Treftz, H; Cardona, F.; Correa, C. D.; González, M. Á.; Restrepo, J & Treftz, C. (1998), "*Ambientes Virtuales Cooperativos aplicados a la Educación Superior*", URL: <http://sigma.eafit.edu.co/virtual.html>
- [38] Trefftz, H.; Urquijo, L. H.; Corea; C. D. (1998), "*Grupo de Interés en Realidad Virtual*", Universidad EAFIT, URL: <http://urania.eafit.edu.co/~rvirtual.htm>
- [39] Wenger,E.; Kaufmann M. (1987), "*Artificial Intelligence and tutoring systems.*", Los Altos, CA.

Marco Teórico Conceptual

Resumen.

En el presente capítulo, se proporciona una descripción general del marco conceptual del dominio de la tesis, se aborda el tema del trabajo en grupo y el aprendizaje cooperativo; también se mencionan a grandes rasgos las metodologías de diseño IDEF y de Diseño Instruccional.

Objetivos del Capítulo

- Describir las características del Aprendizaje Cooperativo relevantes para este trabajo.
- Describir el marco teórico conceptual que involucra al Laboratorio de Cinemática.
- Describir la metodología IDEF para el diseño funcional del sistema.
- Describir la metodología de diseño instruccional del sistema propuesto.

3.1 Metodologías de Diseño y Desarrollo.

3.1.1 Trabajo Cooperativo.

En este trabajo se emplean recursos para hacer uso de tecnologías de la información que permiten el rediseño del proceso enseñanza-aprendizaje, dando a cada elemento un nuevo papel. Los elementos que integran al sistema son los mismos que los de la educación presencial, pero con un enfoque distinto.

El modelo de Experimentación Cooperativa (ver figura 3.1), es una mezcla del modelo de 'Trabajo Grupal y Evaluación en Aprendizaje Cooperativo Personalizado Asistido por Computadora [7], la Arquitectura para Sistemas de Soporte al Trabajo Colaborativo (CSCW) para Ambientes de Aprendizaje Apoyado en Nuevas Tecnologías [22] y el modelo PHI del Procesamiento Humano de la Información [3].

En el contexto de este modelo, se toman en cuenta los conceptos de *colaboración*, *consultoría* y *experimentación*, bajo un esquema en donde los *procesos cognitivos* se ordenan en una secuencia de etapas, en donde se toma en cuenta el uso de *estrategias de trabajo grupal*, soportadas por nuevas tecnologías de *Web* para la ejecución de las actividades.

Bajo es enfoque, el *alumno* no asiste a clases en algún lugar y horario determinados, su aprendizaje se realiza mediante el uso de la computadora. El *trabajo experimental cooperativo* es virtual, por lo que no se requiere ningún otro instrumento que no sea la computadora. El *profesor*, en lugar de atender directamente la enseñanza, toma el papel de asesor y consejero en el proceso educativo individual. El *conocimiento*, tradicionalmente almacenado en libros, se encuentra en una página *Web* que contiene simulaciones en realidad virtual, texto y ayuda en línea proporcionada por el profesor.

La *comunicación en red*, permite impulsar la *colaboración* y la *asesoría* al poner en contacto a cada alumno, con alumnos de su mismo nivel o bien con el profesor que, en este caso, juega un papel fundamental [15].

La *evaluación*, se plantea como un elemento fundamental para mejorar la calidad de los conocimientos. Ésta considera, en forma integral, todas las tareas que realiza el alumno, como la participación en grupo, consulta realizada, trabajo experimental, etcétera.

Este proceso debe ser entonces, *integral*, y debe tener en cuenta todos los elementos que intervienen en el aprendizaje del alumno. También debe ser *personal*, en cuanto a que debe realizarse para cada alumno y. por último, debe ser *continuo*, debido a que tiene que considerar el historial del alumno durante todo el proceso.

Parra el EVEC, se hace uso de estrategias que son típicas del trabajo grupal presencial, las cuales, permiten resolver el problema en un grupo de personas que deben cooperar entre sí, a saber: *Lluvia de ideas*, *Mapas cognitivos*, *Círculos de calidad* y *Delphi*.

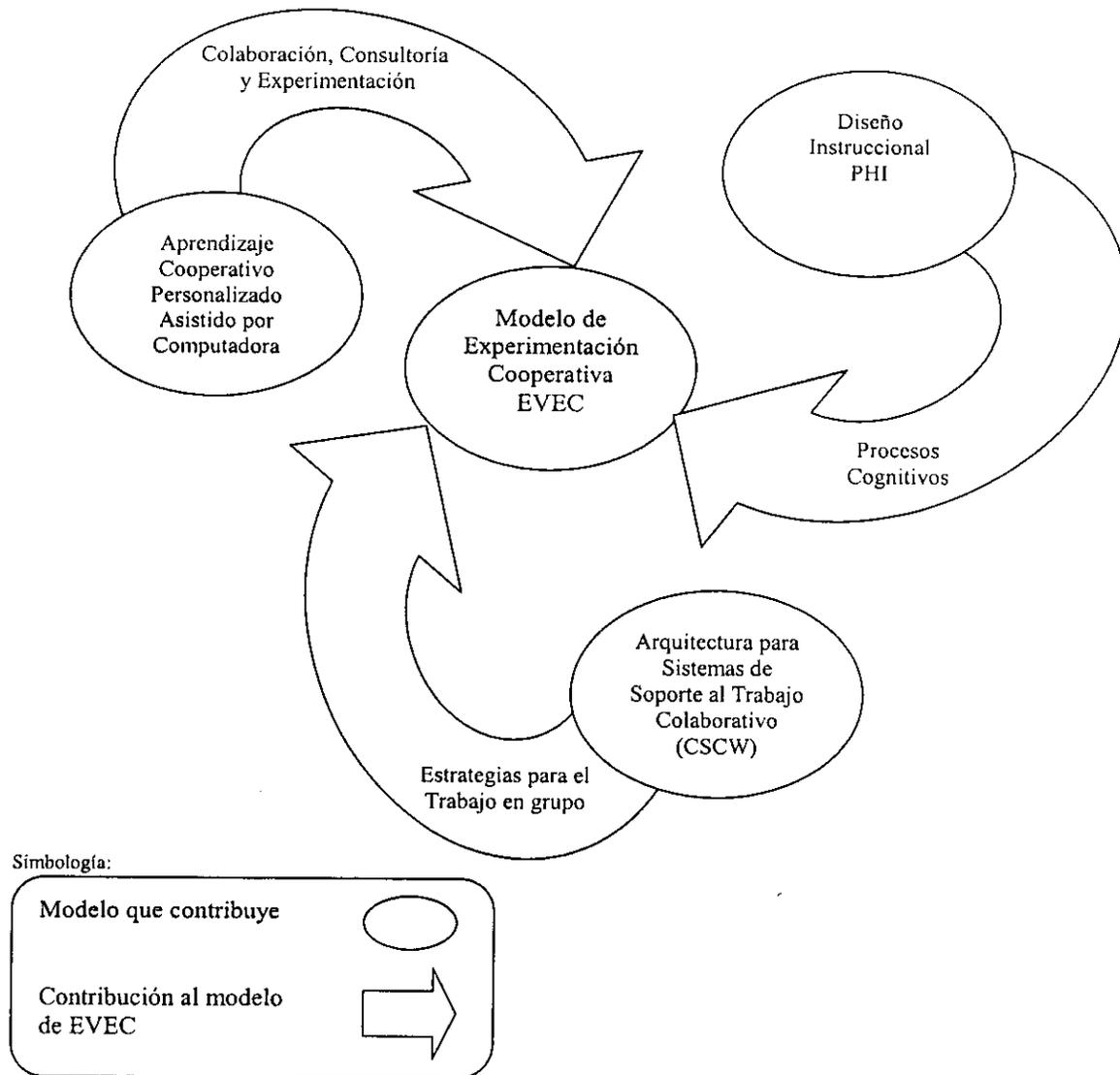


Figura 3.1. Modelo de Experimentación Cooperativa.

3.1.2 La Familia IDEF.

La familia de metodologías IDEF fue desarrollada para el Departamento de Defensa de los EUA y cuentan con una organización denominada "IDEF - Users Group", la cual, a través de conferencias y seminarios, divulga los avances logrados en materia de análisis de procesos [6].

La metodología IDEF usa modelos visuales, los cuales facilitan el análisis cuantitativo de los procesos para dar un mayor desempeño a un menor costo. Para la elaboración del modelo funcional de EVEC, se utilizó la metodología IDEF0 y se implementó a través del software *Logic Works*

BPWIN 2.0 [11], con la intención de obtener un modelo que permita identificar las funciones del sistema en cada nivel de abstracción.

IDEF0 es un método de diseño para modelar decisiones, acciones y actividades de una organización o sistema. IDEF se derivó del lenguaje gráfico *SADT (Structured Analysis and Design Technique)*. La Fuerza Aérea de los EUA, comisionó a los creadores de SADT para que desarrollaran un método para modelar funciones que sirvieran para, analizar y comunicar funciones de un sistema. Los modelos IDEF0, ayudan a organizar y analizar el comportamiento de un sistema y a permitir una comunicación entre el usuario y el analista. IDEF0 es útil para determinar el análisis de funciones, además de que ayuda a comprender la complejidad de un sistema y facilita la toma de decisiones mediante una representación gráfica simplificada.

El modelo IDEF0 se basa en una sintaxis simple, cada proceso se indica con una actividad colocada dentro de un rectángulo. Las entradas (*inputs*) representan los datos u objetos que son transformados por la actividad las salidas (*outputs*) representan los datos u objetos producidos. Los Controles (*controls*), representan las condiciones requeridas para poder producir una salida correcta. Finalmente, los mecanismos (*mechanisms*) representan los medios usados por la actividad para transformar la entrada. Al Conjunto de entradas, controles, salidas y mecanismos se les denomina con el término genérico de *ICOMs*. En la Figura 3.2 se muestra un ejemplo de la representación de un proceso. La actividad (A) transforma las entradas (E) en las salidas (S), respetando los controles (C) y utilizando los mecanismos (M).

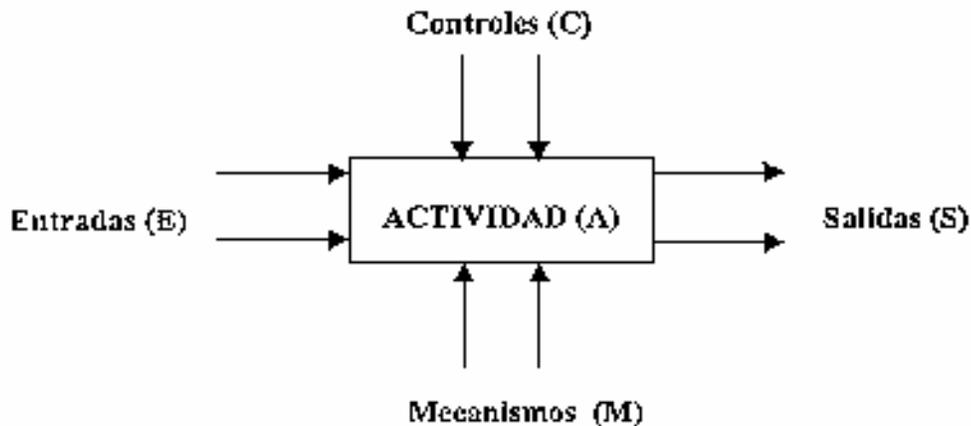


Figura 3.2 El Modelo IDEF0.

Una estrategia para organizar la generación de modelos IDEF0 es el concepto de la descomposición jerárquica de actividades.

Un rectángulo en el modelo IDEF0 representa un proceso genérico el cual, es susceptible de descomponerse en subprocesos de menor jerarquía: esta división se puede realizar en diferentes niveles, tantos como se considere adecuado para el proceso. La representación se realiza colocando diferentes rectángulos, para cada una de las subactividades y empleando la misma sintaxis, como se muestra en la Figura 3.3.

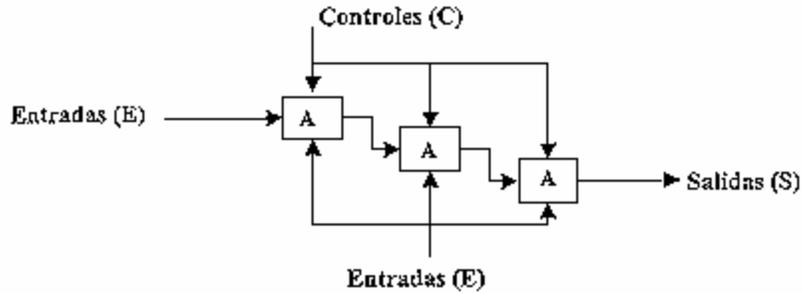


Figura 3.3 IDEF0 Jerarquía de Procesos.

Para la elaboración del modelo lógico de datos de EVEC, se utilizó la IDEF1x, con el software *Logic Works ERWIN 2.0* [12]. IDEF1x es una metodología para el diseño de bases de datos relacionales con una sintaxis diseñada para soportar las construcciones para el manejo de un esquema conceptual. El esquema conceptual, es una simple definición integrada de los datos de la empresa, orientada hacia la aplicación simple e independiente del acceso a éstos. La metodología IDEF1x no es precisamente una herramienta de análisis, aunque comúnmente su capacidad es usada como una alternativa de IDEF1.

IDEF1x, es más usual en el diseño lógico de bases de datos después de que los requerimientos de información ya se conocen y, la decisión de implementar una base de datos relacional ya se ha hecho. Por lo tanto, las perspectivas de los sistemas IDEF1X están enfocadas en los elementos de datos actuales en una base de datos relacional.

ERWIN, permite Implementar Modelos de Bases de datos relacionales a partir del modelo IDEF0 generado por BPWIN, ERWIN, como se muestra en la figura 3.4.

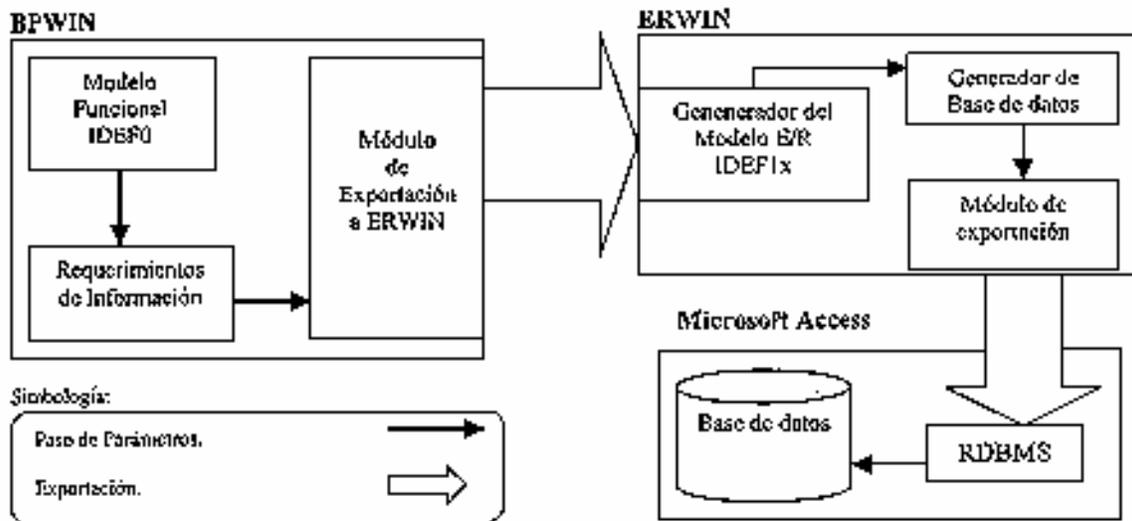


Figura 3.4 Exportación de BPWIN a ERWIN.

El resultado del diseño lógico del IDEF1x, tiene la intención de ser usado por los programadores quienes, tomarán el diseño lógico de la base de datos e implementarán ese diseño.

3.2 Lenguajes de Programación y Herramientas.

3.2.1 Lenguaje de Programación Java.

En el presente trabajo se hace uso del lenguaje Java, porque es un lenguaje orientado a objetos, sencillo de entender y programar y, principalmente, por la característica de que Java, fue desarrollado con la idea de que sus bibliotecas estándar contengan unidades diseñadas para redes que permiten fácilmente escribir aplicaciones de Internet.

Otras de las razones por las que se utilizó este lenguaje son: Java es sumamente portable y permite la característica de intercambiar datos con VRML, para asignar comportamientos complejos a una escena, manipular bases de datos remotas a través del uso de la tecnología de *Servlets* y la manipulación de eventos en el HTML dinámico.

Java es un lenguaje de programación sencillo, orientado a objetos, distribuido, interpretado, robusto, seguro, de arquitectura neutral, portátil, de alto rendimiento, multi-hilos y dinámico. El Java es más *sencillo* que C++, puesto que sus características lo hacen más fácil de entender y programar. Similar a C++, también es *orientado a objetos*, porque permite al programador organizar su programa de tal forma que es muy similar al mundo real en estructura y en interacción entre sus componentes [1]. Se desarrolló con la idea de redes y sus bibliotecas estándar, contienen unidades diseñadas para éste propósito lo que permiten desarrollar con cierta facilidad aplicaciones de Internet, razón por la que se dice que es *distribuido*.

Los archivos ejecutables de Java, llamados *bytecode* son instrucciones o datos relativos a una computadora virtual (Máquina Virtual de Java), lo que lo hace *interpretado*. El Java contiene características que lo hacen *robusto* (asignación automática de memoria, recolección de basura. etc.) y poco susceptible a fallas.

Los Applets (programas de Java), basados por el navegador, están sujetos a un número de restricciones que hacen difícil (reducen) las probabilidades de dañar un sistema o datos, haciendo que Java sea *seguro*. Es *neutro de arquitectura*, puesto que los códigos byte (bytecode) de Java, están diseñados para ser leídos e interpretados de la misma forma en cualquier hardware o sistema operativo que soporte Java, lo que también lo hace *portátil*, debido a que los programas de Java, no contienen dependencias de implementación.

3.2.2 JSAI (*JavaScript Authoring, Interface*).

En el caso particular de presente trabajo, el comportamiento complejo que presentan los experimentos se asigna a través de *JavaScript*, utilizando una técnica denominada Interfaz de Autoría de *JavaScript* (*JavaScript Authoring, Interface, JSAI*). Esta técnica, le permite al VRML mayor flexibilidad para asignar comportamientos complejos a mundos desarrollados bajo este estándar [4]. La técnica JSAI, consiste en hacer uso de *Scripts* externos que contienen funciones las cuales, son llamadas por el nodo *Script* de VRML. El nodo *Script* usa los campos *event in* y

event out para ingresar y extraer eventos del *Script* en Java, e insertarlos a la escena, como se muestra en la figura 3.5.

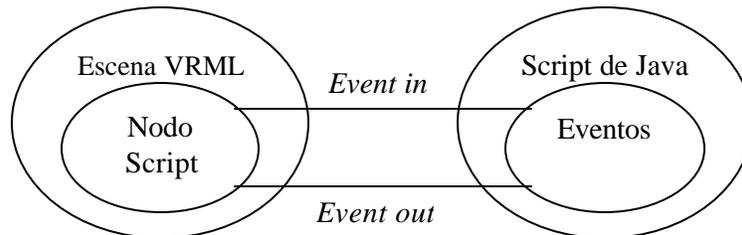


Figura 3.5 JSAI (*JavaScript Authoring, Interface*).

3.2.3 Servlets.

La parte más conocida de Java son los Applets. Éstos, no son más que programas que se pueden cargar a través de una red y que se ejecutan de igual forma en cualquier plataforma, todo ello, gracias a las potentes características del lenguaje. Hasta hace poco, Java se utilizaba básicamente, para dorar a las páginas *web* de una mayor interactividad mediante los Applets, y por tanto, sólo actuaba sobre el lado cliente. Pero el lado servidor también puede beneficiarse de todas las ventajas que ofrece, gracias a los *Servlets*.

Los *Servlets* se diferencian de los Applets, básicamente, en que se ejecutan en el servidor y en que no presentan ningún tipo de interfaz gráfica, puesto que están totalmente controlados por un servicio de red como pudiera ser un servidor *Web* [20]. Este hecho, es uno de sus aspectos más interesantes y, es por lo que muchos programadores que hasta ahora utilizaban CGI's (*Common Gateway Interface*), están utilizando *Servlets* (Figura 3.6).

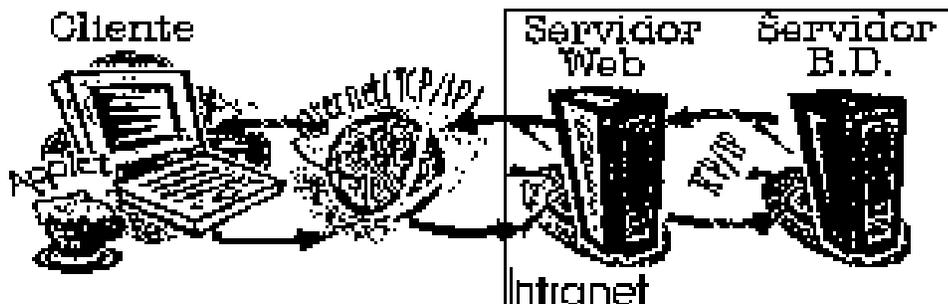


Figura 3.6 Arquitectura de los *Servlets*.

Aunque la mayor corra de trabajo reside en el servidor, los usuarios se ven beneficiados debido a que la bajada de datos es más rápida, puesto que no deben tenerse archivos de lado del cliente que permitan la ejecución de una aplicación, como se puede observar en la figura 3.6.

Los *Servlets*, son la mejor opción para desarrollar aplicaciones para servidores *WEB*. Trabajan de forma transparente con las filosofías GET y POST de los formularios HTML y también, como es lógico, se entienden perfectamente con los *Applets* y con clientes programados en cualquier otro lenguaje.

Los *Servlets* pueden usarse en sistemas típicos *Middleware* que hasta ahora, únicamente se implementaban con CGI's. Para consultar las Bases de Datos, los *Servlets* pueden utilizar JDBC (Java Data Base Connection), lo que les permite extraer información de cualquier sistema de Base de Datos. Los *Servlets*, se programan utilizando un API estandarizado Java y, por tanto, se benefician de todas las ventajas de este potente lenguaje de tal forma, que consumen menos recursos que los CGI's y los Fast-CGI's y, no es necesario cargarlos en memoria tantas veces como peticiones de ejecución existan, respondiendo así a la nueva filosofía de software distribuido.

Los *Servlets* pueden comunicarse entre sí y, por tanto, es posible una reasignación dinámica de la carga de proceso entre diversas máquinas, Es decir, un *Servlets* podría pasare trabajo a otro *Servlet* residente en otra máquina.

Los *Servlets* se aplican actualmente en el control de la recepción de e-mails, y de sistemas de noticias, chats, etc. También, se utilizan en la generación páginas HTML en el cliente de forma dinámica y, dado que pueden manejar múltiples peticiones concurrentemente, es posible implementar aplicaciones colaborativas, como por ejemplo una aplicación de videoconferencia. Conviene recordar que Java está especialmente indicado para la programación utilizando los protocolos TCP/IP (SMTP, NNTP, conexiones *socket*, etcétera).

En este trabajo se llevó a cabo la programación de *Servlets* en un entorno cliente - servidor basado en HTTP, para realizar diversas funciones entre las que tenemos:

- El registro de usuarios a una base de datos remota.
- La generación aleatoria de un examen de opción múltiple.
- Control de acceso al sistema.
- Operación de una pizarra de mensajes.
- Contador de accesos la página.
- Control y carga de páginas.

3.3 Diseño Instruccional.

La organización, las acciones educativas y el desarrollo del material didáctico, constituyen las funciones fundamentales del diseño instruccional, éste ha enfrentado una evolución, pasando desde una visión restringida meramente conductual, hasta una visión cognitiva *constructivista* [8].

El proceso tradicional de instrucción, involucra tres elementos fundamentales: profesor, estudiante y texto. La responsabilidad del profesor es enseñar el contenido de los textos, y la responsabilidad de los estudiantes es aprender ese contenido de manera memorística. En este contexto, típico de la era industrial, la instrucción es entendida únicamente como la transferencia de conocimiento del profesor al estudiante [10].

El modelo sistémico de diseño instruccional, nos ofrece una perspectiva diferente de instrucción en el cual, los diferentes componentes del sistema de enseñanza, profesor, estudiante, material, y entorno de aprendizaje, interactúan para lograr los objetivos de la instrucción [21].

El diseño instruccional es un proceso sistemático, esto significa que está estructurado a través de una secuencia ordenada y organizada para lograr los objetivos propuestos. Existen múltiples modelos de diseño instruccional, pero todos tienen características similares que pueden ser sintetizadas en lo que se ha denominado el modelo ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación).

Los modelos de Diseño Instruccional, proveen los procedimientos para la producción de material instruccional y ayudan al fortalecimiento de la instrucción [10]. Estos modelos, incorporan elementos fundamentales en el proceso de diseño instruccional, incluyendo el análisis de las metas y objetivos. Los modelos pueden ser usados en diferentes contextos. Un modelo puede ser usado para un curso completo de instrucciones o se pueden combinar múltiples conceptos [21].

Todos los modelos existentes, son similares en cuanto a sus procesos y elementos, si se analiza con detenimiento, todos un enfoque de sistemas y utilizan un marco teórico de aprendizaje y la evaluación lo cual, marca un punto definitivo a la hora de desarrollar el diseño. Por otra parte, todos los modelos son buenos o malos, dependiendo del enfoque y características de quien lo aplique y del tipo de contenidos a trabajar [8].

Un buen diseño, debe contener por lo menos ciertas etapas fundamentales tales como: la definición del problema, alternativas de solución de ese problema, evaluación de resultados y una retroalimentación de constante revisión. A continuación, se presentan las características generales de algunos modelos de diseño instruccional [10].

Modelo de Knirk & Gustafson.

Determina tres escenarios completamente distintos que no se interrelacionan el uno con el otro, es decir, no hay *feed back* o retroalimentación, en ellos encontramos: la determinación del problema en el cual están conectadas las habilidades de los aprendices, la organización, identificación de los problemas, los objetivos instruccionales y por último la organización (en su primera fase) [13], [2].

En la segunda fase, encontramos lo que se denomina el diseño, que, contempla los siguientes aspectos: desarrollar los objetivos, especificar estrategias, especificar los medios. La tercera y última fase es el desarrollo en donde está la selección y desarrollo, analizar los resultados, revisión de materiales y por último la implementación. Sus principales desventajas, radican en que el escenario de diseño y el escenario de desarrollo, interactúan, pero no la determinación del problema, además de que no es evidente una retroalimentación entre los tres escenarios, pues la comunicación es unidireccional.

Modelo de Hannafin y Peck.

En su presentación, se ve como un modelo más sencillo que el anterior. Este posee tres fases fundamentales que lo soportan, en donde se encuentran: la valoración de necesidades, el diseño y por último el desarrollo y la implementación [7]. Estas tres fases se retroalimentan mediante la evaluación y la revisión. Sus principales desventajas, radican en que el modelo es demasiado general y las fases no están estructuradas [16].

Modelo de Gerlach y Ely.

Este modelo es adecuado para diseñadores instruccionales principiantes que manejan mi tema o área específico. Es un modelo fundamentalmente prescriptivo que se adapta muy bien a la educación secundaria y superior. Por tal motivo, es aplicable a los docentes que son novatos en el lema de diseño instruccional, pero que por otra parte tienen bastante experiencia dentro de un área determinada del conocimiento. Es aquí en donde radica precisamente su principal dificultad pues en la mayoría de los casos, aunque el diseñador cuenta con una trayectoria aceptable como docente, posiblemente no sea suficiente su trayectoria como diseñador instruccional [9], [18].

Modelo de Diseño de Tripp & Bichelmeyer.

El modelo esta basado en in enfoque heurístico y los diseñadores, deben ser expertos con gran experiencia en el diseño instruccional. Este modelo maneja cuatro niveles en donde se crean instrucción por lecciones, para cada nivel se realiza un análisis de necesidades y se construye un prototipo. Basados en el prototipo, se realiza una investigación y posteriormente se instala y mantiene el sistema, su principal inconveniente es que su uso esta ligado solo a diseñadores instruccionales expertos, que tengan un alto grado de experiencia con el modelo [9], [16].

Modelo de Dick y Carey PHI (Procesamiento Humano de la Información).

Para el diseño de la Instruccional se decidió usar el modelo Procesamiento Humano de Información (PHI) de Dick y Carey [3], [5]. Este modelo utiliza el enfoque de sistemas para el diseño le la instrucción, es el más conocido y es similar a algunos modelos utilizados en la ingeniería de software. Este, puede aplicarse a múltiples escenarios, desde el ambiente educativo hasta la empresa privada [2], [16], [9]. En este modelo, se hace selección de material instruccional y esto es conveniente si se tiene en cuenta que bajo esos parámetros, se puede interactuar mejor y el proceso de retroalimentación, es mucho más conveniente. Por otra parte, es un, modelo completo y flexible que permite ser utilizado por usuarios expertos e inexpertos.

El modelo PHI, analiza los procesos cognitivos en una secuencia de etapas ordenadas que comienza identificando las metas instruccionales y termina con la Evaluación. Cada paso, forma un eslabón importante en el tratamiento de la información: receptores sensoriales, memoria de trabajo, de corto y largo plazo (figura3.7).

La información que proviene del mundo exterior ingresa al sistema cognitivo por medio de los órganos de los sentidos y sólo permanecen aquellos estímulos que interesan al sujeto en ese momento. La adquisición y manejo del conocimiento se realiza con base en la capacidad de almacenamiento y recuperación que se desarrolla en la memoria a largo plazo. El almacenamiento se realiza a partir del conocimiento o estructura cognitiva del sujeto y la recuperación de estrategias cognitivas [3], [5].

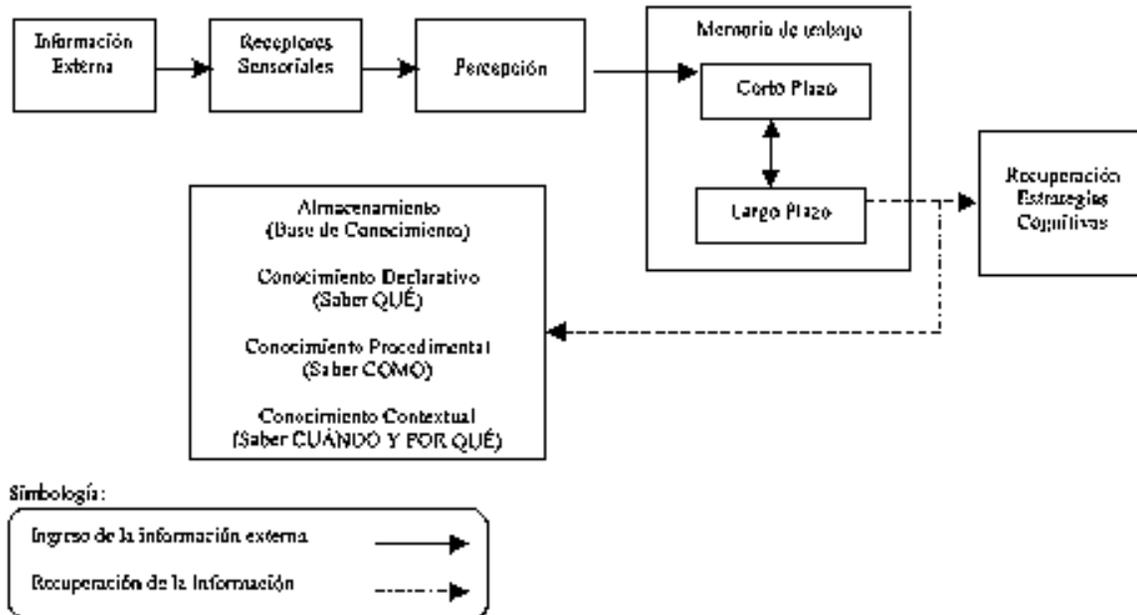


Figura 3.7 Modelo PHI (Procesamiento Humano de la Información.)

La diferencia entre los tipos de conocimiento es importante, ya que no es lo mismo diseñar una estrategia instruccional para el aprendizaje de un concepto, que para el despeje de una fórmula. Lo que subyace al diseño instruccional PHI es el tránsito de la información de la memoria de corto plazo a la de largo plazo, desde la construcción del conocimiento hasta la recuperación y transferencia de lo aprendido. A continuación se describen cada uno de los elementos de un diseño instruccional.

3.3.1 Análisis de Necesidades Educativas.

Analizar una necesidad educativa, conlleva la identificación de algún problema de aprendizaje, pero no se trata de cualquier problema, sino de aquél que incide en mayor medida en los niveles de reprobación o deterioro la dinámica escolar.

3.3.2 Meta Instruccional.

El segundo paso es sencillo de realizar, pero a la vez requiere de un conocimiento profundo de lo que se desea lograr, La *meta instruccional*, es la elaboración de un enunciado que expresa lo que el alumno estará en capacidad de hacer cuando termine el periodo de instrucción [3], [5]. La meta instruccional, también se conoce como objetivo instruccional, objetivo general u objetivo terminal. En dicho, deberá aparecer la conducta o habilidad principal que el estudiante va a lograr, expresada con un verbo que la refleje realmente. Es importante, además, notar si la habilidad

descrita es sólo una, dos o más, y si son independientes o están relacionadas. Si éste fuera el caso, se recomienda dividir la meta en dos o más, pues no debe diseñarse una instrucción para habilidades independientes [3].

3.3.3 Sistema de Producción.

Está constituido por los recursos humanos y técnicos que se necesitarán para el logro de la meta, los materiales que se requerirán, así como con los que ya se cuentan y la descripción de la población meta, es decir, la población hacia la que va a ir dirigida la instrucción.

El producto de esta etapa es un análisis de la viabilidad del proyecto educativo que se pretende realizar, para determinar qué tan factible es, no sólo académicamente, sino en el personal necesario para llevarlo a cabo.

3.3.4. Análisis Instruccional.

Descomponer la meta instruccional en todas las áreas de aprendizaje subyacentes, detallándolas hasta el punto en que se identifiquen las habilidades y conocimientos que es necesario construir, es una tarea que se conoce como análisis instruccional, de tareas o estructural, y se refiere al procedimiento para conocer las habilidades o conocimiento subordinados necesarios para lograr la meta de instrucción propuesta. El análisis instruccional, será la representación gráfica de la estructura general que tendrá el programa educativo que se pretende realizar.

Este es el paso más importante dentro de toda la planeación instruccional, ya que de aquí en adelante, se desprenden: la enunciación de los objetivos de aprendizaje, las estrategias instruccionales, la determinación de los medios instruccionales y la evaluación que llevará a la verificación de la meta instruccional [5], [14].

El objetivo de aprendizaje, se refiere a un enunciado que explica detalladamente lo que el alumno estará en capacidad de hacer cuando termine la instrucción. En esta parte del diseño instruccional, debe hacerse un análisis detallado de las destrezas y las habilidades subordinadas que habrá de adquirir, de acuerdo con los objetivos de aprendizaje planteados [5], [14]. Para los fines de este trabajo, se llevó a cabo un *análisis instruccional*, donde se determinó entre otras cosas, un análisis detallado de las destrezas y las habilidades subordinadas que habrá de adquirir de acuerdo con los objetivos de aprendizaje planteados [14].

3.3.5 Estrategia Instruccional

Son decisiones sobre los componentes y procedimientos para lograr la instrucción o la capacitación adecuada al objetivo. Un elemento a considerar en el desarrollo de procedimientos instruccionales, lo componen los métodos de enseñanza, entendiendo éstos como el procedimiento o plan general de acción para lograr la meta instruccional propuesta.

3.3.6. Medios Instruccionales.

Los medios instruccionales, son todos aquellos recursos que apoyarán el proceso de instrucción. Los medios disponibles son a nivel auditivo y a nivel visual. A nivel auditivo, se puede contar con sonidos o música que expresan alguna información importante. A nivel visual, se puede tener texto, gráficas, imágenes fijas o con movimiento [19].

3.3.7 Evaluación.

La evaluación debe ser constante y debe tomar en cuenta el cumplimiento de las metas instruccionales en el ámbito individual y grupal. En este rubro es recomendable diseñar un instrumento simple pero a la vez eficiente, por ejemplo un examen de opción múltiple.

REFERENCIAS

- [1] Booch, G. (1994), *"Análisis y Diseño Orientado a Objetos con Aplicaciones"* Segunda Edición
- [2] Braxton, S. (1998), *"ISD Methodologies and Techniques Available"*, <http://www.seas.gwu.edu/student/sbraxton/ISD/intro.html>
- [3] Dick, W. & Carey, L. (1978), *"Diseño Sistemático de la Instrucción"*, Ed. Voluntad, Bogotá.
- [4] Dis-Java-VRML. W. G. (1999), *"JavaScript Authoring Interface"*, URL: <http://stl.nops.navy.mil/dis-java-vrml>
- [5] Fujik, A. (1993), *"The pedagogical and technological challenges in computer mediated communications in distance education"*. Davis and Samways. In *Teleteaching*, págs.249 a 258.
- [6] IDEF. (1998), *"Methods Knowledge Based Systems, Inc"*, URL: <http://www.ideal.com/overviews/idef0.htm>.
- [7] IDS. (2001), *"Instructional Design Resource"*. URL: <http://www.oise.on.ca/~tbailey/id.htm>
- [8] Kemp, J, Morrison, R. & Ross, S, *"Designing Effective Instruction"*. New York: Macmillan College Publishing Company, 1994.
- [9] Latorre C, (1998), *"Análisis de los modelos Instruccionales y el modelo sistémico"*, Tecnológico de Investigaciones Estudios y Proyectos - INESPRO URL: http://www.inespro.edu.co/edudig_2relat_g1.htm
- [10] Leshin, C., Pollock, J. & Reigeluth, C. *"Instructional Design Strategies and Tactics"*, New Jersey: Educational Technology Publications, 1992,
- [11] Logic Work Bpwin 2.0, (1999), URL: <http://www.logicworks.com>.
- [12] Logic Work ERwin 2.0. (1999), URL: <http://www.logicworks.com>.
- [13] LTS, (2000), *"Instructional Design Models"*, The Learning technology Service (LTS), part of the Distance Education and Learning Technology Applications (DELTA) division. URL: http://lts.ncsu.edu/guides/instructional_design/selecting_models2.htm
- [14] Mager, R. (1971), *"Objetivos para la enseñanza efectiva"*, Ed. Salesiana, Caracas.

- [15] O' Malley, C. (1995), "*Computer Supported Collaborative Learning*". Springer Verlag.
- [16] Pike. T. "*Instructional Design Checklist*."
URL: <http://www.tpid.com/~tpike/IDSChecklist.htm>.
- [17] Rodríguez, J. L. (1999), "*Modelo de Trabajo Grupal y Evaluación en Aprendizaje Cooperativo Personalizado Asistido por Computadora*", tesis de Maestría, IPN México.
- [18] Shultz, A. (2001), "*ISD Models*", Dr. Adonica Schultz Aune's I Homepage, University of Miniesota,
URL:<http://webhome.crk.umn.edu/~aschultz/summerinstitute/ITC520/ITC520ProjectA.htm>
- [19] Schyfter, L. (1993), "*Aspectos generales de la evaluación del rendimiento escolar*" CISE-UNAM, México.
- [20] Servlets, (1999), "*Fundamentals of Java™ Servlets*", Perface by MageLang Institute January.
- [21] West, C., Farmer, J. & Wolff, P., "*Instructional Design: Implications from Cognitive Science*." New Jersey: Prentice Hall, 1991.
- [22] Zapata D. (1999), "*Sistemas de Soporte al trabajo Colaborativo (CSCW) para Ambientes de Aprendizaje Apoyado en Nuevas Tecnologías*.", proyecto CONEXIONES, Universidad EAFIT, Medellín – Colombia.

Espacio Virtual de Experimentación Cooperativa en Física

Resumen.

En el presente capítulo se presenta el diseño instruccional del Laboratorio Virtual, que incluye las metas instruccionales, los prerrequisitos y características del usuario, y la forma de implementación del material instruccional.

Otro de los aspectos, que aquí se abordan, es el análisis del esquema de trabajo cooperativo que se utiliza en los EVEC.

Objetivos del Capítulo

- Presentar las metas y objetivos instruccionales del Laboratorio Virtual.
- Presenta de forma esquemática el diseño instruccional.
- Presentar el diseño experimental, resultante del diseño instruccional.
- Presentar el esquema de trabajo cooperativo utilizado.

4.1 El Trabajo Grupal en los EVEC.

Como se mencionó en el capítulo 3, el modelo de Experimentación Cooperativa que se utiliza en este trabajo, es una mezcla del modelo de Trabajo Grupal y Evaluación en Aprendizaje Cooperativo Personalizado Asistido por Computadora [11], la Arquitectura para Sistemas de Soporte al Trabajo Colaborativo (CSCW) para Ambientes de Aprendizaje Apoyado en Nuevas Tecnologías [17] y el modelo PHI del Procesamiento Humano de la Información [2]. Para fines de este trabajo, se adaptó la arquitectura general de un sistema que integra servicios síncronos y asíncronos, mediante una estrategias de trabajo grupal, teniendo en cuenta la importancia de un facilitador que oriente el trabajo. En la Figura 4.1 se puede observar la arquitectura de trabajo cooperativo propuesta.

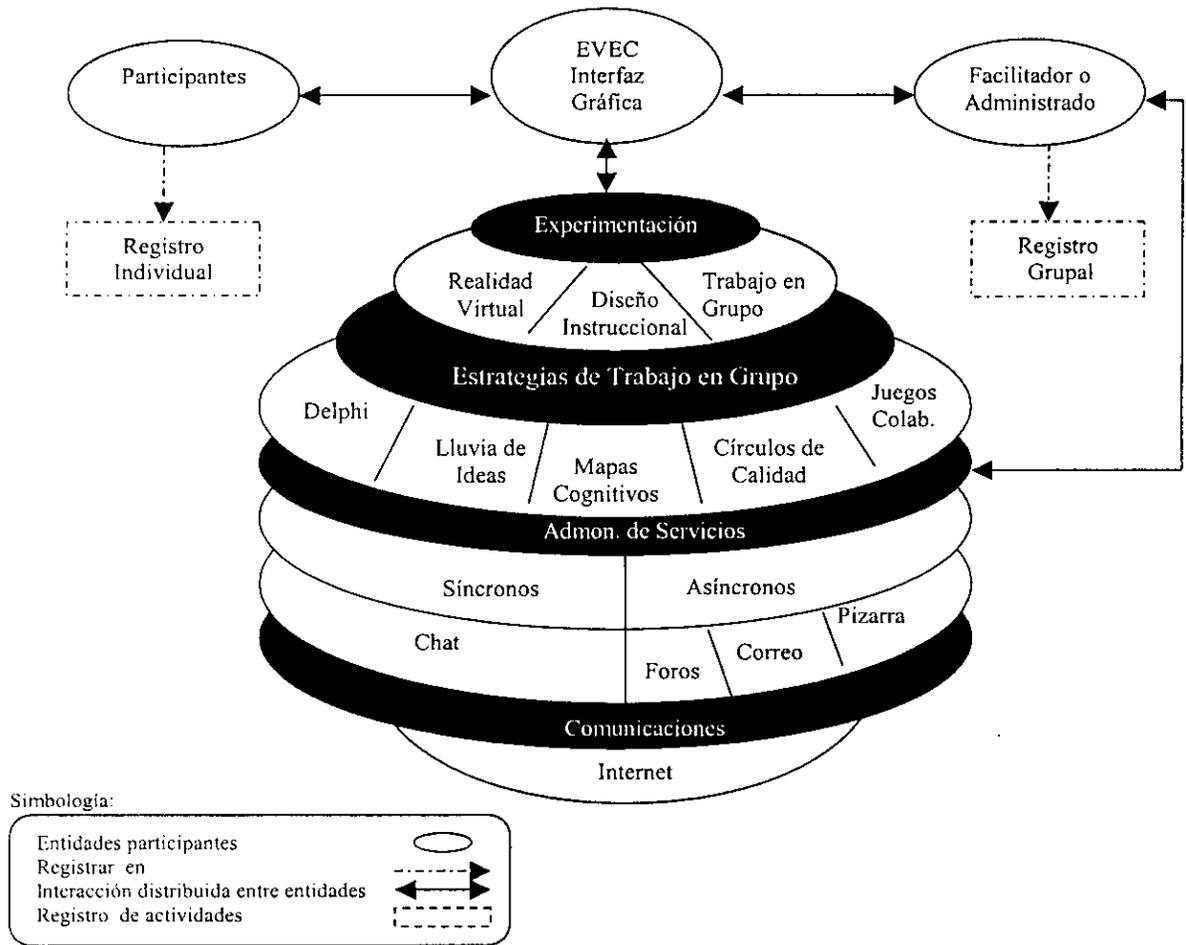


Figura 4.1 Arquitectura de Trabajo Grupal de los EVEC.

Para llevar a cabo el trabajo grupal en el presente trabajo, se ha incluido el uso de técnicas o estrategias letradas en el manejo de la reunión. También, se han establecido roles bien definidos como el del facilitador, que se ocupa de aspectos como coordinar la participación, cambiar de temas, definir tiempos, asignar tareas, *etcétera*. Para la implementación de las técnicas o estrategias se ha hecho uso de una herramienta síncrona o de tiempo real (Chat) y tres asíncronas en su forma más básica (foros de discusión, correo electrónico y pizarra electrónica).

4.1.1 Definición de Roles para el Trabajo Cooperativo.

En el modelo propuesto de trabajo grupal se han definido 2 roles, el *facilitador* y los participantes.

El *facilitador*, es la persona encargada de establecer la estrategias a ser usada en el proyecto cooperativo, y de tomar las decisiones para seleccionar los servicios de comunicaciones (síncronos / asíncronos) adecuados a cada etapa del proyecto, a la vez que puede ser un participante más. El *facilitador*, es el encargado de llevar a cabo el *registro grupal* de las actividades realizadas por todos y cada uno de los participantes. Este registro, permite evaluar el desempeño y el grado de participación en actividades grupales.

Los *participantes* son todos y cada uno de los usuarios en el proyecto de grupo, los cuales, interactúan entre sí mediante Internet y poseen *registro individual* de los resultados obtenidos en las evaluaciones aleatorias en el cual, permanece el trabajo que han realizado.

4.1.2 Elementos de Apoyo al Trabajo Cooperativa.

Estos permiten la implementación de las estrategias de trabajo cooperativo propuestas.

En los *Registros grupal e individual* se almacenan los resultados de las actividades desarrolladas por cada participante, así como, los resultados o apuntes de interés para todos los participantes. El registro individual, está constituido por los datos personales del participante y la calificación obtenida en cada nivel. Esta información se almacena en una base de datos, a la cual, se tiene acceso a través de *Servlets*. En el registro grupal, además, se toman en cuenta las actividades en las que ha participado, la frecuencia con que participa para aportar ideas, las opiniones correctas e incorrectas y el trabajo experimental realizado.

Los *Servicios síncronos*, permiten la comunicación en tiempo real entre los participantes. Por otra parte, los *Servicios asíncronos* permiten la comunicación diferida en tiempo entre los participantes.

El *Módulo administrador*, tiene como objetivo administrar el trabajo de cada uno de los participantes, así como también, el permitir el establecimiento de la estrategia de trabajo cooperativo y los servicios que habrán de utilizarse en cada etapa. El diseño de este módulo, debe proveer al administrador de un mecanismo que permita llevar el control de los ingresos de cada usuario, moderar el trabajo individual y colectivo, e implementar y administrar la estrategia de trabajo grupal, que permita llevar a cabo el trabajo experimental cooperativo. Un aspecto de importancia a considerarse en el desarrollo de la interfaz gráfica es que, además de tener las mismas funciones que la del usuario, también debe tener incluidas funciones administrativas.

Este módulo administrativo no se ha desarrollado en su totalidad: sin embargo, a fin de mostrar parte del trabajo que debe llevar a cabo en el diseño de este módulo, se ha implementado un mecanismo de administración que permite moderar la discusión en el *chat*. El resto de las funcionalidades, se ha dejado como trabajo futuro. En la figura 4.2 se muestra la arquitectura propuesta del módulo de administración.

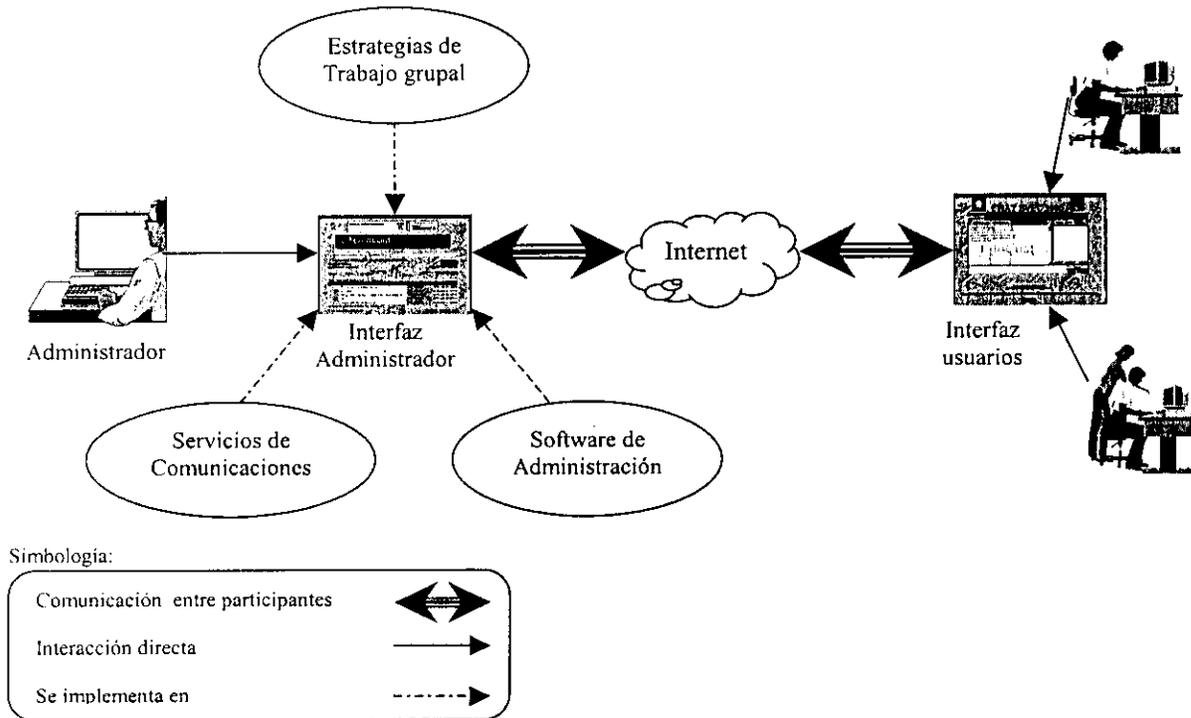


Figura 4.2 Arquitectura del Módulo de Administración MI Módulo de Trabajo Grupal.

4.1.3 Estrategias para el Trabajo en Grupo.

Existen muchas estrategias que se pueden utilizar cuando se necesita resolver un problema entre un grupo de personas que deben colaborar. En este trabajo, se plantean estrategias que se usan típicamente en el trabajo presencial. Estas, se han implementado tomando en cuenta las características de los servicios de comunicaciones que más se apeguen a las características de la estrategia de trabajo grupal de que se trate.

A continuación, se analizan las estrategias de trabajo grupal y las características de los servicios que se han considerado más útiles para los fines de este trabajo.

Estrategia de Juegos Cooperativos [15], [7]

En esta estrategia, se toman en cuenta elementos que apoyan el aprendizaje, involucrando servicios de comunicaciones de una manera natural, de manera que los usuarios no se sienten alejados de la realidad sino, por el contrario, la realidad se integra en el juego. Por lo que se considera en este caso, que el servicio de *chat* es el más adecuado.

Estrategia de la Lluvia de Ideas (Brainstorming) [7].

Para la estrategia *Brainstorming* se ha considerado que el servicio de chat es el más adecuado, pues en ella:

1. Se aceptan todas las ideas. No se permite criticar nada.
2. Se exponen las ideas a todos.
3. Soporta la combinación de ideas.
4. Se selecciona por consenso la o las ideas que mejor resuelvan el problema planteado.

El salón de charlas (*chat*) permite que las ideas de distintas personas puedan ser expuestas libremente, en forma simultánea y en tiempo real.

Estrategia de las de los Mapas Cognitivos (Cognitive Maps) [3]

Debido a sus características, la estrategia de trabajo grupal denominada mapas cognitivos, puede ser implementada en parte, a través de los servicios que prestan los foros de discusión. En esta estrategia se consideran actividades como:

1. Construir una representación grafica de las posiciones de las personas.
2. Colocar cada idea representándola como un nodo en forma de árbol.
3. Unir las ideas relacionadas, considerando las posiciones a favor y en contra.

Cabe mencionar que las actividades que se proponen en esta estrategia, deben ser ejecutadas manualmente por el administrador de la actividad grupal, tomando en cuenta que sólo se hace uso de los foros como herramienta de apoyo a la comunicación. Es decir, el mapa cognitivo no es generado por la computadora.

Estrategia Delphi [15].

Para resolver un problema entre un grupo de personas que colaboran, en esta estrategia:

1. Se inicia con un cuestionario.
2. Se analizan las respuestas y se construye una lista según el tema.
3. Se realiza un segundo cuestionario recogiendo opiniones y votos.
4. Se analizan los votos y se totaliza.
5. Se hace un tercer cuestionario donde se identifican los acuerdos y desacuerdos entre los participantes.
6. Por último, se realiza el informe final.

Estas actividades se implementan apropiadamente con los servicios de foros de discusión y el correo electrónico. Con los foros de discusión, es posible aplicar cuestionarios, construir listas según el tema o llevar a cabo encuestas para recoger opiniones o votos. Por otra parte, las características del correo electrónico, lo hacen ideal para comunicarse fuera de línea y enviar archivos o reportes.

Estrategia de los círculos de Calidad [10].

Las actividades propuestas en la estrategia de círculos de calidad pueden implementarse a través de los foros de discusión, tomando en cuenta que los círculos de calidad:

1. Están orientados a los procesos de calidad.
2. Identifican los problemas y proponen soluciones.
3. Existe un líder que propone una agenda y administra la reunión; al final se definen tarea y responsables.
4. Al final se fija una próxima reunión.

Sin embargo, y como en el caso de la estrategia de los mapas cognitivos, las actividades que se proponen en esta estrategia, deben ser ejecutadas manualmente por el administrador de la actividad grupal, tomando en cuenta que sólo se hace uso de los foros como herramienta de apoyo a la comunicación.

4.1.4 Implementación de las Estrategias de Trabajo Grupal.

En este trabajo, no se ha hecho uso de las estrategias tal como éstas se describen, más bien, se ha hecho uso de una mezcla de ellas debido a que en el proceso de experimentación, se busca que los participantes realicen actividades y cooperen entre sí de manera natural para resolver de la mejor manera posible un problema planteado, todo esto bajo un esquema de experimentación cooperativa.

En este método de trabajo grupal, se busca identificar problemas y dar posibles soluciones llevando a cabo actividades en donde, por una parte, se aportan ideas libremente y, por otra parte, se mantienen ordenadas las conclusiones a las que se llega mediante una discusión o votación acerca de las ideas aportadas por los participantes [15], [3].

En el método de trabajo grupal propuesto existe un moderador, el cual propone una agenda de trabajo que debe seguirse durante la instrucción, este mismo tiene la responsabilidad de administrar la reunión especificando en cada etapa, la estrategia a utilizarse asignando tareas y responsables de éstas. Por su parte, los participantes llevan a cabo las actividades o tareas encomendadas para que, al final, sean evaluadas de forma grupal [7], [10].

En la figura 4.3 muestra el método de trabajo grupal propuesto para efectuar la experimentación cooperativa.

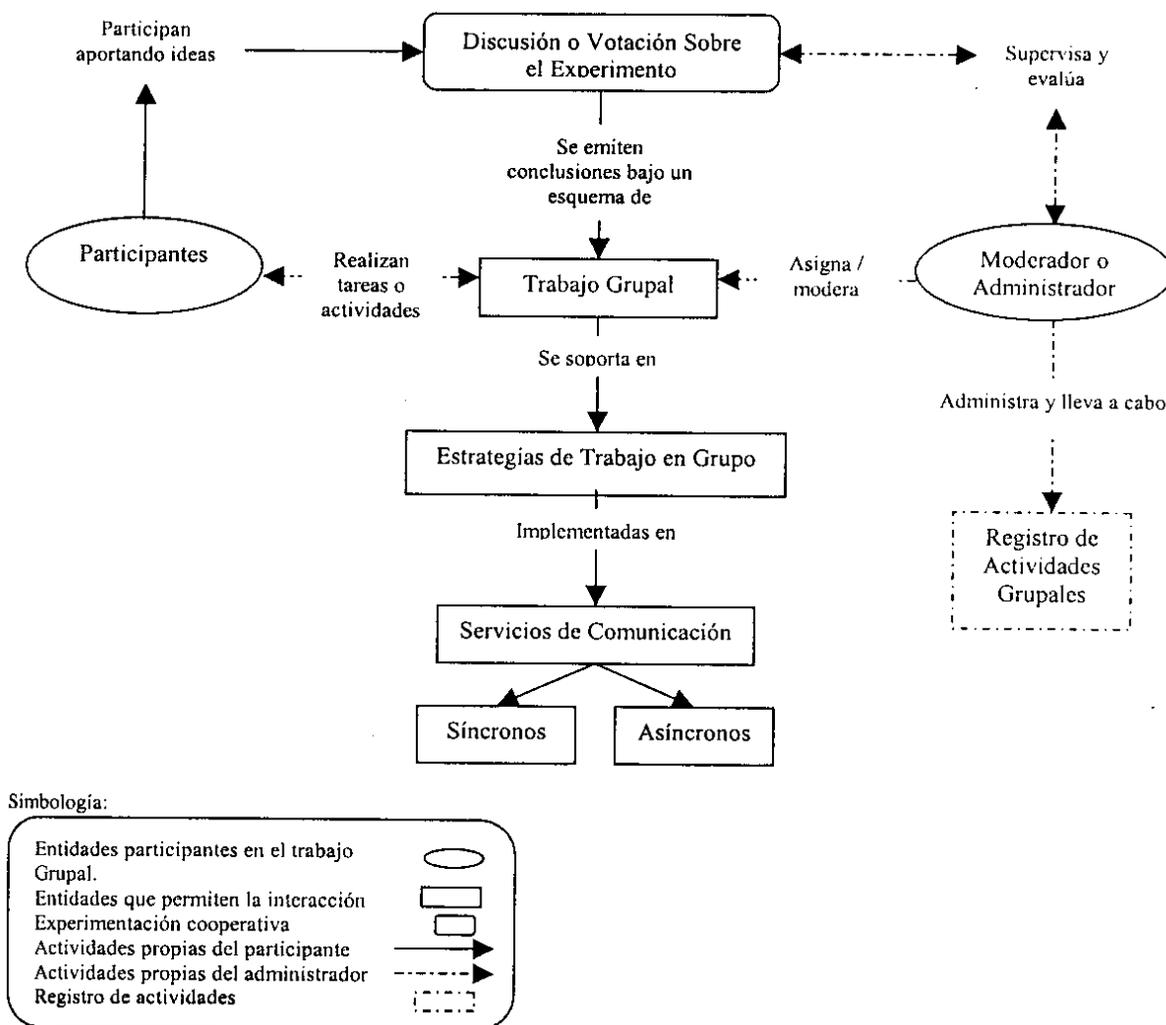


Figura 4.3 Método de Trabajo Grupal.

La mezcla de estrategias antes mencionada, permite la implementación del método de trabajo grupal en una estrategia general única, la cual soporta el trabajo grupal en todos los niveles del diseño instruccional. En la implementación de esta estrategia única se toman en cuenta las características propias del servicio y algunas de las actividades propuestas en cada una de las estrategias.

En la Figura 4.4, puede observarse la interacción grupal entre los participantes y el profesor a través de los servicios de comunicaciones, en donde se implementa la estrategia de trabajo grupal propuesta.

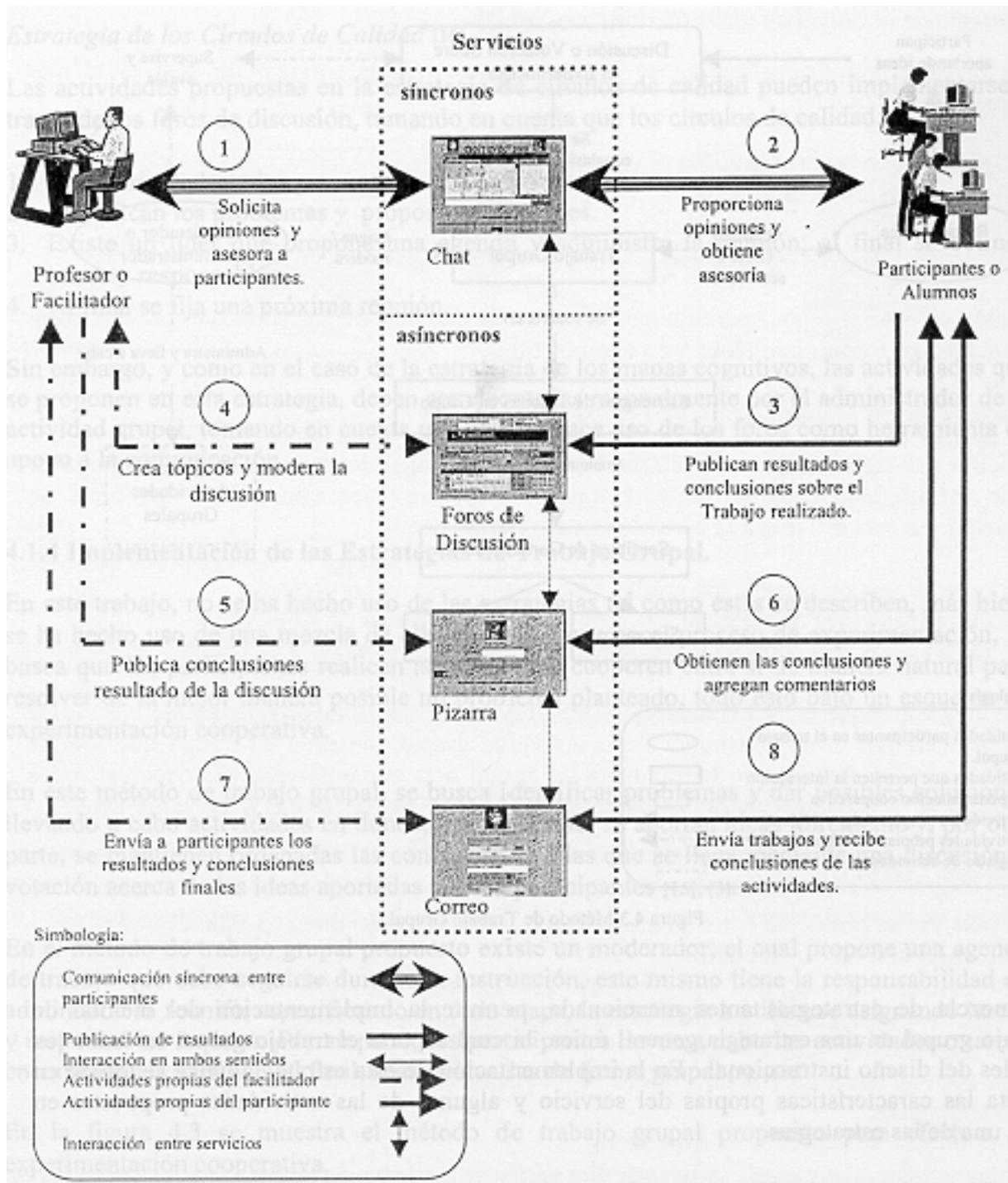


Figura 4.4 Implementación de Estrategia de Trabajo Grupal en Servicios de Comunicación.

Mediante el uso del servicio de chat, el profesor o facilitador solicita opiniones y asesora a los participantes bajo un esquema de *juegos cooperativos* en donde, se permiten exponer libremente todas las ideas acerca de los experimentos que se desarrollan (número 1 Figura 4.4), dando lugar a una *lluvia de ideas*, donde es posible seleccionar por consenso, aquellas que mejor resuelven un problema planteado.

Los participantes proporcionan sus opiniones y reciben asesorías en tiempo real a través del servicio de *chat* mientras experimentan o resuelven un problema en particular (número 2 en Figura 4.4), lo cual permite llevar a cabo las actividades en forma coordinada, tanto con el profesor como con otros participantes.

Con el objeto de mantener ordenadas las ideas y aportaciones de cada participante, el facilitador, propone la conformación de equipos de trabajo con un cierto número de integrantes para que estos últimos, lleven a cabo trabajos de manera conjunta y después publiquen sus resultados en el foro de discusión (número 2 y 3 en Figura 4.4), en el tópico propuesto por el profesor o facilitador (número 4 en Figura 4.4).

A partir de la conformación en pequeños equipos de trabajo, el profesor u facilitador construye una presentación gráfica de las posiciones de cada uno en forma de un árbol, en donde las ideas relacionadas, se unen considerando las posiciones a favor y en contra, aplicando la técnica de *mapas cognitivos*.

Mediante el *foro de discusión*, se aplican encuestas y cuestionarios sobre los temas relacionados con los experimentos. El foro, también se utiliza para contabilizar opiniones sobre temas específicos e identificar los acuerdos y desacuerdos entre los participantes, todo bajo el esquema de la estrategia *Delphi*. La discusión en el foro, es moderada por el facilitador, quien realiza un informe final de ésta y publica las conclusiones en la pizarra electrónica (números 4 y 5 en Figura 4.4).

Los participantes pueden leer las conclusiones a las que se han llegado sobre un tema específico mediante la *pizarra electrónica*; también, agregan comentarios a estas mismas (número 6 en Figura 4.4).

Las conclusiones y resultados finales de la instrucción son enviados por el facilitador al *correo electrónico* de todos y cada uno de los participantes, conjuntamente con las actividades complementarias que habrán de realizarse (número 7 en Figura 4.4).

Finalmente, los participantes reciben las conclusiones y actividades complementarias, las cuales, una vez completadas, serán devueltas a través de este mismo medio para ser evaluadas por el profesor (número 8 en Figura 4.4).

El esquema de trabajo grupal que aquí se presenta, propone la identificación de problemas y sus respectivas soluciones, tomando en cuenta que existe un facilitador que propone una agenda de trabajo y administra la reunión, y también asigna tareas y responsables de éstas, conformando un *círculo de calidad* que, además, permite la evaluación del trabajo grupal llevado a cabo por cada participante durante el proceso de instrucción.

La descripción de las actividades individuales y grupales puede ser consultada, tanto por el profesor como por el alumno, en la página *Web* correspondiente al nivel en cada experimento.

En la figura 4.5 se muestran las actividades grupales correspondientes al nivel B1 del experimento de la caída libre.

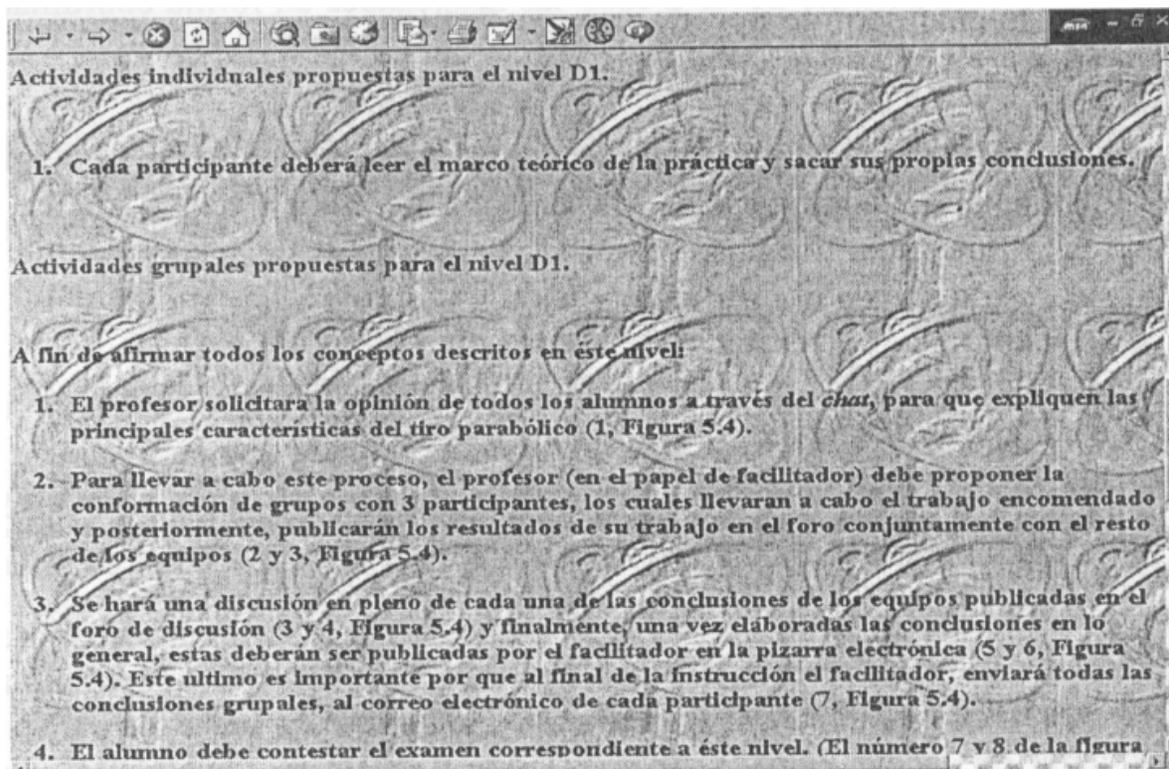


Figura 4.5 Actividades Grupales en una Página Web.

En general, y de acuerdo con lo planteado en la sección anterior, en la tabla 4.2 se muestra cuál o cuáles servicios son los más apropiados, dependiendo de la estrategia que se quiera manejar en el proceso de aprendizaje en el proyecto cooperativo. Cabe mencionar que para fines de este trabajo, sólo se hace uso de los más apropiados a cada estrategia.

Estrategias Servicios	Juegos Cooperativos	Lluvia de Ideas	Mapas Cognitivos	Delphi	Círculos De Calidad
IRC (Chat)	A	A	PA	NA	PA
Foros de discusión	NA	PA	A	A	NA
Correo electrónico	NA	PA	NA	A	NA
Pizarra electrónica	PA	PA	PA	NA	PA

A = Apropiado PA = Poco Apropiado NA= No Apropiado

Tabla 4.1 Servicios - Estrategias

4.2 Diseño Instruccional.

Con base en la metodología revisada en el capítulo 3, a continuación se presenta el diseño instruccional del Laboratorio Virtual de Cinemática con el método del Procesamiento Humano de la Información (PHI) [2], [4]. En la figura 4.6, se muestra el proceso de diseño instruccional efectuado para los experimentos de cinemática del movimiento de los cuerpos con aceleración constante, los cuales sirven como ejemplo base de la implementación.

El proceso de diseño se inicia con un análisis de la situación actual (número 1, figura 4.6), el cual, da como resultado un panorama general del escenario educativo. Dependiendo de las características de éste último, se determinan las metas instruccionales (número 2, figura 4.6). En la determinación de las metas instruccionales, además se toman en cuenta aspectos como la población meta, los recursos humanos y materiales con que se cuenta. Estos últimos, forman parte del sistema de producción del material instruccional (número 3, figura 4.6).

Una vez determinadas las metas instruccionales, se procede a hacer un análisis instruccional detallado (número 4, figura 4.6), el cual da como resultado los objetivos de aprendizaje del material instruccional a desarrollarse (número 5, figura 4.6). Para alcanzar tales objetivos, es necesario hacer un análisis de destrezas y habilidades subordinadas de éstos (número 6, figura 4.6).

A continuación, deberán elegirse los medios instruccionales que permitirán la implementación del material instruccional, estos medios están conformados por todas las herramientas de desarrollo y tecnologías de información utilizadas (número 6, figura 4.6). Una vez desarrollado el material instruccional, se deben tomar en cuenta las estrategias para su implantación en el escenario educativo en los niveles macro y micro, es decir, tomando en cuenta las características que debe reunir el sistema y la clase de trabajo que habrá de realizarse para alcanzar las metas instruccionales (número 7, figura 4.6).

Finalmente, deberá elegirse el método y la herramienta que permita evaluar el trabajo de cada participante que haga uso de este material instruccional [12] (número 8, figura 4.6).

En el proceso de diseño instruccional se toman en cuenta aspectos específicos que permiten la implementación del trabajo grupal, éstos aparecen dentro de un cuadro punteado en la figura 4.6.

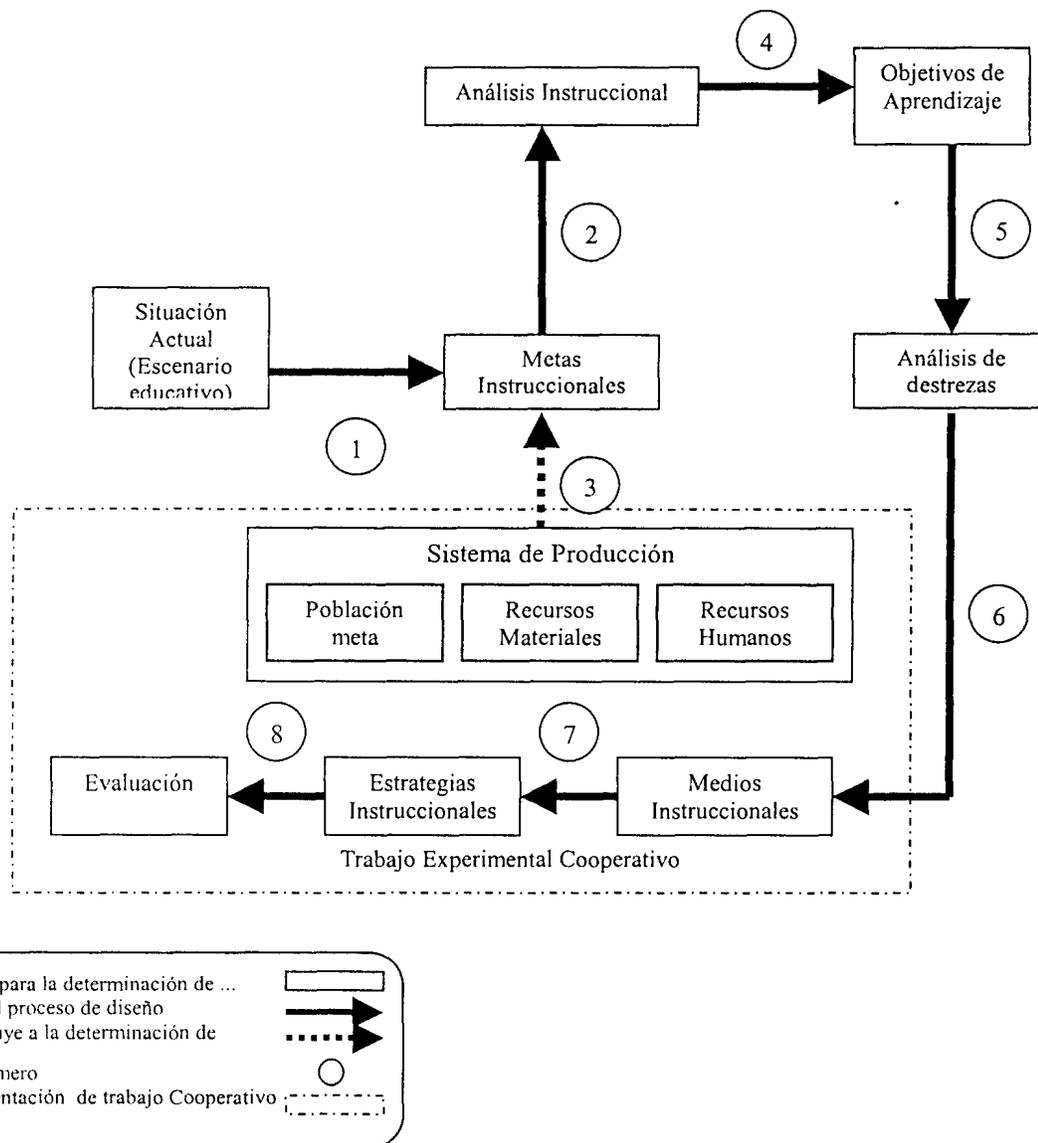


Figura 4.6 Proceso del Diseño Instrucciona PHI para El EVEC.

4.2.1 Situación Actual (Escenario Educativo).

El uso generalizado de Internet y las tecnologías de información en la educación, es fundamental para las instituciones de educación modernas, pues permite concebir una nueva forma de aprendizaje y experimentación. Sin duda, el aprendizaje y experimentación de los fenómenos de la física resultan de interés para la mayoría de estas instituciones y requieren de nuevos escenarios educativos. Tales escenarios, requieren de una nueva forma de concebir el trabajo experimental. En el presente trabajo se presenta un escenario educativo a través del cual es posible llevar a cabo experimentación cooperativa a través de Internet.

Bajo esta perspectiva, los profesores (en el papel de administradores o moderadores) diseñan experimentos, asignan y administran el trabajo individual y grupal correspondiente a cada alumno y participan moderando la reunión. Los alumnos (en el papel de participantes) participan en la ejecución de un experimento y el trabajo individual y grupal correspondiente, pudiendo evaluar los conocimientos adquiridos. Los participantes de esta experimentación cooperativa forman grupos donde pueden intercambiar ideas, experiencias, recibir asesoría o bien participar en la solución de problemas comunes. En la figura 4.7, se presenta el escenario educativo propuesto en este trabajo.

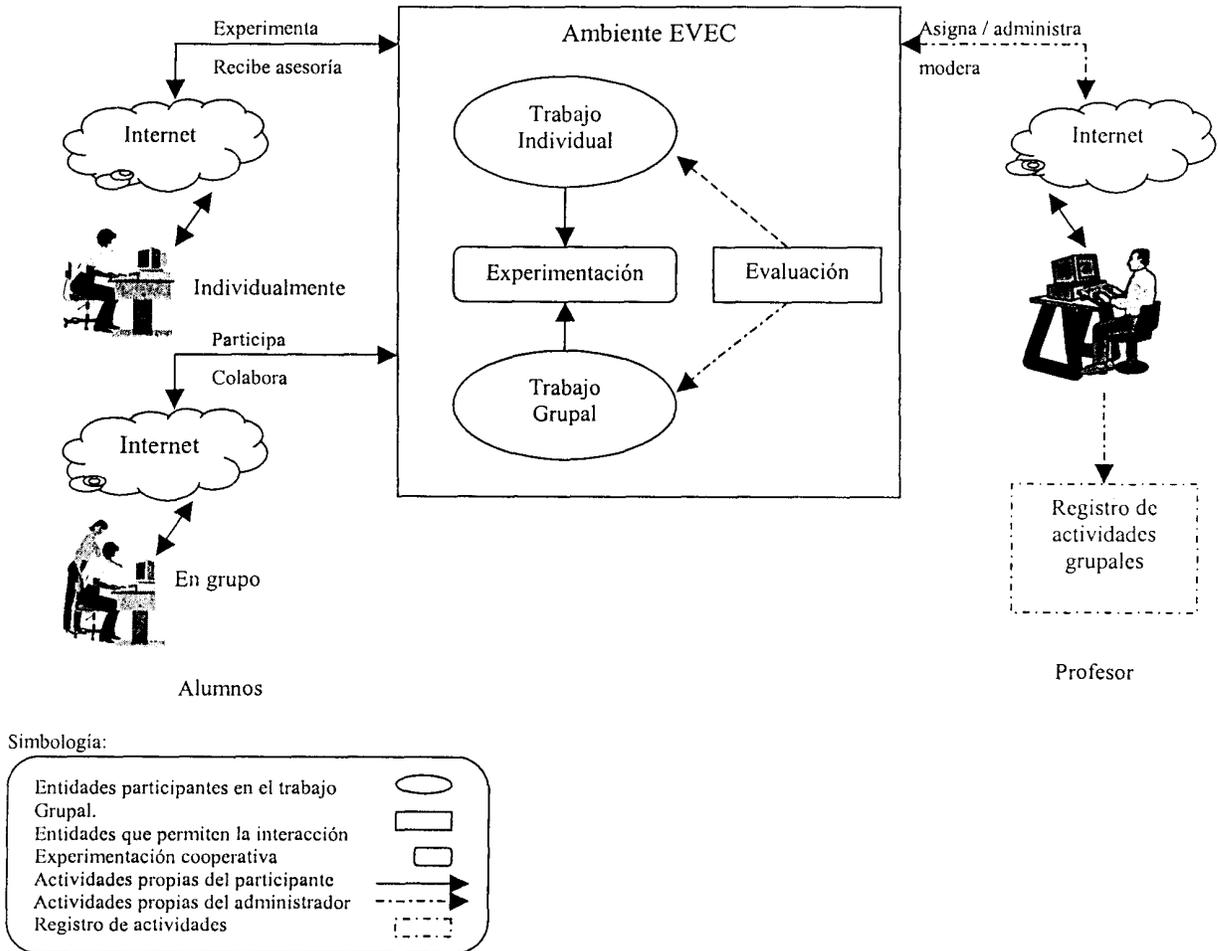


Figura 4.7 Escenario Educativo.

4.2.2 Meta Instruccional.

La meta instruccional definida para este trabajo determina que, después de analizar la información, las imágenes y los experimentos de cinemática que le serán presentados, el alumno podrá ser capaz, entre otras cosas, de identificar, asociar y resolver problemas comunes de física en el caso particular del movimiento de los cuerpos con aceleración constante.

4.2.3 Sistema de Producción.

Después de analizar los manuales de prácticas [161], los equipos existentes y las áreas de experimentación con las que se cuenta en un laboratorio real, se han detectado un grupo de indicadores que deben considerarse para alcanzar la meta instruccional propuesta. En la figura 4.8 se muestran, de manera resumida, los indicadores y recursos necesarios para el diseño instruccional.

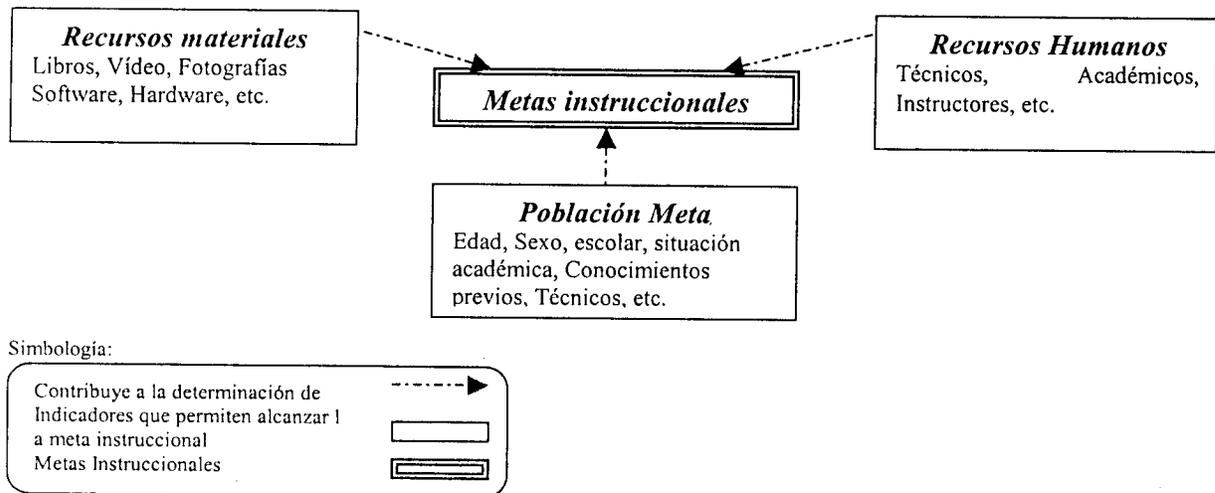


Figura 4.8 Indicadores a Tomar en Cuenta.

Recursos materiales.

- Libros y manuales de prácticas de física.
- Fotografías y gráficos del fenómeno del movimiento de los cuerpos con aceleración constante.
- Computadoras personales con tecnología de punta.
- Una conexión de alta velocidad a Internet, con un ancho de banda suficiente.
- Debe tenerse instalado, el *Internet Explorer 4.0* o superior, o bien, *Netscape Communicator 4.5* o superior.
- El plug-in de *Cosmo Player*.

Recursos humanos.

Para el desarrollo de un mundo virtual, como el que se presenta para el Laboratorio Virtual de Cinemática, se requiere un grupo multidisciplinario de profesionales en las áreas de pedagogía, psicología, diseño gráfico, informática y académicos expertos en el área disciplinar

de la física, quienes deberán participar desarrollando actividades relacionadas con su área y en conjunto con las demás personas que conformen el equipo.

Población meta.

Este material está dirigido a los alumnos de nivel preparatoria o superior y a todo el público interesado en conocer o colaborar en experimentos de cinemática. Por lo anterior, se deduce que este proyecto considera a estudiantes de 17 años en adelante. Este material puede ser administrado de forma grupal o individual a personas de ambos sexos, con conocimientos de inglés a nivel de comprensión, conocimientos mínimos del uso de la computadora e Internet tales como encender la computadora, operar el *mouse* y navegar en una página *Web*.

El instructor dará una breve explicación de los temas a tratar y, posteriormente, guiará a los alumnos para que hagan uso de la herramienta instruccional basada en computadora, todo con el propósito de reforzar los conocimientos y evaluar el aprovechamiento.

El producto de esta etapa, es un análisis de la viabilidad del proyecto educativo que se pretende realizar para determinar qué tan factible es, no sólo académicamente sino en cuanto personal necesario para llevarla a cabo.

Técnica y académicamente, el proyecto es factible, puesto que se cuenta con los recursos humanos y materiales suficientes para hacerle frente.

4.2.4 Análisis Instruccional.

Aquí se ha descompuesto la meta instruccional en todas las áreas de aprendizaje subyacentes, detallándolas hasta el punto en que se identifican las habilidades y conocimientos que es necesario construir. Esta tarea se conoce como análisis instruccional, de tareas o estructural y se refiere al procedimiento para conocer las habilidades o conocimientos subordinados necesarios para lograr la meta de instrucción propuesta [4], [9].

En éste paso de la planeación instruccional, se determinan: los objetivos de aprendizaje, las estrategias instruccionales, los medios instruccionales y la evaluación que llevará a la verificación de la meta instruccional [12].

4.2.5 Objetivos de Aprendizaje.

Con la enunciación de estos, se busca explicar detalladamente lo que el alumno estará en capacidad de hacer en cada paso de la instrucción. Una vez planteados objetivos de aprendizaje, se hace un análisis detallado de las destrezas y las habilidades subordinadas que habrán de adquirirse de acuerdo con los objetivos de aprendizaje.

En la Tabla 4.2, se listan las habilidades subordinadas y los objetivos de aprendizaje que se desean alcanzar en cada nivel, es decir, lo que el alumno estará en capacidad de hacer cuando termine la instrucción.

Habilidades subordinadas	Objetivos de Aprendizaje.
A) Identificar las principales características del movimiento de los cuerpos con aceleración constante.	1.- Dada una descripción y análisis del movimiento de los cuerpos con aceleración constante, identificará sus características principales con, al menos, un 80% de certeza.
B) Identificar y asociar las principales características de la caída libre, como ejemplo del movimiento de los cuerpos en línea recta con aceleración constante.	2.- Dado un análisis de los parámetros que intervienen en el movimiento de los cuerpos en línea recta con aceleración constante, podrá responder correctamente a los cuestionamientos que se le hagan sobre este fenómeno en particular, con una certeza de al menos 70%.
C) Identificar y asociar las principales características de la caída libre en un plano inclinado, como otro ejemplo del movimiento de los cuerpos en línea recta con aceleración constante.	3.- Dado un análisis de las principales características de la caída libre en un plano inclinado, podrá responder correctamente a los cuestionamientos que se le hagan sobre este fenómeno en particular, con una certeza de al menos 70%.
D) Identificar y asociar las principales características del Tiro Parabólico, como ejemplo del movimiento curvilíneo de los cuerpos con aceleración constante.	4.- Dado un análisis de los parámetros que intervienen en el movimiento curvilíneo de los cuerpos con aceleración constante, será capaz de responder con una certeza de al menos 70%, acerca de los cuestionamientos que se hagan sobre éste fenómeno en particular.

Tabla 4.2 Objetivos de Aprendizaje.

Una vez obtenidos los objetivos de aprendizaje, ahora es necesario descomponer las habilidades subordinadas que se desean obtener, para alcanzar el objetivo planteado. Se han tomado las decisiones necesarias sobre los componentes y procedimientos para lograr la instrucción o la capacitación adecuada al objetivo. La estrategia para la implantación del material instruccional, se da en los niveles macro y micro. Es decir, tomando en cuenta las características que debe reunir el sistema y la clase de trabajo que habrá de realizarse para alcanzar la meta instruccional.

La descomposición de las habilidades subordinadas se basa en lo planteado en la tabla 4.2 de objetivos de aprendizaje y se expresa de forma gráfica (ver figura 4.9), indicando el flujo de la instrucción con flechas continuas y la contribución a los objetivos con flechas punteadas.

Con el gráfico (ver figura 4.9) es posible especificar, paso a paso, cómo debe implementarse el sistema, para que éste permita llevar cabo la instrucción. Esto garantiza que el material que se presenta a través de la computadora esté ordenado de la misma forma en como se plantea en el diseño instruccional.

Cabe mencionar que los conocimientos teóricos que se requieren para la comprensión de cada uno de los experimentos, se presentan por medio de páginas HTML dinámicas, las cuales, se encuentran ordenadas conforme a lo planteado en el diseño instruccional. Los experimentos fueron diseñados de tal forma que, a través de la asignación de comportamientos complejos a la escena, es posible llevar a cabo experimentación virtual basada en la computadora. Estos experimentos desarrollados en VRML, también se basan en lo planteado en el diseño instruccional.

4.2.6 Análisis de Destrezas.

En la figura 4.9 se presenta el esquema general del análisis instruccional, construido a partir de los objetivos de aprendizaje y las habilidades subordinadas planteadas.

La interpretación de este gráfico debe hacerse en forma ascendente. Las habilidades subordinadas se descomponen en los niveles A, B, C y D. Cada nivel, contribuye a alcanzar un objetivo de aprendizaje. Por ejemplo, el nivel A de habilidades subordinadas contribuye a alcanzar el objetivo de aprendizaje 1.

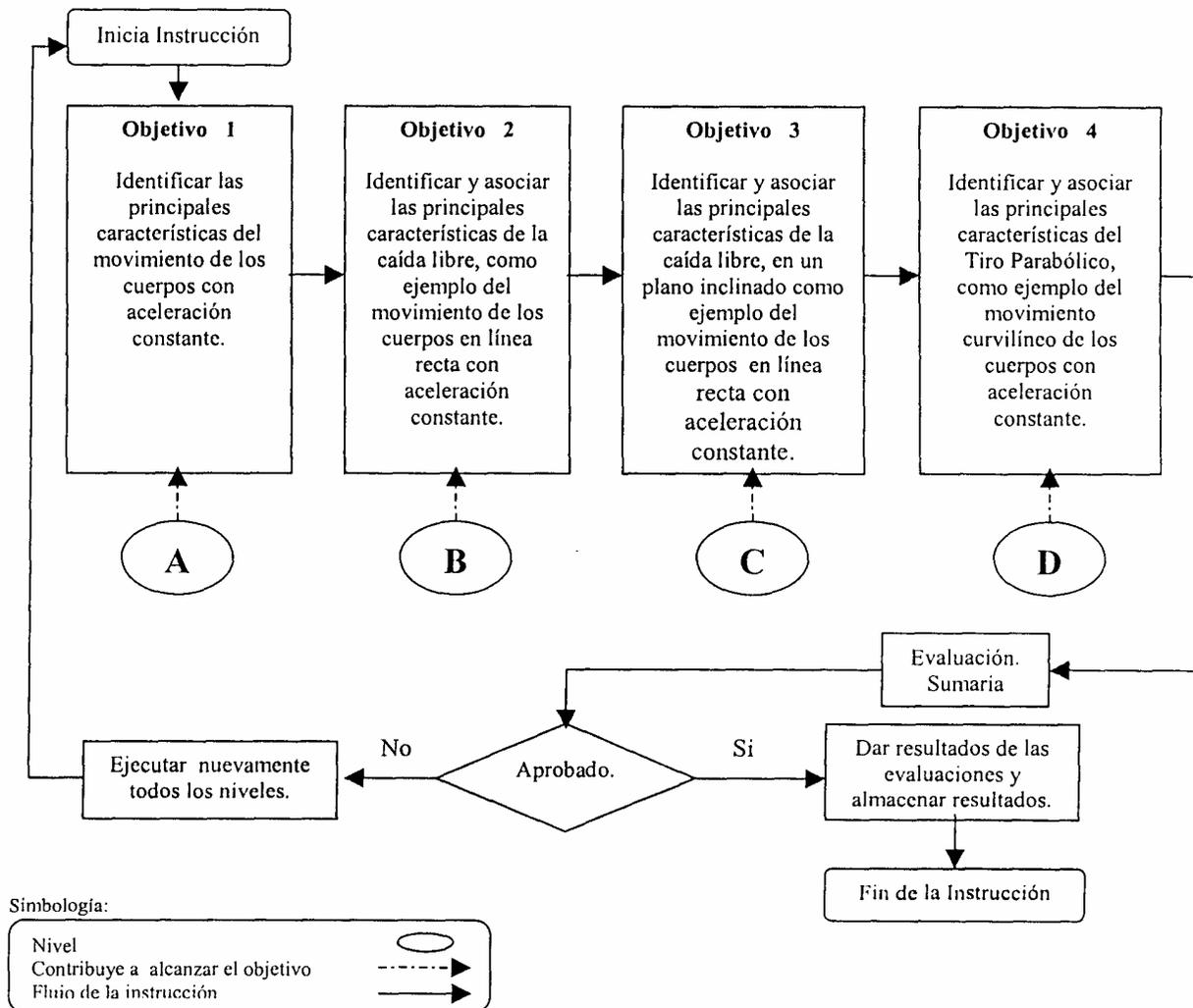


Figura 4.9 Esquema General del Diseño instruccional.

Por otra parte, cada nivel se descompone a su vez en subniveles, cada uno de los cuales constituye el análisis de destrezas para ese nivel. En cada subnivel es posible efectuar un nuevo análisis de destrezas y habilidades subordinadas.

Una vez determinados los objetivos de aprendizaje para cada nivel, se procede a la descomposición de habilidades subordinadas. Este proceso continúa hasta que se llega al nivel más elemental, en el cual ya no es posible seguir descomponiendo a las habilidades subordinadas.

Por ejemplo, las habilidades subordinadas del nivel B constituyen los objetivos de aprendizaje 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 para los subniveles B1, B2, B3 y B4, como puede observarse en la figura 4.5.

El nivel B contribuye al cumplimiento del objetivo de aprendizaje 1, los niveles B1, B2, B3 y B4 constituyen las habilidades subordinadas que permiten el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4, y así sucesivamente.

En este trabajo sólo se describe, a manera de ejemplo, el nivel B, por considerar que este es el más representativo.

Como resultado del análisis, se obtiene el planteamiento de la instrucción de una manera estructurada, de forma que es posible asimilar gradualmente el contenido del material instruccional, conforme se vayan cumpliendo los objetivos de aprendizaje planteados.

Para fines de este trabajo, el material instruccional se ha dispuesto siguiendo la estructura propuesta en el diseño instruccional. Éste, se ha implementando en páginas HTML dinámicas, donde se presenta la información requerida y las actividades necesarias para la consecución de cada objetivo de aprendizaje planteado en cada nivel.

En la tabla 4.3 se listan las habilidades subordinadas y los objetivos de aprendizaje que se desean alcanzar en el nivel B: Identificar y asociar las principales características de la caída libre, como ejemplo del movimiento de los cuerpos en línea recta con aceleración constante.

Habilidades subordinadas ara el nivel B	Objetivos de Aprendizaje.
B1) Identificar y asociar las principales características del fenómeno físico de la caída libre.	2.1- Dada una descripción y análisis del fenómeno, será capaz de identificar sus características principales, al menos en un 70%.
B2) Identificar y asociar los principales parámetros que conforman al fenómeno físico de la caída libre.	2.2.- Comprenderá e identificará todos los parámetros que intervienen en la caída libre de los cuerpos.
B3) Analizar problemas típicos de caída libre, bajo las distintas situaciones que se presentan.	2.3.- Después de analizar ejemplos típicos de la caída libre, será capaz de responder correctamente al respecto de las características de este fenómeno.
B4) Experimentar con diversos valores y situaciones que se presentan en el fenómeno físico de la caída libre.	2.4.- Una vez ejecutados los experimentos podrá responder correctamente, a los cuestionamientos que se le hagan sobre el fenómeno en particular, con un 70% de certeza.

Tabla 4.3 Objetivos de Aprendizaje Nivel B.

Nivel B: Identificar y asociar las principales características de la caída libre, como ejemplo del movimiento de los cuerpos en línea recta con aceleración constante.

La correspondiente descomposición para el nivel B de habilidades subordinadas del objetivo de aprendizaje 2, se muestra en la figura 4.10. En ella se muestran 4 subniveles, los cuales corresponden a las habilidades subordinadas que permitirán al usuario identificar y asociar las principales características de la caída libre, como ejemplo del movimiento de los cuerpos en línea recta con aceleración constante.

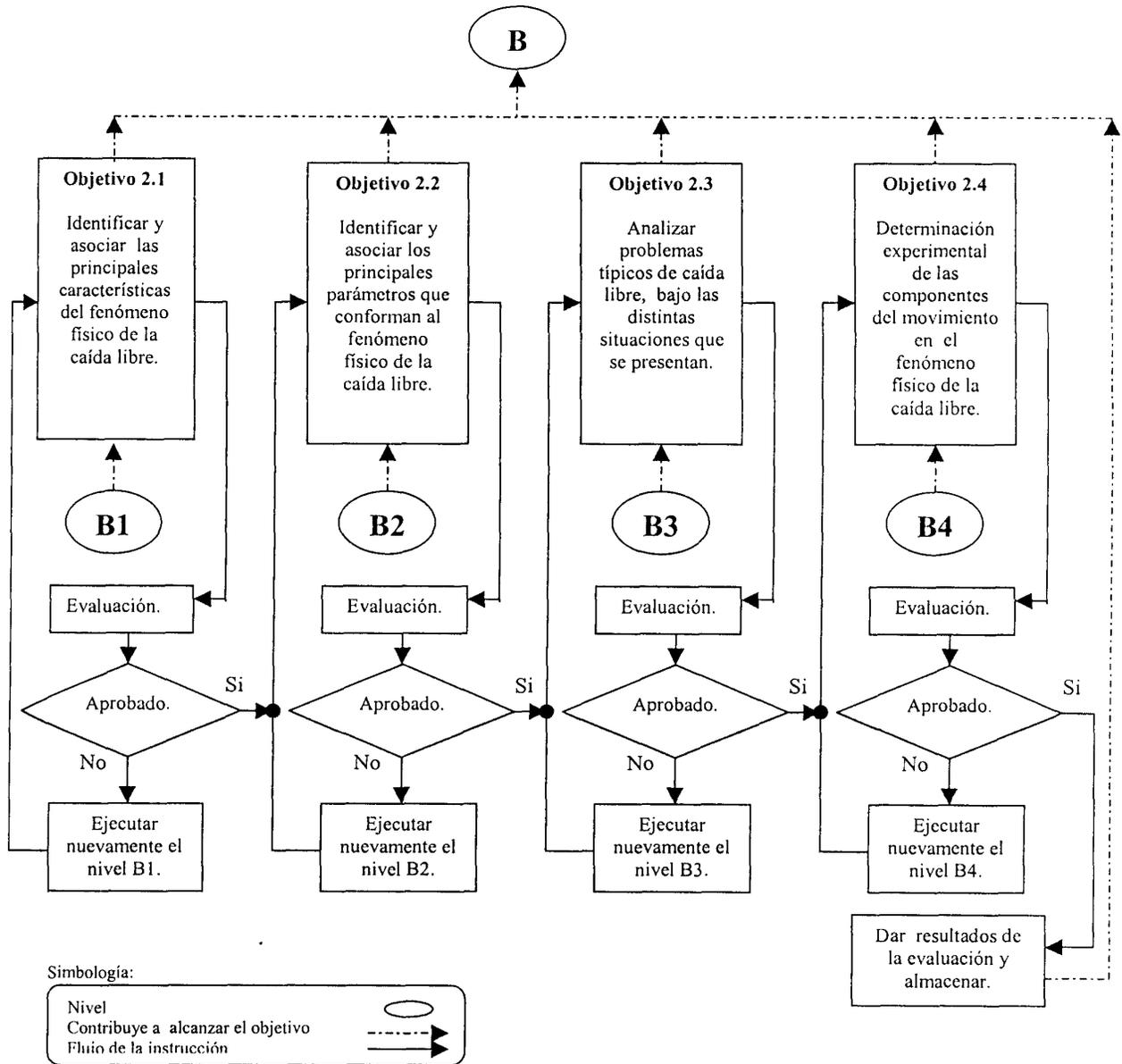


Figura 4.10 Habilidades Subordinadas: Objetivo de Aprendizaje Nivel B.

Nivel B1: Identificar y asociar las principales características del fenómeno físico de la caída libre.

La descomposición para el nivel B1 de habilidades subordinadas del objetivo de aprendizaje 2.1 se muestra en la figura 4.11. Este objetivo plantea identificar y asociar las principales características del fenómeno físico de la caída libre.

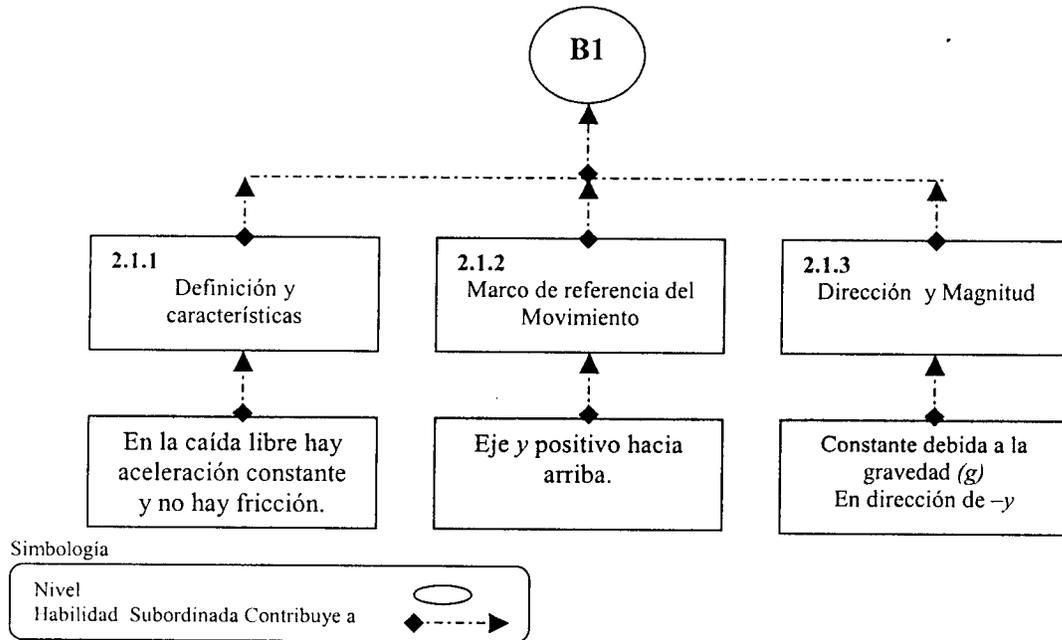


Figura 4.11 Habilidades Subordinadas: Objetivo de Aprendizaje 2.1 Nivel B 1.

Actividades individuales propuestas para el nivel B1.

1. Cada participante deberá leer el marco teórico de la práctica y sacar sus propias conclusiones.

Actividades grupales propuestas para el nivel B 1.

A fin de afirmar todos los conceptos descritos, en este nivel:

1. El profesor solicitará la opinión de todos los alumnos a través del chat, para que expliquen las principales características de la caída libre (número 1, Figura 4.4).
2. Para llevar a cabo este proceso, el profesor (en el papel de facilitador) debe proponer la conformación de grupos con 3 participantes, llevarán a cabo el trabajo encomendado y, posteriormente, publicarán los resultados de su trabajo en el foro, conjuntamente con el resto de los equipos (números 2 y 3, Figura 4.4).
3. Se hará una discusión en pleno de cada una de las conclusiones de los equipos publicadas en el foro de discusión (números 3 y 4, Figura 4.4) y, finalmente, una vez elaboradas las conclusiones en lo general, deberán ser publicadas por el facilitador en la pizarra electrónica (números 5 y 6, Figura 4.4). Esto último es importante por que al final de la instrucción el facilitador enviará todas las conclusiones grupales al correo electrónico de cada participante (número 7, Figura 4.4).

- El alumno debe contestar el examen correspondiente a este nivel. (El número 8 de la figura 4.4 no se aplica en las actividades descritas en este nivel, porque sólo corresponde a las conclusiones finales y a las actividades complementarias).

Nivel B2: Identificar y asociar los principales parámetros que conforman al fenómeno físico de la caída libre.

La figura 4.12 muestra la descomposición para el nivel B2 de habilidades subordinadas del objetivo de aprendizaje 2.2. Este objetivo plantea identificar las principales características del movimiento de los cuerpos en línea recta con aceleración constante.

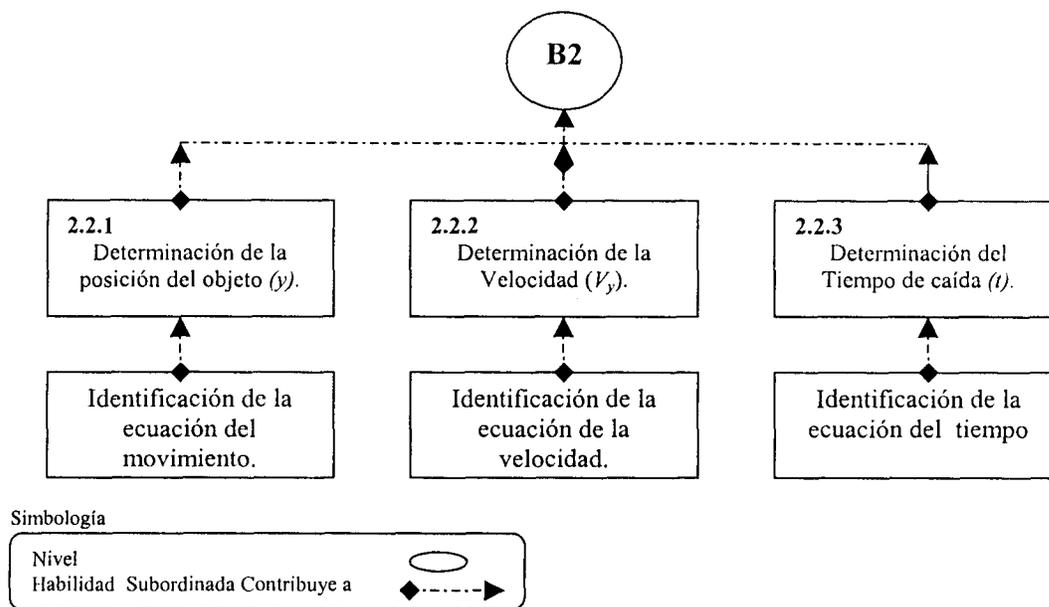


Figura 4.12 Habilidades Subordinadas: Objetivo de Aprendizaje 2.2 Nivel B2.

Actividades individuales propuestas para el nivel B2.

- Cada participante deberá leer la información y recopilará las ecuaciones que se le presentan.
- Establecer sus propias conclusiones.

Actividades grupales propuestas para el nivel B2.

A fin de afirmar todos los conceptos descritos, en este nivel:

- El profesor solicitará la opinión de todos los alumnos a través del chat, para que expliquen los principales parámetros considerados (número 1, Figura 4.4).
- En el foro de discusión, organizados en equipos, se discutirá acerca de los conceptos y las ecuaciones que aquí se presentan (número 2 y 3, Figura 4.4).
- Se emitirán las conclusiones, previa discusión en pleno a través de chat (número 3 y 4, Figura 4.4).
- Los resultados se publicarán en la pizarra electrónica (número 5 y 6, Figura 4.4).

5. El alumno debe contestar la evaluación correspondiente a este nivel. (El número 8 de la figura 4.4 no se aplica en las actividades descritas en este nivel, porque sólo corresponde a las conclusiones finales y a las actividades complementarias).

Nivel B3: Analizar problemas típicos de caída libre, bajo las distintas situaciones que se presentan.

En la figura 4.13 se muestra la descomposición para el nivel B3 de habilidades subordinadas del objetivo de aprendizaje 2.3, en donde se plantea analizar problemas típicos de caída libre, bajo las distintas situaciones que se presentan.

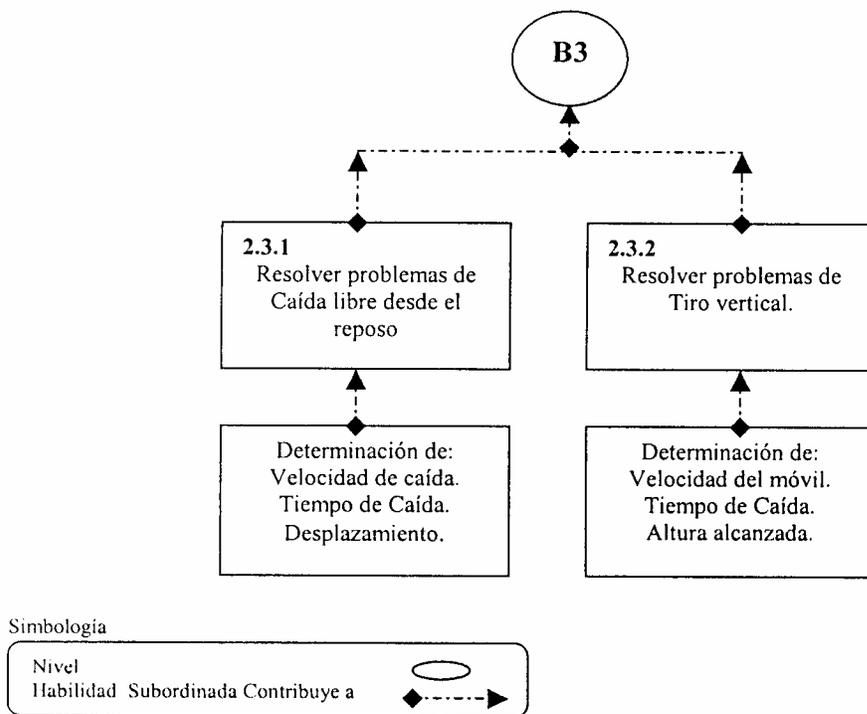


Figura 4.13 Habilidades Subordinadas: Objetivo de Aprendizaje 2.3 Nivel B3.

Actividades individuales propuestas para el nivel B3.

1. Comprobar numéricamente los resultados de ambos ejemplos.
2. Ejecutar los mismos ejemplos variando la altura y el valor de la gravedad.
3. Determinar, para cada uno de los puntos anteriores, el tiempo de vuelo y la altura máxima alcanzada, según sea el caso.
4. El alumno debe contestar el examen correspondiente a este nivel.

Actividades grupales propuestas para el nivel B3.

A fin de afirmar todos los conceptos descritos, en este nivel:

1. El maestro solicitará la opinión de todos los alumnos a través del chat, para que expliquen las conclusiones a las que llegaron (número 1, Figura 4.4).

2. Nuevamente, en grupos con 3 participantes y haciendo uso de los foros, los alumnos publicarán sus conclusiones (números 2 y 3, Figura 4.4).
3. Se hará una discusión en pleno de cada una de las conclusiones de los equipos usando el chat (números 4, Figura 4.4) y, finalmente, una vez elaboradas las conclusiones en lo general, éstas deberán ser publicadas por el facilitador en la pizarra electrónica (números 5 y G, Figura 4.4). (Los números 7 y 8 de la figura 4.4 no se aplican en las actividades descritas en éste nivel, porque sólo corresponden a las conclusiones finales y alas actividades complementarias).

Nivel B4: Determinación experimental de las componentes del movimiento en el fenómeno físico de la caída libre.

La figura 4.14 muestra la descomposición para el nivel B4 de habilidades subordinadas del objetivo de aprendizaje 2.4, para el cual se plantea la determinación experimental de las componentes del movimiento en el fenómeno físico del tiro parabólico.

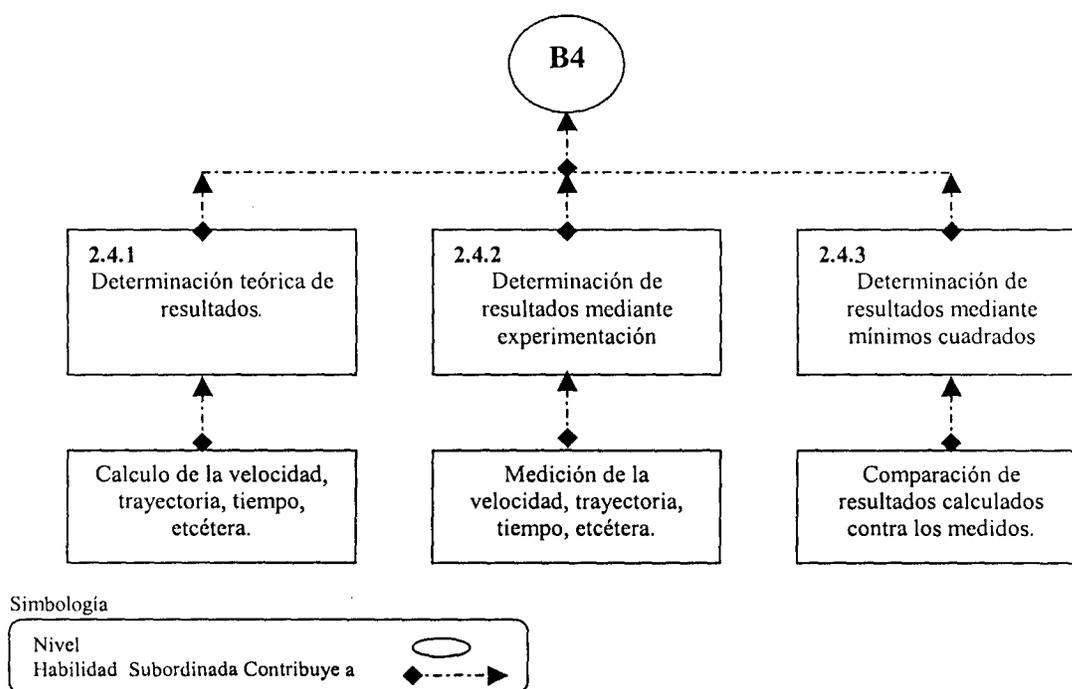


Figura 4.14 Habilidades Subordinadas: Objetivo de Aprendizaje 2.4 Nivel B4.

Determinación teórica de resultados.

1. Resuelva numéricamente los problemas propuestos por el profesor.
2. Compruebe sus resultados y, de ser necesario, consulte con el profesor haciendo uso del chat.

Determinación de resultados mediante experimentación.

Uno de los ejemplos más comunes de movimiento con aceleración constante, es el de un cuerpo que cae hacia la tierra [1], [5]. La aceleración de un cuerpo que cae libremente se llama *aceleración debida a la gravedad* y se representa por el símbolo g . En la caída libre, la relación entre el tiempo y la altura nos permite calcular el valor aproximado de la gravedad.

Un experimento típico de laboratorio, consiste en dejar caer un cuerpo desde el reposo y se hace la medición del tiempo que éste tarda en caer [1], [13], [14].

El objetivo de este experimento, es determinar la relación entre la altura y el tiempo para hallar el valor de la gravedad.

El tiempo medido es típicamente aproximado, debido a pequeños errores en la medición, causados por la intervención humana. Estos errores se distribuyen normalmente y se suman al tiempo medido [6]. En un ambiente virtual, estos errores se simulan a través de la generación de un número aleatorio que representa la desviación en la medición o error (ver manual de usuario).

Procedimiento

1. Haciendo uso de los paneles de control de la interfaz gráfica 3D, introduzca los valores necesarios para reproducir los problemas mostrados en la sección B: Caída Libre.
2. Para el caso de caída libre desde el reposo (figura 4.15), ejecute hasta 10 veces un disparo con distintos valores de altura para obtener el tiempo (tiempo experimental interfaz gráfica).

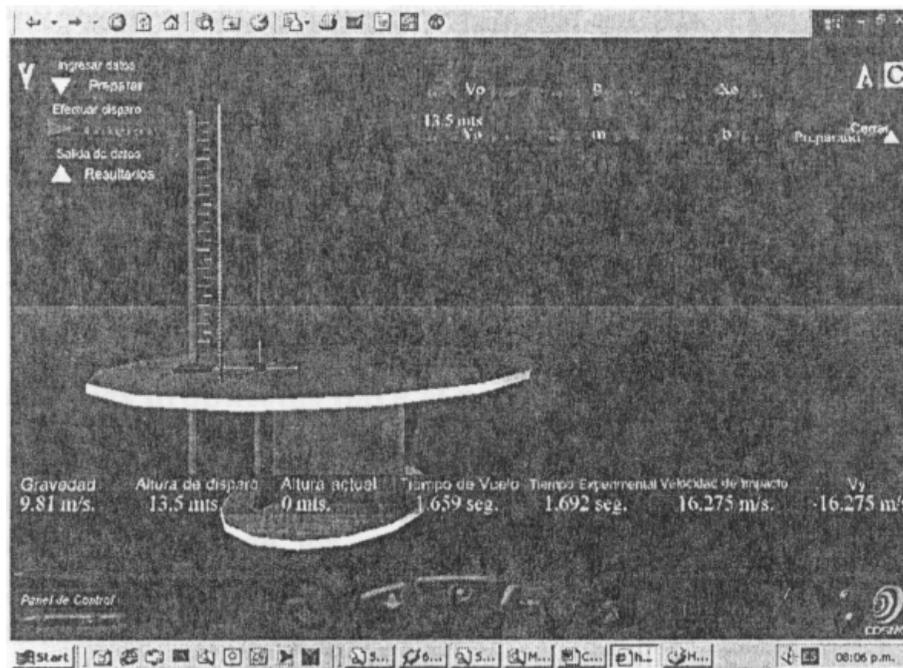


Figura 4.15 Interfaz de la Caída Libre.

3. Con la relación $g=2y/t^2$, obtenga los valores de la gravedad en cada caso y tabule los resultados, como se muestra en la tabla 4.5 [8].

# Disparo	Altura 09	Tiempo Experimental t	Aceleración y/t^2	Gravedad (g)
1	y_1	t_1	a_1	g_1
2	y_2	t_2	a_2	g_2
:	:	:	:	:
10	Y_{10}	t_{10}	a_{10}	g_{10}
Promedio				g_{prom}

Tabla 4.5 Tabulación del Tiempo Contra la Gravedad.

4. Saque el promedio de los valores de gravedad obtenidos g_{prom} y grafique a la gravedad contra el tiempo.
5. Para el caso del tiro vertical, ejecute hasta 10 veces un disparo con distintos valores de altura (y) y velocidad inicial (v_i), para obtener el tiempo.
6. Con la relación $y = v_{yo} + \frac{1}{2} g y t^2$ obtenga los valores de la gravedad en cada caso y tabule los resultados.
7. Obtenga el promedio de los valores de gravedad y gráfíquelos nuevamente.

Determinación de resultados mediante mínimos cuadrados.

Use los valores obtenidos en la experimentación y mediante el método de mínimos cuadrados (ver figura 4.16) determine el valor aproximado de la gravedad. La ecuación general de la curva (parábola) [8], que se ajusta es

$$y=at^2+bx+c$$

Puesto que en el caso de caída libre la relación entre la altura (y) y el tiempo (t), es

$$y=\frac{1}{2}gt^2$$

El coeficiente (a) de t^2 debe ser aproximadamente igual a $\frac{1}{2}g$ (expresado también con el símbolo \sim como a $\sim \frac{1}{2}g$) y los valores de b y c deben ser aproximadamente iguales a cero.

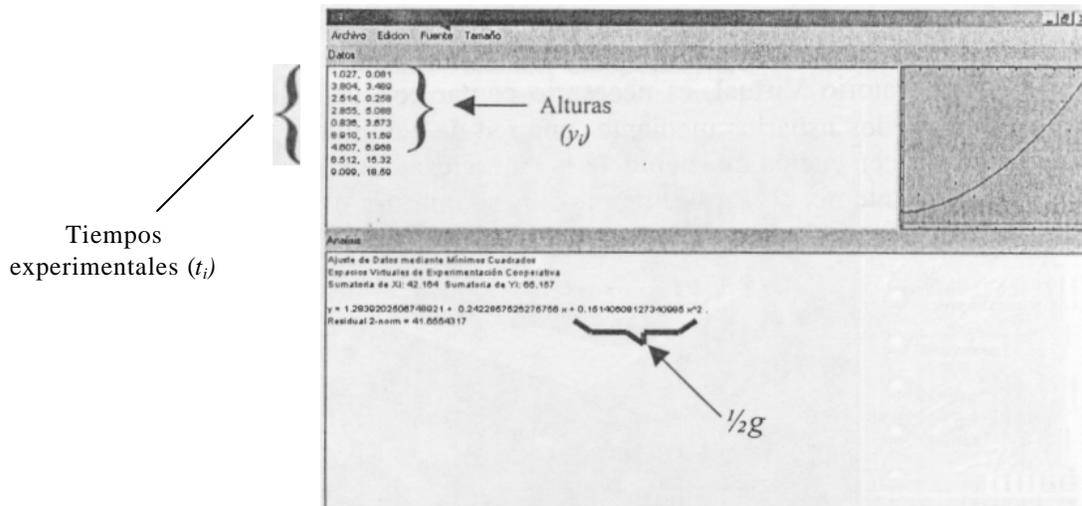


Figura 4.16 Método de los Mínimos Cuadrados (Caída Libre).

Actividades grupales propuestas para el nivel B4.

A fin de afirmar todos los conceptos descritos, en este nivel:

1. El maestro solicitará la opinión de todos los alumnos a través del chat, para que expliquen las conclusiones a las que llegaron acerca del experimento (número 1, Figura 4.4).
2. Nuevamente, en grupos con 3 participantes y haciendo uso de los foros, los alumnos publicaran sus conclusiones (números 2 y 3, Figura 4.4).
3. Se hará una discusión en pleno de cada una de las conclusiones de los equipos usando el *chat* (número 4, Figura 4.4) y, finalmente, una vez elaboradas las conclusiones en lo general, éstas deberán ser publicadas en la pizarra electrónica (números 5 y 6, Figura 4.4).

Actividades Complementarias para el nivel B.

Éstas deberán ser elaboradas por cada alumno participante y enviadas, a través de correo electrónico, al profesor, en un archivo de *Word* (número 8, Figura 4.4).

1. Se dispara un cohete verticalmente y sube con una aceleración vertical constante de 19.6 m/s^2 durante 1 min. En ese momento se agota su combustible y sigue subiendo como partícula libre.
(a) ¿Cuál es la máxima altura que alcanza? (b) ¿Cuál es el tiempo total transcurrido desde el momento en que despegar el cohete hasta que llega al suelo?
2. Un balón de acero se suelta desde una altura de 4.88 m. por encima de la superficie del agua en un lago. Pega en el agua con cierta velocidad y después se hunde hasta el fondo con esa misma velocidad constante, llega al fondo 5 seg. después de que se soltó (a) ¿Qué profundidad tiene el lago? (b) ¿Cuál es la velocidad inicial del balón?

4.2.7 Medios Instruccionales.

Para poder operar el Laboratorio Virtual, es necesario contar con una infraestructura que permita la comunicación de los usuarios mediante una red de computadoras conectadas a Internet. Aquí, debe tomarse en cuenta que debido a la naturaleza del sistema, será necesario en un futuro, hacer uso de Internet II. En la Figura 4.17, se muestra el esquema general de los medios instruccionales usados para implementar el Laboratorio Virtual de Cinemática como EVEC.



Figura 4.17 Medios Instruccionales para EVEC.

El Laboratorio de Cinemática, aparece en tres dimensiones y permite interactuar con los objetos y alterar su comportamiento. Se integran a la interfaz de Realidad Virtual, páginas Web desarrolladas en HTML y DHTML que permiten la interacción de la interfaz de realidad virtual con otros servicios y herramientas de trabajo cooperativo. En la figura 4.18 aparece la interfaz principal del Laboratorio Virtual de Cinemática.

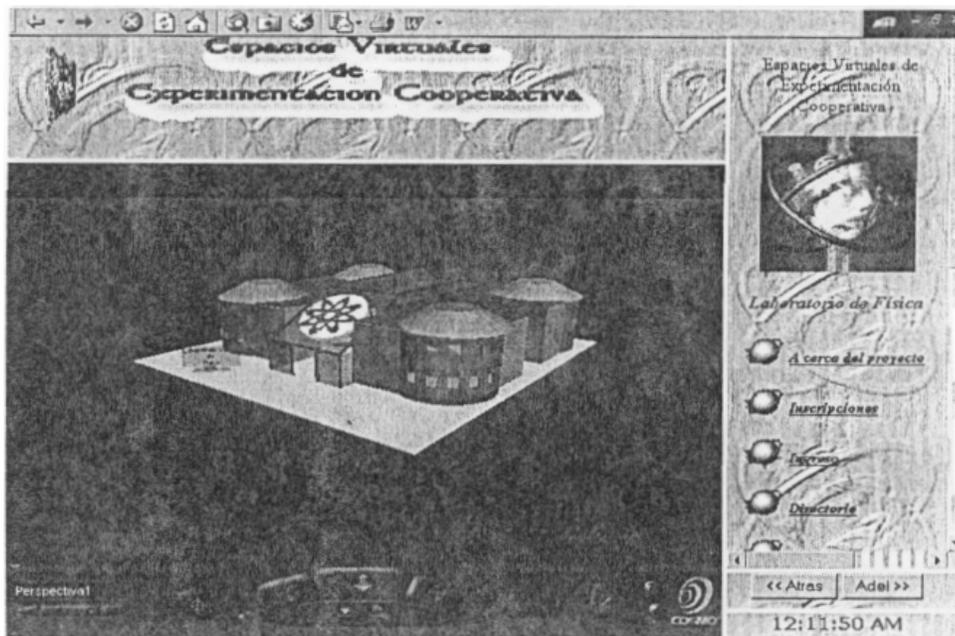


Figura 4.18 Interfaz Principal del Laboratorio Virtual de Cinemática.

Se tiene un área de registro e ingreso de usuarios, desarrollada con *Servlets* de Java para el acceso a bases de datos remotas. En la Figura 4.19, se muestra el área de registro del sistema.

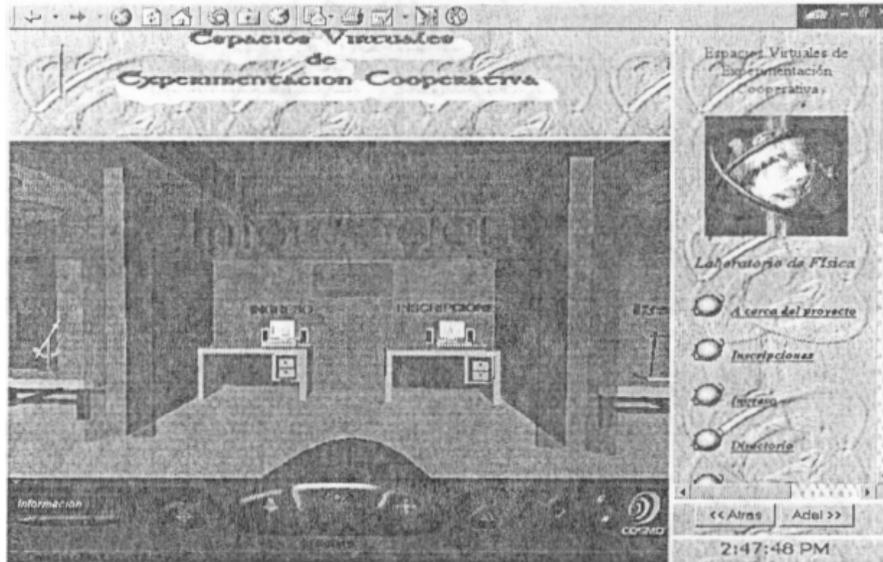


Figura 4.19 Área de Registro

El sistema cuenta también con un área de experimentación, cuyo desarrollo se realizó mediante el Lenguaje de Modelado de Realidad Virtual (VRML), a través de una técnica denominada Interfaz Externa de Java *Script* (JSAI), la cual permite asignar comportamientos complejos a los objetos del mundo virtual, a través del uso de *Scripts* de Java. En la Figura 4.21, se muestra la interfaz gráfica del experimento del tiro parabólico.

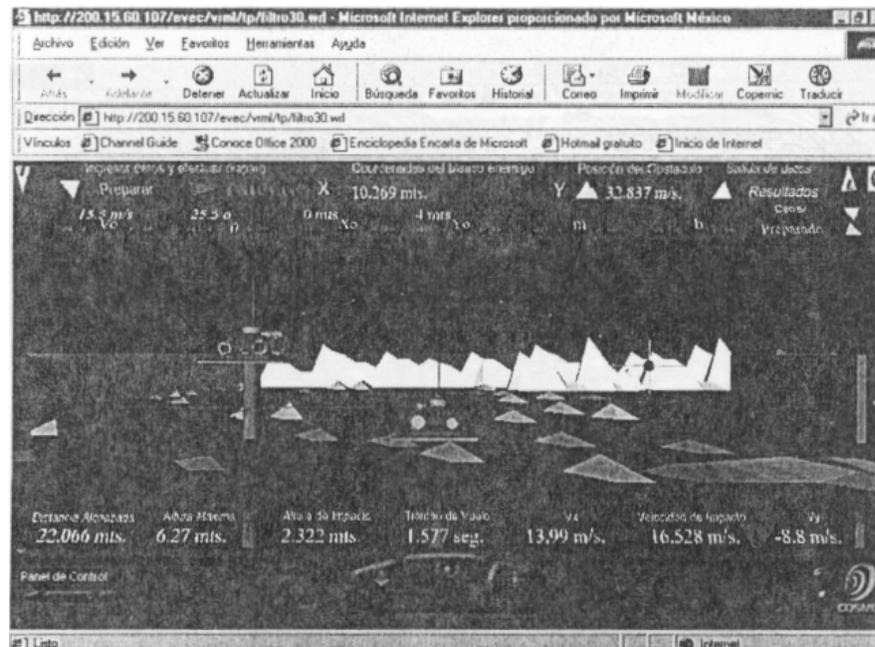


Figura 4.20 Experimento del Tiro Parabólico.

La teoría relacionada con los experimentos aparece en páginas *Web*, ordenadas de acuerdo con lo que se plantea en el diseño instruccional. En la Figura 4.21 se muestra la teoría relacionada con el experimento del tiro parabólico.

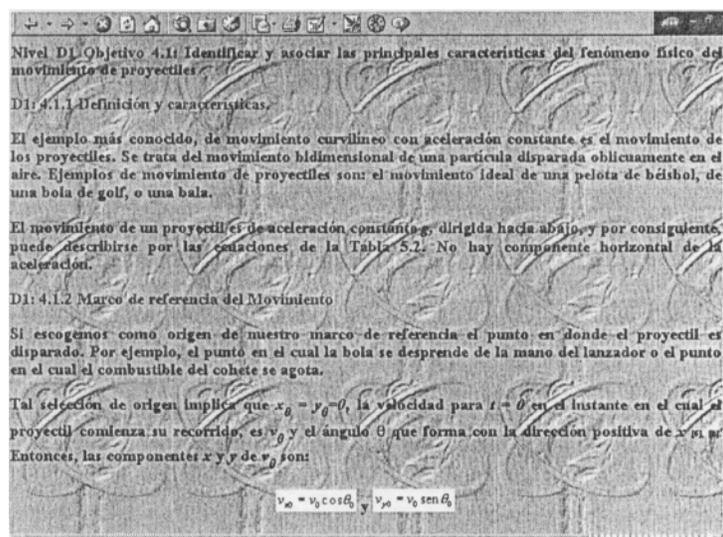


Figura 4.21 Teoría del Tiro Parabólico

También se cuenta con un área donde se proporciona acceso a un grupo de servicios de trabajo grupal, entre los que se puede mencionar, un chat con varios salones de charla, barra de noticias y pantallas de usuario, administrador y moderador, un servidor de correo gratuito, un foro de discusión y una pizarra de noticias desarrollada con *Servlets*. En la Figura 4.22, se muestra la pantalla de servicios.

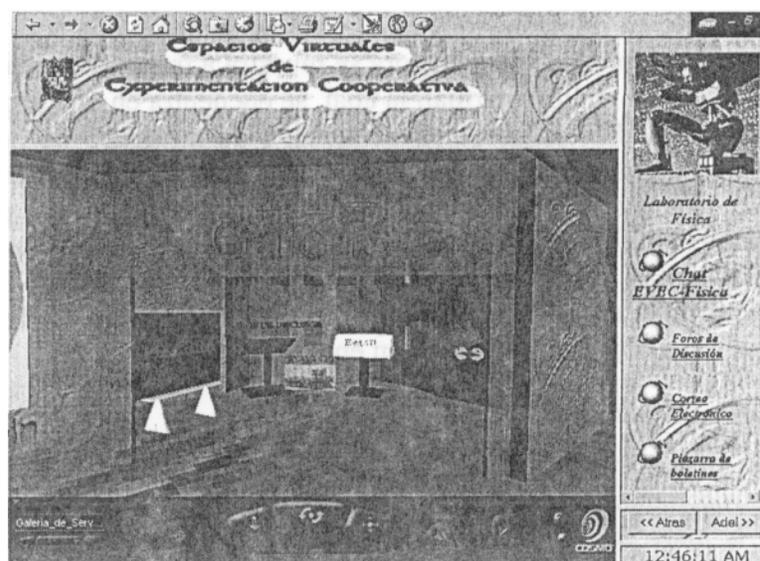


Figura 4.22 Pantalla de Servicios.

Finalmente, se cuenta con un área de evaluación, también desarrollada con *Servlets*, en donde el usuario puede autoevaluarse con un examen que obtiene las preguntas aleatoriamente de una

base de datos. En la Figura 4.23 puede verse un examen generado para el experimento del tiro parabólico.

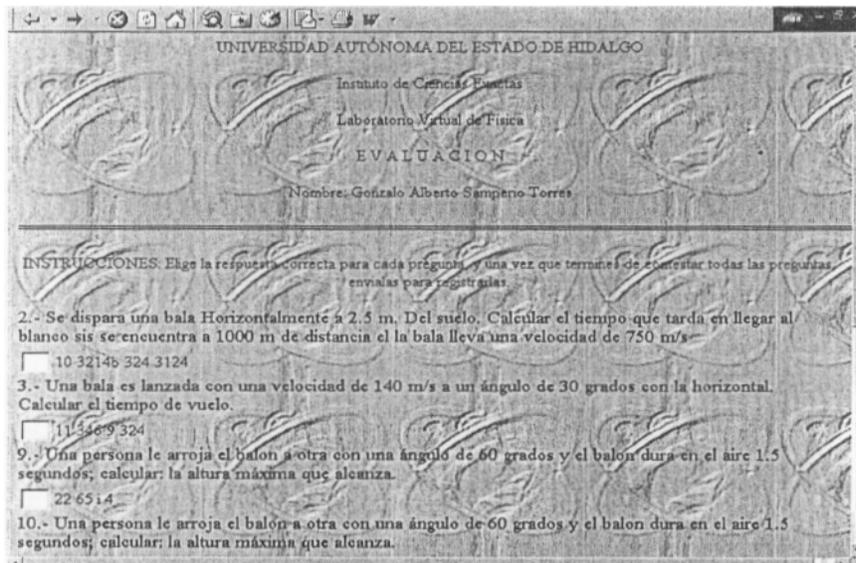


Figura 4.23 Examen Generado para el Experimento del Tiro Parabólico.

4.2.8 Estrategias Instruccionales.

Estrategia Instrucciona (Micro).

La estrategia instruccional micro, permite establecer las características que debe tener el sistema para hacer posible su implantación. En el caso del sistema que aquí se presenta, el contenido del material basado en la computadora se muestra a través de una interfaz de tipo multimedia implementado en realidad virtual, la cual, se encuentra en una página HTML. Se hace uso de recursos de audio, un resumen de texto y de un grupo de herramientas de trabajo cooperativo que permiten la comunicación, en tiempo real y asíncrona del maestro con los alumnos. Se hace uso de controles simples y fáciles de identificar para posibilitar una navegación simple, que permita ingresar a los distintos experimentos que aquí se presentan y repetirlos tantas veces como desee o como resulte necesario. Para ingresar a cualquiera de los experimentos, sólo se deberán utilizar los controles o seleccionar con el puntero del mouse el ó los objetos que aparezcan en el mundo virtual.

Estrategia Instrucciona (Macro).

En esta estrategia es importante considerar qué clase de actividad habrá de realizarse para alcanzar la meta instruccional. En el caso particular de este trabajo, se propone que antes de comenzar a utilizar el material, se informe al alumno de las actividades que debe llevar a cabo, tanto de manera individual como grupal; también debe hacerse de su conocimiento el objetivo del trabajo experimental.

Un aspecto importante que debe considerarse es la asignación (le roles, tanto para el maestro como para el alumno, respetando las estrategias propuestas para el trabajo grupal. El maestro deberá tomar el rol de facilitador, y el alumno el de participante. Para tal efecto, es necesario hacer uso de las herramientas para grupos de trabajo más adecuadas a cada estrategia de trabajo grupal.

4.2.9 Evaluación del Aprendizaje.

Para la evaluación individual del usuario, se ha decidido aplicar un examen de opción múltiple, en el cual las preguntas han sido generadas de forma aleatoria por la interfaz gráfica. Se consideró recomendable establecer una escala mínima del 70% para que el usuario de la aplicación acredite cada uno de los experimentos; si no acredita, será recomendable que vuelva a repasar los experimentos y lecciones que se le presentan, con el objeto de garantizar el aprendizaje y alcanzar la meta instruccional prevista en el análisis instruccional. Se considera que las actividades individuales deberán evaluarse con un peso de al menos el 60% del total de la calificación, y por tanto, las actividades que se llevan a cabo de manera grupal tendrán un peso específico del 40%.

La evaluación del trabajo grupal, debe hacerse tomando en cuenta la cantidad y calidad de las aportaciones hechas a la resolución de un problema o la definición de un concepto. Debido a que esto último es muy subjetivo, es responsabilidad del facilitador establecer los criterios, a partir de los objetivos de aprendizaje y de las estrategias de trabajo grupal.

Para cada experimento, deberá elaborarse el material didáctico necesario y programarse de la misma forma en que fueron hechos los experimentos de este caso de estudio. Todo nuevo tópico que se anexe a este espacio de experimentación, deberá pasar por un cuidadoso proceso de diseño instruccional, tomando en cuenta todos los detalles para que el material destinado a este fin, quede dentro de los estándares planteados en el diseño instruccional propuesto.

REFERENCIAS

- [1] Beer, F. & Jhonston, R. (1984), *"Mecánica Vectorial para Ingenieros"*, págs. 212 - 215 Editorial McGraw Hill.
- [2] Dick, W. & Carey, L. (1978), *"Diseño Sistemático de la Instrucción"*, Ed. Voluntad, Bogotá.
- [3] Ellis, C.; Gibbs, S. & Rein, G. (1991), *"Groupware: Some Issues and Experiences."*, Communications of the ACM.
- [4] Fujk, A. (1993), *"The pedagogical and technological challenges in computer-mediated communications in distance education "*. Davis and Samways. In Teleteaching, págs. 249 a 258.
- [5] Halliday & Resnick, (1960), *"Física"*, págs. 76-107 editorial CECSA edición combinada partes I y II México D.F.
- [6] Hibbeler, R. (1985), *"Ingeniería Mecánica: Dinámica"* Pags 330,340" editorial Prentice Hall Iberoamericana México D.F.
- [7] Hwang, C. & Lin, M. (1987), *"Group Decision Making Under Multiple Criteria: methods and Applications."*, Springer - Verlag.
- [8] Kurt, G. (1977), *"Manual de Fórmulas técnicas"*, Representaciones y Servicios de Ingeniería S. A. México D.F.
- [9] Mager R. (1971), *"Objetivos para la enseñanza efectiva "*, Ed. Salesiana, Caracas.
- [10] McGilly, K. (1996), *"Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice."*, Classroom Lessons, MIT Press.
- [11] Rodríguez, J. L. (1999), *"Modelo de Trabajo Grupal y Evaluación en Aprendizaje Cooperativo Personalizado Asistido por Computadora"*, tesis de Maestría, IPN México.
- [12] Schyfter, L. (1983), *"Aspectos generales de la evaluación del rendimiento escolar"* CISE-UNAM, México.
- [13] Stromberg & Hill (1974), *"Física, fundamentos y fronteras"*, págs. 25-27 editorial PCSA tercera edición México D.F.
- [14] Symon (1961), *"Mechanics"*, págs. 108-111, Addison Wesley Publishing Company Inc. USA.

- [15] Turoff, M. (1991), "*Computer-Mediated Communication Requirements for group support.* ", Journal of organizational Computing .
- [16] UAEH - ICBI, "*Cuadernillo de prácticas del Laboratorio de Física I*". Págs. 6-9, 13-15, Academia de Física del ICBI - Laboratorio de Física de la UAEH.
- [17] Zapata D. (1999), "*Sistemas de Soporte al Trabajo Colaborativo (CSCW) para Ambientes de Aprendizaje Apoyado en Nuevas Tecnologías.* ", Proyecto Conexiones, Universidad EAFIT, Medellín - Colombia.

Arquitectura del Sistema

Resumen.

En el presente Capítulo se describen las partes funcionales y el modelo funcional del sistema. Para la representación gráfica de éste último, se utiliza la metodología IDEF0. También se presentan las interfaces principales del sistema y la plataforma tecnológica en la cual está implementado.

Objetivos del Capítulo

- Explicar la arquitectura general del sistema.
- Describir las funcionalidades del sistema propuesto.
- Describir el modelo funcional del sistema.
- Comentar el diseño de elementos 3D.
- Presentar las interfaces principales del sistema.
- Explicar la plataforma tecnológica en la cual se ha implementado.

5.1 Funcionalidades.

La interfaz de usuario (ver, figura 5.1) del sistema está dividida en dos partes, una pública y otra privada. En la parte pública, el usuario puede obtener información acerca del proyecto, llevar a cabo un paseo virtual, inscribirse, visualizar el directorio de participantes inscritos, o revisar las instrucciones de uso. En ésta, el paseo virtual no es interactivo, lo cual significa que sólo se puede navegar en el mundo 3D sin hacer ningún tipo de trabajo. En la parte privada sólo se podrá tener acceso si se está registrado, en esta, el usuario puede interactuar con todos los elementos del sistema y llevar a cabo experimentación.

De manera general, en el ambiente virtual, al profesor se le permite:

- Planear el aprendizaje del alumno, con base en sus avances.
- Generar y actualizar el material didáctico.
- Asesorar a los alumnos y dirigir su aprendizaje.
- Generar exámenes y evaluar a los alumnos bajo su cargo.

Al alumno se le permite:

- Ingresar al ambiente mediante un visualizador *Web*.
- Planear su aprendizaje de acuerdo con sus necesidades.
- Adquirir conocimiento en función de sus posibilidades personales.
- Establecer contacto con personas afines para formar grupos de trabajo o de estudio.
- Obtener la asesoría que requiera.
- Realizar trabajo experimental en el área de física y autoevaluar sus conocimientos.

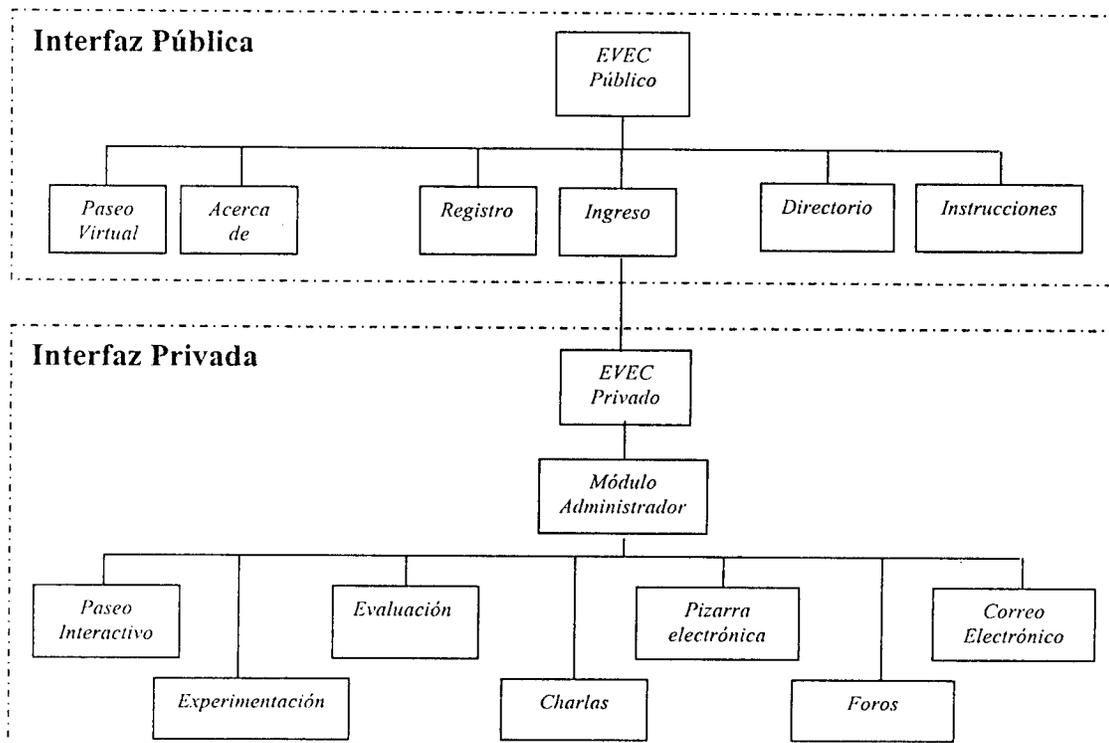


Figura 5.1 Esquema General de EVEC para el Laboratorio de Cinemática.

El *Paseo Virtual* está implementado a través de un mundo virtual desarrollado en VRML, el cual representa un Laboratorio de Cinemática. El paseo consiste de un grupo de vistas prediseñadas y un paseo animado que permite visualizar el mundo 3D.

La página HTML denominada *Acerca de*, es una página de información general que proporciona al usuario detalles relacionados con este proyecto y sus propósitos. La opción de *Registro* consiste de un formulario en una página HTML, la cual a través de un *Servlet*, registra los datos del usuario en una base de datos de Microsoft Access 97. El modelo de la ésta base de datos relacional, como ya se había mencionado antes (ver sección 3.1.2 del capítulo 3), se obtiene a partir de la exportación modelo funcional del sistema en BPWin, a ERWin para obtener el modelo entidad - relación de la base de datos. En la figura 5.2, se muestra el modelo entidad - relación para la base de datos relacional, llamada *Registro*.

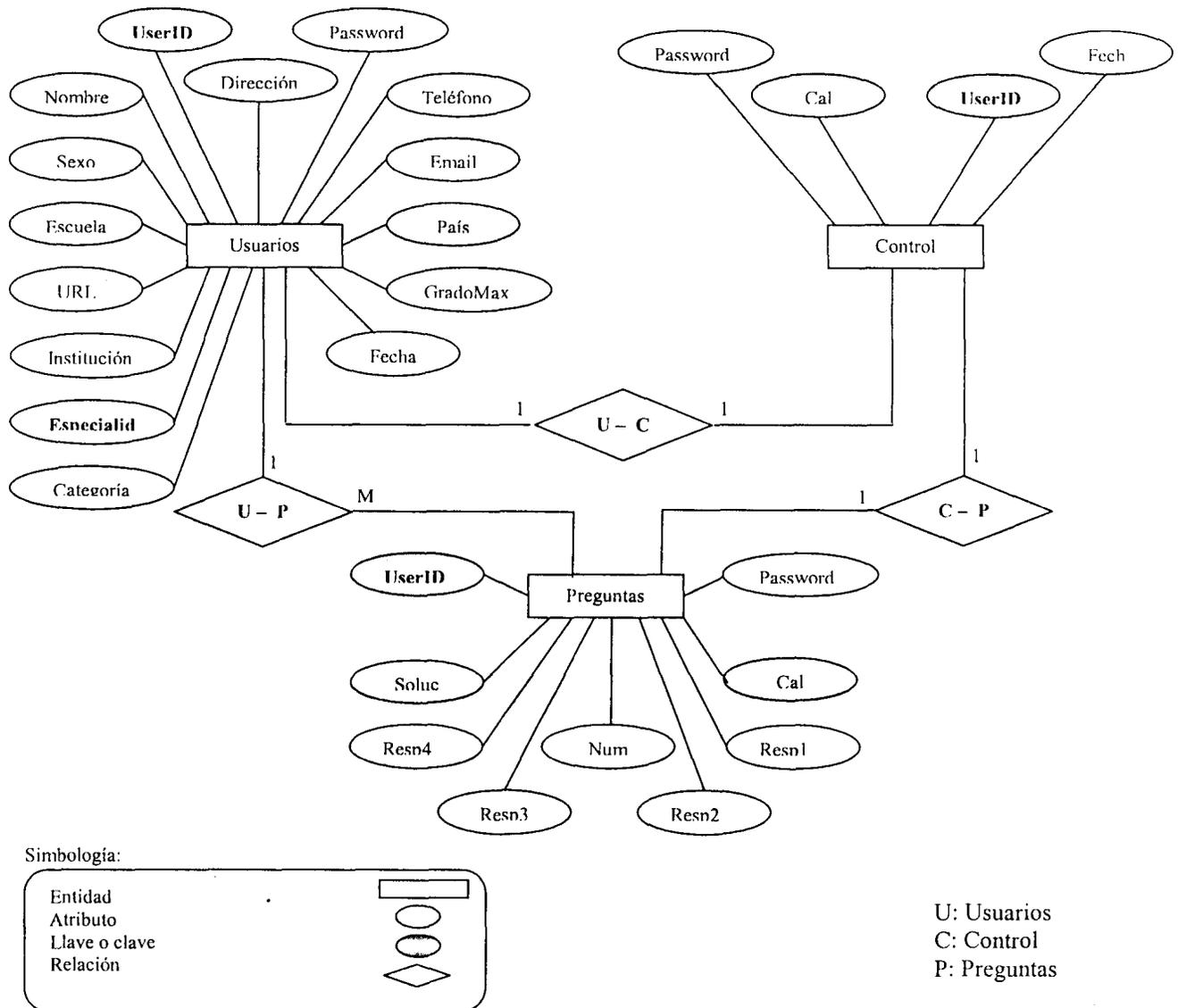


Figura 5.2 Modelo Entidad - Relación de la Base de Datos del Sistema (Registro).

Con el BPWin, es posible implementar la metodología IDEF0 para obtener un modelo que permita identificar las funciones del sistema en cada nivel de abstracción. A partir de la exportación a ERWin, es posible implementar la metodología IDEF1x para obtener una definición simple e integrada de los datos, orientada hacia una aplicación simple e independiente del acceso a éstos.

La base de datos cuenta tres tablas una de ellas llamada *Usuarios*, en donde se almacenan los datos generales del usuario del sistema, la tabla *Control*, en donde se almacenan las calificaciones de la evaluaciones y la tabla *Preguntas*, en donde se encuentran almacenados los reactivos que integran a los exámenes. En la figura 5.3 puede observarse el modelo lógico de la base de datos *Registro*, obtenido a partir de ERWin.

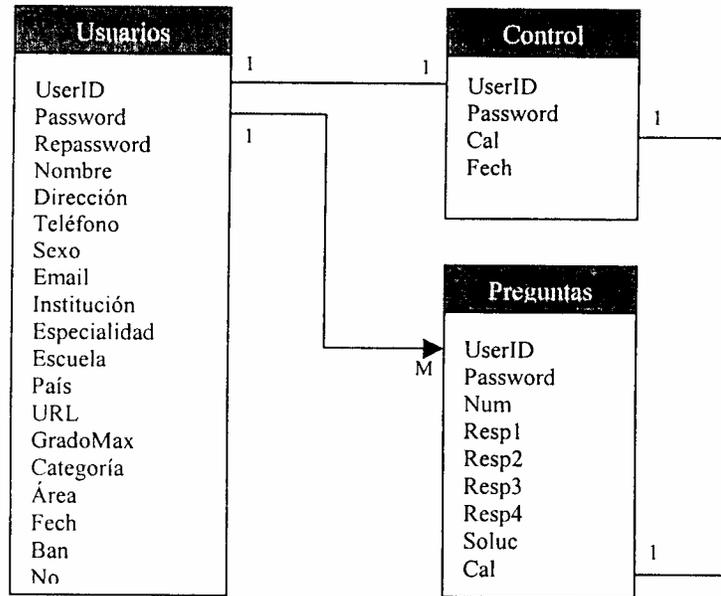


Figura 5.3 Modelo Lógico de la Base de Datos del Sistema (Registro).

En la opción de *Ingreso* también se presenta un formulario en una página HTML, donde el usuario ingresa su *Cuenta y Pasaporte*, para poder entrar a la parte privada del sistema. El sistema verifica que el usuario esté registrado en la base de datos a través del *Servlet*. Si el usuario no es encontrado, el sistema niega el acceso a éste y le indica que solo si esta registrado podrá entrar a éste sitio. En la figura 5.4 se muestra esquemáticamente el ingreso al sistema. Una vez que se ha comprobado la existencia del usuario en la base de datos, el *Servlet* se comunica con el servidor, permitiendo el acceso al entorno de experimentación.

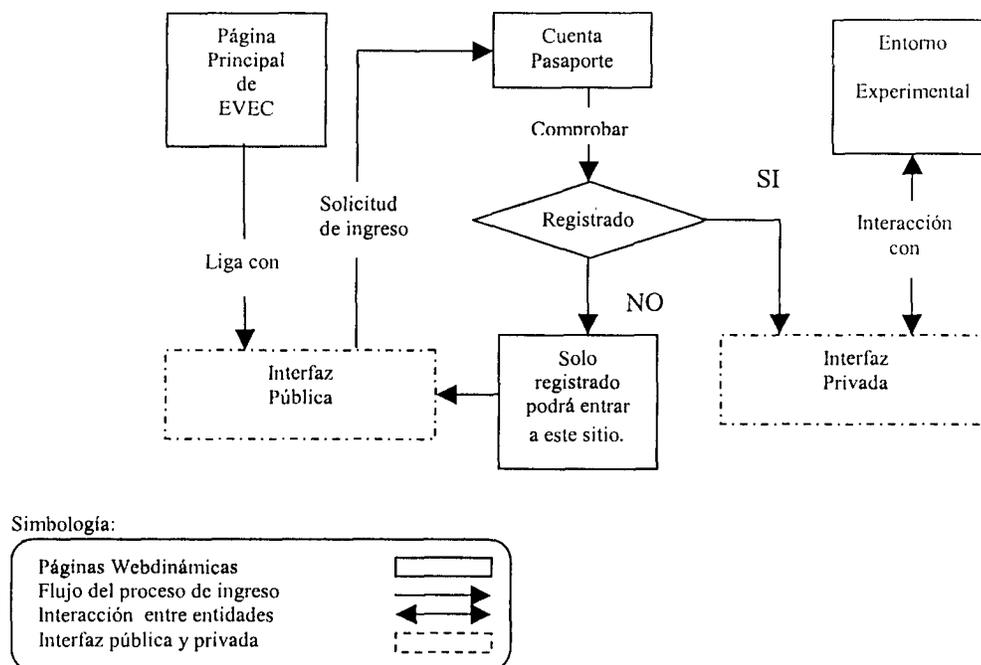


Figura 5.4 Ingreso al Sistema.

El Directorio es una página HTML, generada por un *Servlet*, que extrae los nombres y correos electrónicos de todos los usuarios registrados en la base de datos.

La opción marcada con el nombre de *Instrucciones*, contiene información general acerca del uso de esta interfaz y de la interfaz de realidad virtual.

Una vez dentro del entorno (la parte privada de la interfaz), es posible elegir entre experimentar, realizar una evaluación, hacer uso de los servicios en línea y asíncronos o bien, ir a otros sitios de interés. Si se elige la opción *Experimentación*, se mostrará un nuevo menú del que se puede elegir el área de la física en donde se desea experimentar. Una vez que haya elegido el área, aparecerá la lista de experimentos disponibles en esa área en particular.

Para ejecutar una práctica, se programaron comportamientos complejos usando el nodo *Script* de VRML, a través de JSAI con *Scripts* en Java.

Durante el proceso de experimentación, es posible hacer uso de las herramientas en línea y asíncronas (charlas, correo electrónico, foros y pizarra electrónica), que permiten llevar a cabo trabajo grupal. Cada una de éstas, se abre en ventanas por separado y se puede manipular según las necesidades del usuario. Para las charlas, sólo es necesario ingresar un sobrenombre (*Nickname*). En el caso de los foros y la pizarra se debe ser usuario registrado. Para obtener una cuenta gratuita de correo, deberá ingresar sus datos, tal como se hace en sitios comerciales.

Para hacer uso de la opción de *evaluación*, en el menú del entorno de experimentación, se selecciona la opción evaluaciones y la evaluación que se desea ejecutar. Automáticamente, el *Ser^vlet* que controla esta opción genera un examen con un grupo de 10 reactivos tomados aleatoriamente de la base de datos, y genera una página tipo formulario que representa, un examen de opción múltiple. El usuario deberá llenar este formulario y posteriormente enviarlo, para que un segundo *Ser^vlet* evalúe las respuestas, comparándolas con las correctas contenidas en la base de datos. Finalmente, este mismo *Ser^vlet* genera una página HTML nueva, que contiene el número de respuestas correctas e incorrectas y la calificación obtenida, misma que quedará almacenada en la base de datos, tal como se muestra en la figura 5.5.

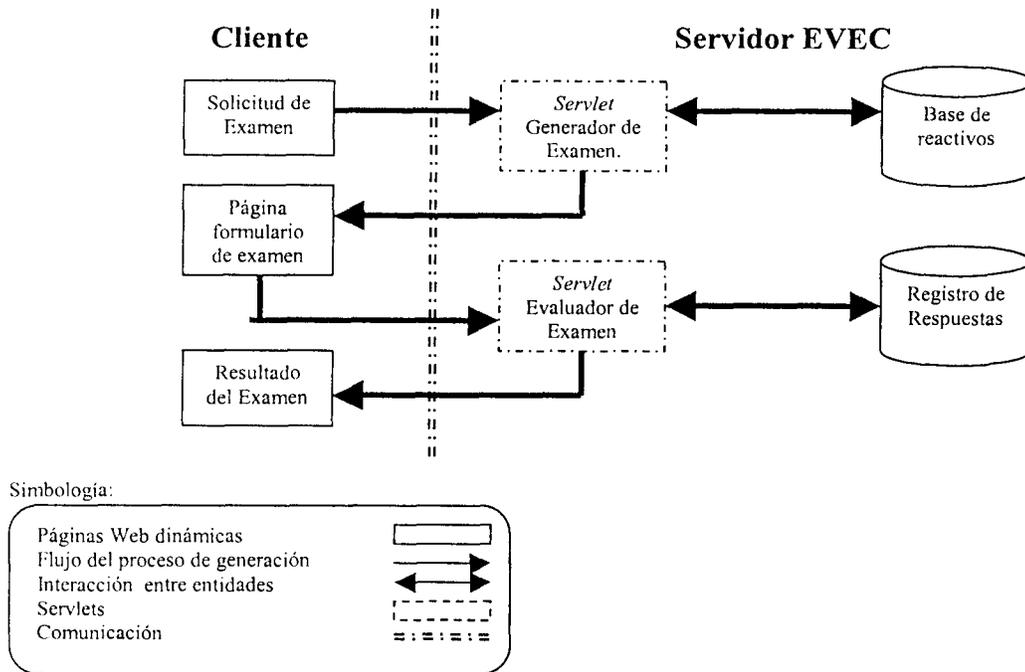


Figura 5.5 Generación de Exámenes.

5.2 Modelo Funcional.

El esquema funcional (ver figura 5.6) se descompone en 4 subprocesos que corresponden a las funciones del sistema. En la parte superior del árbol, el rectángulo marcado con el número 0 representa el nivel más alto de abstracción; el segundo nivel se indica con rectángulos numerados del 1 al 4. En el tercer nivel se usan dos números y así sucesivamente. En la figura 5.4 el módulo de REGISTRO pertenece a la interfaz pública.

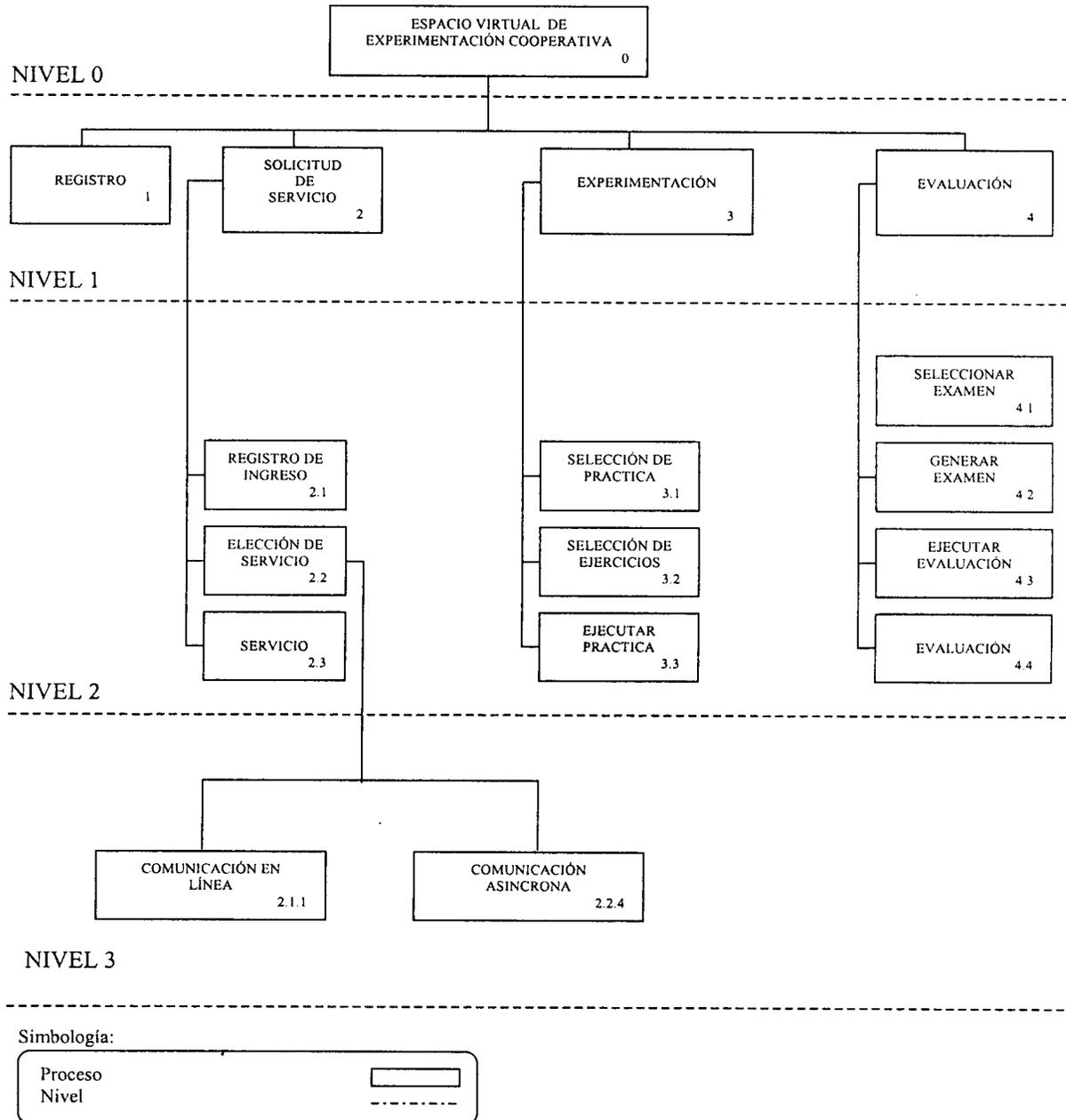


Figura 5.6 Árbol del Modelo Funcional del Sistema.

El modelo de contexto en su más alto nivel de abstracción, representa al Laboratorio de Cinemática como un todo (Figura 5.7). Los *ICOM's* (*Input, Controls, Output, Mechanisms*) para este nivel de abstracción son los siguientes:

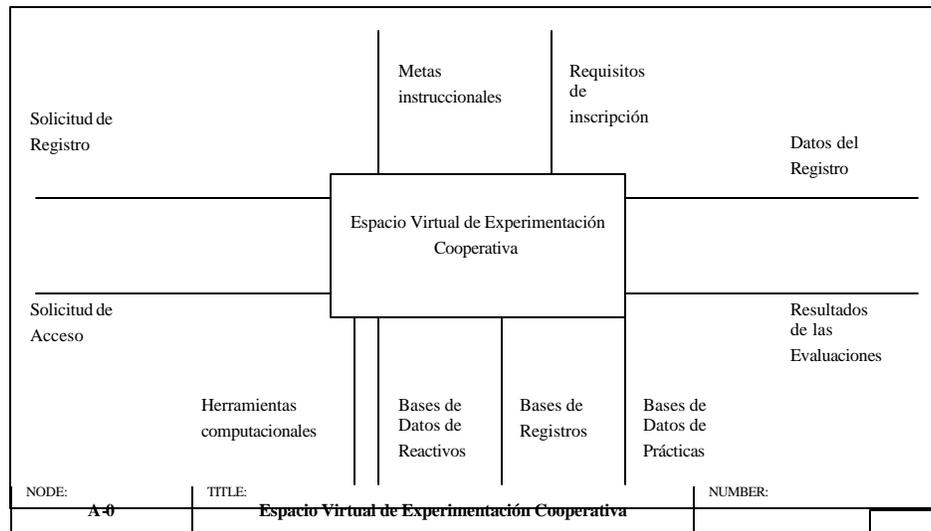


Figura 5.7 Esquema Funcional del Laboratorio de Física (Nivel 0).

Entradas

- *Solicitud de registro*: Es la solicitud del usuario para registrarse en el espacio de experimentación. Los datos que se deben proporcionar son: *nombre, dirección, teléfono, edad, sexo, email, nacionalidad, id, password*.
- *Solicitud de acceso*: Es la solicitud del usuario registrado para ingresar al sistema y comenzar a trabajar, debiendo proporcionar su *id* y *password*.

Salidas

- *Resultados de las evaluaciones*: El sistema genera una salida a la base de datos donde se almacenan los resultados de las evaluaciones del usuario.
- *Datos riel registro*. Genera una salida a la base de datos donde se registran los datos del usuario y sus calificaciones.

Controles

- *Metas Instruccionales*. Define las metas instruccionales que se persiguen en el aprendizaje a través de este material instruccional.
- *Requisitos de Inscripción*: Define qué requisitos y categoría debe tener el usuario de este sistema.

Mecanismos

- *Herramientas Computacionales*: Especifica el uso de herramientas de trabajo grupal y otras que apoyan las funcionalidades del sistema.

- *Base de datos de Prácticas:* Define al conjunto de prácticas que están programadas para que El Usuario Haga Uso De Ellas.

Módulos Básicos del Laboratorio Virtual de Cinemática.

En la figura 5.8 se muestran los módulos principales del Laboratorio de Cinemática:

- *Módulo de Registro.*
- *Módulo de Solicitud de servicio.*
- *Módulo de Experimentación.*
- *Módulo de Evaluación...0*

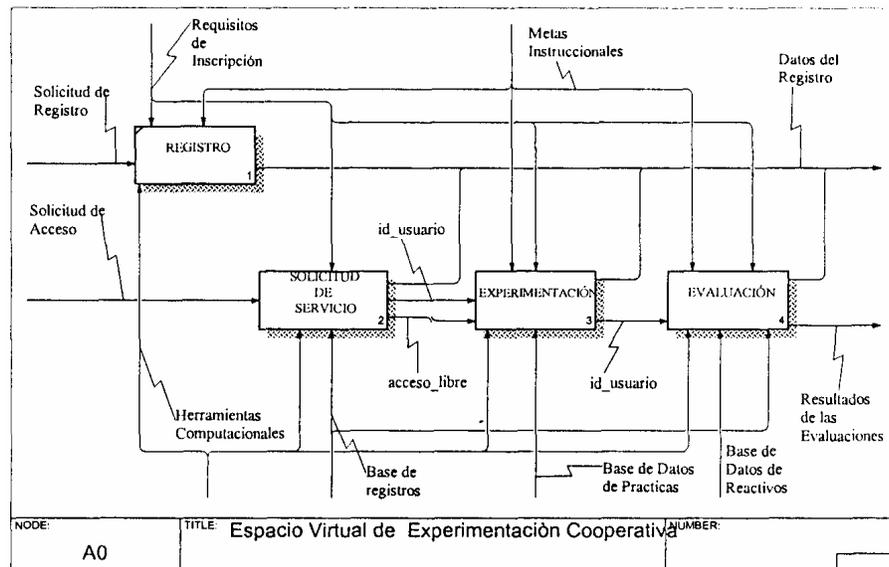


Figura 5.8 Diseño Funcional del Laboratorio de Física (Nivel 1).

Cada módulo es independiente de los demás, lo que significa que cada uno es capaz de operar de manera autónoma. De esta forma es posible incorporar módulos cuando sea necesario. A continuación se describe cada uno de los módulos:

Registro

Todo usuario deberá, necesariamente, estar registrado y haber obtenido su cuenta y pasaporte para poder ingresar al sistema. El módulo etiquetado como REGISTRO permite que los usuarios se registren para poder hacer uso de la parte privada del sistema y, así poder experimentar haciendo uso de los servicios que el sistema presta.

Solicitud de Servicio

Antes de hacer uso de los servicios que ofrece el sistema, el usuario deberá proporcionar su cuenta y pasaporte, los cuales obtuvo al registrarse. El módulo etiquetado con SOLICITUD DE SERVICIO, es el encargado de permitir o no el acceso al usuario, dependiendo de los datos almacenados en la base de datos del registro.

Experimentación

Una vez que el usuario ya se encuentra dentro del entorno, puede elegir la opción de experimentación en alguna área específica. El módulo etiquetado con EXPERIMENTACIÓN se encarga de ejecutar el proceso de experimentación en el Laboratorio Virtual de Cinemática, proporcionando al usuario las herramientas necesarias, a través de la habilitación de servicios.

Evaluación

Es un proceso necesario para medir el desempeño de los usuarios que hacen uso de la interfaz. El proceso etiquetado con el nombre de EVALUACIÓN es el encargado de ejecutar la evaluación correspondiente relacionada con los conocimientos adquiridos en la experimentación.

En la figura 5.9 se muestra el siguiente nivel de abstracción del Laboratorio de Cinemática, para el proceso de SOLICITUD DE SERVICIO. Éste está integrado por 3 subprocesos:

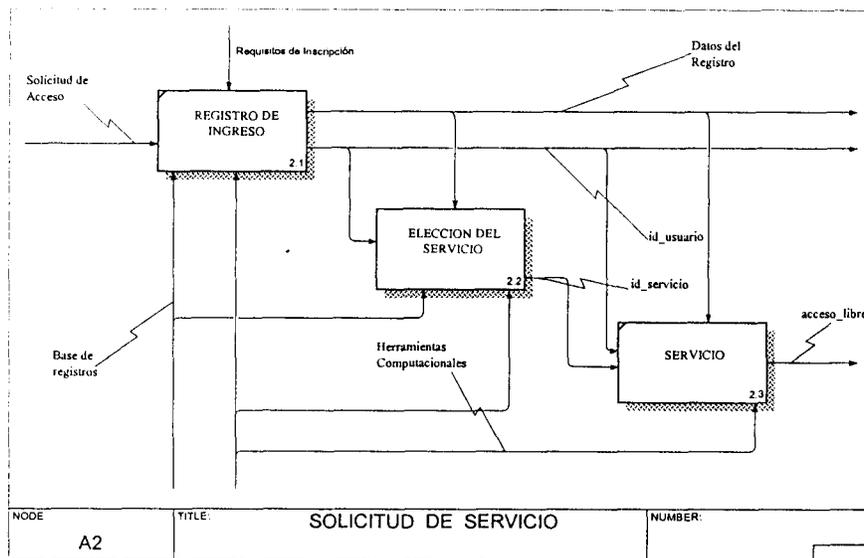


Figura 5.9 Diseño Funcional del Laboratorio de Física (Nivel 2 para el Proceso Solicitud de Servicio).

El proceso que está etiquetado con el nombre de REGISTRO DE INGRESO tiene como propósito llevar un historial de ingresos de un usuario al sistema para en un momento dado, sea posible saber qué servicios ha utilizado y cuándo fue su último ingreso al sistema. El módulo etiquetado con ELECCION DE SERVICIO permite que todo usuario registrado pueda hacer uso de un servicio.

En el proceso de experimentación intervienen 3 subprocesos, los cuales permiten seleccionar una práctica y los ejercicios particulares de ésta. En la figura 5.10, se muestra el siguiente nivel de abstracción del Laboratorio de Cinemática, para el proceso de EXPERIMENTACIÓN.

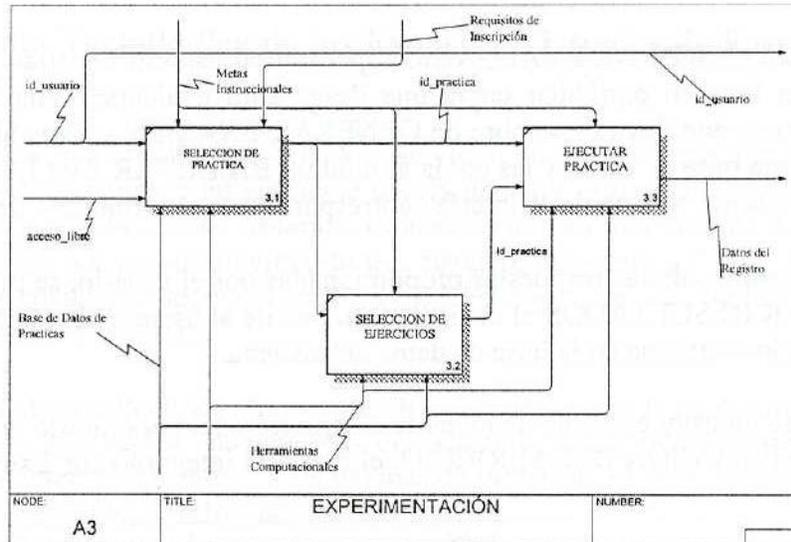


Figura 5.10 Diseño Funcional del Laboratorio de Física (Nivel 2 para el Proceso Experimentación).

El proceso que está etiquetado con el nombre de SELECCIÓN DE PRÁCTICA tiene como propósito permitir al usuario, seleccionar la práctica que habrá de realizar. Una vez seleccionada la práctica, el proceso que lleva el nombre de SELECCIÓN DE EJERCICIOS, permite al usuario, seleccionar ejercicio específico de la práctica elegida y, posteriormente, se procede a EJECUTAR LA PRÁCTICA.

En la figura 5.11 se muestran los módulos del proceso de EVALUACIÓN, que está integrado por 4 subprocesos.

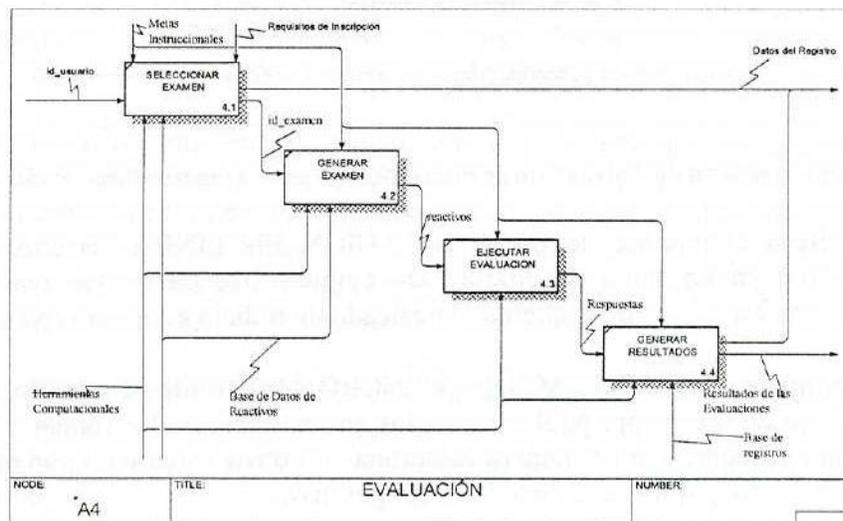


Figura 5.11 Diseño Funcional del Laboratorio de Física (Nivel 2 para el Proceso Evaluación).

El módulo de SELECCIÓN DE EVALUACIÓN permite al usuario registrado, seleccionar un examen de un área en particular en la que desee auto evaluarse. Una vez hecha la selección, el proceso que lleva el nombre de GENERAR EXAMEN extrae aleatoriamente 10 preguntas de una base de datos y las envía al módulo EJECUTAR EVALUACIÓN para que éste último, presente al usuario la interfaz correspondiente al formulario del examen.

Los resultados obtenidos de las respuestas proporcionadas por el usuario, se procesan en el módulo GENERAR RESULTADOS el cual, a su vez, emite al usuario el resultado obtenido en la evaluación y lo almacena en la base de datos del sistema.

En la figura 5.12 se muestra el siguiente nivel de abstracción del Laboratorio de Cinemática, para el proceso de ELECCIÓN DEL SERVICIO, el cual está integrado por 2 subprocesos.

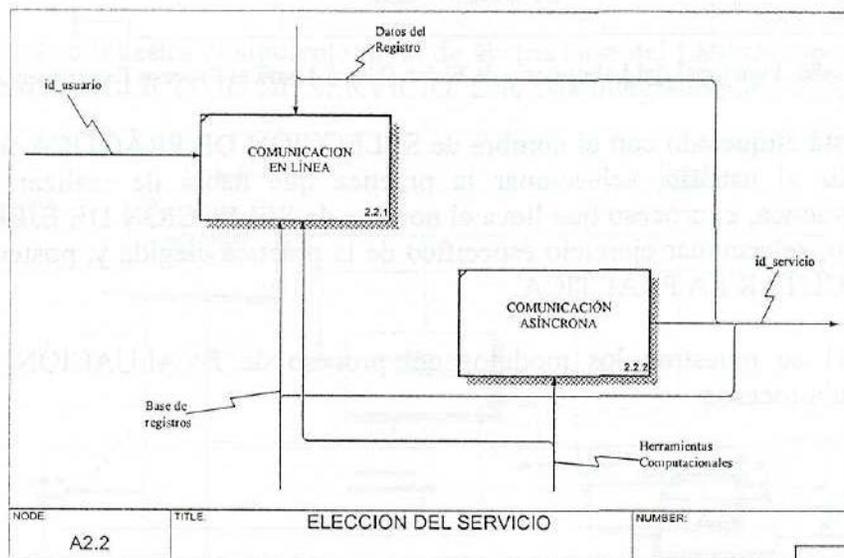


Figura 5.12 Diseño Funcional del Laboratorio de Física (Nivel 2 para el Proceso Elección del Servicio).

El proceso que lleva el nombre de COMUNICACIÓN EN LÍNEA permite, al usuario registrado, participar en un salón de charla para comunicarse en tiempo real con otros usuarios o con su profesor, bajo un esquema planificado de trabajo cooperativo.

El proceso denominado COMUNICACIÓN ASÍNCRONA permite al usuario registrado, participar en un foro de discusión, publicar noticias en una pizarra electrónica o bien hacer uso del correo para comunicarse de manera asíncrona con otros usuarios o con su profesor, también bajo un esquema planificado de trabajo cooperativo.

5.3 Plataforma Tecnológica de los Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa.

El sistema utiliza una arquitectura cliente - servidor, lo que permite que el cliente pueda interactuar con el sistema en un ambiente distribuido. La información de registro, acceso, evaluación y seguimiento de los usuarios, es almacenada en una base de datos a la cual se puede tener acceso a través de Internet, lo que requiere que tanto del lado del cliente como del servidor se manejen documentos *Web*. En este sistema se emplearon documentos *estáticos*, *dinámicos* y *activos*.

La información contenida en los *documentos Web estáticos* reside en el servidor y cada vez que se hace una solicitud a documentos de este tipo, éstos entregan siempre la misma respuesta. Como ejemplo, tenemos a las páginas de información y de instrucciones que usan HTML plano para desplegar información.

Los *documentos Web dinámicos* son creados por el servidor en respuesta a la solicitud de un usuario, por lo que no existen de forma predeterminada en el servidor. Estos documentos presentan un comportamiento dinámico debido, principalmente, a que son controlados por un programa de aplicación. Cuando la solicitud del cliente llega al servidor, éste ejecuta un programa de aplicación que crea el documento y lo devuelve al cliente. Debido a que con cada nueva solicitud se crea un nuevo documento, el contenido del documento es dinámico y presenta variaciones entre una y otra consulta.

Para manipular la forma en cómo se presentan o despliegan los documentos en la pantalla, también se hace uso de HTML dinámico (DHTML). El DHTML proporciona un mayor grado de control e interactividad con la información contenida en las páginas, y también mejora su presentación. Como ejemplos de estos documentos tenemos a la pizarra electrónica, la página de evaluación, el directorio de usuarios y los menús del sistema.

Los *documentos activos* son generados mediante un programa que se ejecuta del lado del cliente. Si un documento de este tipo es solicitado por el cliente, el servidor hace la gestión y devuelve al usuario la copia de un programa que se ejecutará localmente. El programa del documento activo permite la interacción directa con el usuario, y éste último, puede manipularlo para alterar constantemente el contenido de la información que se presenta. Los programas VRML que simulan el experimento virtual tienen esta característica.

Se ha hecho uso de una computadora Hewlett Packard Vectra con procesador Pentium III a 800 Mhz. para instalar el sistema y soportar sus funcionalidades. El sistema de EVEC hace uso de distintas entidades de servicio implementadas sobre la plataforma de *Windows 2000 Advanced Server*.

En la figura 5.13 se muestra cada uno de los elementos que conforman la arquitectura del EVEC, caso de estudio de ésta tesis.

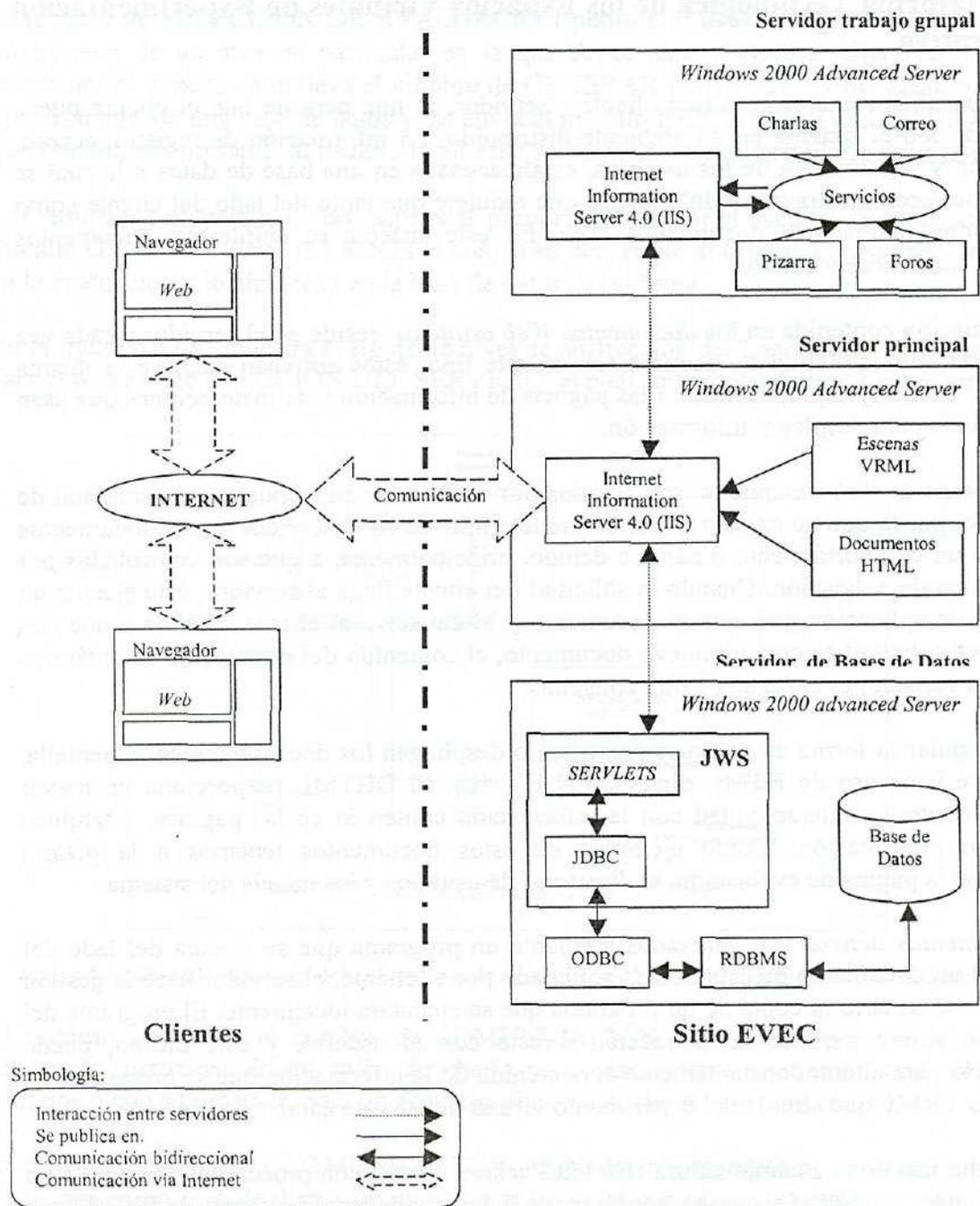


Figura 5.13 Arquitectura del Sistema Computacional.

Los elementos de la arquitectura son:

- El servidor principal de EVEC, implementado a través del *Internet Information Server ver. 4.0*, el cual permite la publicación de los distintos documentos (estáticos, dinámicos y activos) y servicios *Web* que presta el sistema.
- El Servidor de *Java Web Server* [5], dedicado al manejo de la información dinámica del sistema y a la manipulación de la base de datos.
- El Servidor del *Chat* [4], el cual aprovecha los servicios de publicación de *Internet Information Server* y de los proporcionados por *Java Web Server*, para mantener el servicio de charlas en tiempo real.
- Los servidores de Correo [6] y Foros [1] se encargan de manipular y almacenar la información relacionada con los foros y a la administración de una oficina de correos que proporciona cuentas gratuitas. Éstos están instalados en un servidor remoto que permite configurarlos y administrarlos de manera local.

La operación del sistema requiere hacer uso de la información que se encuentra en la base de datos del servidor. La Base de Datos Relacional (RDBMS) se implementó a través del *Microsoft Access 97*, y se emplea para hacer transacciones de registro, consulta y recuperación de información, la cual es colocada en los documentos dinámicos generados por los *Servlets*. Para hacer acceso a la base de datos remota, en una primera etapa, se emplea el controlador ODBC (*Open Data Base Connectivity*), desarrollado por Microsoft para servir como interfaz de comunicación común para los clientes de bases de datos.

El controlador ODBC utiliza el lenguaje C, por lo que es necesario emplear un controlador puente entre Java y ODBC. El servidor JWS proporciona este puente a través del JDBC (*Java Data Base Connectivity*), el cual se comunica con las bases de datos en una página en el navegador cliente, haciendo uso de estándar SQL (*Structured Query Language*), como puede observarse en la figura 5.13.

Un aspecto muy importante de la arquitectura del EVEC, es el comportamiento complejo que presentan los objetos de las escenas de los experimentos en realidad virtual. En el diseño de los experimentos, se hizo uso de la técnica JSAI (*Java Script Authoring Interface*) para la asignación de comportamientos complejos de animación a la escena y a la manipulación de eventos en VRML.

La JSAI, permite construir un sensor o un interpolador a medida para la manipulación de comportamientos complejos en la escena VRML. Por ejemplo, en el experimento del tiro parabólico, se utilizan *scripts* de Java para controlar los siguientes elementos:

- Los paneles de control, de resultados y de datos.
- El movimiento del tanque y el cañón.
- El movimiento y colocación aleatoria del tanque enemigo.

- El movimiento parabólico o del proyectil.
- La animación de las luces y sonido.
- La inserción de nuevos objetos en la escena, como son los cráteres que deja el impacto del proyectil, o el humo que sale del tanque destruido cuando se da en el blanco.

Manipular eventos a través del *Script* de Java de forma externa, permite ejecutar cálculos con mayor rapidez y mantener independencia cuando se intenta insertar nuevos objetos a la escena. El JSAI permite alambrear eventos de forma personalizada, para manipular la escena de tal forma que se aumente el realismo.

En la figura 5.14, puede observarse la arquitectura usada en este proyecto para la asignación y manipulación de comportamientos complejos en la construcción y representación de fenómenos, a través de experimentos virtuales.

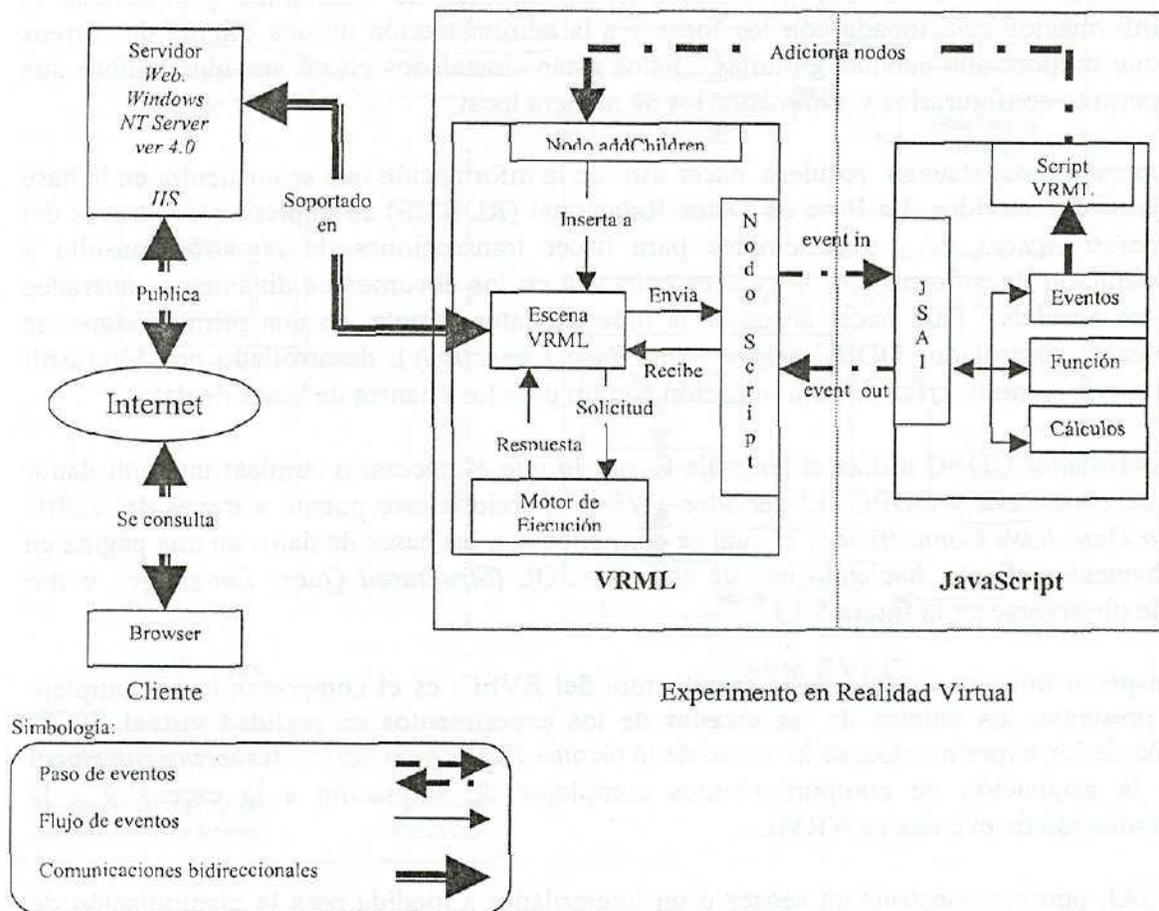


Figura 5.14 Arquitectura del JSAI para EVEC.

Bajo este esquema, el nodo *Script* de VRML establece comunicación con un *Script* externo escrito en Java, el cual contiene funciones, que son llamadas haciendo uso de los campos *field*, *event in* y *event out* para ingresar y extraer eventos en y desde el Script en Java, e insertarlos a la escena.

En la figura 5.15, se presenta el grafo de escena que se utiliza en forma general, para la asignación de comportamientos complejos a los objetos de una escena VRML utilizando JSAI. En ella, se pueden observar los nodos de la ESCENA VRML que toman parte en la asignación de comportamientos complejos, con sus respectivos campos y eventos; así como también se representa la conexión del nodo Script con el JSAI.

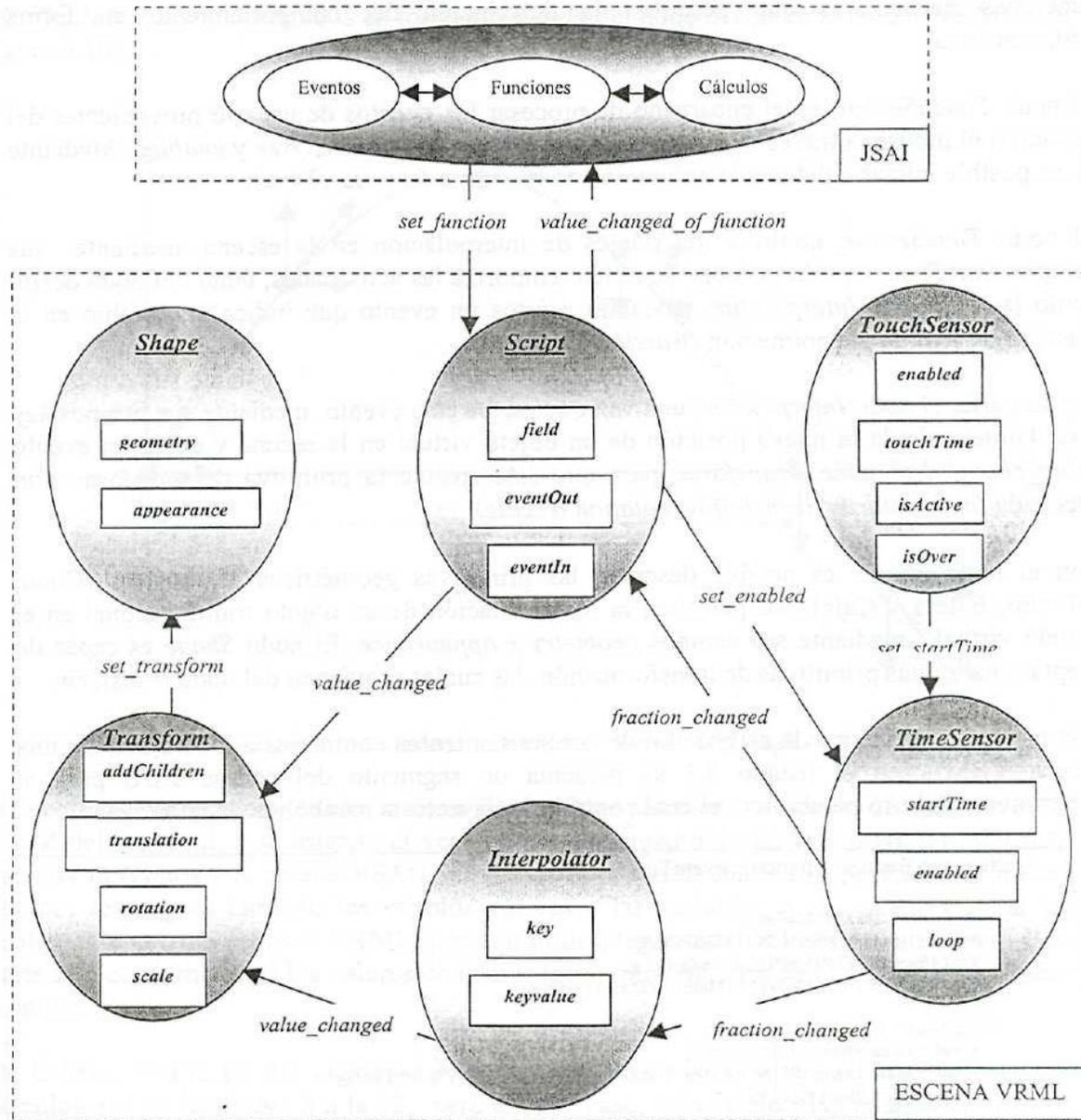


Figura 5.15 Grafo de Escena para la Manipulación de Comportamientos Complejos del EVEC con JSAI.

Los campos *field* en el nodo *Script*, sirven para establecer los valores iniciales de una función. Los campos *eventIn*, permiten ingresar valores y eventos desde la escena VRML a una función dentro del *Script* externo de Java y, por último, los campos *eventOut* toman los valores producidos por las funciones en *JavaScript* y los insertan a la escena VRML. Estos campos

pueden ser del tipo entero (*SFInt32*), flotante (*SFFloat*), booleano (*SFBool*), cadena (*MFSString*), nodo (*MFNode*), tiempo (*SFTime*), vector en 3D (*SFVec3f*), etcétera.

Los comportamientos complejos provenientes de la interfaz JSAI, se procesan como eventos mediante el nodo *Script*. Éste, a su vez, se apoya de otros nodos que llevan a cabo funciones particulares que permiten la descripción del comportamiento en forma tridimensional.

El nodo *TouchSensor*, es el encargado de procesar los eventos de usuario provenientes del teclado o el mouse, a través de sus campos *touchTime*, *isActive*, *isOver* y *enabled*. Mediante él, es posible iniciar o detener la animación en la escena (*set startTime*).

El nodo *TimeSensor*, controla los relojes de interpolación en la escena, mediante sus campos *startTime*, *enabled* y *loop*. También temporiza las actividades, tanto del nodo *Script* como las del nodo *Interpolator*, enviando a éstos un evento que indica un cambio en la fracción de tiempo de animación (*fraction changed*).

Por su parte, el nodo *Interpolator*, una vez que recibe este evento, mediante sus campos *key* y *keyValue*, calcula la nueva posición de un objeto virtual en la escena y envía un evento *value_changed* al nodo *Transform*, para que éste ejecute la primitiva de transformación adecuada (*addChildren*, *translation*, *rotation* o *scale*).

Con el nodo *Shape*, es posible describir las primitivas geométricas 3D básicas (Cono, Cilindro, Esfera y Caja) que permiten la representación de un objeto tridimensional en el mundo virtual, mediante sus campos *geometry* y *appearance*. El nodo *Shape* es capaz de aceptar una o más primitivas de transformación, las cuales provienen del nodo *transform*.

Con el objeto de ilustrar la asignación de comportamientos complejos a los objetos de una escena VRML, en el listado 5.1 se presenta un segmento del código JSAI para el experimento del tiro parabólico, el cual controla la trayectoria parabólica de un proyectil.

```

1: function set.fraction ( fraction, eventTime) {
2:
3:     Ang=((a*6.283185307)/360);
4:     Ang1=(1-fraction)*((a*6.283185307)/360)
5:     ev=( (fraction)*(2)*(Vo)*(Math.sin(a)) ) / g;
6:     ev1=fraction* ( ((Vo*Vo)/g) * (Math.sin(2*a))) ;
7:
8:     if (fraction < 1.0) {
9:         x_val = value.changed[0] = X+ev1;
10:        y_val = value_changed[1] = Y + ((Vo * Math.cos(a))*ev) - (((1/2)*(g)) * ( ev*ev) );
11:        z_val = value_changed[2] =0;
12:    }
13:    if(fraction == 1.0) {
14:        x_val = value changed[0] = X+ev1;
15:        y_val = value_changed[1] = Y + ((Vo * Math.sin(a))*ev) - (((1 /2)*(g)) * ( ev*ev) );
16:        z_val = value_changed[2] =0;
17:        bo_changed = true;
18:    }
19: }

```

Listado 5.1 Código JSAI para el Experimento del Tiro Parabólico (mueve js)

La función `set_fraction` (línea 1 del segmento de código en JavaScript, `mueve.js`), hace uso de los campos `fraction` y `eventTime` para ingresar los valores de interpolación provenientes de la escena VRML.

En las líneas 3 a 6 del segmento de código del listado 5.1, se asignan los valores iniciales de ángulo (a) y velocidad inicial (V_0), haciendo uso de los valores del tipo flotante (*SFFloat*) V_0 , g y a , declarados en los campos `field` del nodo `Script` en la escena VRML (ver figura 5.16).

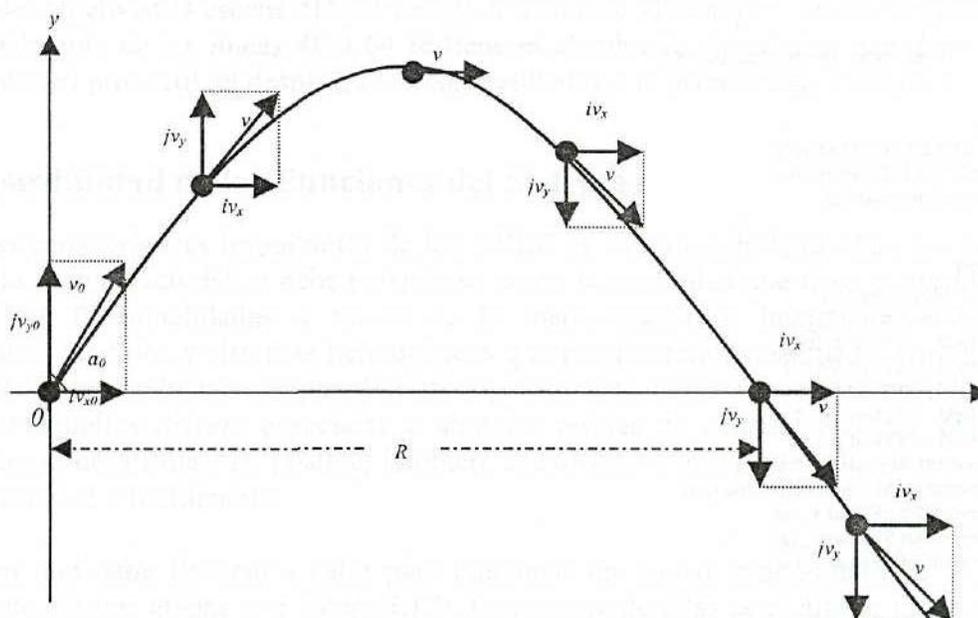


Figura 5.16 Trayectoria de un Proyectil (Tomado de [2] página 101).

Haciendo uso de ecuaciones, de la línea 8 a la 12, se calculan los valores de posición en X, Y y Z del proyectil, y se asignan al vector `value_changed` del tipo vector en 3D (*SFVec3f*) para ser devueltos a la escena VRML, en donde el proyectil cambia su posición. Al mismo tiempo, se asignan también los mismos valores a las variables `v_val`, `y_val` y `z_val` los cuales, una vez devueltos a VRML, permitirán desplegar estos valores en la escena. Esta parte se ejecuta mientras los valores de interpolación provenientes de la escena VRML sean menores a uno.

De la línea 13 a la 18, del segmento de código, se lleva a cabo la ejecución de los mismos cálculos que en las líneas 8 a la 12, pero en este caso, solo se ejecutan cuando el valor de interpolación proveniente de VRML es igual a 1. Esta última parte tiene como objeto, la asignación del valor `TRUE` a la bandera `bo_changed` del tipo booleano (*SFBool*) para detener la animación.

En el listado 5.2 se presenta un segmento del código VRML para el experimento del tiro parabólico.

```

1: #VRML V2.0 utf8
2: # Pograma elaborado por: Gonzalo Alberto Torres Samperio
3: # Movimiento Bajo influencia continua de la Gravedad
4: # Ejemplo del Tiro parabolico usando JSAI
5:
6: # Representación del Proyectoil.
7:   Transform {
8:     Translation 0.0 0.0 0.0
9:     Children DEE BallTransform Transform {
10:      Children Shape {
11:       appearance Appearance {
12:        material Material {
13:         diffuseColor 1.0 0.0 0.0
14:        }
15:       }
16:      geometry Sphere { radius .10 }
17:     }
18:   }
19: },
20: # RELOJ DE ANIMACION
21: DEF Clock TimeSensor {
22:   CycleInterval5.0
23: },
24:
25: # SCRIPT
26: DEF Mover Script 1
27:   url "mueve.js"
28:   field SFFloat a 0.0
29:   field SFFloat Vo 0.0
30:   field SFFloat X 0.0
31:   field SFFloat Y 0.0
32:   field SFFloat g 9.81
33:   eventIn SFFloat set.fraction
34:   eventOutSFVec3fvalue_changed
35:   eventOut SFFloat x_val
36:   eventOut SFFloat y_val
37:   eventOut SFFloat z_val
38: },
39:
40: # DESPLIEGA LETREROS
41: DEF Debug Script {
42:   url "Debugger.js"
43:   field SFString label "Interpolation"
44:   eventIn SFFloat set_float
45:   eventOut MFString string_changed
46: },
47:
48: # ACTIVA LA ANIMACION
49: ROUTE Activa.touchTime TO Clock.set_startTime
50: # MUEVE EL OBJETO
51: ROUTE Clock.fraction_changed TO Mover.set_fraction
52: ROUTE Mover.value_changed TO BallTransform.set_translation
53: # DESPLIEGA INTERPOLACION
54: ROUTE Clock.fraction_changed TO Debug.set_float
55: ROUTE Debug.string_changed TO Message.set_string
56: # DESPLIEGA VALORES DE X
57: ROUTE Mover.x_val TO Debug1.set_float
58: ROUTE Debug1.string changed TO Message1.set_string
59: # DESPLIEGA VALORES DE Y
60: ROUTE Mover.y_val TO Debug2.set_float
61: ROUTE Debug2.string_changed TO Message2.set_string
62: # DESPLIEGA VALORES DE Z
63: ROUTE Mover.z_val TO Debug3.set_float
64: ROUTE Debug3.string_changed TO Message3.set_string

```

En las líneas 1 a 19 del segmento de código VRML del listado 5.2, se presentan las instrucciones que permiten la construcción de una esfera roja que representa al proyectil. De la línea 20 a 23 se tiene el reloj que controla la animación.

Como puede observarse en las líneas 25 a 46, el nodo *Script* contiene varios campos *field*, algunos de ellos establecen el valor inicial (tipo flotante, *SFFloat*) de la gravedad (*g*), el ángulo (*a*) y velocidad (*Vo*). El campo *eventIn* (línea 33) ingresa valores fraccionarios (*SFFloat*), provenientes del reloj de interpolación, a la función *set_fraction* del *Script* JSAI, el cual devuelve, como resultado de las operaciones que realiza, los valores de la nueva posición del objeto en la escena 3D (*SFVec3f*), a través de los campos *eventOut* (líneas 34 a 37). Finalmente de las líneas 48 a 64 se tiene el alambrado de eventos que controlan el movimiento del proyectil, el despliegue de los resultados y la inserción de eventos.

5.4 Extensibilidad de las Funciones del Sistema.

Una de las características importantes de los EVEC es su extensibilidad. Para los fines de este trabajo, esta característica debe entenderse como la capacidad que tiene el sistema para extender sus funcionalidades a través de la incorporación e integración de nuevas herramientas, módulos y sistemas heterogéneos que pueden redimensionarse para resolver problemas en un ambiente cooperativo [3], [4]. Con esta característica es posible, pues, aprovechar aquellos *drivers* especiales o aquellas rutinas de cálculo, etcétera, que llevó mucho tiempo desarrollar. Es posible, también, desarrollar y encapsular algoritmos y datos de forma sencilla y reutilizable.

El proceso que debe llevarse a cabo para adicionar un nuevo experimento se conforma básicamente, de tres etapas (ver figura 5.17). La primera de ellas es el diseño instruccional, en la que se determina la estructura del experimento, mediante un análisis instruccional de las habilidades subordinadas que se pretenden desarrollar en el proceso de experimentación.

El diseño instruccional abarca distintos pasos (como ya se ha explicado anteriormente) que van, desde la descripción del escenario educativo, hasta la evaluación del aprendizaje. Este diseño toma en cuenta aspectos específicos que permiten la implementación del trabajo grupal (números 0 y 1, figura 5.17).

Cada experimento se divide en cuatro subniveles. En el primero de ellos, se abordan las principales características del fenómeno. En los siguientes dos subniveles se consideran entre otras cosas, las principales características y los parámetros que intervienen en el fenómeno. Finalmente, en el cuarto subnivel, se aborda el trabajo experimental que habrá de realizarse, así como también, el proceso de experimentación específico con los diversos valores y situaciones que se presentan.

En una segunda etapa se lleva a cabo el diseño funcional del sistema, a partir de la estructura proporcionada por el diseño instruccional. Éste diseño se lleva a cabo mediante las metodologías de la familia IDEF (IDEFO, IDEF1x). En esta etapa se determinan, de forma específica, las funciones de cada experimento (número 2, figura 5.17).

En la tercera y última etapa, se lleva a cabo la implementación del diseño en herramientas computacionales (número 3, figura 5.17). En esta etapa, deben tomarse en cuenta las características y relaciones funcionales entre cada elemento, teniendo especial cuidado en respetar el estándar establecido.

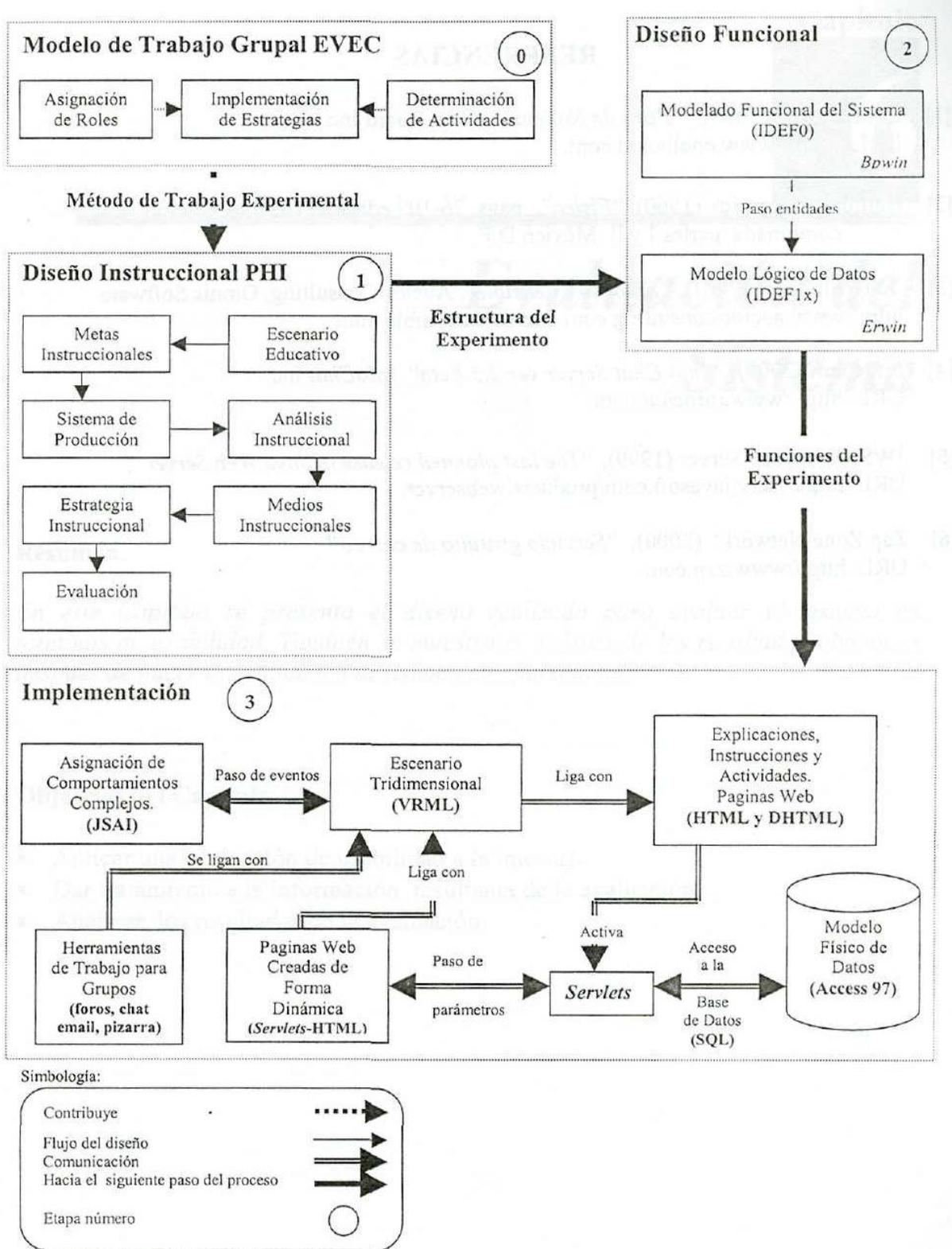


Figura 5.17 Extensibilidad: Diseño de Nuevos Experimentos.

REFERENCIAS

- [1] Cool Board. (2000), "*Foro de Noticias* ", Cool Board Inc.
URL: <http://www.coolboard.com>.
- [2] Halliday & Resnick (1960), "*Física*", págs. 76-107 editorial CECSA edición combinada partes I y II México D.F.
- [3] Extensibilidad (2001), "*Entorno extensible*", Autor Consulting, Omnis Software
<http://www.auctor-consulting.com/Omnis/extensible.html>
- [4] InfoChat. (2000), "*Info Chat Server ver 2.5 Beta*", InfoChat Inc.
URL: <http://www.infochat.com>.
- [5] JWS, Java Web Server (1999), "*The last planned release of Java Web Server*",
URL: <http://jserv.javasoft.com/products/webserver>.
- [6] Zap Zone Network. (2000), "*Servicio gratuito de correo*"
URL: <http://www.zzn.com>.

Evaluación del Sistema

Resumen.

En éste Capítulo se presenta el diseño realizado para evaluar el sistema en términos de usabilidad. También se muestra el análisis de los resultados obtenidos después de hacer la evaluación al sistema computacional.

Objetivos del Capítulo

- Aplicar una evaluación de usabilidad a la interfaz.
- Dar tratamiento a la información resultante de la evaluación
- Analizar los resultados de la evaluación.

6.1 Evaluación del Sistema.

Desde el punto de vista de la Ingeniería de Software, la evaluación es un elemento crítico para la garantía de calidad del software y representa una revisión final de las especificaciones, del diseño y de la codificación. Una vez que se ha creado un prototipo de interfaz que funcione, debe evaluarse para determinar si satisface las necesidades del usuario. El espectro de evaluación puede ir desde una *ejecución de prueba* informal, en la que el usuario proporcione sus sensaciones, hasta un estudio diseñado formalmente que use métodos estadísticos para la evaluación de cuestionarios aplicados a una población de usuarios finales [4].

La evaluación de la interfaz se ha hecho utilizando la metodología para evaluación de interfaces multimedia de Jakob Nielsen [1], [2]. Aquí se desarrolla un concepto propio para medir y dar valor a las aplicaciones computarizadas. Dicho concepto es el grado de "usabilidad" que una aplicación alcanza.

Por definición, la palabra "usabilidad" puede ser confundida con "utilidad", mas este término sugiere un concepto más amplio. La usabilidad es la manera en que una aplicación integra cualidades que le hacen eficiente, apropiada y económica para los usuarios que la utilizan y para los equipos que las soportan. La utilidad, se refiere más bien, a la factibilidad de uso en alguna área específica. En la figura 6.1 se muestran los aspectos a considerar en la usabilidad.

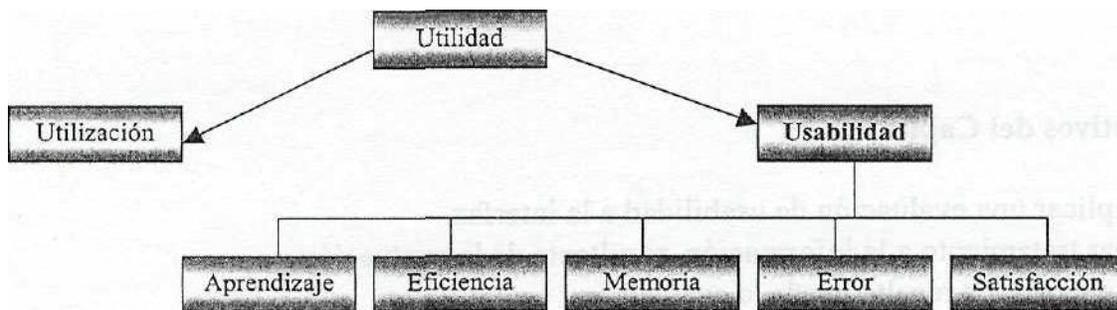


Figura 6.1 Usabilidad vs Utilidad

El método Nielsen no es exclusivamente un método para el desarrollo de aplicaciones multimedia, sino que introduce, además, el concepto de usabilidad que una aplicación puede poseer y establece una forma de encontrar el grado de usabilidad que un objeto aporta a un usuario, lo cual es, quizá, la aportación más relevante que este método propone en el ámbito de la Computación y no solamente de la Multimedia [2], [3].

Mediante una evaluación de usabilidad es posible conocer cualidades del sistema que muestran el alcance al que puede llegar al ser utilizado por usuarios específicos, para conseguir ciertas metas con eficiencia, efectividad y satisfacción en un contexto de uso concreto.

Según Nielsen, el número de evaluaciones puede variar entre 1 y 15. Nielsen muestra, en una gráfica el número de problemas de usabilidad detectados en contraste al número de evaluadores que participan (ver figura 6.2).

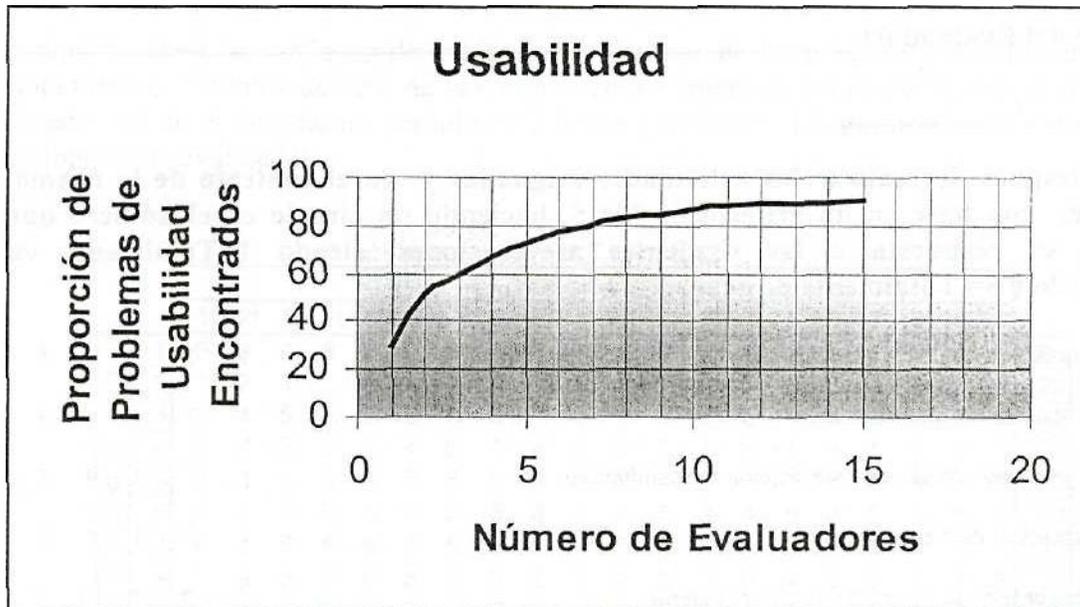


Figura 6.2 Gráfica que Muestra la Proporción de Problemas de Usabilidad Encontrados Mediante la Aplicación de una Evaluación.

Como se puede observar en la figura 6.2, el número ideal de evaluadores según el estudio de Nielsen, debe encontrarse entre 3 y no más de 15 o 20 participantes [2].

En el presente trabajo, se aplica este método [1], [3] para evaluar la interfaz en cuanto a su usabilidad, tomando en cuenta que debe reunir los siguientes atributos:

- La interfaz debe ser fácil de aprender.
- Debe ser eficiente como herramienta de enseñanza.
- Debe ser fácil de recordarla.
- Debe contener pocos errores.
- Debe ser satisfactoria y placentera.

Debido a que debe compilarse una opinión subjetiva, se ha utilizado la escala de Lickert [2]. Ésta se implementa con una calificación entre 1 y 5 de aseveraciones que se hacen respecto al sistema, siendo 1= Totalmente en desacuerdo y 5 Totalmente de acuerdo.

Para llevar a cabo la evaluación, se reunieron usuarios alumnos, expertos en el área de física y otros usuarios que participaron en el proceso de pruebas.

En la Tabla 6.1 se muestra el instrumento utilizado para evaluar el sistema computarizado.

Evaluación de la Usabilidad de Software

Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa

Nombre del Evaluador: _____

Fecha: ____/____/____.

Después de realizar las actividades asignadas y en el contexto de la misma, califique, con base en un criterio de 1 a 5, haciendo un círculo en el número que indique su respuesta a las siguientes aseveraciones, siendo 1=Totalmente en desacuerdo y 5= Totalmente de acuerdo.

1.- Fue muy fácil aprender a usar este sistema.	1	2	3	4	5
2.- Usar el sistema no fue frustrante.	1	2	3	4	5
3.- El tiempo invertido al usar este sistema fue productivo.	1	2	3	4	5
4.- Tuve errores al usar este sistema.	1	2	3	4	5
5.- Puede hacer todo lo que necesita con el sistema.	1	2	3	4	5
6.- Usar el sistema fue placentero.	1	2	3	4	5
7.- Es fácil identificar elementos comunes en todos los niveles del sistema.	1	2	3	4	5
8.- En todo momento hubo elementos que me indicaron en qué nivel del sistema me encontraba.	1	2	3	4	5
9.- Los diferentes elementos de la interfaz contienen información sencilla y concreta.	1	2	3	4	5
10.- Las imágenes se distinguen con claridad	1	2	3	4	5
11.- Me parece que el contenido está correctamente estructurado.	1	2	3	4	5
12.- La forma de navegación me resulta simple.	1	2	3	4	5
13.- La presentación de la interfaz me resulta atractiva.	1	2	3	4	5
14.- Me parece una forma entretenida de aprender.	1	2	3	4	5
15.- El sistema es rápido y eficiente.	1	2	3	4	5

Entregue este cuestionario al facilitador de la sesión de evaluación.

¡Gracias por su participación!

Tabla 6.1 Evaluación de Usabilidad.

6.2 Análisis de Resultados.

En la evaluación del sistema se aplicaron 20 cuestionarios de evaluación; los resultados que se obtuvieron se pueden ver en la tabla 6.2.

El grupo objetivo se conformo de profesores y alumnos de licenciatura y bachillerato, con conocimientos mínimos del uso de la computadora e Internet. Estos, evaluaron el sistema, haciendo uso de él durante un periodo de 2 horas y tuvieron 15 minutos para contestar el cuestionario de evaluación.

		Evaluaciones																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
P r e g u n t a s	1	5	3	4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	4	4	4	3	5	5	4	5	86	C a l i f i c a c i ó n
	2	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	2	3	1	2	1	2	1	1	28	
	3	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	3	5	4	4	5	5	5	5	92	
	4	2	5	2	5	2	4	5	4	4	2	2	2	1	3	1	4	1	5	3	2	55	
	5	4	3	4	5	5	5	5	5	2	3	3	4	3	3	2	3	5	4	4	5	77	
	6	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	3	4	5	2	5	5	5	5	90	
	7	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	5	5	4	4	89	
	8	5	5	5	5	5	5	3	5	2	3	2	2	3	4	4	3	5	4	4	5	79	
	9	5	4	4	5	5	5	5	5	2	5	5	4	3	4	4	3	5	5	5	5	88	
	10	5	4	5	5	5	3	4	5	3	5	5	5	3	5	5	4	5	3	3	5	87	
	11	4	3	5	5	5	5	5	5	4	4	3	4	3	4	3	3	4	4	5	5	83	
	12	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	4	2	4	4	4	5	85	
	13	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	95	
	14	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	97	
	15	5	3	4	5	5	5	4	5	1	1	1	1	3	4	4	2	5	4	1	4	97	
		64	53	63	69	68	67	66	70	53	55	52	55	48	62	53	46	65	65	58	66	898	
		Totales por evaluación																					

Figura 6.2 Tabla de Resultados de la Evaluación de Usabilidad de la Interfaz.

Interpretación de los Resultados.

Se decidió aplicar 20 evaluaciones, con el objeto de que cada aspecto fuese evaluado en una escala de 20 a 100. La escala de usabilidad se estableció de la siguiente manera, a fin de evaluar por separado cada aspecto.

- 20-36 = Catástrofe de usabilidad: Es imperativo resolver el problema antes de liberar la aplicación.
- 37-53 = Problema de usabilidad mayor: Es importante resolverlo con alta prioridad.
- 54-70 = Problema de usabilidad menor: Se debe resolver, pero con baja prioridad.
- 71-87 = Problema cosmético solamente: No es prioritario darle solución inmediata.
- 88-100 = No estoy de acuerdo en que esto sea un problema de usabilidad en lo absoluto.

A continuación, se analizan los resultados de cada uno de los aspectos evaluados.

1.- Fue muy fácil aprender a usar esta interfaz.

En este caso se obtuvieron 86 puntos de 100. Esto se debe a que la interfaz es nueva y en ocasiones el usuario no ha usado con anterioridad navegadores de realidad virtual; sin embargo, es un problema que puede resolverse con la práctica en poco tiempo.

2.- Usar el sistema no fue frustrante.

Aquí se obtuvieron 28 puntos. Esta situación se presenta debido principalmente a que el sistema se ejecuta con mucha lentitud, ya que por su naturaleza se requiere de una infraestructura tecnológica más robusta. Por lo que es recomendable considerar que será mejor hacer uso de un ancho de banda mayor y un equipo con más capacidad.

3.- El tiempo invertido en éste sistema fue productivo.

Para este aspecto se obtuvieron 92 puntos, y se considera que definitivamente no es un problema de usabilidad el que se está presentando. Cabe mencionar que algunas de las personas del grupo al que se aplicó este cuestionario de usabilidad perdían tiempo, tratando de navegar sin antes leer las instrucciones de uso, y es posible que esta puntuación pueda atribuirse a eso.

4.- Tuvo errores al usar éste sistema.

A pesar de que al usuario se le solicita repetidas veces, que antes de usar la interfaz lea las instrucciones, muchos de ellos no lo hacen, y es más posible que tengan errores cuando usen la interfaz. Sin embargo, existe la necesidad de incrementar o corregir de alguna manera la interfaz, para que el usuario siempre tenga información a la mano que le permita conocer el uso adecuado de la interfaz y que, de esta manera, se reduzcan los errores al navegar en la interfaz. En este caso la puntuación fue de 55.

5.- Puede hacer todo lo que necesita con el sistema.

Este aspecto, fue calificado con 77 puntos. Aunque no es prioritario darle solución inmediata, sí es motivo de reflexión. La puntuación se debe principalmente a que deben adicionarse más funcionalidades al sistema, lo que por el momento no es prioritario, pues ya está fuera de los alcances planeados de este trabajo.

6.- Usar el sistema fue placentero.

Esta puntuación de 90, indica que la mayoría de quienes evaluaron el sistema, están de acuerdo en que el entorno es agradable y hacer uso de él es placentero.

7.- Es fácil identificar elementos comunes en todos los niveles del sistema.

Los 89 puntos con que fue calificado este aspecto, indican que en el sistema es uno de los que más fue cuidado, para propiciar uniformidad y facilidad al navegar.

8.- En todo momento hubo elementos que me indicaron en qué nivel del sistema me encontraba.

Los 79 puntos obtenidos en este aspecto hacen ver que la interfaz tiene bastante documentación y está organizada adecuadamente para que el usuario no se pierda mientras navega; sin embargo, y debido a la naturaleza del navegador de realidad virtual, a veces requiere ubicarse en el entorno 3D. La mayor parte de las personas no están familiarizadas con el uso de este tipo de interfaces, así que es muy común que esto suceda.

9.- Los diferentes elementos de la interfaz contienen información sencilla y concreta.

La tendencia que aquí se presenta también es satisfactoria para la mayoría de los usuarios, y se cumple con uno de los objetivos primordiales del sistema. En este caso se obtuvieron 89 puntos.

10.- Las imágenes se distinguen con claridad.

Los 88 puntos obtenidos en éste aspecto refuerzan la aseveración de que la interfaz es agradable y balanceada. Sin embargo, debe considerarse que todavía puede ser mejorada.

11.- Me parece que el contenido está correctamente estructurado.

Existen algunos aspectos del contenido que también podrían mejorarse, aunque de hecho, los 83 puntos obtenidos nos indican que puede darse una solución inmediata a este problema.

12.- La forma de navegación me resulta simple.

La forma de navegación que aquí se propone es muy conocida por la mayoría de los usuarios y sólo resulta un poco complicada la navegación en la interfaz 3D, por las razones que se habían comentado antes, de ahí que la puntuación en este aspecto en particular sea de 83.

13.- La presentación de la interfaz me resulta atractiva.

La segunda mayor puntuación se registra en este aspecto (95 puntos) y es, según los comentarios de los usuarios, debido a que no es tan común y, además es sumamente atractiva.

14.- Me parece una forma entretenida de aprender.

La puntuación más alta se registra en este aspecto en particular, lo que da sustento a las aseveraciones antes descritas. Aquí se obtuvieron 97 puntos de 100.

15.- El sistema es rápido y eficiente.

Con una puntuación de 67, este aspecto es uno de los puntos clave a resolverse en lo que se refiere a la usabilidad, como ya se había mencionado, posiblemente utilizando un ancho de banda mayor y hardware con una tecnología superior.

La tendencia general puede observarse en el siguiente gráfico.

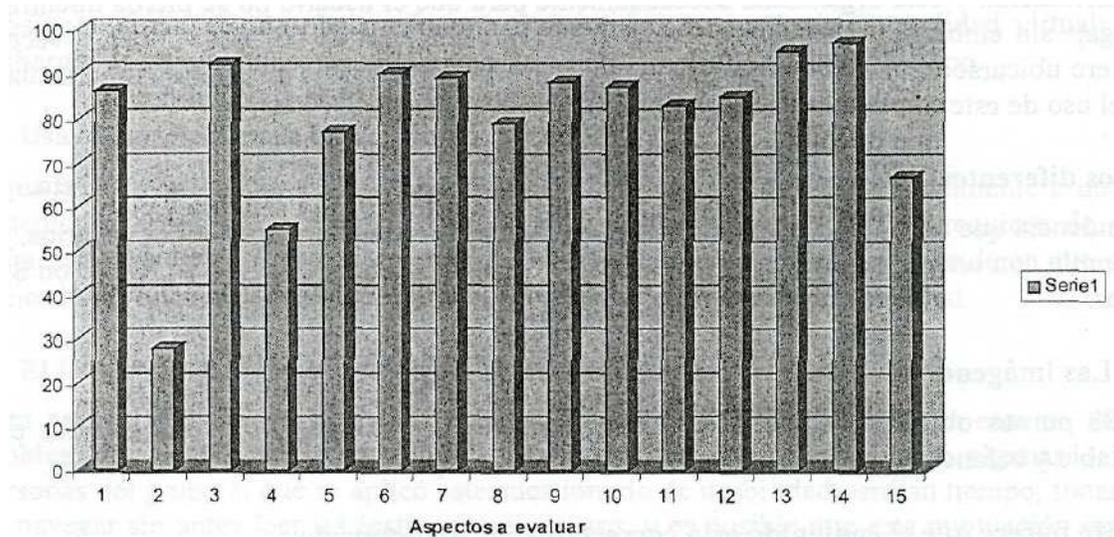
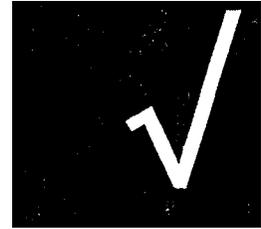


Figura 6.3 Gráfico de Tendencias en Aspectos de Usabilidad de EVEC

En general, se puede concluir que se presentan aspectos favorables que indican la factibilidad de uso del sistema para aprender eficientemente sin que el alumno detecte una gran cantidad de errores en el uso del sistema, ya que la mayoría lo considera atractivo y placentero según los resultados de la evaluación.

REFERENCIAS

- [1] Nielsen, J. (1996), "Top Ten Mistakes in Web Site Design ",
URL: http://useit/alertbox/J*akob.html.
- [2] Nielsen J., and Mack (1994), "*Usability Inspection Methods*", Jhon Wiley and Sons
- [3] Nielsen J. (1993), "*Usability Enginerring*", Academic Press



Conclusiones y Trabajo Futuro

El modelo de EVEC que se define en este trabajo incorpora al concepto de Laboratorio Virtual, el uso de escenarios tridimensionales y un diseño instruccional planificado, en el contexto de un modelo de trabajo grupal.

Con el concepto de EVEC es posible desarrollar experimentos interactivos para grupos de trabajo, en diversos campos del conocimiento. El sistema que se desarrolló en este trabajo, es una contribución al trabajo experimental a distancia utilizando Internet pero no sustituye el trabajo experimental realizado en un laboratorio, sino que es un apoyo al mismo.

El modelo de trabajo experimental cooperativo que se desarrolló para los EVEC, utiliza estrategias de trabajo en grupo, que se incorporaron en el diseño instruccional de los experimentos.

El sistema que se presenta constituye una plataforma que tiene la capacidad de extender sus funcionalidades a través de la integración de nuevas herramientas, módulos y sistemas heterogéneos, que pueden redimensionarse para resolver problemas en un ambiente cooperativo.

La operación de sistemas como el que se presenta en este trabajo requiere de un cambio cultural por parte del profesor y los alumnos, desde el punto de vista en que su actitud debe orientarse al autoaprendizaje, la iniciativa y la proactividad. Este cambio, incluye también el claro entendimiento en la utilización y el propósito de la tecnología.

La utilización de escenarios tridimensionales con comportamientos complejos, permiten desarrollar experimentos virtuales interactivos, cuya realización resulta difícil de implementar en un laboratorio. Además, este enfoque es útil para apoyar el proceso de enseñanza/aprendizaje, ya que permite la realización de experimentos a grupos numerosos de alumnos, lo cual requiere normalmente una logística compleja.

Se utilizaron los lenguajes VRML, Java, DHTML y las tecnologías de JSAI y *Servlets*, con las herramientas clásicas de comunicación de Internet, para desarrollar un ambiente virtual integrado orientado al trabajo experimental en grupo, lo cual no es común encontrar en los ambientes actualmente disponibles en Internet.

La asignación de comportamientos complejos a través de la técnica JSAI, a objetos 3D generados con VRML, es más sencilla y flexible que mediante programas en Java, pues permite trabajar por separado el *Script* y la escena VRML. Las herramientas de autoría son de gran utilidad para la representación de mundos virtuales tridimensionales estáticos; sin embargo, son de poca ayuda para la asignación de comportamientos complejos.

La utilización de páginas *Web* dinámicas, mediante *Servlets* y DHTML, permite presentar en forma más atractiva las interfaces gráficas de usuario.

Las herramientas para comunicación disponibles en Internet (*chat*, *e-mail*, foros y pizarra electrónica), permiten la implementación de las estrategias clásicas de trabajo grupal en su forma más básica. Esto significa que el moderador tiene que asumir muchas de las funciones que en un sistema especializado se realizan en forma automática, por ejemplo, la administración y evaluación del trabajo grupal. Es importante mencionar que la utilización adecuada de estas estrategias y herramientas, requiere que el profesor (moderador o facilitador) sea entrenado en su uso.

Aunque no se realizó un diseño experimental para evaluar la usabilidad computacional del sistema, los resultados obtenidos en el grupo piloto que se utilizó son prometedores.

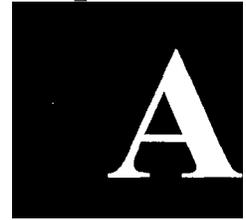
Trabajo Futuro.

El trabajo futuro, derivado de esta tesis, deberá estar encaminado a:

- Implementar la telepresencia, haciendo uso de avatars que convivan en el espacio virtual, propiciando la interacción distribuida en el trabajo experimental.
- Integrar al sistema el uso de tecnologías de videoconferencia, audio, vídeo comprimido y mensajería instantánea.
- Hacer uso de tecnologías como Java 31) con Interfaces Externas de Usuario (EAI) basadas en Applets de Java, para crear una forma más sencilla de explorar los mundos virtuales, diseñar escenas e integrar interfaces de usuario.
- Desarrollar un subsistema automatizado, mediante el cual, se administren las actividades individuales y grupales que los participantes lleven a cabo en el sistema.
- Desarrollar un sistema de evaluación que tome en cuenta la participación de los usuarios en el trabajo experimental cooperativo, haciendo uso de agentes inteligentes, los cuales ejecuten actividades como la asignación de tareas y la evaluación del trabajo individual y grupal, de forma automática.
- Desarrollar otros sistemas aplicados a laboratorios virtuales que permitan la manipulación, de forma remota, de instrumentos de medición, telescopios, robots, estaciones meteorológicas, *etcétera*.
- Utilizar y desarrollar herramientas especializadas para el trabajo cooperativo que pueden utilizarse en los EVEC.
- Utilizar el concepto de EVEC para desarrollar experimentos, para un curso completo en Física y en otras áreas del conocimiento.

Para el trabajo futuro debe tomarse en cuenta que una aplicación de esta naturaleza, requiere una infraestructura humana y tecnológica robusta. Primero, porque es necesario el trabajo conjunto de un grupo multidisciplinario, que ejecute labores específicas en los aspectos pedagógico, disciplinar, y de la informática y telecomunicaciones. Segundo, porque la tecnología utilizada en el desarrollo de este sistema requiere de un gran ancho de banda, como el que proporciona Internet 2.

Es recomendable que la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo se sume a los esfuerzos de universidades públicas y privadas, dependencias federales y sector privado que participan del proyecto de Internet 2, el cual ofrece un servicio de Internet orientado a la investigación y la educación, con un gran ancho de banda (622 Mbps).



Modelado de Realidad Virtual

Resumen.

Era este apéndice se citan, brevemente, los aspectos característicos de algunas de las tecnologías convergentes involucradas en el desarrollo de ambientes virtuales; también se presentan los conceptos generales de la tecnología de Realidad Virtual, comenzando por la historia y antecedentes, hasta sus aplicaciones. Además, se proporciona un panorama general del Modelado de Realidad Virtual a través del estándar VRML 97.

Objetivos del Apéndice.

- Presentar los aspectos más relevantes de la tecnología de gráficos por computadora y visualización científica.
- Dar a conocer los principales conceptos de Realidad Virtual.
- Explorar los conceptos más importantes relacionados con el modelado en Realidad Virtual.
- Presentar los elementos básicos del modelado de Realidad Virtual.
- Describir brevemente las características de algunas herramientas *authoring* de Realidad Virtual.

A.1 Gráficos por Computadora.

En general, el término *gráfico* se utiliza para referirse siempre a cualquier cosa que no sean caracteres de texto: desde líneas rectas, hasta dibujos en tres dimensiones formados por millones de pequeños puntos. Actualmente, los gráficos se pueden crear, almacenar, recuperar y manipular electrónicamente e introducirlos en la computadora.

Para hacer gráficos que transmitan conocimiento, deben utilizarse elementos de sintaxis, estilo o computación. Las presentaciones de imágenes y otras técnicas de visualización dan ese paso adelante y permiten un rango más amplio de versatilidad de la expresión y la interpretación.

La similitud entre la presentación de imágenes y los gráficos radica en que ambos son representaciones manuales, mentales o generadas por computadora, de la apariencia de algo. Los gráficos por computadora son representados como un entorno geométrico o lineal, mientras que la reproducción de imágenes es percibida como un entorno de píxeles [11], [22].

Las imágenes son creadas y manipuladas, normalmente, por sistemas más sofisticados que los que se necesitan para generar gráficos. Los entornos, modelos y documentos o imágenes reales son presentaciones relativamente realistas del entorno. Las aplicaciones comerciales para presentación de imágenes son los sistemas de vídeo, las cámaras y los discos ópticos.

Aunque más versátiles que los gráficos, las imágenes y los sistemas utilizados para generarlas, también tienen limitaciones. Para traducir y orientar las propiedades cualitativas de los datos e información, los investigadores han tenido que desarrollar técnicas nuevas y tecnologías más avanzadas de visualización.

A.1.1 Visualización Científica.

Utilizando VRML, los programadores pueden crear simulaciones interactivas de casi cualquier cosa: desde aplicaciones prácticas de apoyo a la investigación médica, como una caminata en el interior del corazón humano, hasta mundos futuristas y criaturas alienígenas.

Análogamente y en escala más modesta, los usuarios no especializados en programación, como los arquitectos y otros profesionales, pueden concebir y animar mundos virtuales apoyándose en editores y diversas herramientas de diseño gráfico, como CAD. Es importante destacar que en el caso de utilización de editores o facilidades de construcción interactiva de mundos, es posible obtener listados parciales de las actividades en curso, lo cual permite al usuario no especializado constatar los comandos y efectos de su interacción, así como su eventual corrección o experimentación, retroalimentando éstos al sistema de representación gráfica.

Muchos de los conceptos claves de la tecnología informática actual, tales como multimedia, visualización, representación tridimensional y realidad virtual, incorporan los aspectos más avanzados de los gráficos por computadora.

La visualización se está convirtiendo en una segunda naturaleza en la computación, pero también debe tomarse en cuenta que se trata del producto final de un largo proceso. La conversión de números en imágenes se realiza como un proceso integral y transparente de aplicaciones avanzadas.

Básicamente, la visualización es una amalgama sofisticada y una extensión de muchas técnicas de presentación utilizadas durante años. El proceso de visualización pretende presentar datos y conocimientos en un contexto intuitivo y comprensible. Sus técnicas son particularmente valiosas para presentar movimientos técnicos de grandes cantidades de datos complejos.

La visualización se lleva a cabo mediante máquinas muy potentes y rápidas, que son capaces de transferir datos rápidamente y de almacenar grandes cantidades de información. Se requieren máquinas que puedan trabajar con grandes cantidades (Gigabytes) de datos complejos. También se necesitan unidades de presentación que puedan convertir las señales en reproducciones elegantes que no sólo incluyan los datos, sino que también reflejen su significado e interpretación.

Esta visualización ayuda a los científicos a mejorar su percepción de los datos que describen nuestro mundo. El conocimiento extraído de dichos datos es procesado, interpretado y presentado muy rápidamente. Así, de un conocimiento de datos se pueden inventar y generar muchos tipos de visualizaciones. Cada uno de ellos representa una forma de ver significado en los datos. Algunos provocan más intuición que otros. En éste sentido, la tecnología nos ayuda a visualizar también conceptos.

Los sistemas actuales permiten simular diversos procesos, generando imágenes en distintos estados del mismo. Esto posibilita examinar los resultados en fases intermedias de la computación. También se puede invertir el proceso y ganar información, con la perspectiva que da el retroceder en el tiempo.

Aunque las técnicas de visualización son primordialmente usadas por físicos o químicos y en aplicaciones médicas que necesitan un análisis y una interpretación contrastada, también son frecuentemente reconocidas y utilizadas como instrumentos indispensables para la enseñanza y aprendizaje en los planes de estudio, promoviendo nuevas formas de representación de conceptos.

A diferencia de otros formatos empleados en animación, el VRML posee la capacidad de ser *Escalable*, tanto en la dimensión de los objetos que maneja, como en su resolución. Además, debido a que los ficheros de VRML están escritos en formato ASCII, ellos pueden comprimirlos, lo cual reduce el tiempo de transmisión dentro de Internet.

A.2 Realidad Virtual.

Transformar datos en objetivos visualizables que puedan ser manipulados, se llama *Realización*, y nos referimos a los objetos como objetos "virtuales". La realización también se denomina *virtualización* [28]. Ambos términos se refieren a un mundo formado por dichos objetos; en otras palabras, el mundo virtual o el escenario o entorno virtual [18], [24].

La realización puede ser considerada como una entrega de imágenes que se encuentra en el escalafón más alto de la visualización. La visualización de la información, mediante estas técnicas, pretende confundir la línea divisoria entre la máquina y el usuario fuera de ella. La realidad virtual (realización) intenta eliminar esta barrera, introduciendo al usuario en un papel activo y participativo en un mundo creado por la computadora. Incorpora la forma que debería tener el mundo real, representándola en términos de fronteras, superficies, transparencias, colores y otras características gráficas de imagen y geometría [19].

La mayoría de las definiciones existentes concuerdan en que la realidad virtual se da a través de un espacio tridimensional sintético creado por la computadora, el cual permite la interacción con el usuario, a distintos niveles de inmersión dentro del mismo. A continuación se presentan diversas definiciones de este concepto.

La realidad virtual es un entorno de 3 dimensiones sintetizado por computadora, en el cual varios participantes se acoplan de forma adecuada para atraer y manipular elementos físicos simulados en el entorno virtual el que de alguna manera, está relacionado con las representaciones de otras personas pasadas, presentes o ficticias o con criaturas inventadas, permitiendo asignar a personas u objetos virtuales atributos lógicos como peso, gravedad y movilidad [29].

Otros autores consideran que la realidad virtual es la experiencia de telepresencia, entendiéndose como la sensación de presencia utilizando un medio de comunicación [34].

La realidad virtual también se describe como un modelo matemático de un "espacio tridimensional", el cual contiene objetos que pueden representar desde una simple entidad geométrica, por ejemplo un cubo o una esfera, hasta una forma sumamente compleja, como puede ser un desarrollo arquitectónico, un nuevo estado físico de la materia o el modelo de una estructura de DNA (Ácido Desoxirribonucleico) [23], [18].

Para el caso particular de este trabajo, se entiende la Realidad Virtual como el desarrollo de entornos de tres dimensiones producidos por computadora, en los que varias personas interactúan con elementos físicos simulados en el entorno virtual, a través de técnicas de modelado interactivo, asignando a personas u objetos virtuales, atributos lógicos como peso, gravedad y movilidad.

Los elementos básicos de la Realidad Virtual son: la interacción, la percepción y, en algunos casos, la inmersión.

La *interacción* permite al usuario manipular el curso de acción dentro de una aplicación, para que el sistema responda a los estímulos de la persona que lo utiliza. Existen dos modos básicos de interacción en un mundo virtual: el primero de ellos es la *navegación*, funcionalidad que permite moverse independientemente en el mundo; el otro punto importante de la navegación es el *posicionamiento*, desde el punto de vista del usuario. El usuario se puede mirar a sí mismo (vista en tercera persona), o puede moverse a través de cualquier aplicación observando desde varios puntos de vista.

La *percepción* es otra de las características básicas de cualquier sistema de realidad virtual, la cual tiene que ver con la manipulación de los sentidos del usuario, principalmente la visión, para dar forma al espacio virtual; los componentes del mundo virtual se muestran al usuario en las tres dimensiones del mundo real, en el sentido del espacio que ocupan, y los sonidos tienen efectos estereofónicos (direccionalidad).

La palabra *inmersión* significa bloquear toda distracción y enfocarse selectivamente sólo en la información u operación sobre la cual se trabaja. Posee dos atributos importantes, el primero de ellos es su habilidad para enfocar la atención del usuario y, el segundo, es que convierte una base de datos en experiencias, estimulando de esta manera el sistema natural de aprendizaje humano (las experiencias personales). Esta propiedad no fue desarrollada en la tesis.

Las áreas de aplicación de la realidad virtual son muchas y pueden mencionarse, entre otras, las siguientes: educación [8], entrenamiento [5] [8] [26], diseño y pruebas [17], medicina [31], telepresencia (la realización de trabajos peligrosos a distancia o telereuniones), tratamiento psicológico y rehabilitación [17], [9], arquitectura [27], trabajo cooperativo [15], [7], [4], [1], [10], entretenimiento [24], [20], simulación [6] y visualización científica [25],[6].

Los entornos de Realidad Virtual extienden los horizontes del campo del aprendizaje, más allá de las fronteras de un aula. La educación a distancia se beneficia mucho de los entornos de inmersión, que pueden ser conectados por redes y compartidos entre muchas personas e instituciones.

Los sistemas basados en Realidad Virtual pueden ser preparados para facilitar la comprensión de los alumnos en altos niveles conceptuales y lograr responder, de una forma más cercana, a los procesos cognoscitivos de los seres humanos.

A.2.1 Breve Historia de la Realidad Virtual.

Los desarrollos tecnológicos que llevaron a la creación de la Realidad Virtual fueron bastante lentos, aunque han abarcado más de seis décadas y, en ciertos aspectos, fueron anteriores a la llegada de la computadora. El primer simulador de vuelo mecánico data de 1929, mientras que la simulación análoga a través de modelos a escala prosperó durante los años treinta con presas de agua, cuencas de ríos y túneles de aire [25], [28].

A finales de los años sesenta comenzó una etapa de intenso trabajo en torno a la Realidad Virtual. En esa época, en la Fuerza Aérea de los E.U.A., los pilotos vivían la experiencia simulada de encontrarse dentro de una aeronave y eran capaces de probar situaciones de vuelo específicas en cualquier punto del tiempo. Éste, y otros proyectos similares, de mostraron que la simulación por computadora y la visualización asociada podrían emplearse para crear escenarios útiles para el entrenamiento [8].

Se lograron resultados muy realistas empleando dispositivos estereoscópicos, así como sensores de movimiento y sonido tridimensional. Casi al mismo tiempo, en un proyecto patrocinado por la Marina de los Estados Unidos de América en el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), se desarrolló un mecanismo de posicionamiento por medio de guantes de datos y computadoras [10].

Las primeras aplicaciones de la Realidad Virtual ayudaron a desarrollar simuladores de flujo de combustible para el transbordador espacial Discovery, los cuales permitieron a los técnicos monitorear el empleo y el almacenamiento del combustible. Conocido como el Proyecto de Estación de Trabajo de Ambiente Virtual, este esfuerzo trató de combinar los flujos de información provenientes de diferentes fuentes, tales como el monitoreo de procesos en vivo y la entrada de estaciones de trabajo. Cuando la tecnología se integró, se pudo obtener un solo ambiente en el cual el usuario tenía control sobre varios mundos informativos, a través del uso de ventanas interactivas dinámicas [8], [25].

Con el continuo flujo de fondos para los proyectos de Realidad Virtual, se desarrollaron nuevos usos para las ventanas interactivas, presentadas dentro de un casco y activadas por medio de un guante.

Los avances en la última década incluyen grandes mejoras en tres campos, los cuales son particularmente críticos en la investigación independientemente de la Realidad Virtual, a nivel mundial:

- Dispositivos para la presentación en pantallas de cristal líquido (LCD), tubos de rayos catódicos (CRT) y pequeñas pantallas para mostrar imágenes.
- Sistemas generadores de imágenes (estaciones de trabajo de gráficos a alta velocidad y resolución para producir las imágenes).
- Sistemas de rastreo (para convertir información sobre la orientación y la posición en señales que pueden ser leídas por la computadora y reflejadas en imágenes).

Estas tres tecnologías convergieron y se pusieron al alcance en sistemas accesibles, especialmente en Internet, permitiendo a los investigadores transferir y aplicar esta tecnología en diversos campos (telerobótica, cirugía en telepresencia, química virtual, viajes a planetarios virtuales y diseño arquitectónico). [16], [24], [3], [14].

En la actualidad, muchas aplicaciones son demandadas, pero no son todavía posibles, debido a las limitaciones de rastreo y de la programación.

A.2.2 Lenguaje de Modelado de Realidad Virtual (*Virtual Reality Modeling Language, VRML*).

El concepto del VRML fue concebido en la primavera de 1994, en la primera Conferencia Anual *World Wide Web* realizada en Ginebra Suiza, en donde presentaron, para su discusión, las interfaces de Realidad Virtual en el *World Wide Web*. Varios participantes de esta conferencia escribieron algunos proyectos que ya se realizaban para construir herramientas de visualización gráfica tridimensional, que ínter operarán con el *Web*. Los asistentes estuvieron de acuerdo con la necesidad de crear un lenguaje para especificar escenas 3D e interfaces WWW. Entonces, se acuñó el término VRML (*Virtual Reality Markup Lenguaje*) y se integró un grupo para iniciar el trabajo de especificación al terminar la conferencia. Posteriormente, la palabra "*markup*" se cambió por "*modeling*", para reflejar la naturaleza gráfica del VRML [29].

Después de un periodo inicial de consolidación, se anunció la intención de tener preparada una versión preliminar de la especificación para la conferencia WWW, que habría de realizarse en otoño de 1994, sólo cinco meses después. Así comenzó la búsqueda de tecnologías que pudieran adaptarse para satisfacer las necesidades del VRML [24].

Dicha búsqueda dio como resultado varios candidatos viables. Después de deliberar mucho, se llegó a un consenso entre las tecnologías señaladas como viables: el formato para archivos ASCII para *Open Inventor* de la compañía *Silicon Graphics Inc (SGI)*, que soporta descripciones completas de escenas 3D con objetos, iluminación, materiales, propiedades de ambiente y efectos de realismo transmitidos de manera poligonal. Un subgrupo del formato *Inventor*, con extensiones para dar trabajo en red, conforma la base de VRML, con una entrada de datos diseñada a partir de la lista de correo. SGI ha divulgado que el formato para el VRML, con una entrada de datos diseñada a partir de la lista de correo, está disponible para usarse en el mercado abierto y ha hecho del dominio público un analizador sintáctico para dicho formato. De esta manera trata de promover, sin la ayuda de ninguna compañía, el desarrollo del visor VRML.

Conceptos Básicos de VRML.

El Lenguaje de Modelado de Realidad Virtual (VRML) está orientado a la descripción de simulaciones interactivas de multi-participación en mundos virtuales, conectados vía Internet y vinculados con la *Web*.

Esencialmente, VRML es un formato de descripción de escenas tridimensionales dotado de conectores (*plug-ins*) que suministran accesibilidad en redes multiusuarios. Se trata de un desarrollo en protocolos tridimensionales, tal y como el HTML representa un protocolo bidimensional.

Es, así mismo, un formato gráfico 3D de archivo abierto e independiente de plataformas, el cual codifica los gráficos generados por computadora, de forma tal que permite su fácil desplazamiento en el ámbito de la Internet [29], [24].

VRML fue diseñado, desde un comienzo, para ser visualizado en tiempo real en la *Web*. Ésta característica hace que las aplicaciones de VRML se diferencien de aquellas orientadas a modelado y animación tridimensional, que se apoyan en rutas y escenarios predefinidos, es decir, aplicaciones que nos llevan de paseo por una ruta rígida que no permite libertades de exploración ni cambios de dirección al usuario. Entre sus características más importantes, pueden mencionarse las siguientes:

- Es un lenguaje abierto y extensible, estandarizado para la industria, orientado a la descripción de escenas o mundos 3-D, que permite la autoría y visualización de mundos tridimensionales, distribuidos e interactivos, enriquecidos mediante la incorporación de texto, imágenes, animación, sonido, música e, incluso, vídeo.
- Todos los aspectos de representación, interacción e interconexión en la red pueden ser especificados utilizando VRML.
- Los mundos pueden visualizarse usando un navegador o *browser* VRML, el cual está conectado con el *browser web*.
- Constituye la primera definición estandarizada del espacio tridimensional en la Internet. Está regulado por la IETF (*Internet Engineering Task Force*) [30], [33] y hace uso de coordenadas matemáticas para crear objetos tridimensionales en el espacio.
- Ha sido diseñado para funcionar basado en *hiperconexiones* que permiten la comunicación entre mundos virtuales.

Los lenguajes de programación, como HTML (*Hyper-Text Markup Language*) y VRML, suministran a la computadora información acerca de cómo procesar información, en vez de procesar dicha información directamente. Estos programas necesitan de otros programas intermediarios que interpreten su código y le digan a la computadora lo que debe hacer. Estos programas, en especial los vinculados a la actividad en Internet, reciben el nombre genérico de *browsers* (ojeadores, visualizadores).

Debido a que *los browsers* de Internet leen HTML y no VRML, para este último se requiere de un *browser* especial el cual, trabajando directamente con el *browser* de la Web, permite al participante visualizar los mundos virtuales ya existentes. Actualmente, *los browsers* como el Internet Explorer y el Netscape Navigator en sus versiones 4.0 o superiores, vienen ya con *browsers* internos que se disparan automáticamente cuando se "navega" en un sitio VRML. Si no se tiene una versión actualizada o si se dispone del tipo de equipos que no son PC compatibles, es necesario recurrir al empleo de visualizadores independientes, los cuales pueden ser "bajados" (*downloaded*) de diversos sitios de Internet, o bien adquirirse comercialmente.

Fiel a su ancestro hipertextual HTML, el VRML es capaz de soportar las dos características que distinguen al HTML de otros protocolos en Internet: El *InLines* y las *Hypertext Anchors*. Por ejemplo, un mundo VRML puede contener una silla, la cual al ser activada puede transportar al usuario a otro mundo ubicado en otro sitio de la Internet. La silla, no necesariamente tiene que ser una parte del mismo conjunto geométrico al que pertenece el cuarto en el cual se halla ubicada. Al igual que en el HTML, en el cual un GIF que se encuentra incorporado a la página puede pertenecer a otro directorio ubicado en otro servidor, las piezas y partes que componen la Geometría de una habitación VRML pueden residir en servidores distintos.

El VRML tiene muchas otras similitudes con HTML. El archivo típico de VRML, el WRL (mnemónico de "world", mundo), está constituido por texto ASCII, legible por el usuario. De esta forma, un editor de textos puede constituirse en una herramienta para construcción de mundos virtuales. De modo inverso, también existen productos que permiten la creación de mundos VRML sin tener que editar un archivo VRML.

El elemento de programación básico del VRML se denomina *Nodo*. Un nodo equivale a una variedad de *objeto* y sus características están definidas por las *funciones* que tiene. Los Nodos se ordenan según estructuras jerárquicas denominadas *Grafos de Escena (scene graphs)*.

Para crear un mundo de realidad virtual se utiliza un archivo de texto, creado con un procesador cualquiera de textos, que se debe guardar con la extensión wrl. Este archivo constituye un documento VRML que será ejecutado por el visualizador, de manera completamente análoga a los documentos HTML, que son archivos de texto con la extensión html y que son ejecutados por los navegadores para visualizar las páginas del Web. También se pueden crear estos documentos utilizando ciertos programas editores de VRML, que los generan automáticamente, sin necesidad de saber programar en este lenguaje.

En términos generales, un documento VRML contiene una línea de cabecera, comentarios al código y *nodos*. Un *nodo* puede ser un *nodo* de grupo y tener cualquier cantidad de otros *nodos*. En este caso, el *nodo escena* comprende una estructura jerárquica que agrupa los *nodos componentes*, de acuerdo con un determinado orden.

Los objetos de mundos VRML pueden vincularse a documentos, otros objetos e, inclusive, conectarse a otros mundos 3D. Debe entenderse el término *objeto* en su acepción más amplia, tal y como se la utiliza en los lenguajes orientados a objetos. Desde éste punto de vista, un objeto es identificado por un conjunto de características, no necesariamente geométricas.

Los objetos empleados en VRML están basados en polígonos tridimensionales básicos. Aun cuando es usualmente una forma bidimensional, su ubicación relativa en un espacio tridimensional le confiere la connotación de un polígono tridimensional. Los programadores de formas pueden, posteriormente, cubrir las formas poligonales con texturas y patrones gráficos tales como piel, grama o rayados, y añadir fuentes de luz y sombras para proporcionar más realismo a las formas. En este sentido, el VRML 2.0 ha aportado un mayor realismo y sofisticación a las creaciones de Realidad Virtual.

A.3 Herramientas Authoring de Realidad Virtual.

Las herramientas de autoría abrevian el trabajo, que podría resultar muy complicado y largo, cuando se requiere generar código en algún lenguaje. La facilidad de generar código en un lenguaje las hace particularmente útiles en aplicaciones gráficas.

Existen diversas herramientas que permiten modelar gráficos y objetos en 3D, aunque no todas son capaces de generar código VRML. El siguiente grupo de herramientas de autoría tiene capacidades diversas que permiten el modelado de los objetos, y la exportación del código a VRML 2.0; sin embargo, no tienen la capacidad de manejar comportamientos complejos.

A continuación se presenta, las características más relevantes de algunas herramientas de autoría usadas en el presente trabajo.

A.3.1 Cosmo Worlds.

El Cosmo Worlds es una herramienta creada por *Silicon Graphics Inc.* como un ambiente para la creación de mundos virtuales. Soporta comportamiento simple, a través de una herramienta de *Key frames*, y comportamiento por paso de eventos, para las animaciones [13].

Es una de las mejores herramientas de autoría para la creación de escenarios virtuales, la cual proporciona una interfaz gráfica sumamente poderosa y amigable que contiene muchos controles para la manipulación, en forma gráfica, de las características de VRML 2.0. Tiene una herramienta que es un ambiente para la generación de *Scripts* en Java. Este ambiente genera parte del código interfaz necesario para comunicar Java con el escenario virtual en VRML.

Cosmo Worlds fue utilizado para la construcción de objetos 3D con comportamientos simples, los cuales, posteriormente, fueron exportados a VRML para insertarse en la escena.

A.3.2 3D Studio Max.

Ésta es una herramienta de autoría de *Kinetix Autodesk Inc.* que presenta un ambiente para la creación de escenarios virtuales, la cual cuenta con herramientas que se presentan en una interfaz gráfica que permite la manipulación de la mayoría de las características de VRML 2.0 (ver figura A.1), exceptuando el alambrado de eventos para animación. 3D Studio, en lugar de eso, soporta la asignación de comportamiento simple a través de *Key-Frames* [21]. 3D Studio Max puede exportar la escena a un archivo con formato VRML 2.0, pero no puede leer desde éste. Además, no es capaz de asignar comportamientos complejos.

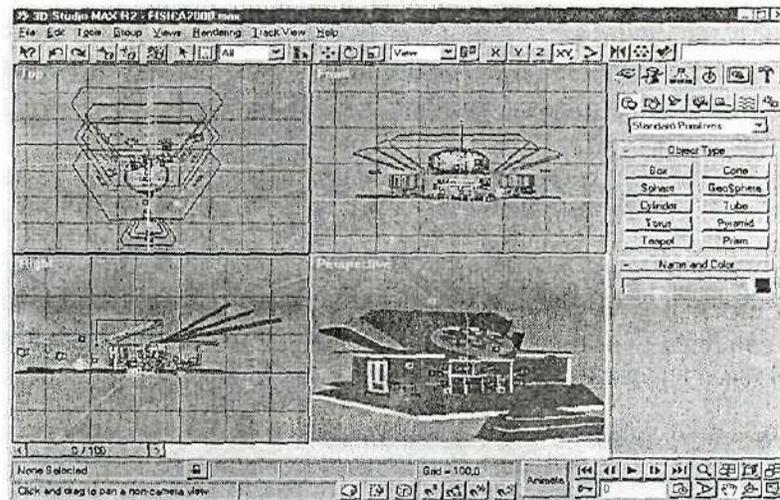


Figura A.1 Interfaz Principal de 3D Studio Max.

El 3D Studio Max fue utilizado para construir los objetos complejos que aparecen en el mundo virtual. Estos objetos posteriormente se exportaron a VRML 2.0, y para asignarle comportamiento complejo, el código resultante se editó y se le anexaron relojes, alambrado de eventos y sensores. En algunas ocasiones, resulta necesario, hacer uso de la herramienta, debido a que algunos objetos son sumamente complicados para programarse directamente en VRML.

A.3.3 Autocad.

Es un software para diseño arquitectónico, distribuido por *Autodesk Inc.* [2], que ofrece rapidez, precisión y facilidad de uso tiene la característica que puede exportar dibujos a 3D Studio Max. Este software se utiliza para desarrollar planos que pueden exportarse a 3D Studio Max, después insertarle atributos, animación, etcétera (ver figura A.2).

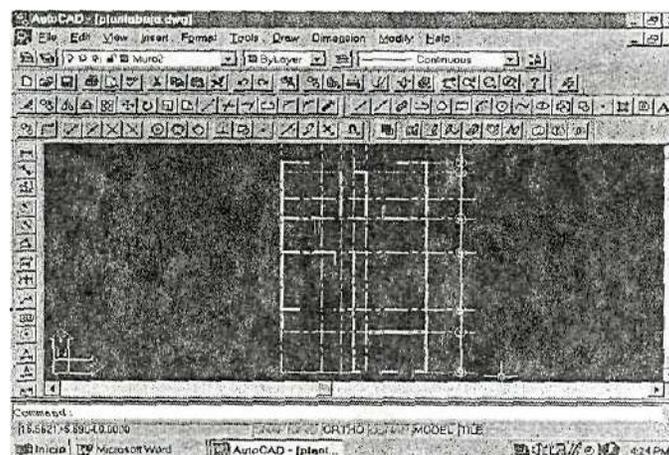


Fig. A.2 Interfaz Principal de AutoCad

Debido a que *AutoCad* permite exportar dibujos a *3D Studio Max* [3], resultó útil para exportar el plano del edificio del mundo virtual que representa al Laboratorio de Física. Una vez en el formato de *3D Studio Max*, se manipuló y se mejoró, convirtiéndolo en un gráfico en 3D, al que además se le incluyeron otros objetos para detallarlo.

A.3.4 RenderSoft.

El *RenderSoft* es una herramienta creada por *RenderSoft Software and Web Publishing*, que sirve para crear mundos virtuales (Ver Figura A.3). Esta herramienta es muy sencilla y rápida que crea escenarios virtuales y soporta comportamientos simples a través de *Key ? Frames* [32]. Es capaz de exportar la escena a VRML 2.0, pero no puede leer estos archivos, aunque sí los de VRML1.0.

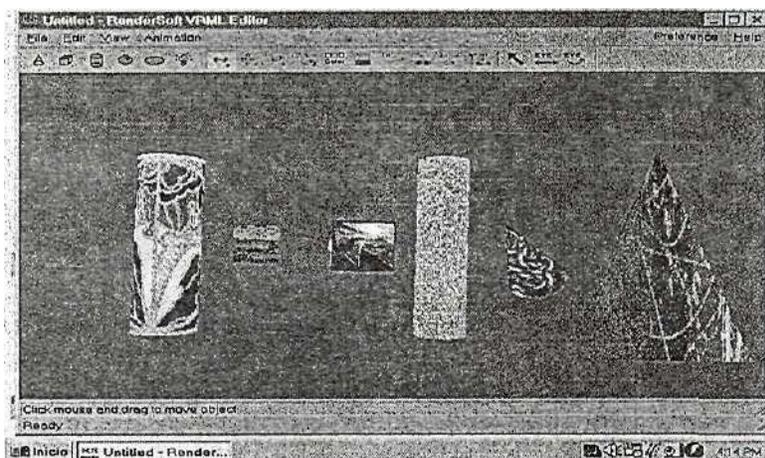


Fig. A.3 Interfaz Principal de RenderSoft.

Las imágenes muy complejas se diseñan en *AutoCad* o *3D Studio* y el código resultante se edita para asignarle el comportamiento complejo. *RenderSoft* asigna comportamientos muy limitados, pero es útil en ciertos casos en donde se requiere animación, o bien para facilitar la construcción de objetos que pueden integrarse a la escena ya con algún comportamiento en particular.

REFERENCIAS

- [1] Andresson, M. & Sahl, O. (1998), "DIVE. *Distributed Interactive Virtual Environments*", SICS, URL: <http://sics.se/dce/dive/onlineonline.html>.
- [2] Autodesk Co. (1999), "*Characteristics of Autocad. 14*", URL: <http://www3.autodesk.com/adsk/index/029855700.html>
- [3] Autodesk Co. (2000), "*Products and development*", URL: <http://www3.autodesk.com/prods/index2/020112.html>
- [4] Axling, T. (1998), "*Collaborative Configuration in Virtual Environments*", Virtual Reality: Research, Development and Applications, Springer, Slide Sets, 3 (1), 59-70.
- [5] Biaguer, F.L. & de Gennaro, S. (1996), "*VENUS.- A Virtual Reality Project at CERIV-ACM-SIGGRAPH- Computer Graphics FOCUS*", Virtual Reality, SIGGRAPH, Slide Sets, 30(4),40-43.
- [6] Brauer, V. (1996), "*Simulation Model Design in Physical Environments*", ACM-SIGGRAPH: Computer Graphics FOCUS: "Real" Virtual Reality SIGGRAPH, Slide Sets, 30(4), 55-56.
- [7] Broll, W. (1995), "*Extending VRML to Support Collaborative Virtual Environments*", German National Research Center for Information Technology, URL: <http://orgwis.gmd.de>.
- [8] Bowen, L. (1996), "*Aerospace Applications of Virtual Environment Technology*", ACM-SIGGRAPH: Computer Graphics FOCUS: 'Real' Virtual Reality SIGGRAPH, Slide Sets, 30(4), 33-35.
- [9] Browman, T. (1997), "*VR Meets Physical Therapy*", Communications of the ACM: Technologies in Health Care, 40 (8), 59-60.
- [10] Bryson, S. (1996), "*Virtual Reality in Scientific Visualization*" Communications of the ACM: Virtual Reality, Slide Sets, 39 (5), 62-71.
- [11] Clancey, W.J. (1987). "*Knowledge-based tutoring: The GUIDON program.*" Cambridge, MA: The MIT Press.
- [12] Churchill, F. & Snowdon, D. (1998), "*Collaborative Virtual Environments. - An Introductory Review of Issues and Systems.*", Virtual Reality: Research, Development and Applications, Springer, Slide Sets, 3 (1), 3-15.
- [13] Cosmo Worlds
URL: <http://www.sgi.com>

- [14] De la Guardia, L.; De la Guardia, G. (1997), "*La educación Hacia el siglo XXI*". Revista Soluciones Avanzadas, diciembre, págs. 50-60.
- [15] Ferrer, M. (1997), "*Diseño de interfaces avanzadas para robots teleoperados. Desarrollo de un entorno de teleoperación con características multimedia*", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- [16] Graphics, S. (1999). "*Cosmo Wolds 2.0 characteristics*",
URL: <http://www.cosmosoftware.com/software/index.html>
- [17] Groover, M.; Weiss, M.; Nagel , R. & Odrey, N. (1989), "*Robótica Industrial. Tecnología, programación y aplicaciones*", McGrawHill.
- [18] Hall, M. (1994), "*ISO/IEC14.772-1 Virtual Reality Modeling Language (VRML97)*" ,VRML Consortium Incorporated,
URL: <http://www.vrml.org/SpecificationsNRML97>.
- [19] Hartman, J.; Wernecke, J. (1996), "*The VRML 2.0 Handbook*", Addison Wesley.
- [20] Katz, W. (1996), "*Multiplayer Game Networking Consortium debuts Technology at SIGGRAPH* ",ACM-SIGGRAPH: Computer Graphics FOCUS: "Real" Virtual Reality SIGGRAPH, Slide Sets, 30(40), 57-35.
- [21] Kinetix, A. Inc. (1999), "*Characteristics of 3D Studio Max 2.0.*"
URL: <http://www.kinetix.com/>
- [22] Krueger, W.; Bohn, C.; Froehlich, H.; Schueth, H.; Strauss, W. & Wesche, G. (1995), "*The responsive workbench: "A virtual Work Environment"*". In IEEE Computer, Vol 28, No. 7, págs. 42-48.
- [23] Living Worlds. (1997), "*Concepts & Context*",
URL: http://www.livingworlds.com/draft-1/lw_ideas.htm_
- [24] Lovroft, N. (1992), "*Virtual reality Playhouse: Explore Artificial Worlds on your PC*", Waite Group Press, ISBN 1-878739-19-0.
- [25] Maher, S. & Cohen, J. (1996), "*Virtual Reality at NASA/Goddard Space Flight Center*", ACM-SIGGRAPH: Computer Graphics FOCUS: "Real" Virtual Reality SIGGRAPH, Slide Sets, 30(4), 49-50.
- [26] Meglan, D. (1996), "*Making Surgigal Simulation Real*", ACM-SIGGRAPH: Computer Graphics FOCUS: "Real " Virtual Reallity SIGGRAPH, Slide Sets, 30(4), 37-39.
- [27] Neil, M. (1996), "*Architectural Virtual Reality Applications*", ACM-SIGGRAPH: Computer Graphics FOCUS: "Real" Virtual Reality SIGGRAPH Slide Sets, 30(4),

53-54, Department of Computer Science, University of Manchester.

- [28] Pérez, G. (1997), *"La Realidad Virtual y sus aplicaciones"*, Página del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente, URL: <http://cecusac.gdl.iteso.mx/virtual/O19.html>.
- [29] Pesce, M. (1997), *"VRML Modelado y diseño "*, Editorial Prentice Hall.
- [30] Postel, J. (1996), *"Internet Official Protocol Standards"*, STD 1, USC/Information Sciences Institute, March.
- [31] Poston, T. & Serra, L. (1996), *"Destroux Virtual Work: A System for Visulizing and Manipulating Medical Images with Emphasis on Interaction Techniques"*, Communications of the ACM: Virtual Reality, Slide Sets, 39(5),37-45.
- [32] RenderSoft
URL: <http://www.rendersoftware.com>
- [33] Reynolds, J. and Postel, J. (1994) *"Assigned Numbers"*, STD 2, USC/Information Sciences Institute, October.
- [34] Trefftz, H.; Cardona, F.; Correa, C. D.; González, M. Á.; Restrepo, J.; Trefftz, C. (1998), *"Ambientes Virtuales Cooperativos aplicados a la Educación Superior"*, URL: <http://sigma.eafit.edu.co/-virtualc.html>.



Glosario de Términos

- 3D** Una visualización, medio de realización que da la apariencia de altura, anchura y profundidad.
- ATS** *Adaptable Tutorial System*, Sistemas Tutores Adaptables
- Algoritmo** Fórmula que consta de una secuencia de pasos para resolver un problema o hacer cálculos para que algo suceda, procedimiento computacional mecánico o recursivo.
- Ancho de Banda** El rango particular de frecuencias eléctricas (y, por tanto, los tipos de comunicación) que pueden ser manejadas por un dispositivo de comunicación.
- Aplicación** Un único conjunto de instrucciones de software diseñadas para resolver un problema o ejecutar una tarea particular. Las hojas de cálculo electrónicas o paquetes de procesamiento son aplicaciones. Los grupos de aplicaciones forman un sistema de información.
- API** *Application Program Interface*. Interfaz de Programas de Aplicación.
- Avatar** Representación gráfica de un usuario dentro de un ambiente virtual.
- Browser** Es un programa que sirve para buscar y visualizar información de la WWW. Los *browsers* de VRML son programas que interpretan el contenido de un programa en este lenguaje y muestran en pantalla el escenario virtual descrito por ese programa.
- BPWin** *Bussinnes Process for Windows*, *Procesos de Negocios para Windows*.
- CAD** Diseño Asistido por Computadora; utilizado en arquitectura y diseño de productos.
- CAVE** *Cave Automatic Virtual Environment*, Ambiente Virtual Automático de Caverna.
- Cliente** Es un programa de computadora que se conecta a otro programa (llamado servidor) para que se le brinde algún servicio. Los *browsers* de Web son ejemplos de ellos.
- CGI** *Common Gateway Interface*, Compueta de Interfaz Común.
- Comportamiento** Es el cambio de estado de algún objeto en un escenario virtual. El cambio de estado se refiere a las características del objeto, como su posición, tamaño, color, etc.
- Conocimiento** Entendimiento obtenido mediante la experiencia o estudio; la suma cognoscitiva e intelectual de lo que es percibido, descubierto o inferido.

- CSCW** *Computer Supported Collaborative Work*, Trabajo Colaborativo Asistido por la Coputadora.
- DHTML** *Dynamic HyperText Markup Language*, Lenguaje de Mercado de Hipertexto Dinámico.
- DEVRL** *Distributed Extensible Virtual Reality Laboratory*, Laboratorio Distribuido y Extensible de Realidad Virtual.
- Diseño Instruccional**, En su definición más sencilla, es un proceso sistemático, planificado y estructurado donde se produce una variedad de materiales educativos atemperados a las necesidades de los educandos, asegurándose así la calidad del aprendizaje.
- EAI** *External Authoring Interface*, Interfaz Externa de Autoría.
- ERWin** *Entity Relation For Windows*, Entidad Relación para Windows
- Escenario** Es un espacio en el que se colocan elementos virtuales, los cuales componen la escena virtual.
- Estación de trabajo** Minicomputadora de un solo usuario generalmente con una capacidad de gráficos de alta resolución, a una velocidad que puede poner en marcha las aplicaciones en forma independiente o conjuntamente con otras computadoras por medio de una red.
- Extensibilidad** Capacidad que tiene un sistema para extender sus funcionalidades, a través de la incorporación e integración de nuevas herramientas, módulos y sistemas heterogéneos.
- Hardware** Dispositivos físicos en cada parte del sistema y las conexiones de redes entre distintos lugares.
- Hipevínculo** Es una referencia a una página *web*, desde otra página. Los browsers de *Web* interpretan esta referencias y, cuando el usuario presiona el mouse sobre ellas, se carga la nueva página.
- HTML** *HyperText Markup Language*, Lenguaje de Mercado de Hipertexto.
- HTTP** *Hyper Text Transfer Protocol*. Protocolo de Transferencia de Hipertexto.
- ICAI** *Intelligent Computer Aided Instruction*
- Inteligencia artificial** Programas de computadora que intentan efectuar, eficientemente, computaciones enfocadas a ciertas tareas (por ejemplo, memorizar listas) o simular aspectos cognoscitivos del comportamiento humano (por ejemplo, seleccionar las listas que hay que memorizar); también es, un intento de representar, procesar o transferir los conocimientos.
- Interfaz** Cualquier elemento que utilice una parte del equipo o una opción del menú para conectar al usuario con un programa; cualquier elemento que se utilice para conectar una computadora con un dispositivo interno (generalmente es una tarjeta insertada en la unidad de computación) como una impresora, un módem o una tarjeta de red.
- IR C** Internet Relay Chat
- ITS** *Intelligent Tutoring Systems*, Ssistemas Tutoriales Inteligentes.
- JSAI** *JavaScript Authoring Interface*, Interfaz de Autoria de JavaScript
- Latencia** Espacio entre el movimiento del usuario y la respuesta del sistema; lapso de tiempo, a veces medido en franjas; retraso entre el cambio real de posición y su reflejo en el programa; similar a tiempo de retardo en la respuesta.

- KBTS** *Knowledge Based Tutorial System, Sistemas Tutores basados en Conocimiento.*
- LDC** Pantalla de Cristal Líquido. Un tipo de pantalla utilizado en calculadoras y relojes digitales. Se aplica un campo eléctrico a una superficie de moléculas de cristal líquido, causando que actúen como filtros de polarización de luz; considerada un avance sobre los CRT's, aunque ambos pueden ser reemplazados por las pantallas de matriz activa que requieren poca potencia, pero son todavía muy costosas y difíciles de fabricar.
- Megabytes. (Mb ó Meg).** Aproximadamente un millón de bytes; de forma precisa, 1024 Kilobytes o 104 576 Bytes
- MIME** *Multipurpose Internet Mail Extensions, Externsiones de Correo para Internet Multipropósito.*
- Modelos de Diseño Instruccional** Los modelos instruccionales son guías o estrategias que los instructores utilizan en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Constituyen el armazón procesal sobre el cual se produce la instrucción de forma sistemática y fundamentado en teorías del aprendizaje. Incorporan los elementos fundamentales del proceso de Diseño Instruccional, que incluye el análisis de los participantes, la ratificación de metas y objetivos, el diseño e implantación
- MUD** *Multi User Dungeons, Calábozoz Multi Usuario*
- Multihilos** Un hilo es un flujo de ejecución dentro de un programa o proceso. Si un proceso puede tener varios flujos de ejecución, se dice que tiene múltiples hilos o multihilos.
- Multimedia** Combinación de textos, imágenes, videos, movimiento y sonidos; requieren amplio ancho de banda y potencia computacional.
- Orientado al** Agrupado conceptualmente en unidades autónomas, cualquier aspecto inteligible que pueda entenderse o conceptualizarse por la gente
- Parámetros** Factores de medidas o límites determinados.
- Plug-in** Es un programa que se conecta a un programa anfitrión para extender la funcionalidad de este último. El programa huésped tiene ciertas capacidades que el anfitrión no tiene. Cosmo Player es un *plug-in*, que permite a *browsers* de *web*, como el Explorer, presentar al usuario escenas VRML.
- Procedimiento** Actividad definida o secuencia de ejecuciones que indican cómo se hace algo, y no lo que se hace.
- Proceso** Actividad definida o secuencia de ejecuciones relativas a lo que se está haciendo y no cómo se hace; la ejecución repetida de tareas lógicas identificada en términos de (E/S).
- Realización** Actualización de una imagen en un entorno virtual; convertir datos en objetos visualizables; virtualización.
- Realidad virtual** También denominada realidad artificial, modelo digital de un entorno, es un término creado por Jaron Lanier, Los "Mundos Virtuales" fueron predichos por Ivan Sutherland en los años sesenta; la convergencia y la visualización que intenta eliminar la separación entre el usuario y la máquina.
- SADT** *Structured Analisis and Design Technique.* Técnica del Análisis y Diseño Estructurado.

- Script** Es un subprograma que está incrustado dentro de otro. Por lo general está escrito en otro lenguaje de programación distinto al lenguaje en el que está incrustado.
- Servidor** Es un programa de computadora cuya labor es brindar servicios a otros programas que lo soliciten, llamados clientes. Los servicios que puede dar son variados, por ejemplo, imprimir o leer un archivo. Los programas servidores de *web*, como *Java Web Server*, son un ejemplo.
- Simulación** Un proceso o aparato para generar condiciones de ensayo que se aproximan a las condiciones reales u operacionales; por ejemplo, el uso de simuladores de vuelo para entrenar pilotos; un sistema de imitación o que se usa para simular algo distinto.
- Sistema experto** Programa computacional que se basa en conocimientos o razonamientos para emular las actuaciones de expertos humanos; contiene reglas codificadas (en una base de conocimientos o reglas) que reflejan conocimientos individuales o específicos de un campo y luego ejecutan "razonamientos", a través de un intérprete de reglas, para tomar una decisión, llegar a una conclusión o desistir.
- Sistema operativo** Conjunto básico de instrucciones de software que ponen en marcha una computadora (por ejemplo el DOS); software de supervisión que proporciona apoyo a los programas de aplicaciones y a las interfases usadas por el sistema.
- Software** Programas codificados que dicen a la computadora lo que debe hacer para realizar tareas específicas. Un conjunto de instrucciones lógicas detalladas para operar una computadora.
- Telepresencia** Término creado por Marvin Minsky; presencia "remota", medio que proporciona a la persona la sensación de estar físicamente en una escena remota creada por la computadora, una experiencia psicológica que ocurre cuando la tecnología de simulación funciona lo suficientemente bien como para convencer a los usuarios que están inmersos en mundos virtuales.
- Tiempo real** El momento justo en que algo sucede; para resolver problemas con la computadora, el tiempo entre la entrada de datos y la resolución, utilizado cuando la respuesta a una entrada es lo suficientemente rápida como para afectar las entradas posteriores.
- Virtualización** Proceso mediante el cual un humano interpreta una impresión sensorial como un objeto en un entorno distinto al entorno en el que el objeto existe físicamente.
- VRML** *Virtual Reality Modeling Language*. Lenguaje de Modelado de Realidad Virtual.
- WWW** *World Wide Web*. Es la colección de sitios *Web*, los cuales se comunican a través de Internet.
- XHTML** eXtensive HyperText Markup Language, Lenguaje de Marcado de Hipertexto Extensible.