

Desarrollo de habilidades cognitivas

Software
para estudiar el equilibrio
de los cuerpos rígidos

Nelson Antonio Castillo Alba
Investigador Principal

Teresa Arbeláez Cardona
Coinvestigadora

Universidad de San Buenaventura
Facultad de Ingeniería
Facultad de Educación
2008

155.7005 / C352da1

Desarrollo de habilidades cognitivas: software para estudiar el equilibrio de los cuerpos rígidos. - 1a ed.

Castillo Alba, Nelson Antonio (Autor)

Bogotá: Editorial Bonaventuriana, 2008

ISBN 9588422046

Habilidades cognitivas; Neurociencia Cognoscitiva; Software Educativo.

Desarrollo de habilidades de cognitivas: software para estudiar el equilibrio de los cuerpos rígidos.

© Nelson Castillo Alba

TAEPE

Facultad de Educación

Universidad de San Buenaventura

Colombia

© Editorial Bonaventuriana, 2008

Universidad de San Buenaventura

Calle 117 No. 11 A 62

PBX: 57 (1) 5200299

www.usbbog.edu.co

Bogotá – Colombia

Aviso Legal

El autor es responsable del contenido de la presente obra.

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro por cualquier medio, sin permiso escrito de la Editorial Bonaventuriana.

Derechos reservados de la Universidad de San Buenaventura.

ISBN: 978-958-8422-04-6

Tirada: 500 ejemplares

Depósito legal: se da cumplimiento a lo estipulado en la ley 44 de 1993, decreto 460 de 1995 y decreto 358 de 2000.

Impreso en Colombia - Printed in Colombia.

DEDICATORIA

A Marlén, mi esposa, quien se convirtió en mi inspiración y motivación para seguir creciendo cada día.

A Juan José, nuestro hijo, quien llegó con su llanto para interrumpir nuestros sueños, pero la alegría de tenerlo con nosotros, nos hará más agradable y placentera la vida.

A Antonio Edaín, mi padre, quien ha sido un amigo incondicional que me apoya continuamente en el desarrollo de mis proyectos.

AGRADECIMIENTOS

El investigador principal y autor expresa sus agradecimientos:

- A Dios por la salud y fortaleza que me brinda día a día y hace posible que alcance mis metas.
- Al estudiante de Ingeniería de Sistemas Juan Pablo Rodríguez Calvache, quien coadyuvó en la programación para la elaboración del Software Educativo.
- A los estudiantes de la Licenciatura en Educación Preescolar Irma Carolina Remolina Luna y Lorenleig Andrea Barón Corredor, quienes aportaron elementos valiosos en la construcción de los antecedentes.
- A los estudiantes de la Universidad de San Buenaventura que conformaron los grupos experimentales e hicieron posible la investigación.
- A la ingeniera Mónica Romero coordinadora de los laboratorios de informática y su equipos de auxiliares, quienes prestaron su colaboración para el desarrollo de la experimentación.
- Al profesor Álvaro Andrés Hamburger Fernández, editor general de la Editorial Bonaventuriana y su equipo de trabajo, especialmente a Susana Rodríguez Hernández y Luis Orlando Ferrucho Bran, por toda la colaboración para el logro de esta publicación.

Índice

	Pág.
PRESENTACIÓN	13
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO 1. Diseño Teórico	
Antecedentes.....	21
Conceptualización.....	40
Cognición	40
Habilidades cognitivas	40
Razonamiento deductivo	42
La neurociencia	47
Representación del conocimiento	50
Ontologías	51
Resolución de problemas	54
Didáctica de la física mecánica.....	56
Dominio del conocimiento	57
CAPÍTULO 2. Diseño Metodológico	
Pregunta de investigación	67
Hipótesis	67
Objetivos	68
Objetivo general	68
Objetivos específicos.....	68

Variables	68
Variable independiente	68
Variable dependiente.....	69
Diseño metodológico.....	69
Población.....	69
Grupos experimentales.....	69
Instrumentos	70
Análisis e interpretación de resultados.....	70

CAPÍTULO 3. Diseño Tecnológico

Modelo tecnológico	73
Modelo del dominio de conocimiento	73
Módulos del software educativo	77
Modelo del estudiante	78
Modelo pedagógico	78
Diseño del software educativo	80
Modelado UML.....	81
Diagrama de objetos.....	91
Diagrama de componentes.....	91
Diagrama de despliegue	92
Base de datos	92
Validación del software educativo	93
Validación de expertos.....	93
Validación de usuarios	94
El aplicativo web	94
Página de inicio del estudiante.....	95
Mapa de navegación.....	95
Hipertextos.....	97
Evaluación	98
Finalización de sesión.....	98
Página de inicio del profesor.....	98
Menú de informes	99
Resultados globales	100

Resultados detallados.....	100
Informe de Navegación.....	101
Limpiar registros	101

CAPÍTULO 4. Resultados, análisis y conclusiones

Análisis de resultados.....	105
Análisis de resultados del pretest	106
Análisis de resultados del posttest.....	107
Validación de hipótesis	111
Análisis de resultados de acuerdo con la teoría y los antecedentes	113
Perspectivas	114
Conclusiones.....	115

ANEXOS

Anexo A. Pretest: Prueba escrita.....	121
Anexo B. Pretest: Test de Raven de 15 láminas.....	125
Anexo C. Posttest: Prueba escrita	129
Anexo D. Posttest: Test de Raven de 39 láminas	133
Anexo E. Manual de instalación	137
Anexo F. Manual de usuario.....	153
Anexo G. La experimentación.....	161

LISTA DE TABLAS	167
------------------------------	------------

LISTA DE FIGURAS	168
-------------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA	171
---------------------------	------------

EL AUTOR	175
-----------------------	------------

PRESENTACIÓN

Este libro presenta los resultados de la investigación adelantada por los profesores Nelson Castillo y Teresa Arbeláez, miembros del Grupo de Investigación Pedagogía y Tecnología, quienes participaron en la convocatoria realizada por el Consejo de Investigación, período 2007-2008, con lo cual nos dejan un testimonio grato sobre la pertinencia y condiciones de posibilidad en esta etapa de nuestra Universidad.

Es indudable que el despliegue arrollador de las nuevas tecnologías ingresa no sólo a los hogares y a las empresas sino también a la educación. Por lo general, los países consumidores de tecnologías no construyen sus propios dispositivos ni se atreven a poner en duda la calidad o características de los mismos. La venta de *software* educativo crece geométricamente y los centros educativos, escenarios indicados para destapar las cajas negras, hacen parte de la lista de consumidores de estos dispositivos que ingresan a las aulas para sustituir otras viejas sin que una ni otra hayan sido destapadas por los estudiantes ni mucho menos por los profesores.

Por otra parte, muchos profesores que irrumpen en el escenario de la investigación tienen claro que el ejercicio de su acción formativa con los estudiantes debe ser el resultado de una práctica investigativa dentro o fuera del aula. Éste es el caso de los profesores Nelson y Teresa quienes con su libro del Desarrollo de habilidades cognitivas, *software* para estudiar el equilibrio de los cuerpos rígidos, muestran de manera ejemplar ante sus colegas y ante los estudiantes cómo se debe construir y validar el conocimiento.

La construcción de *software* educativo con estas características es un ejercicio que pone en juego conocimientos de informática, de física, de mecánica vectorial; es decir, con ello se da cuenta del dominio disciplinar o de

contenidos. No cabe duda de que este dominio es básico en la formación de ingenieros y que muchos ingenieros, en especial los de sistemas, tienen competencias para diseñar *software*; sin embargo, el asunto difícil es vincular a este saber el manejo didáctico en cuanto a variables como el razonamiento deductivo en unas condiciones de aprendizaje particulares. Se infiere entonces, que esta propuesta abre una ruta para comprender el conocimiento de los profesores o mejor para construir el conocimiento de los profesores y con ello el conocimiento de los estudiantes. Manejo interdisciplinar, conocimiento didáctico o pedagógico y comprensión práctica de la disciplina específica en la cual se desempeña el docente, parecen ser las competencias vitales de los docentes, en tanto que los estudiantes, además de lo disciplinar, que en el caso de la investigación se ejemplifica como mecánica vectorial, deben dar cuenta de la utilidad de aprender o de conocer sus habilidades cognitivas.

El estudio señala los escenarios de estudio implementados en el software: hipertexto con inferencias de sólo tercer nivel, inferencias de primer, segundo y tercer nivel en orden ascendente e inferencias de primer, segundo y tercer nivel en orden aleatorio.

Esta investigación de corte empírico trabajó tres aspectos: primero, el diseño teórico, que permite reconocer los antecedentes y la teoría; segundo, el diseño metodológico y tercero la experimentación con el uso de *software* educativo. La ruta de la investigación da cuenta de unos interrogantes ingenieriles y didácticos en el que participan los estudiantes y en los que, además de referentes de análisis, intervienen como agentes capaces de afectar el proceso y los resultados.

Mejorar el razonamiento deductivo pero, además de ello hacer conscientes a quienes estudian ingeniería, de que esta competencia es susceptible de crecer en complejidad es un espacio que abre esta investigación que, como toda buena investigación, conduce a la formulación de nuevas preguntas cada vez más calificadas y proclives a traspasar las fronteras del conocimiento.

Si bien es cierto que la investigación es de corte cuantitativo y que presenta evidencias empíricas también se da cierto interés en el análisis de contenidos y en la sistematización de la información que logra escapar de la positividad que suelen observar la mayoría de

trabajos de esta índole. Sin ser este el objetivo central, la investigación explícita el saber docente y la epistemología particular que lo acoge en tanto transita por el razonamiento deductivo, el razonamiento o pensamiento común, la forma como comprende y cómo se producen inferencias, niveles de complejidad y otros aspectos relacionados con el aprendizaje en general y con el aprendizaje de la física mecánica en particular, asuntos sobre los cuales recién empiezan a ocupar y preocupar a los profesores investigadores.

De acuerdo con las conclusiones obtenidas, se puede inferir que un ambiente computacional es una buena herramienta para el aprendizaje de los individuos, pero es de mayor impacto cuando con este ambiente computacional las personas desarrollan sus habilidades cognitivas.

Es bastante posible que los docentes colegas de ingeniería, una vez hayan leído y analizado este valioso texto comiencen a sistematizar sus experiencias didácticas para correr la frontera de su dominio disciplinar y para lograr con este cambio una trasposición didáctica en sí mismos y también en sus estudiantes.

Álvaro Andrés Hamburger Fernández
Editor general, Editorial Bonaventuriana,
U.S.B., Bogotá.

INTRODUCCIÓN

El auge del software educativo es notorio día a día; por ello no es extraño encontrar que los cursos presenciales incluyan la utilización de herramientas computacionales y que al mismo tiempo exista la tendencia a virtualizar algunos programas académicos. El potencial del software educativo está en la articulación de las nuevas tecnologías de información que permitan no sólo el despliegue de contenidos, sino el desarrollo de habilidades cognitivas.

La investigación busca determinar cuál es el escenario de estudio más apropiado para el desarrollo del razonamiento deductivo en estudiantes de ingeniería que resuelven problemas de equilibrio estático. Los escenarios de estudio implementados en el software son: hipertexto con inferencias de sólo tercer nivel, inferencias de primer, segundo y tercer nivel en orden ascendente e inferencias de primer, segundo y tercer nivel en orden aleatorio.

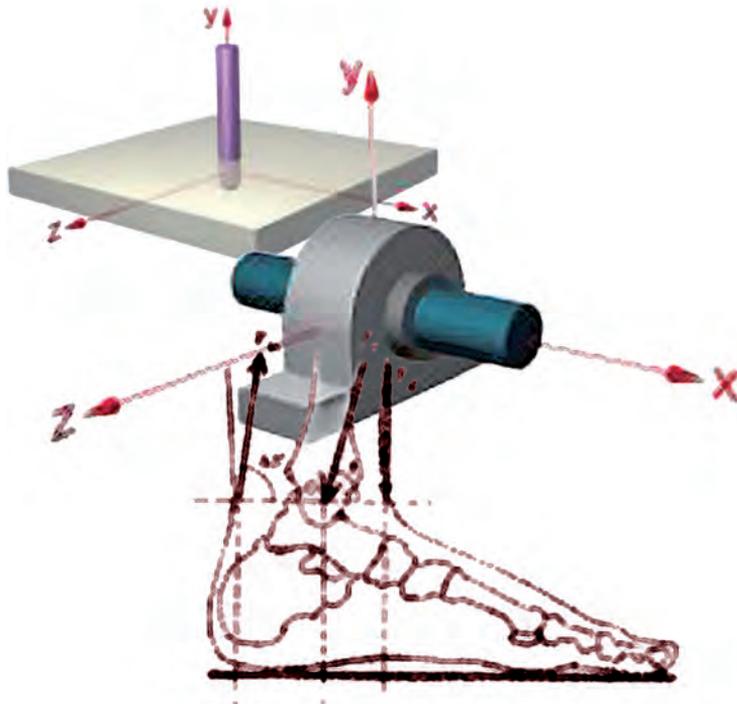
Para el desarrollo de la investigación se trabajaron tres aspectos fundamentales: el primero se refiere al diseño teórico, en el que se revisaron los antecedentes y la teoría, el segundo concierne al diseño metodológico y el tercero consistió en la experimentación con el uso del software educativo. En lo teórico se parte de una serie de antecedentes tomados de investigaciones hechas en la última década, las cuales se relacionan en primera instancia con razonamiento deductivo y razonamiento común, comprensión y producción de inferencias, niveles de complejidad, representaciones mentales; y en segunda instancia sobre los ambientes computacionales y el aprendizaje de la física mecánica. En la conceptualización se hace una revisión de las teorías que fundamentan el razonamiento deductivo como habilidad cognitiva y los errores más frecuentes que cometen los individuos; también se trata lo relativo a la representación del conocimiento, específicamente las ontologías, así como la resolución de problemas y la didáctica de la física mecánica y el dominio de conocimiento (el equilibrio de los cuerpos rígidos).

La metodología es de tipo cuantitativo, en esta investigación se trabajó con tres grupos experimentales, uno por cada escenario. La población estuvo conformada por estudiantes universitarios de segundo y tercer semestre de los programas de Ingeniería Aeronáutica e Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de San Buenaventura, quienes durante el segundo semestre de 2007 cursaron las asignaturas: Estática y Mecánica Vectorial. El diseño experimental requirió la aplicación de un pretest, la experimentación con el software educativo y la aplicación de un postest.

Los resultados de la investigación determinaron que el grupo A que utilizó un escenario de estudio con inferencias de tercer nivel únicamente fue el que presentó el desempeño más alto con una media de 85,41, por lo que se puede concluir que: *cuando un individuo es entrenado con inferencias de tercer nivel, debe construir varios modelos mentales para generar la conclusión, y si esto se hace durante todas las sesiones de trabajo, se logran desarrollar mejores habilidades de razonamiento deductivo que cuando se entrena con inferencias de tercer nivel en una sesión únicamente y en las otras sesiones se entrena con inferencias de segundo y primer nivel, las cuales requieren un menor esfuerzo cognitivo.*

CAPÍTULO 1

DISEÑO TEÓRICO



En el primer capítulo se presenta una síntesis de las investigaciones más relevantes realizadas en los últimos cinco años y que sirven de base para el planteamiento de la pregunta de investigación, enseguida se indican los conceptos teóricos que sustentan el proyecto y al final se hace una revisión teórica sobre el dominio de conocimiento del tema, *el equilibrio de los cuerpos rígidos*.

Antecedentes

A continuación se presenta la síntesis de las investigaciones realizadas en el periodo 2001-2006 que se consideran relevantes para el desarrollo de esta investigación.

Leighton, Jacqueline (2006). Profesora de la Universidad de Alberta investigó sobre la enseñanza de las habilidades de razonamiento deductivo y su determinación. Realizó dos estudios para determinar la eficacia del entrenamiento en la lógica simbólica para mejorar el razonamiento deductivo. El primer estudio se realizó en el invierno de 2001 con un grupo de 49 estudiantes (27 hombres y 22 mujeres con edad promedio de 21 a 34 años y una desviación estándar $SD = 1.92$) matriculados en el curso introductorio a la lógica simbólica del primer año de Filosofía. Se empleó como texto guía el libro *A concise introduction to logic* de Hurley P. J. (2002), del cual se seleccionaron los capítulos apropiados para enseñar las diferentes clases de razonamiento, así como otro material desarrollado por el docente.

Se enseñaron los silogismos categóricos y los silogismos condicionales, pues son las tareas más usadas en el razonamiento deductivo. Los estudiantes se asignaron aleatoriamente, a unos se les entregó un formato para seleccionar las respuestas, a otros se les entregó un formato para construir la res-

puesta. El formato de seleccionar la respuesta exige al estudiante reconocer y seleccionar la respuesta correcta; el formato de construir la respuesta requiere que el estudiante recuerde y construya la respuesta correcta. "Se asume normalmente que el reconocimiento será superior en memoria porque la tarea de reconocer y de seleccionar una respuesta de una lista de alternativas activa más fuentes de la memoria que la tarea de recordar y de construir una respuesta, pero éste no es siempre el caso (Anderson; Noice y Noice; Tulving y Thompson; Watkins y Tulving)"¹.

Cada estudiante resolvió un cuadernillo con 16 silogismos categóricos y 16 silogismos condicionales, antes del entrenamiento (ensayo 1) y después del entrenamiento (ensayo 2), el cuadernillo constaba de siete páginas, en la primera página se solicitó la información demográfica del estudiante, la segunda página proporcionó instrucciones estandarizadas para los silogismos categóricos, las páginas tres y cuatro contenían los silogismos; la página cinco proporcionó instrucciones estandarizadas para los silogismos condicionales, seguida por las páginas seis y siete que contenían los silogismos condicionales.

Los silogismos categóricos estaban conformados por silogismos determinados (se consideran fáciles de solucionar porque requieren la creación de una sola representación mental) e indeterminados de segundo y tercer nivel (se consideran difíciles de solucionar porque requieren la creación de dos o tres representaciones mentales). Los silogismos condicionales también se dividen en dos niveles de dificultad, los silogismos determinados del modelo uno (modo ponens) que son fáciles de solucionar porque requieren la creación una sola representación mental; los silogismos indeterminados del modelo dos (negación del antecedente y afirmación del consiguiente) que son difíciles de solucionar porque requieren la creación de por lo menos dos representaciones mentales y los silogismos del modelo tres (modo tollens) que son también difíciles de solucionar porque requieren de tres representaciones mentales. Los modelos dos y tres se consideran de igual grado de dificultad, pues los estudiantes que inician el esfuerzo cognitivo de generar dos representaciones tienden también a iniciar el esfuerzo cognitivo de generar tres representaciones. Inversamente, los estudiantes que no pueden

1 Leighton, Jacqueline. Teaching and assessing deductive reasoning skills. *The Journal of experimental education*, vol 74, 2006 p. 109-136. Alberta, Canada.

generar dos representaciones para solucionar un problema tampoco pueden generar tres representaciones.

El entrenamiento de 12 semanas dado a los estudiantes en lógica simbólica pretendía que los estudiantes mejoraran su desempeño en silogismos categóricos y silogismos condicionales difíciles, pues con los silogismos fáciles se determinó un buen desempeño aún sin el entrenamiento.

El análisis de silogismos determinados (fáciles) indicó dos efectos significativos:

- Un efecto principal significativo del tipo de silogismo, indicando un mejor desempeño en silogismos condicionales que en silogismos categóricos.
- Una interacción de tres vías entre formato, ensayo y tipo de silogismo, indicando que el efecto del formato no era constante a través de los dos ensayos del tiempo para los silogismos categóricos y condicionales.

El análisis de silogismos indeterminados (difíciles) indicó tres efectos significativos:

- Un efecto principal significativo del ensayo, indicando que el funcionamiento total de los estudiantes en silogismos difíciles era mejor después del entrenamiento que antes de entrenar.
- Una interacción de dos vías entre el formato y el tipo del silogismo, indicando que el formato de seleccionar la respuesta ayudó a mejorar el desempeño en silogismos categóricos difíciles, pero no para mejorar el desempeño en silogismos condicionales difíciles.
- Una interacción de dos vías entre el ensayo y el tipo del silogismo, indicando que el entrenamiento facilitó más el desempeño en silogismos categóricos difíciles que para silogismos condicionales difíciles.

Aunque los silogismos categóricos y condicionales difíciles pudieron requerir las representaciones múltiples para su solución, la naturaleza cualitativa de estas representaciones pudo ser diferente, sugiriendo las fuentes sutiles de la dificultad que necesitan ser exploradas para mejorar la instrucción.

El segundo estudio se realizó en el invierno de 2003 con un grupo de 75 estudiantes (39 hombres y 36 mujeres con edad promedio de 21.06 años y $SD = 2.166$) matriculados en el curso introductorio a la lógica simbólica del primer año de Filosofía. Se empleó como texto guía el libro *Understanding symbolic logic* de Klenck V. 4.^a ed., Prentice Hall (2001), del cual se seleccionaron los capítulos apropiados para enseñar las diferentes clases de razonamiento, así como otro material desarrollado por el docente.

La metodología fue similar a la empleada en el estudio 1, la variante surgió en la inclusión de una pregunta en la que, después de solucionar los silogismos, se les presentó un listado de alternativas sobre las posibles estrategias seguidas por los estudiantes, las alternativas fueron:

- a) Utilicé reglas o declaraciones para contestar a los pares de declaraciones.
- b) Utilicé cuadros o modelos para contestar a los pares de declaraciones.
- c) Conjeturaba mis respuestas a los pares de declaraciones.
- d) Utilicé una mezcla de reglas y de cuadros para contestar a los pares de declaraciones.
- e) No sé.
- f) Otro.

El objetivo de preguntar a los estudiantes acerca de su estrategia en responder a los silogismos categóricos y a los silogismos condicionales, era examinar si las estrategias de los estudiantes de Filosofía cambiaron después de que recibieran el entrenamiento en lógica simbólica.

Los resultados del estudio indicaron que los estudiantes de Filosofía no aumentaron la frecuencia del uso de la estrategia en silogismos categóricos del ensayo 1 al ensayo 2 (el 73% contra el 84%); sin embargo, había diferencias significativas en los tipos de estrategias usadas entre el ensayo 1 y el ensayo 2. Por ejemplo, había una disminución estadística significativa del uso de la regla (el 33% contra el 18%), y de un aumento significativo en el uso del modelo (el 7% contra el 24%). En silogismos categóricos no había cambio estadístico significativo en el uso mezclado de la estrategia (el 33% contra el 42%).

Para los silogismos condicionales, los estudiantes de Filosofía demostraron un aumento estadístico significativo en su frecuencia del uso de la estrate-

gia del ensayo 1 al ensayo 2 (el 70% contra el 88%), específicamente, había un aumento estadístico significativo en el uso de la regla (el 46% contra el 60%), pero ningún cambio en la estrategia mezclada (el 21% contra el 24%) o el uso del modelo (el 3% contra el 4%).

Los actuales resultados sugieren que el entrenamiento de los estudiantes en el dominio específico de la lógica simbólica mejoró su desempeño pero por cantidades modestas

Maldonado Granados, Luis Facundo et ál. (2004). Del grupo de investigación TECNICE de la Universidad Pedagógica Nacional desarrollaron la investigación titulada *Agentes de software generadores de preguntas y el desarrollo de la competencia cognitiva de hacer inferencias: La comprensión y la inferencia en diferentes niveles de profundidad en ambientes hipermediales*. El propósito general de la investigación consistió en establecer la relación entre el uso de un agente de software generador de preguntas durante la etapa de estudio de un hipertexto y el desarrollo de competencias cognitivas de comprensión y producción de inferencias a diferentes niveles en estudiantes de bachillerato. Hacer preguntas es la función de un agente artificial y se evalúa su efecto en el proceso de razonamiento de un agente natural.

La generación de preguntas sirve al agente natural para que identifique lo que necesita aprender. En esta lógica se desarrolla un agente artificial que formula preguntas sobre el dominio de conocimiento de la geografía considerando tres niveles jerárquicos de la ontología usada en la representación. Se compara el efecto producido en el desarrollo de la competencia cognitiva de hacer inferencias de sujetos que estudian un hipertexto diseñado con base en una estructura ontológica y otros que estudian el mismo hipertexto con el generador de preguntas que opera en cuatro configuraciones: generación de preguntas de primero, segundo o tercer nivel y configurable a voluntad del usuario.

Las preguntas de investigación fueron formuladas de la siguiente forma:

1. ¿Existen diferencias, en cuanto a puntajes obtenidos en un test que mide competencias cognitivas de comprensión y generación de inferencias, entre tres grupos de estudiantes: a. Uno que estudió un hipertexto con la ayuda de un agente que hace preguntas sólo de primer nivel de infe-

rencia; b. Otro que lo hizo con uno que sólo formula preguntas de segundo nivel; y c. Otro con uno que genera sólo preguntas de tercer nivel?

2. ¿Existen diferencias, en cuanto a puntajes obtenidos en un test que mide competencias cognitivas de comprensión y generación de inferencias, entre dos grupos de estudiantes: uno que utiliza como ambiente de estudio un hipermedio sin agente generador de preguntas y otro que utiliza el mismo hipermedio con un agente generador de preguntas que cada usuario configura para que formule preguntas de diferente nivel de profundidad de inferencia?
3. ¿Cuál es la correlación entre la frecuencia de preguntas respondidas por nivel y los resultados en el test de competencias clasificados por nivel de inferencia?

El ambiente de aprendizaje se probó con 130 estudiantes de noveno grado de educación básica. El contenido de este programa es parte del currículo regular en este grado. Los estudiantes se distribuyeron aleatoriamente en cinco grupos. El grupo A estudia el ambiente con preguntas de sólo primer nivel, el grupo B con preguntas de sólo segundo nivel, el grupo C con sólo preguntas de tercer nivel, el grupo D con porcentaje variable de preguntas de cada nivel, el grupo E tiene acceso sólo al hipertexto y estuvo en una sala diferente a los otros grupos. Las sesiones de estudio fueron simultáneas para todos los grupos y en el mismo colegio

Con los estudiantes se desarrollaron las siguientes sesiones:

- Primera sesión de estudio del software según las condiciones del grupo asignado.
- Presentación de evaluación al terminar la sesión.
- Presentación de una prueba de retención a los cuatro días.
- Segunda sesión de estudio, una vez presentada la prueba de retención.
- Presentación de prueba de evaluación cinco minutos después de terminar la segunda sesión de estudio.

El sistema registró el tiempo de las sesiones de estudio, el total de preguntas, el total de respuestas a preguntas en sesión de estudio, el total de respuestas correctas en la evaluación sumativa después de la se-

sión de estudio y el total de respuestas por nivel en cada una de las evaluaciones.

El grupo con solo hipertexto (E) tiene el más alto rendimiento y es significativamente diferente comparado con el grupo (B) que estudió con preguntas de 2.º nivel, las diferencias son menores con el grupo con preguntas de primer nivel (A) y menores con los que estudiaron preguntas de tercer nivel de inferencias (C). El grupo (D) que pudo programar la proporción de preguntas según el nivel tienen las diferencias más pequeñas frente al grupo de hipertexto (E).

Los resultados a los que se llegó con esta investigación permitieron a los investigadores afirmar:

Los resultados apoyan más el aprendizaje específico de los niveles de inferencia. Pero todavía no se puede destacar niveles de generalización que serían menores que el nivel de aprendizaje específico. Las investigaciones analizadas por Holland, Holyoak, Nisbett & Thagard (1986) muestran diferencias entre el entrenamiento abstracto y formal en los procesos de inferencia y el entrenamiento vinculado a experiencias o significados específicos. Los usuarios aprenden mejor las formalidades cuando están asociadas con contornos prácticos o donde el significado tiene valor importante. Se requiere profundizar en este tema, por cuanto la formación de la capacidad cognitiva de hacer inferencias es muy importante en la formación de la capacidad para comprender y construir conocimientos científicos².

Bohórquez, Héctor y Hernández, Ana Ismenia (2003). Profesores del departamento de Matemática de la Universidad del Zulia desarrollaron la investigación titulada *El razonamiento común: un obstáculo epistemológico en geometría*. El objetivo general fue: analizar si el razonamiento común constituye un obstáculo epistemológico en alumnos que participan en situaciones de enseñanza-aprendizaje en la cátedra de Geometría de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia.

2 Maldonado, L. et ál. La comprensión y la inferencia en el estudio de hipertextos con el apoyo de un agente generador de preguntas. Grupo Tecnice. En Memorias TISE 2004 (IX Taller Internacional de Software Educativo) p. 27, Santiago de Chile, 2004.

Un obstáculo, señala Brousseau (1997), se manifiesta por errores, pero errores que no son debidos al azar, sino que son reproducibles y persistentes. Además, los errores cometidos por el mismo sujeto están interconectados por una fuente común: una manera de conocer, una concepción característica, coherente si no correcta, un *conocimiento* antiguo que ha sido exitoso en todo un dominio de acciones. Estos errores no son necesariamente explicables. Ocurre que no desaparecen completamente de una sola vez; se resisten, persisten, luego reaparecen, se manifiestan mucho tiempo después de que el sujeto ha rechazado el modelo defectuoso de su sistema cognitivo consciente³.

Los obstáculos pueden ser de diverso origen, distinguiéndose según Brousseau (1997) principalmente los siguientes: ontogenético, didáctico y epistemológico.

- Los obstáculos de origen ontogenético se derivan de las limitaciones del alumno —neurofisiológicas, entre otras— asociadas con el momento de su desarrollo, en virtud de que cada uno genera conocimientos apropiados para sus habilidades y metas a una edad particular.
- Los obstáculos de origen didáctico son aquellos que se generan producto de una elección didáctica dentro de un proyecto o sistema educativo.
- Los obstáculos epistemológicos tienen su origen en los conceptos que se estudian y se encuentran presentes de forma generalizada en toda una comunidad.

La metodología empleada fue de tipo no experimental, pues no se manipuló ni controló variable alguna; transversal, pues las mediciones se hicieron en un semestre académico en particular; y descriptivo, pues se observó, midió, describió y analizó la variable estudiada. La población estuvo conformada por 979 alumnos de la cátedra de Geometría de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia, con edades comprendidas entre 17 y 25 años, de género masculino y femenino. La muestra fue de 31 alumnos.

3 Bohorquez, Héctor y Hernández de Rincón, Ana Ismenia. El razonamiento común: un obstáculo epistemológico en geometría. *Revista de Pedagogía*. enero. 2003, Vol. 24, N.º 69, p. 7-37. Venezuela.

Las técnicas de recolección de información fueron la observación indirecta y externa, y la entrevista semiestructurada individual. Se utilizó un cuestionario de 16 ítems y una hoja de registro para la entrevista. Se concluyó que se evidenció la presencia del obstáculo y su carácter epistemológico. Se recomendó identificar su origen y diseñar situaciones didácticas para su superación.

Maldonado Granados, Luis Facundo, et ál. (2005). Del grupo TECNICE desarrollaron la investigación titulada *La complejidad en la solución de problemas: niveles de complejidad en problemas de geometría dinámica*, la cual tuvo como objetivo general: determinar la incidencia de los niveles de complejidad en la etapa de entrenamiento sobre el aprendizaje en la solución de problemas de geometría dinámica, por ello comparan el aprendizaje alcanzado por tres grupos de estudiantes: el primero entrenado en la solución de problemas de geometría dinámica, incrementando el nivel de complejidad, el segundo entrenado disminuyendo dicho nivel y el tercer grupo que soluciona problemas seleccionando libremente el nivel de complejidad, aquí se toma la complejidad en términos del número de variables, las cuales se articulan entre sí para dar solución a una situación problemática planteada.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación planteada se diseñó un ambiente computacional que incluyó problemas de geometría dinámica de diferente nivel de dificultad en tres versiones:

- Problemas presentados por niveles de complejidad de menor a mayor.
- Problemas presentados por niveles de complejidad de mayor a menor.
- Problemas presentados con niveles de complejidad para ser seleccionados libremente por los estudiantes.

El escenario experimental se probó con 85 estudiantes de grado 6.º de educación básica del Instituto Educativo Distrital Rodrigo Lara Bonilla, los estudiantes se distribuyeron aleatoriamente en tres grupos, uno por cada versión del ambiente computacional.

Los estudiantes resolvieron 3 problemas en cada uno de los niveles de complejidad, requisito para pasar o seleccionar el siguiente nivel. Las sesiones de trabajo fueron simultáneas para todos los grupos y en el mismo colegio.

Los resultados mostraron que los estudiantes alcanzan niveles de aprendizaje similares independientemente del orden en cuanto al nivel de complejidad en que solucionan los problemas. Además el aprendizaje que parte de lo simple a lo complejo requiere menor esfuerzo en tiempo y trabajo a diferencia de aquel que parte de lo complejo a lo simple.

Covaleda, Rodrigo et ál. (2005). Profesores del Instituto de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia desarrollaron la investigación denominada *Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios*. El objetivo de la investigación fue caracterizar las representaciones mentales que utilizan los estudiantes universitarios del curso de Física I para dar significado a los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica y termodinámica. También establecieron el papel que desempeñan dichos conceptos en el proceso de aprendizaje de la física en el ambiente del aula de clase. Los estudiantes poseen una débil y muy ligera conceptualización de los conceptos: sistema y equilibrio; cobrando importancia el enunciado de Vergnaud⁴ sobre la existencia de elementos conceptuales precursores en el aprendizaje de nuevos conocimientos, ciertos conceptos o presupuestos más fundamentales que funcionarían como núcleos de esos modelos mentales.

El postulado aristotélico, el todo es más que la suma de sus partes, se constituye en una primera definición de sistema, refiriendo el sistema como el todo. "Algunos estudios se refieren directa o indirectamente al concepto de sistema, en especial cuando se trata el problema de los modelos y la modelación en Física, como el de Lemeignan, G. y Weil-Barais, A. (1994) quienes al investigar sobre los modos de representación del mundo físico de los estudiantes, consideran necesario cambiar dichos modos de presentación, a través de procesos de cambio, entre distintas representaciones que llegan a ser sistémicas"⁵.

4 Vergnaud, Gerard. *Teoría de los campos conceptuales*. Universidad Rene Descartes. Paris. 1993.

5 Covaleda, Rodrigo et ál. Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 4 N.º 1, 2005, p. 3.

Este proceso de investigación exploratorio se llevó a cabo en la Universidad de Antioquia, con estudiantes universitarios del curso introductorio de Física I, con una muestra de 60 estudiantes voluntarios de ingeniería y física, de tres grupos diferentes, que cursaban la última semana del curso de Física I y quienes dieron respuesta a un cuestionario a través del cual se intentó establecer el conocimiento que ellos tienen de los conceptos de sistema y equilibrio, y de cómo aplican estos, ante situaciones propuestas relativas a los mismos conceptos. Este cuestionario fue validado en su contenido por un colega experto en la temática del mismo y se conformó por ocho preguntas de naturaleza discursiva

Este trabajo de exploración conceptual, muestra una variedad de interpretaciones y significados que asignan a los conceptos de sistema y equilibrio los estudiantes universitarios del nivel de Física I y permiten establecer las siguientes conclusiones preliminares:

- El concepto de sistema es interpretado como un conjunto de una variedad de elementos, cosas, leyes, y situaciones, que lo hacen amorfo conceptualmente; sin embargo, hay que recoger el hecho de que los estudiantes reconocen la existencia de relaciones y aún más, de interacciones entre los elementos o cuerpos, aunque sea notable el hecho de no identificar plenamente los sistemas que interactúan, ni las interacciones, las variables de estado y los cambios de estado. Esto se convierte en un indicio muy notable de la debilidad conceptual del concepto de sistema.
- Con el concepto de equilibrio se observa un dominio más generalizado y apropiado ante las situaciones propuestas; sin embargo, hay que anotar el uso de variadas palabras como compensación, armonía, balance, permanencia y reposo que hacen pensar que de alguna manera el concepto de equilibrio que manejan está ligado a aprendizajes anteriores y a fuentes muy diversas.

En suma, pensamos que los estudiantes poseen una débil y muy ligera conceptualización de los dos conceptos de sistema y equilibrio, que de paso nos permite plantear un problema de aprendizaje, ¿es posible aprender nuevos conceptos científicos y ser exitoso en la solución de nuevos problemas, a partir de unos precursores para el aprendizaje de nuevos conocimientos muy pobres científicamente (Vergnaud, 1999) hablando, o

de núcleos de conocimiento generadores de modelos mentales igualmente incompletos?⁶.

Sánchez Soto, Iván R. (2001). Profesor de la Universidad del Bio-Bio de Chile desarrolló la investigación titulada *Validación de una metodología basada en actividades de aprendizaje con técnicas creativas para estudiantes universitarios*. El objetivo principal de este trabajo fue investigar sobre la efectividad y las implicaciones didácticas provenientes de la utilización de una metodología innovadora basada en técnicas creativas (TEC) de enseñanza-aprendizaje de la física y su influencia en el rendimiento académico, las estrategias y estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios.

La metodología innovadora aplicada se fundamenta en dos grandes teorías que son:

- La teoría de la neurociencia postula que el cerebro humano está formado por dos hemisferios cerebrales y que cada uno de ellos procesa en forma diferente la información. El hemisferio izquierdo es analítico, secuencial, lógico, razona con números, es cuantitativo, inductivo y verbal; en cambio el hemisferio derecho, es intuitivo, espacial, creativo, innovador, global, busca pautas y procesa información simultáneamente.
- La teoría de las inteligencias múltiples de Gardner sugiere la existencia de al menos siete formas de inteligencia y nuestra cultura da prioridad y ha medido la inteligencia sobre la base de las habilidades lingüísticas y lógico matemática; sin embargo, no considera la inteligencia espacial, musical, cinestésico corporal y dos formas de inteligencia personal (interpersonal e intrapersonal).

Las técnicas creativas como actividades de aprendizaje empleadas fueron:

- Torbellino de ideas (TI): el torbellino o lluvia de ideas es una técnica de actividad creativa para trabajar en grupos de una manera eficaz y participativa
- Analogía: es la capacidad para establecer conexiones entre dos cosas diferentes reconociendo que en cierto modo comparten un rasgo en común o ejemplifican un principio en común.

6 Covalada, Rodrigo et ál. Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 4, N.º 1, 2005, p. 24.

- Fantasía: es una habilidad de pensamiento visual placentera y motivadora. Es capaz de trascender limitaciones físicas a través de la mente, es extremadamente importante para la resolución de problemas.
- El Mandala y Uve de Gowin adaptada para la creatividad: son técnicas de pensamiento visual, consisten en una forma esquemática para obtener, procesar y representar información. Muchas ideas o conceptos se expresan y se comprenden mejor a través de estas técnicas creativas de enseñanza-aprendizaje.
- Narraciones: las narraciones sirven para crear y recrear experiencias de acuerdo con sus propias reacciones y creencias ante los obstáculos y las oportunidades que la situación ofrece.
- Preguntas creativas: las preguntas tienen como finalidad aprender cuestiones estimulantes, reflexivas o hipotéticas.

La hipótesis: "Los estudiantes del grupo experimental, al término de la aplicación de las TEC para la enseñanza de la física, obtendrán un rendimiento en la asignatura, significativamente mayor que los alumnos del grupo control"⁷.

La muestra empleada para poner a prueba la hipótesis la constituyen 4 cursos de física, distribuidos en dos cursos como grupo experimental y 2 como grupo control con un total aproximado de 140 estudiantes, a los cuales se les aplica las unidades programáticas, que corresponden al curso de Introducción a la Física.

Se empleó un diseño de investigación cuasi-experimental conformado por dos grupos, uno experimental y otro de control (sin asignación al azar de los sujetos) a los cuales se le aplica un pretest y postest de estrategias de aprendizaje para establecer la equivalencia entre los grupos.

Los resultados alcanzados permiten afirmar que los alumnos del grupo experimental mostraron cambios significativos en sus estrategias de aprendizaje pasando de un modo superficial y reiterativo de procesar la información a uno elaborativo y profundo, invirtiendo más tiempo pensando y menos tiempo repitiendo por lo que son más capaces para clasificar, comparar,

7 Sánchez S., Iván. Validación de una metodología basada en actividades de aprendizaje con técnicas creativas para estudiantes universitarios. *Journal of Science* 2001, 2, 2, p. 87.

contrastar, analizar y sintetizar la información de distintas fuentes, logrando un aprendizaje más significativo, alcanzando un nivel de comprensión y abstracción; lo cual se corrobora por la prueba de McNemar que establece un nivel de significancia en el procesamiento elaborativo de $p = 0.003$ y en el profundo de $p = 0,01$ que son significativos. En cambio los alumnos del grupo control no muestran un cambio significativo

Alejandro A., Carlos (2004). Profesor del departamento de Física de La Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba, implementó la utilización de material didáctico computarizado para el desarrollo de prácticas de laboratorio virtuales de física como resultado de las investigaciones que adelantó el Grupo de Investigación en Enseñanza de la Física, quienes determinaron que el bajo rendimiento académico de los estudiantes que descendió continuamente durante los últimos seis semestres era originado porque:

- Los laboratorios de práctica no estaban actualizados y acordes con los nuevos tiempos.
- Los estudiantes no tienen acceso a Internet en los primeros dos años de carrera.
- Ninguno de los sitios disponibles en la web reunieron los requisitos del currículo.

Una vez desarrollado el material didáctico se publica en la página web www.mfc.uclv.edu.cu/DVF/Laboratorio%20Virtual/Lab_Virtual.htm El laboratorio virtual contiene una página principal, allí aparecen los temas de física abordados, se brinda un rápido acceso a otros materiales en formato electrónico: teoría de errores, modelo del informe, breves orientaciones y textos de física general.

Se empezó la utilización en los cursos de física, lo cual permitió mejorar el rendimiento académico, pues el estudiante puede desarrollar las prácticas de laboratorio en el momento que se considere preparado (antes, durante, después o en vez de la unidad de instrucción) y las veces que sean necesarias.

Díaz Granados, Fernando (2006). De la Universidad del Norte desarrolló el proyecto de investigación titulado *Comprensión lectora de grupos con alto y bajo desempeño lector frente a diferentes tipos de hipertexto*, para el

que se planteó como hipótesis general: existen diferencias significativas en la comprensión lectora de alumnos con alto y bajo desempeño lector frente a distintos tipos de hipertextos.

Se elaboró el software en TOOLBOOK 5.0, el cual contiene los distintos hipertextos utilizados en la investigación. El software denominado *Sisthale* es una herramienta de investigación que permite interactuar de manera controlada con los hipertextos y lleva un registro de los patrones de navegación de los usuarios. Construye automáticamente una base de datos que el investigador puede imprimir o capturar con el programa Excel para los fines pertinentes. Los hipertextos además, podían ser completos o incompletos: los completos eran aquellos que al dar clic en cualquier palabra se accedía al significado de la misma y/o a una imagen que la representaba. Los textos incompletos eran aquellos que sólo dejaban acceder a los significados más no a la imagen.

Para evaluar el desempeño lector de los grupos antes de iniciar el proceso se utilizó la prueba de habilidades lectoras desarrollada por Henao (1996), la cual se validó con una amplia muestra de alumnos de primaria (más de dos mil) pertenecientes a colegios públicos y privados de la ciudad de Medellín (Colombia) en el marco de un estudio auspiciado por la Secretaría de Educación de la ciudad y el organismo rector de la actividad científica en el país, Colciencias. La prueba evalúa cinco dimensiones del proceso lector: reconocimiento de información, dominio léxico, manejo estructural, capacidad inferencial y capacidad crítica. Utiliza distintos tipos de preguntas (verdadero-falso, para completar, numeración de secuencias y abiertas) y tiene una puntuación de 61 puntos. Consta de 16 preguntas que se realizan sobre un texto narrativo que los estudiantes deben leer en un tiempo máximo de 45 minutos y que tienen a su disposición durante todo el tiempo de la prueba. Para evaluar la comprensión lectora, durante la investigación se construyó una versión abreviada de la prueba, adaptada a los contenidos de los diferentes textos pero evaluando las mismas dimensiones con la misma estructura de preguntas. La prueba abreviada tiene ocho preguntas y una puntuación total de 30 puntos.

La investigación se planteó desde el paradigma cuantitativo de carácter analítico, el cual orienta un proceso de investigación estructurado en tres niveles formalmente jerarquizados: nivel de expectativa teórica, nivel de diseño y nivel de análisis de datos.

Las conclusiones a las que llegó el profesor Díaz Granados fueron:

- Con relación a la ejecución de grupos de alto y bajo desempeño lector, aspecto central en la investigación, los resultados no se alejan de investigaciones realizadas sobre este tema. En efecto, las medias obtenidas por el grupo de alto desempeño son mejores. Además, el análisis de varianza utilizado para determinar si existían diferencias entre las distintas variables independientes indica que la mayor fuente de variación sobre la comprensión lectora se atribuye a la variable alto-bajo, también influye la variable fácil-difícil, pero no la variable completo-incompleto en la que no se presentan diferencias significativas.
- Analizada también la ejecución de los grupos de alto y bajo desempeño lector frente a cada tipo de hipertexto se encontró que hay diferencias significativas a favor del grupo de alto desempeño lector en todos los tipos de hipertextos utilizados, siendo mayores las diferencias en los textos difíciles. Estos hallazgos validan las características de los grupos escogidos para la investigación respecto a sus diferencias en el nivel de desempeño lector y también las características de los textos respecto a sus diferencias en el grado de dificultad.
- Con relación a las conductas de interacción con los hipertextos, en general se observó que en ambos grupos aumentó progresivamente el número de palabras e imágenes exploradas en la medida en que aumentaba la extensión y la dificultad de los textos. Pero el estadístico T de students aplicado para determinar si existían diferencias entre los grupos respecto al número de palabras e imágenes exploradas, arrojó que sólo se dieron diferencias en el número de palabras frente a los textos incompletos. Parece ser que los textos completos, donde había posibilidad de examinar tanto palabras como imágenes, estimulaban a ambos grupos por igual para explorarlas. Este mismo resultado se dio cuando se comparó el número de veces que los sujetos entraban a páginas distintas independientemente del número de palabras e imágenes exploradas, es decir, hubo diferencias moderadas entre los grupos frente a los textos incompletos y no frente a los completos.
- En hipertextos cerrados y poco extensos, como los que se utilizaron en la investigación, los esquemas de lectura lineal a la que están acostumbrados los estudiantes puede constituirse en una transferencia positiva

para comprender las ideas de los textos en formato hipertextual, pero como sugieren Conklin (1987) y Landow (1995), con la información en una estructura hipertextual más compleja –como a la que se enfrentan en Internet cotidianamente– requiere que el usuario rompa con una tradición de presentación lineal-secuencial de la información. Para Bartolomé (1996), el estudiante carece de destrezas de acceso no lineal, destrezas que van adquiriendo vía ensayo-error y que deberían ser desarrolladas a través de la intervención educativa.

- En un sentido más amplio, las posibilidades que se abren con la utilización de hipertextos permiten apartarse de supuestos convencionales de la escuela, por ello:
 - ◇ La utilización de los ambientes hipertextuales deben integrarse en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
 - ◇ Integrar su uso en los proyectos docentes supone ofrecer una respuesta a las exigencias de una nueva textualidad desde las instancias educativas.
 - ◇ El hipertexto didáctico constituye un reto importante para el docente y exige de él un nuevo rol en tanto que aporta, por su carácter integrador, los medios para un trabajo más interdisciplinario.
 - ◇ Para el estudiante, un ambiente hipertextual ofrece posibilidad de nuevos y múltiples encuentros, con uno y múltiples textos al tiempo que les permite desarrollar su capacidad representacional.
 - ◇ El lector de hipertextos será un lector fortalecido, en la medida en que cuente con la posibilidad de recorrer, siguiendo sus intereses, el texto que se le ofrece, y será un creador también, en cuanto sea capaz de modificar el resultado a través de múltiples recursos técnicos.

En esa perspectiva, los factores inherentes al uso de las TIC y del hipertexto en particular, son susceptibles de provocar cambios importantes y tal vez radicales en la enseñanza y de afectar los conceptos afines de materias, planes de estudio y sistemas de evaluación.

- Como cada día se incrementa la utilización de los hipertextos en la enseñanza es necesario diseñar lecciones para las diferentes clases de

aprendices y cada vez de menor edad. El diseño efectivo de lecciones de hipertexto brinda aspectos desconocidos aún en este campo: ¿qué tanta libertad deberán tener al navegar en estos ambientes?, ¿se le debería brindar a los aprendices con diferentes niveles de conocimiento lecciones de diferentes características?

Maldonado Granados, Luis Facundo et ál (2003). Del grupo de investigación TECNICE de la Universidad Pedagógica Nacional desarrollaron la investigación titulada *Agente Q para estructuración de sistemas conceptuales: validación en entornos hipertextuales y textuales*. Los objetivos del proyecto fueron:

- Diseñar un agente de software que maneje la estructura de metodología Q y pueda ser alimentado con una fuente de información en forma de hipertexto o texto electrónico genérico.
- Evaluar el efecto comparativo del uso de ambientes hipertextuales y con documentos impresos sobre el desarrollo de competencias cognitivas de comprensión de textos.

Las hipótesis formuladas fueron:

- Tomando como variable dependiente una prueba de competencias en comprensión de textos, se esperaba que los estudiantes que usan el agente Q, obtengan puntajes más altos.
- Comparadas las dos formas de uso del agente Q, se espera que los estudiantes que lo utilizan en el estudio de un hipertexto obtengan mejores resultados que quienes lo utilizan para estudiar un documento impreso.

Los resultados mostraron que sí hay diferencias significativas en la prueba de evaluación entre los estudiantes que usaron como ambiente de aprendizaje un hipertexto con agente Q y los que sólo usaron el hipertexto; estos resultados se pueden interpretar en términos de que el modelo mental de los estudiantes evolucionó hacia el modelo conceptual representado en el hipertexto por los expertos. El agente Q trabaja directamente sobre la estructura ontológica de representación y sobre las relaciones en esta estructura.

“Los hipertextos tienen algunas animaciones y grabaciones de voz que pudieron incidir en la mejor comprensión y recuerdo de la información. En un estudio reciente (Maldonado y Sequeda, 2002) se encuentra que los estudiantes que tienen acceso a hipertextos con animaciones recuerdan mejor la información que quienes sólo disponen de texto y gráficas o sólo texto”⁸.

Moreira R., Gustavo (2004). Del Ministerio de Educación de Chile presentó la ponencia titulada *Sistema de Aprendizaje Basado en el Web para Facilitar el Desarrollo del Pensamiento*, en la cual propone crear una web que permita facilitar el aprendizaje, desarrollar destrezas del pensamiento (de orden superior) tales como: comparar, clasificar, inferir, generalizar, evaluar, experimentar, analizar, que permiten la apropiación de información y conceptos. Además pretende que se logre el desarrollo de actitudes personales y valores de convivencia tales como: autocontrol, responsabilidad individual, autonomía de acción guiada por valores y principios éticos, métodos de trabajo, entre otros.

La propuesta consiste en utilizar un Editor de Recursos de Aprendizaje (ERA) que permita al docente elaborar situaciones de aprendizaje en formato digital bajo el método infuso (infusing learning), basado en el supuesto de que es más fácil lograr la transferencia de destrezas (habilidades) de pensamiento en los alumnos cuando estos aprenden en las propias asignaturas donde tendrán que utilizar los procesos.

El diseño y elaboración del material pedagógico responde a una estructura que se denomina “Situación de Aprendizaje” la que consta de un conjunto de componentes que activa el docente a voluntad, en un trabajo iterativo, en función de los objetivos a lograr: entendimiento, práctica y/o difusión de “hábitos mentales” de acuerdo a los siguientes pasos:

Paso 1. Escribir la introducción.

Paso 2. Diseñar la estructura organizativa.

Paso 3. Seleccionar las actividades de aprendizaje (Desarrollo del pensamiento).

8 Maldonado, Luis Facundo et ál. Agente Q para estructuración de sistemas conceptuales: validación en entornos hipertextuales y textuales. En: memorias del VIII Taller Internacional de Software Educativo TISE, 2003, Chile.

Paso 4. Agregar el organizador gráfico.

Paso 5. Agregar tareas y/o ejercicios.

Paso 6. Agregar mensaje con la presentación de los hábitos mentales.

La presente aplicación es una propuesta metodológica para la elaboración de una situación de aprendizaje por parte de los docentes de una manera dinámica y creativa, utilizando el modelo de las cinco dimensiones de aprendizaje de Robert Marzano (1992). Pretende ser una alternativa que permita al alumno entender los contenidos y ponerlos en práctica a través de estrategias de intervención que faciliten el desarrollo de destrezas del pensamiento⁹.

Conceptualización

Cognición

El término cognición proviene del latín *cognitio* que quiere decir *conocimiento alcanzado mediante el ejercicio de las facultades mentales*; lo que implica la existencia de un tipo de habilidad a la que se denomina facultad o capacidad mental, explicada como función o como estructura. La cognición esta íntimamente relacionada con conceptos tales como: mente, percepción, razonamiento, inteligencia, aprendizaje y muchos otros que describen numerosas capacidades de los seres humanos.

El estudio de los procesos cognitivos, que pueden ser naturales o artificiales, ha sido abordado desde diferentes perspectivas entre las que se encuentran: la neurología, la psicología, la filosofía y las ciencias de la información (la Inteligencia Artificial y la Gestión del Conocimiento).

Habilidades cognitivas

Las habilidades cognitivas son las operaciones mentales que el estudiante emplea para aprender en una situación dada. Cuando estas habilidades se

9 Moreira R., Gustavo. Sistema de Aprendizaje Basado en el Web para Facilitar el Desarrollo del Pensamiento. En: Memorias IX Taller Internacional de Software Educativo TISE, Chile, p. 29. 2004.

clasifican y generalizan se habla de capacidades, en cambio cuando se especifican, se habla de destrezas. En este mismo sentido las define Kirby¹⁰, para quien las habilidades son rutinas cognitivas que se utilizan para llevar a cabo tareas específicas para el manejo o uso de una cosa.

A partir de las variadas clasificaciones dadas por los autores estudiosos de la psicología cognitiva (De Vega, 1995; Case, 1985; Mayor y Pinillos, 1991; Stemberg, 1991), así como de los programas de aprender a aprender y de mejora de la inteligencia (De Bono, 1987; Feuerstein, 1980; Domínguez 1980) se establece la siguiente clasificación de habilidades cognitivas:

- ◇ Habilidades descriptivas: suponen, entre otros ejemplos, contar, resumir, enumerar, resaltar, describir, narrar, esquematizar, entre otras.
- ◇ Habilidades analíticas: suponen clasificar, relacionar, cotejar, agrupar, analizar, comparar, contraponer, generalizar, medir, entre otras.
- ◇ Habilidades críticas: suponen tareas como evaluar, enjuiciar, justificar, apreciar, criticar, elegir, matizar, discutir, discernir, entre otras.
- ◇ Habilidades creativas: supone, entre otras posibles tareas, transformar, inventar, aplicar, imaginar, diseñar, detectar problemas, cambiar, redefinir, encontrar analogías diferentes, producir ideas originales.
- ◇ Habilidades de razonamiento: consiste en seleccionar el tipo de razonamiento que la propia tarea exige al estudiante de entre los cuatro siguientes:
 - Deductivo: de lo general a lo particular.
 - Inductivo: de lo particular a lo general.
 - Hipotético-deductivo: señalar posibles estrategias o caminos, afirmaciones que hay que demostrar.
 - Resolución de problemas: buscar soluciones ante un problema dado.

10 Kirby, J. R. Style, strategy, and skill in reading. En: RR SSchreck (Ed.) *Learning strategies and learning styles*. New York: Plenum. 1988.

Razonamiento deductivo

El razonamiento deductivo es la capacidad de razonar de acuerdo con los principios de la lógica deductiva. La lógica deductiva se ocupa de la validez de los argumentos: un argumento deductivo es válido sólo cuando su conclusión se sigue de sus premisas – como consecuencia necesariamente lógica de ellas¹¹.

El razonamiento deductivo sólo se aplica a estados de cosas ideales o a estados de cosas reales concebidos como ideales, separándose un poco de la realidad.

El proceso es como sigue:

- Se forma en la imaginación una representación diagramática de los hechos, puede ser icónica o esquemática. Peirce Charles¹² indica que en personas ordinarias esta representación siempre es una imagen visual, o mezcla de visual y muscular. Si es visual, será geométrica, en la que las relaciones espaciales representan las relaciones sostenidas entre las premisas, o algebraica, donde las relaciones son expresadas por objetos que son imaginados como sujetos de ciertas reglas, ya sean convencionales o experimentales.
- El diagrama, que ha sido construido para representar intuitivamente o semi-intuitivamente las mismas relaciones que son expresadas abstractamente en las premisas, es después observado, y una hipótesis sugiere por sí misma que hay una cierta relación entre algunas de sus partes -o quizás esta hipótesis ha sido ya sugerida.
- Se hacen varios experimentos sobre el diagrama para probar esto. Como es parte de la hipótesis el que sólo una clase de condición muy limitada puede afectar al resultado, la experimentación puede hacerse muy rápido, y se ve que la conclusión es obligada a ser verdadera por las condiciones de la construcción del diagrama. Esto se llama *razonamiento diagramático o esquemático*.

11 Nickerson, Raymond et ál. *Enseñar a pensar. Aspectos de la aptitud intelectual*. Barcelona: Paidós, 1994, p. 136.

12 Peirce Charles, Reasoning. 1901. Traducción castellana de Sara Barrera. Disponible en www.unav.es/gep/Reasoning.html, consultado el 1 de agosto de 2006.

En el contexto del razonamiento deductivo se han propuesto dos explicaciones sobre cómo razonan los sujetos: las Teorías de Reglas Formales de Inferencia y la Teoría de Modelos Mentales.

Las Teorías de Reglas Formales, predicen que la dificultad de un razonamiento depende del número de reglas que es necesario activar para generar la conclusión y de la dificultad de dichas reglas.

Para la Teoría de Modelos Mentales, la dificultad en un razonamiento está modulada por el número de modelos mentales que el sujeto necesita elaborar para generar la conclusión.

Las investigaciones actuales consideran que el razonamiento humano tiene una naturaleza pragmática. Es decir, hay una serie de variables como son el contenido de los enunciados, su relación con el mundo empírico, el conocimiento que dicho contenido evoca en el sistema de creencias de los sujetos, el contexto, etc., que parecen modular la interpretación de las premisas y la inferencia generada. Estas variables pueden influir sobre el razonamiento facilitando o no la ejecución correcta.

- **Teorías de Reglas Formales de Inferencia:** los primeros modelos teóricos de razonamiento deductivo, se centraron en analizar el carácter racional o no racional del razonamiento humano. Las denominadas teorías racionalistas y no racionalistas, eran planteamientos teóricos que trataban de investigar si los sujetos razonaban o no de acuerdo con la lógica.

De acuerdo con Piaget, uno de los primeros en plantear las primeras teorías de reglas formales, los sujetos poseen una competencia lógica que se concreta en un conjunto de reglas innatas, análogas a las reglas prescritas por la lógica, que les permiten razonar de forma correcta. Posteriormente surgieron las teorías basadas en las lógicas naturales que tratan de dar una visión más plausible sobre los procesos de inferencia.

Las reglas que activan los sujetos para razonar reflejan el significado lingüístico concreto de cada una de las conectivas proposicionales: "sí", "y", "o", etc. Estas teorías explican el proceso de razonamiento a partir de tres fases:

1. Determinar la forma lógica de las premisas sobre las que se ha de razonar.

2. Acceder al repertorio mental de reglas de inferencia para activar la regla pertinente, con el fin de reducir la prueba de la conclusión.
3. Traducir dicha conclusión libre de contenido, al contenido concreto de las premisas sobre las que el sujeto razona.

En general, las teorías de las lógicas naturales consideran que los principales factores que determinan la complejidad del razonamiento son dos:

1. El número de reglas que es necesario activar para generar la conclusión.
 2. El tipo de reglas y estrategias implicadas en el proceso.
- **Los Modelos Mentales Lógicos:** son esquemas de memoria de trabajo temporal establecidos para realizar tareas inmediatas de razonamiento como son las inferencias de proposiciones. Esta teoría permite explicar la generación de inferencias deductivas sin necesidad de activar reglas formales de inferencia, sino mediante un procedimiento semántico de construcción y evaluación de modelos, desde el significado de las premisas.

En este sentido, el razonamiento humano está más preocupado con la verdad de las condiciones en el mundo (semántica) que en la forma lógica (sintaxis). El argumento es que las personas no razonan usando reglas abstractas, sino que construyen y combinan modelos mentales y generan inferencias consistentes con estos modelos. Los modelos están basados en las premisas dadas y en el conocimiento semántico general incluyendo el significado de cuantificadores y conectores (estas son palabras o conjuntos de palabras que sirven para indicar cantidad o para unir unas oraciones con otras o partes de las mismas).

Los modelos consisten en señales simbólicas que representan las propiedades de entidades y preservan las relaciones entre entidades. Estos modelos son esencialmente situaciones imaginadas que representan las condiciones verdaderas de las proposiciones, pero no se adoptan para asumir una forma particular (perceptual, proposicional, etc.); sino que lo que importa es la estructura de los modelos.

La teoría del modelo mental se originó para explicar el razonamiento silogístico, pero se ha extendido mucho. El proceso de razonamiento empieza

con la formación de modelos que representan situaciones basadas en las premisas.

- **Errores del razonamiento deductivo:** la validez del razonamiento deductivo atañe a la forma del argumento, no a su contenido; presumiblemente ese hecho está detrás de una serie de errores que comete la gente al tratar de razonar en forma deductiva. Los errores más frecuentes son:
 - ◇ Empleo de criterios inválidos
 - *Confusión entre verdad y validez:* cuando los sujetos entran en conflicto entre lo que creen y la lógica, se dejan llevar por sus creencias y no aplican la lógica adecuadamente.
 - *Confusión entre coherencia y validez:* cuando la conclusión es coherente con la información dada, pero no constituye una deducción válida de ella.
 - *Confusión entre las formas de argumentación deductivas e inductivas:* en algunos casos la afirmación del consecuente no parece deberse a la confusión entre inducción y deducción, sino a un intento desesperado de defender una hipótesis a cualquier precio.
 - *Confusión entre polaridad y validez:* es la tendencia a aceptar como válidas aquellas proposiciones que tienen antecedentes afirmativos o consecuentes negativos.
 - ◇ Errores debidos a términos difíciles
 - *La conjunción o:* en los procesos mentales la conjunción *o* exige más recursos de evaluación que la conjunción *y*.
 - *Utilización ineficaz de información negativa:* los sujetos presentan mayor dificultad al utilizar información negativa en la evaluación de argumentos deductivos; por esto las negaciones, implícitas o explícitas, en las premisas o la conclusión de un argumento deductivo aumentan la probabilidad de error en el razonamiento.
 - ◇ Alteración de la representación
 - *Conversión de las premisas:* cuando se interpreta [A implica B] como [A equivale a B] y también cuando no se diferencia entre [Todos los A son B] y [Todos los B son A].

- *Adición de inferencias pragmáticas*: en el ejemplo [Juan golpeó el clavo], el lector infiere que lo golpeó con un martillo, la cual se constituye en la inferencia pragmática y puede cambiar las conclusiones susceptibles de deducción válida.
 - *La falacia de los términos medios no intercambiables*: cuando se representa un argumento deductivo asignando diferentes significados a un mismo término.
 - *Introducción de la circularidad en el argumento*: cuando se añade a la premisa información que equivale esencialmente a la conclusión.
- **Inferencias**: "el razonamiento es una operación lógica mediante la cual, partiendo de uno o más juicios (premisas), se deriva la validez, la posibilidad o la falsedad de otro juicio. Por lo general los juicios en que se basa un razonamiento expresan conocimientos ya adquiridos o, por lo menos, postulados como hipótesis. Cuando la operación se realiza rigurosamente y el juicio se desprende con necesidad lógica de los juicios antecedentes, el razonamiento recibe el nombre de inferencia. Los juicios que sirven como punto de partida se denominan premisas y desempeñan la función de ser las condiciones de la inferencia. El resultado que se obtiene, o sea, el juicio inferido como consecuencia, es llamado conclusión"¹³.

Para establecer los niveles de una inferencia se tomará como referente la investigación *Agentes de software generadores de preguntas y el desarrollo de la competencia cognitiva de hacer inferencias: La comprensión y la inferencia en diferentes niveles de profundidad en ambientes hipermediales* desarrollada por Maldonado et ál. De allí se toman las siguientes categorías:

Nivel 1 de inferencia

Para el nivel 1 de inferencia se procede a formular una premisa tomando información del nombre del nodo y de la ranura seleccionada. Luego se puede aplicar un cuantificador, un operador lógico y se pide al usua-

13 Gortari, Eli de. *Iniciación a la lógica*. México: Grijalbo, 1982, p. 123.

rio que califique como verdadera o falsa la premisa. Para responder tendrá la opción de revisar la información en el nodo correspondiente.

Nivel 2 de inferencia

En el nivel 2 se evalúa la información teniendo en cuenta la categoría superior de la cual el nodo es subcategoría (figura 1). La premisa se genera a partir de la información del nodo seleccionado y la otra a partir del nodo padre o categoría inmediatamente superior.

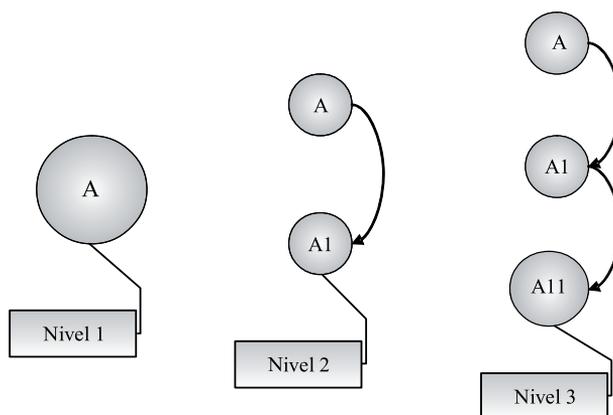


Figura 1. Niveles de inferencia. (Tomado de Maldonado 2004)¹⁴

Nivel 3 de Inferencia

En el tercer nivel se selecciona un nodo y se evalúa si tiene un abuelo o categoría con dos niveles de superioridad; luego se genera una premisa para cada uno de estos nodos y se pide al usuario que las califique como verdaderas o falsas.

La neurociencia

Es el estudio de la estructura, función, desarrollo, química, farmacología, y patología del sistema nervioso y de cómo los diferentes elementos del sistema nervioso interactúan y dan origen a la conducta.

14 Maldonado, L. et ál. La comprensión y la inferencia en el estudio de hipertextos con el apoyo de un agente generador de preguntas. Grupo Tecnice. En: Memorias TISE 2004 (IX Taller Internacional de Software Educativo), p. 27, Santiago de Chile. 2004.

El estudio biológico del cerebro es una área multidisciplinaria que involucra muchos niveles de estudio, desde el nivel molecular hasta el nivel conductual y cognitivo, pasando por el nivel celular (neuronas individuales), los ensambles y redes pequeñas de neuronas como las columnas corticales, y los ensambles grandes, como los de percepción visual, incluyendo sistemas como la corteza cerebral o el cerebelo, y el nivel más alto del sistema nervioso en completo.

La neurociencia cognitiva proporciona una nueva manera de entender el cerebro y la conciencia que podrá reemplazar o complementar la concepción que de ambos se tiene actualmente.

La neurociencia explora campos tan diversos, como:

- La operación de neurotransmisores en la sinapsis.
 - Los mecanismos biológicos responsables del aprendizaje.
 - El control genético del desarrollo neuronal desde la concepción.
 - La operación de redes neuronales.
 - La estructura y el funcionamiento de redes complejas involucradas en la memoria, la percepción, y el habla.
 - La estructura y funcionamiento de la conciencia.
- **Los hemisferios cerebrales:** el cerebro humano está dividido en dos hemisferios.
 - ◇ El hemisferio izquierdo, que tiene que ver con las funciones de: escritura, lógica, razonamiento y música rítmica.
 - ◇ El hemisferio derecho, que tiene relación con las funciones de intuición, emoción, imaginación, creatividad artística y la música melódica.

Se puede decir que un hemisferio piensa y que el otro siente. El hemisferio izquierdo del cerebro controla el lenguaje y los pensamientos lógicos. Por el contrario, el hemisferio derecho del cerebro es el que está involucrado en la creación de imágenes y también en lo que se conoce como inspiración.

En la figura 2 se presenta un esquema del cerebro y las funciones que desempeña cada hemisferio.

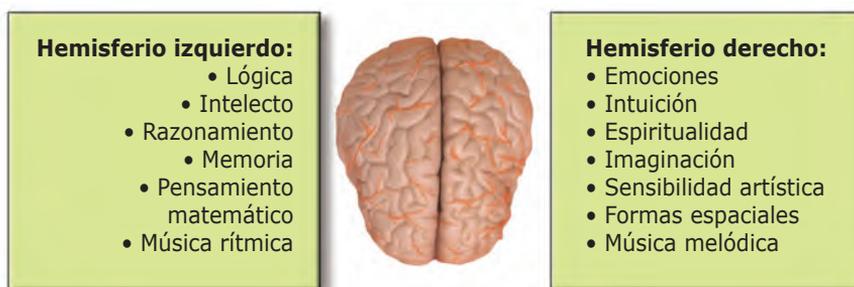


Figura 2. El cerebro y las funciones de cada hemisferio (Tomada de Centro de Estudios QBL, Los hemisferios cerebrales)¹⁵.

- **La neurociencia y el razonamiento deductivo:** las investigaciones que se realizan en el campo de la neurociencia emplean técnicas como fMRI (functional magnetic resonance imaging) imágenes de resonancia magnética y PET (positron emission tomography) tomografía por emisión de protones, que exploran el funcionamiento neuroanatómico del cerebro del sujeto cuando realiza funciones cognitivas. Algunas investigaciones del razonamiento desde la neurociencia han encontrado que:
 - ◇ Una variedad de áreas del cerebro se activan por procesos de razonamiento. El hemisferio izquierdo resulta activado selectivamente, con formas de razonamiento *probabilístico*, mientras que el hemisferio derecho se activa, cuando se trata de *razonamiento deductivo*¹⁶.
 - ◇ Las regiones prefrontales derechas participan en el razonamiento deductivo, cuando no existe un referente conceptual concreto o cuando se trata de situaciones conflictivas o incoherentes¹⁷.
 - ◇ El razonamiento silogístico involucra dos sistemas neuronales disociables. El razonamiento acerca de situaciones conocidas involucra un sistema con los lóbulos frontal y temporal, mientras que el razonamiento acerca de situaciones desconocidas requiere un

15 Centro de estudios QBL, Los hemisferios cerebrales. Disponible en: www.qbl.com.uy/apuntes/los_hemisferios_cerebrales.htm consultado en: octubre 23 de 2007.

16 Parsons, L. M., Osherson, D. New Evidence for Distinct Right and Left Brain Systems for Deductive versus Probabilistic Reasoning. *Cerebral Cortex*. 2001; 11: 954-965.

17 Goel, V., Dolan, R. J. Explaining modulation of reasoning by belief. *Cognition*. 2003; 87: 11-22.

sistema visoespacial con los lóbulos frontal y parietal. Estos dos sistemas corresponden al método heurístico y al método formal respectivamente¹⁸.

- ◇ "Una de las enseñanzas que los educadores deben aprender, de los hallazgos reportados sobre la investigación en el área de la neurociencia, es que la efectividad de la instrucción aumenta en la medida en que el contenido se presenta no sólo en la modalidad verbal tradicional (estímulo al hemisferio izquierdo) sino también en la modalidad no verbal o figurativa (gráfica, imaginaria, pictórica u otra), lo cual contribuirá a estimular el hemisferio derecho. Lo anterior lleva a plantear la necesidad de utilizar en el aula de clase una estrategia de instrucción mixta, que combine las técnicas secuenciales, lineales, con otros enfoques que permitan a los alumnos ver pautas, hacer uso del pensamiento visual y espacial, y tratar con el todo, además de las partes. Al respecto, se podrían utilizar las siguientes estrategias de enseñanza: el pensamiento visual, la fantasía, el lenguaje evocador, la metáfora, la experiencia directa, el aprendizaje multisensorial y la música"¹⁹.

Representación del Conocimiento

Anotar, en algún lenguaje o medio de comunicación, descripciones o situaciones que se corresponden con aspectos destacados del mundo o con el estado de éste, a esto se denomina representación del conocimiento.

En lo tocante a la Inteligencia Artificial (IA) esta representación debe ser tal que "una máquina inteligente pueda llegar a nuevas conclusiones sobre su entorno, mediante la manipulación formal de tales descripciones"²⁰.

La representación del conocimiento tiene como objetivos:

- ◇ Facilitar el proceso de aprendizaje, pues sirve de modelo cognitivo que ayuda a responder la pregunta ¿cómo representamos nosotros la realidad?

18 Goel, V., Makale, M. The Hippocampal System Mediates Logical Reasoning about Familiar Spatial Environments. *Journal of cognitive neuroscience*. 2004, 16 p. 654-664.

19 Alonso, Lauro. Los hemisferios cerebrales, Centro de estudios QBL, Disponible en: www.qbl.com.uy/apuntes/los_hemisferios_cerebrales.htm consultado octubre 23 de 2007.

20 Russell y Norvig. *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*. Prentice Hall, 1996.

- ◇ Ayudar a la resolución de problemas, al facilitar la generación de modelos conceptuales.

El conocimiento puede ser representado como imágenes mentales en nuestros pensamientos, como palabras habladas o escritas en algún lenguaje, en forma gráfica o en imágenes, como cadenas de caracteres o colecciones de señales eléctricas o magnéticas dentro de un computador. Algunas formas de representar conocimiento son:

- Lógica.
- Redes semánticas.
- Teoría de marcos.
- Web semántica.

Ontologías

Una ontología puede ser conceptualizada como una taxonomía o como un espacio semántico. Sirve para definir las relaciones entre entidades que conocemos y el lenguaje que utilizamos. Cuando tenemos una ontología, podemos preguntar y dar explicaciones. Dicho de otra forma, la ontología define el conjunto de clases y relaciones jerárquicas, sistémicas, causales, necesarias para comunicarnos y para desarrollar escritos, diagramas o programas de computador.

Gruber (1995) y Van Heijst et ál. (1996) definen una ontología como una especificación del nivel de conocimiento explícito en una conceptualización, el cual puede estar afectado por un dominio o campo particular del saber. En esta lógica, la representación formal de un cuerpo de conocimiento se basa en una conceptualización definida a partir de los objetos, los conceptos y relaciones en un campo de interés.

Para la Inteligencia Artificial, lo que existe es lo que puede ser representado. Cuando el conocimiento de un dominio es representado en forma declarativa, el conjunto de objetos que puede ser representado se denomina universo del discurso. Este conjunto de objetos y las relaciones descritas a través de ellos se reflejan en un vocabulario que es representable en un programa. De esta forma, la ontología de un programa se describe a partir

de la definición de un conjunto de términos representables. La descripción del significado de los nombres y las categorías que restringen la interpretación y utilidad de estos términos se construye a partir de definiciones asociadas a nombres de entidades en el universo del discurso, tales como clases, relaciones, funciones u otros objetos. Estos elementos están vinculados al texto leíble por los humanos.

Se puede decir que las ontologías tienen como principales objetivos los siguientes²¹:

- a) Compartir la comprensión común de la estructura de información entre personas o agentes de software, lo que debe revertir de forma positiva y casi necesaria en la extracción y recuperación de información, en páginas web, de contenidos conectados temáticamente.
- b) Permitir la reutilización del conocimiento perteneciente a un dominio. Por ejemplo, a la hora de iniciar la elaboración de una ontología.
- c) Permite hacer explícitos los supuestos de un dominio. Esta aseveración puede conducir a conclusiones muy interesantes para la representación del conocimiento más allá de consideraciones técnicas, operativas e informáticas.
- d) Separa el conocimiento de un dominio del conocimiento que se puede denominar operacional. Con esto se alude a que, en ocasiones, el conocimiento que se está representando se puede implicar en diferentes áreas al pertenecer más a un conocimiento relacionado con procesos.
- e) Hace posible analizar el conocimiento de un campo, por ejemplo en lo que se refiere al estudio de los términos y relaciones que lo configuran ya sea formalmente o no.

En las ontologías se pueden utilizar variadas maneras de representación, aquí se presentan los modelos de representación: jerárquica, sistémica y causal.

21 Noy, N. F.; McGuinness, D. L. *Ontology Development 101: A Guide to Creating your First Ontology*, 2000. Disponible en: www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinnessabstract.html consultado el 27 de marzo de 2007.

- Representación jerárquica

Una organización jerárquica facilita la modularidad para permitir describir clases de conceptos utilizando representaciones simples de alto nivel. Las jerarquías son útiles en la medida en que representan y organizan conocimiento en términos de conceptos relacionados. Cada concepto de la jerarquía está relacionado con un concepto de nivel superior que se considera su padre.

- Representación sistémica

El pensamiento sistémico contempla el todo y las partes, así como las conexiones entre las mismas, y estudia el todo para poder comprender las partes. Todo sistema se fundamenta en sus interacciones. En consecuencia, las relaciones entre sus partes y su influencia mutua son más importantes que la cantidad de partes que lo constituyen o el tamaño de las mismas.

- Representación causal

La habilidad para inferir relaciones causales es crucial para el proceso de razonamiento, y forma la base para aprender a actuar en el mundo. El conocimiento de relaciones causales nos da un sentido de entendimiento profundo de un sistema y un sentido de control sobre los estados del sistema. El conocimiento de relaciones causales proviene de la habilidad para predecir las consecuencias de acciones que no han sido realizadas (Pearl, 2000). Las relaciones causa-efecto se infieren de señales observables. De la misma forma, para inferir la estructura de una red de múltiples relaciones causa-efecto, se debe comprender la interacción entre estas dos relaciones²².

En la representación causal, una relación está determinada por la influencia que tiene una entidad sobre otra. Este proceso se dificulta debido a que las relaciones causales no pueden ser observadas directamente, lo cual obliga a un individuo a hacer inferencias a partir de señales o con sus preconceptos. Para inferir la estructura de una red de múltiples relaciones

22 Sanabria R. Luis B. y Macías, M. David. *Formación de competencias docentes. Diseñar y aprender con ambientes computacionales*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2006, p. 37.

causa-efecto, se considera que debe existir una comprensión de la manera como estas relaciones individuales interactúan.

Una forma de representar las relaciones causales es a través de los grafos dirigidos, donde los nodos representan el estado de las variables de un sistema, y las flechas representan las relaciones causales. La dirección de estos arcos va en el sentido causa-efecto. El origen indica la causa, y el destino el efecto. En los sistemas de representación conceptual, las relaciones causales son aquellas en las que un nodo A determina a otro nodo B, con una relación de causa-efecto. La figura 3 muestra un ejemplo de una relación causal de un terremoto y su efecto en la población.

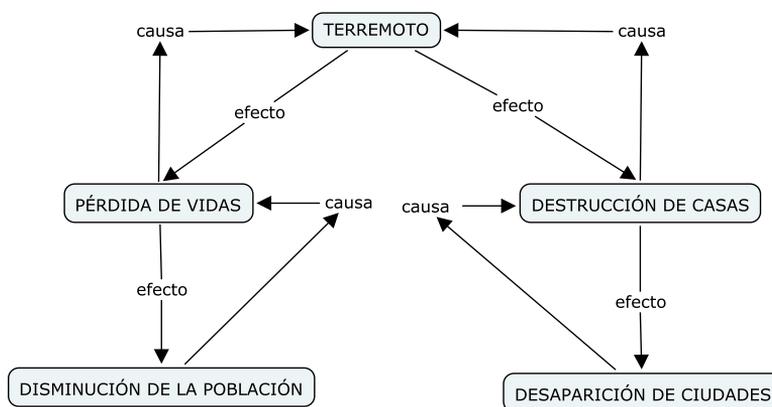


Figura 3. Relación causal (tomado de: *Formación de competencias docentes*. Luis Sanabria y David Macías).

Resolución de problemas

Desde la teoría del procesamiento de la información Richard Mayer propone un modelo de resolución de problemas, basado en los procesos de comprensión y solución, en los que intervienen cinco campos específicos de conocimiento: lingüístico, semántico, esquemático, estratégico y operatorio.

Para resolver problemas, como el siguiente que propone Mayer²³: "Una barca a motor viaja corriente abajo durante 120 minutos con una corriente de

23 Mayer, Richard E. *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Barcelona: Paidós, 1985, 480 p.

8 km por hora. En el mismo viaje de regreso, corriente arriba, tarda 3 horas. Hallar la velocidad de la barca en aguas tranquilas”, es necesario que se produzcan dos procesos mentales:

En primer lugar, un proceso de comprensión que lleve a la representación interna del problema, traduciéndolo e integrándolo en las estructuras cognitivas del sujeto. A su vez, para realizar este proceso, se requieren tres tipos de conocimientos específicos:

- Conocimiento lingüístico de la lengua en que está redactado el problema para entender las palabras que lo conforman.
- Conocimiento semántico para comprender los hechos que se comunican. En este caso, se debe saber que 120 minutos son dos horas, que los ríos tienen corriente abajo y arriba, etc.
- Conocimiento esquemático que le permita integrar el problema en una estructura cognitiva y saber lo que ha de hacer para resolverlo. En este ejemplo, tiene que conocer el esquema de “espacio = velocidad x tiempo” y el esquema mental de los problemas de “corrientes” que le permitirá crear la ecuación representativa del problema: $(\text{velocidad del barco} + \text{velocidad de la corriente}) \times (\text{tiempo corriente abajo}) = (\text{velocidad del barco} - \text{velocidad de la corriente}) \times (\text{tiempo corriente arriba})$.

En segundo lugar, una vez que se ha traducido e integrado el problema en la estructura cognitiva del sujeto, se ha de dar un proceso de solución que planifique, organice, aplique y evalúe las operaciones necesarias. Para ello, también se requieren otros dos conocimientos específicos:

- Conocimiento operatorio o algorítmico que realice las operaciones que son necesarias para resolver el problema. Así, en el ejemplo anterior, se han de dominar las operaciones básicas de cálculo aritmético (suma, resta y división) y algebraico (operar con paréntesis y despejar la incógnita).
- Conocimiento estratégico que planifique, secuencie, dirija y evalúe los distintos tipos de conocimientos: lingüístico-semánticos, esquemáticos y algorítmicos.

En la figura 4 se representa la estructura de los procesos y conocimientos específicos, implicados en la resolución de problemas, según este modelo.

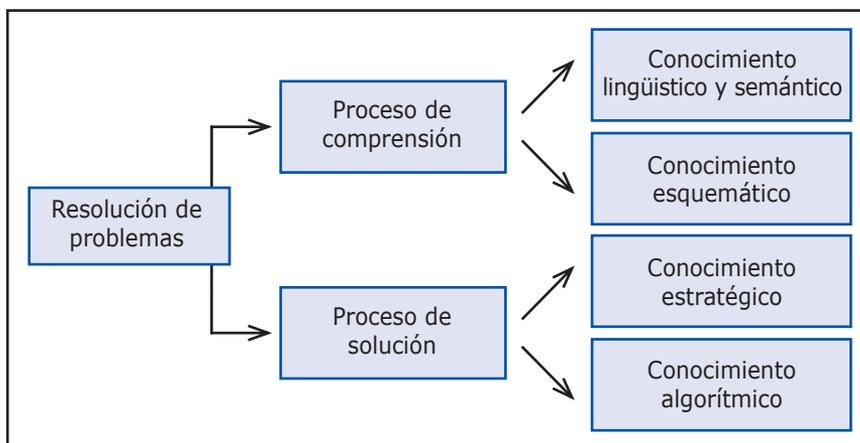


Figura 4. Procesos y conocimientos implicados en la resolución de problemas. (Basado en Mayer, 1985).

Didáctica de la física mecánica

La enseñanza de las ciencias en general y de la Física en particular, han estado signadas por diversas tendencias, entre las cuales se pueden destacar diversas propuestas de innovación, algunas de ellas fundamentadas teóricamente, otras responden a intuiciones muy generalizadas, a un 'pensamiento docente espontáneo' que impone sus 'evidencias', escapando así a la reflexión crítica. Estos planteamientos no teóricos están dejando paso a un esfuerzo de fundamentación y evaluación que une estrechamente la innovación a la investigación didáctica²⁴.

Según Ausubel, los problemas generados por la enseñanza tradicional no se deben tanto a su enfoque expositivo como al inadecuado manejo de los procesos de aprendizaje de los alumnos, por lo que, para fomentar la comprensión, o en su terminología un aprendizaje significativo, no hay que recurrir tanto al descubrimiento como a mejorar la eficacia de las

24 Gil Pérez, D., y Valdés Castro, P. Tendencias actuales en la enseñanza aprendizaje de la Física, en Temas escogidos de la didáctica de la Física. Ciudad de La Habana, Cuba: Pueblo y Educación, 1996.

exposiciones. Para ello hay que considerar no sólo la lógica de las disciplinas sino también la lógica de los alumnos. De hecho para Ausubel el aprendizaje de la ciencia consiste en transformar el significado lógico en significado psicológico, es decir en lograr que los alumnos asuman como propios los significados científicos. Para ello la estrategia didáctica deberá consistir en un acercamiento progresivo de las ideas de los alumnos a los conceptos científicos...²⁵.

Entre las tendencias innovadoras más extendidas en las últimas décadas en el proceso de enseñanza de la Física que estos autores valoran se encuentran:

- Las prácticas de laboratorio como base del *aprendizaje por descubrimiento*.
- La transmisión-recepción de conocimientos como garantía de un aprendizaje significativo.
- La utilización de las computadoras en la enseñanza.
- Las propuestas constructivistas como eje de transformación de la enseñanza de las ciencias.

Dominio del Conocimiento

El dominio de conocimiento es la Mecánica Vectorial, específicamente los cuerpos rígidos en equilibrio estático. A continuación se presenta de manera general esta temática.

Equilibrio de cuerpo rígido: a continuación se explican los términos empleados en la descripción del dominio de conocimiento.

Equilibrio: el equilibrio de un cuerpo rígido se define como la ausencia de aceleración respecto de un sistema de referencia inercial.

Cuerpo rígido: se define como un cuerpo ideal cuyas partes (partículas que lo forman) tienen posiciones relativas fijas entre sí cuando se somete a fuerzas externas, es decir es no deformable. Con esta definición se elimina la posibilidad de que el objeto tenga movimiento de vibración. Este modelo de cuerpo rígido es muy útil en muchas situaciones en las cuales la deformación del objeto es despreciable.

25 Pozo Muncio, Juan Ignacio. *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata, 1998, p. 280.

Por definición una partícula puede tener sólo movimiento de traslación. Si la resultante de las fuerzas que actúan sobre una partícula es cero, la partícula está moviéndose con velocidad constante o está en reposo; en este último caso se dice que está en equilibrio estático. Pero el movimiento de un cuerpo rígido en general es de traslación y de rotación. En este caso, si la resultante tanto de las fuerzas como de los torques que actúan sobre el cuerpo rígido es cero, este no tendrá aceleración lineal ni aceleración angular, y si está en reposo, estará en equilibrio estático. La rama de la mecánica que estudia el equilibrio estático de los cuerpos se llama *estática*.

Condiciones de equilibrio: para que un cuerpo rígido este en equilibrio estático se deben cumplir dos requisitos simultáneamente, llamados condiciones de equilibrio.

- La primera condición de equilibrio es la Primera Ley de Newton, que garantiza el equilibrio de traslación.
- La segunda condición de equilibrio, corresponde al equilibrio de rotación, se enuncia de la siguiente forma: *la suma vectorial de todos los torques o momentos externos que actúan sobre un cuerpo rígido alrededor de cualquier origen es cero*.

Lo anterior se traduce en las siguientes dos ecuaciones, consideradas como las condiciones de equilibrio de un cuerpo rígido:

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0 \quad (1)$$

$$\sum \vec{\tau} = 0 \Rightarrow \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 + \dots + \vec{\tau}_n = 0 \quad (2)$$

Como las anteriores ecuaciones son vectoriales, entonces se pueden expresar en sus componentes escalares así:

- Plano (X-Y)

$$\sum F_x = 0 \quad (3) \quad \sum F_y = 0 \quad (4) \quad \sum \tau_z = 0 \quad (5)$$

- Espacio

$$\sum F_x = 0 \quad (6) \quad \sum F_y = 0 \quad (6) \quad \sum \tau_y = 0 \quad (10)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (7) \quad \sum F_z = 0 \quad (7) \quad \sum \tau_z = 0 \quad (11)$$

Como se puede apreciar para el plano resultan tres ecuaciones escalares y para el espacio seis ecuaciones escalares. Estas ecuaciones se pueden emplear para determinar fuerzas desconocidas que están aplicadas sobre el cuerpo rígido o reacciones desconocidas ejercidas sobre éste por sus puntos de apoyo, también denominados soportes o conexiones.

Soportes: se emplean primordialmente para impedir traslaciones; sin embargo, su diseño es tal que también impiden algunas rotaciones. Algunos tipos muy comunes de soportes se representan con modelos estilizados llamados *convenciones de soporte*. Los soportes reales a menudo se parecen a los modelos estilizados, pero aunque no se parecieran, se representa por medio de estos modelos si los soportes reales ejercen las mismas (o aproximadamente las mismas) reacciones que los modelos.

En la figura 5 se presentan los soportes empleados en el plano que generan una reacción, es decir, una incógnita.

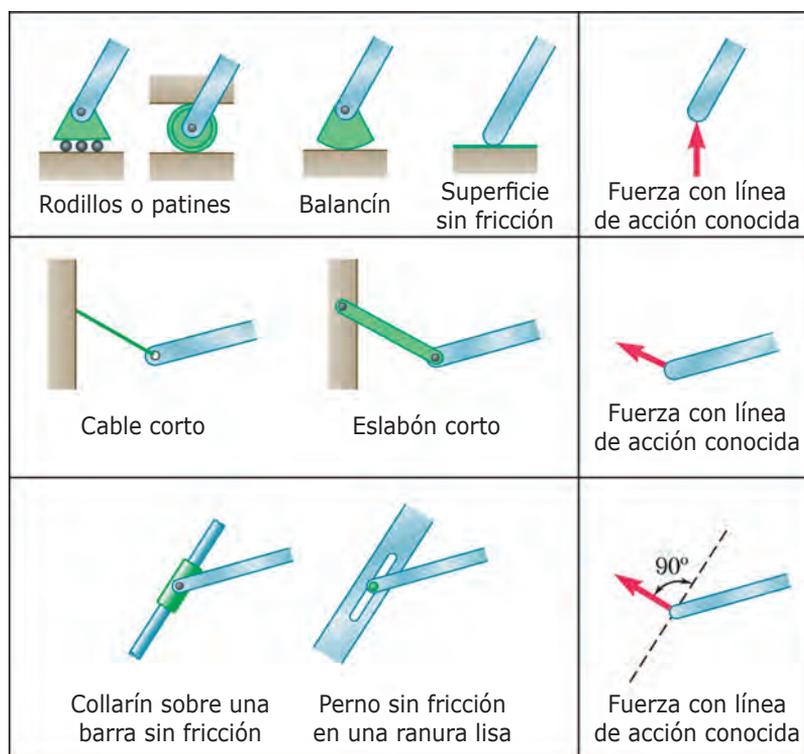


Figura 5. Soportes de una incógnita empleados en el plano (Tomado de: Mecánica Vectorial para Ingenieros – Estática. Beer & Jonhston).

En la figura 6 se muestran los soportes empleados en el plano que generan 2 y 3 incógnitas.

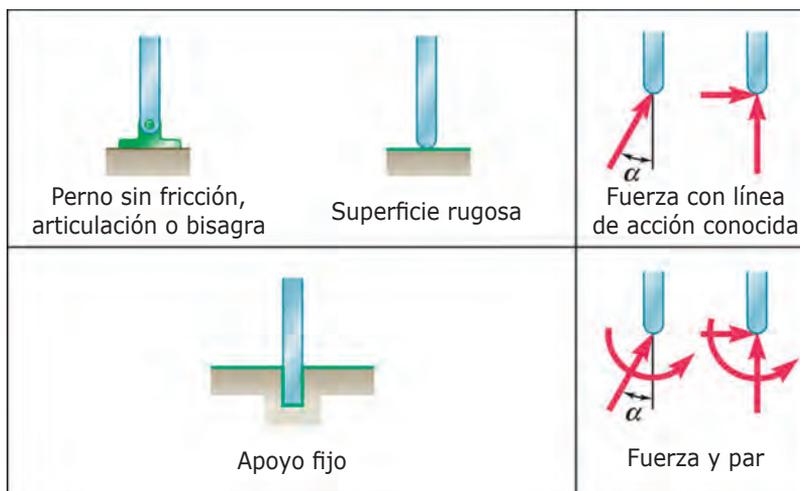


Figura 6. Soportes de dos y tres incógnitas empleados en el plano (Tomado de: Mecánica Vectorial para Ingenieros – Estática. Beer & Jonhston).

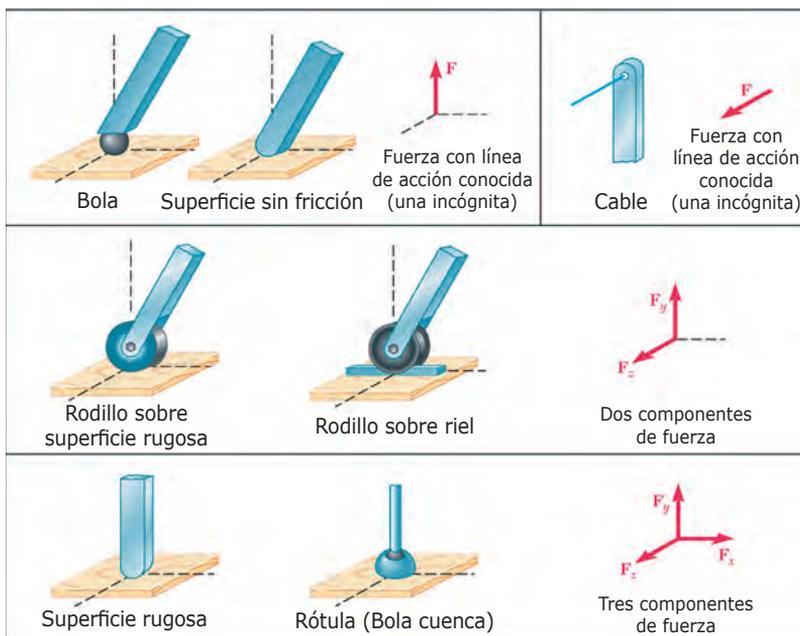


Figura 7. Soportes de una, dos y tres incógnitas empleados en el espacio (Tomado de: Mecánica Vectorial para Ingenieros – Estática. Beer & Jonhston).

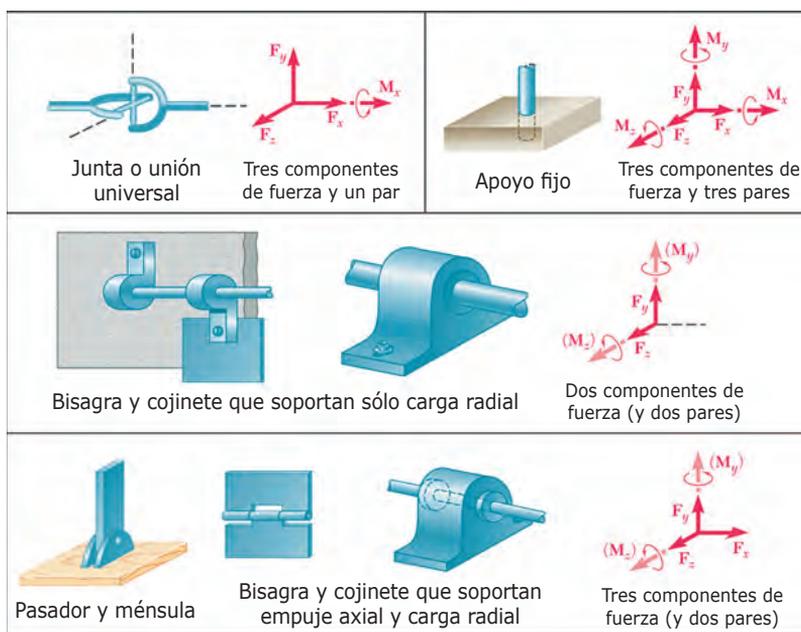


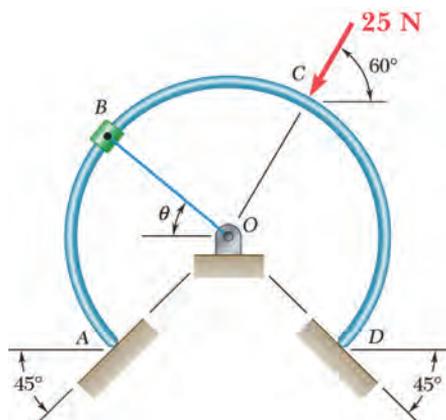
Figura 8. Soportes de cuatro, cinco y seis incógnitas empleados en el espacio (Tomado de: Mecánica Vectorial para Ingenieros – Estática. Beer & Jonhston)

En las figuras 7 y 8 se presentan los apoyos empleados en el espacio, estos apoyos generan desde una hasta seis reacciones o incógnitas, que equivalen a cada uno de los movimientos que impiden.

- **Procedimiento de resolución de problemas:** para resolver un problema de equilibrio de cuerpo rígido se debe seguir el procedimiento que se enuncia a continuación:
 - a) Comprensión del enunciado del problema y del diagrama que lo acompaña.
 - b) Elaboración del diagrama de cuerpo libre.
 - c) Escribir las condiciones de equilibrio.
 - d) Resolver el sistema de ecuaciones lineales obtenido.
 - e) Comprobar la validez de los resultados obtenidos.

A continuación se presenta la resolución de un problema de equilibrio de cuerpo rígido a manera de ejemplo.

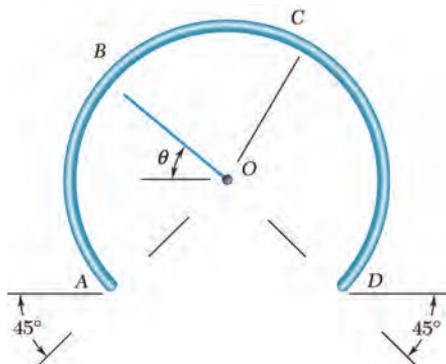
Enunciado: la barra ABCD está doblada en forma de un arco circular de 80 mm de radio y descansa sobre superficies sin fricción en A y D. Si se sabe que el collarín en B se puede mover libremente sobre la barra, y que $\theta = 45^\circ$, determine: a) la tensión en la cuerda OB y b) las reacciones en A y D.



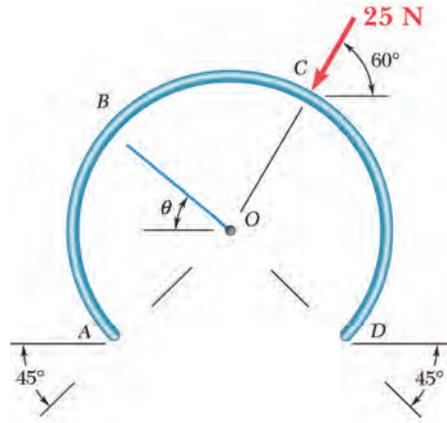
a) Comprensión del enunciado: del enunciado y diagrama se extrae la información clave para la resolución del problema.

- Se establece el tipo de problema: equilibrio cuerpo rígido en el plano.
- Se identifican las incógnitas: reacciones en A y D, y la tensión en la cuerda OB.
- Se extraen los datos suministrados en el enunciado y/o diagrama $r = 80 \text{ mm}$, $\theta = 45^\circ$, $F_c = 25 \text{ N}$ a 60° .

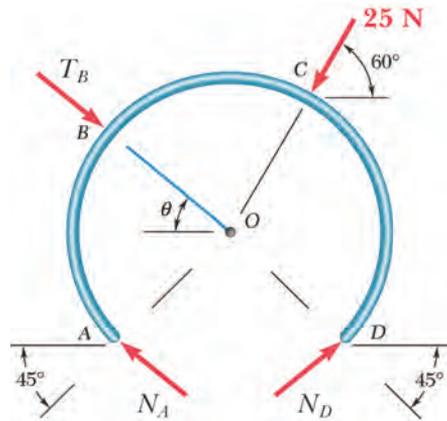
b) Elaboración del diagrama de cuerpo libre: se deben seguir los pasos que se muestran a continuación.



- Elaborar el diagrama del cuerpo con la geometría indicada: en este caso la barra circular ABCD.



- Dibujar las fuerzas conocidas que actúan sobre el cuerpo: en este caso la fuerza que actúa en C de 25 N.



- Dibujar las reacciones en los apoyos, según el tipo de apoyo: en este caso las fuerzas normales en A y D, y la tensión en la cuerda OB.

c) **Escribir condiciones de equilibrio:** como es un problema de equilibrio de cuerpo rígido en el plano, se escriben las tres ecuaciones de equilibrio correspondientes.

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M_z = 0 \quad \sum Z_z = 0 \\ \sum F_x = 0 \\ T_B \cdot \cos \theta - N_A \cdot \cos 45^\circ + N_D \cdot \cos 45^\circ - 25 \cdot \cos 60^\circ = 0 \end{aligned}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-T_B \cdot \sin \theta + N_A \cdot \sin 45^\circ + N_D \cdot \sin 45^\circ - 25 \cdot \sin 60^\circ = 0$$

$$\sum M_{Z/O} = 0$$

$$N_D \cdot r - N_A \cdot r = 0$$

d) Resolver el sistema lineal de ecuaciones:

$$T_B \cdot \cos \theta - N_A \cdot \cos 45^\circ + N_D \cdot \cos 45^\circ - 25 \cdot \cos 60^\circ = 0 \quad (1)$$

$$-T_B \cdot \sin \theta + N_A \cdot \sin 45^\circ + N_D \cdot \sin 45^\circ - 25 \cdot \sin 60^\circ = 0 \quad (2)$$

$$N_D \cdot r - N_A \cdot r = 0 \quad (3)$$

Reemplazando con los valores suministrados en el enunciado y simplificando se obtiene:

$$0.707 \cdot T_B - 0.707 \cdot N_A + 0.707 \cdot N_D = 12.50 \quad (1')$$

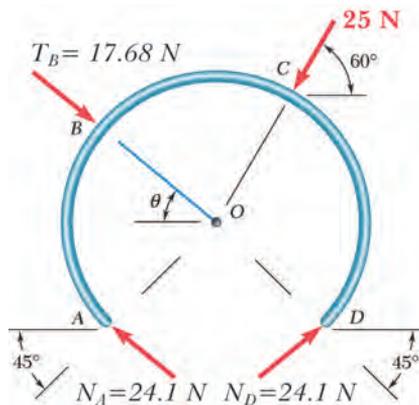
$$-0.707 \cdot T_B + 0.707 \cdot N_A + 0.707 \cdot N_D = 21.65 \quad (2')$$

$$-N_A + N_D = 0 \quad (3')$$

Empleando cualquier método de resolución de sistemas de ecuaciones lineales simultáneas, se obtiene:

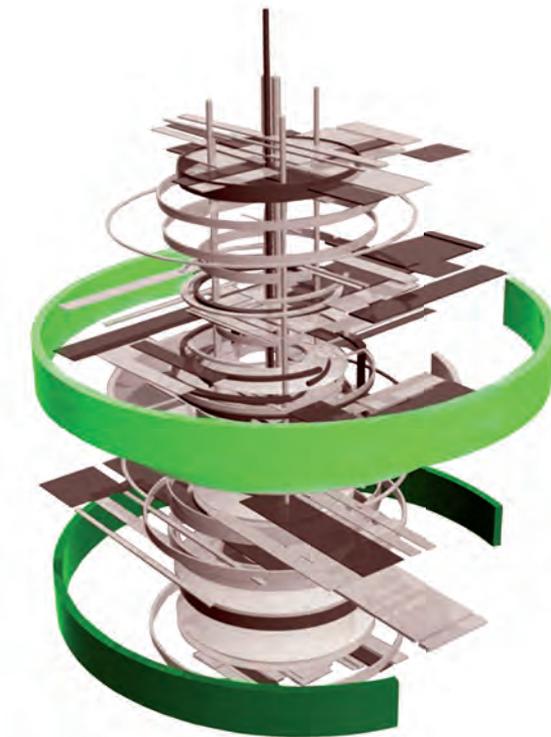
$$N_A = 24.1 \text{ N}; \quad N_D = 24.1 \text{ N}; \quad T_B = 17.68 \text{ N}$$

e) Comprobar la validez de los resultados obtenidos: se debe verificar la consistencia de los valores obtenidos. Para ello se pueden comparar los órdenes de magnitud de las fuerzas, analizar las unidades, verificar los sentidos de las fuerzas (tensión en cuerdas, compresión no es posible, por ejemplo). Si es necesario, se deben reemplazar los resultados en las ecuaciones planteadas inicialmente.



CAPÍTULO 2

DISEÑO METODOLÓGICO



En este capítulo se presenta la pregunta de investigación, las hipótesis, el objetivo general y los objetivos específicos, las variables y el diseño metodológico. Este último comprende: la descripción de la población, la conformación de los grupos experimentales, los instrumentos y el tratamiento estadístico que se hará con los resultados.

Pregunta de investigación

En un sistema computacional que presenta inferencias de primer, segundo y tercer nivel, ¿cuál es el escenario de estudio más apropiado entre: sólo tercer nivel, ascendente y aleatorio para el desarrollo del razonamiento deductivo en estudiantes de ingeniería que resuelven problemas de equilibrio estático?

Hipótesis

- H1. Las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de sólo tercer nivel son más altas frente a las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de los tres niveles en orden ascendente.
- H2. Las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de sólo tercer nivel son más altas frente a las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de los tres niveles en orden aleatorio.

H3. No existe diferencia significativa en las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por estudiantes que utilizaron ambientes computacionales que presentan los tres niveles de inferencias en diferente orden (ascendente y aleatorio).

Objetivos

- **Objetivo general:** establecer el escenario de estudio más apropiado para el desarrollo del razonamiento deductivo en estudiantes de ingeniería que resuelven problemas de equilibrio estático.
- **Objetivos específicos:**
 - Modelar la base de conocimiento requerido.
 - Diseñar y desarrollar el prototipo de software educativo.
 - Validar el prototipo de software educativo.
 - Determinar la población que utilizará el prototipo de software educativo y aplicar el pretest.
 - Aplicar el prototipo de software educativo con los grupos experimentales.
 - Evaluar el desarrollo de habilidades de razonamiento deductivo en cada uno de los grupos experimentales.

Variables

El enfoque metodológico que se empleó en este trabajo se enmarca dentro de la investigación experimental cuantitativa. Para esta investigación se definieron las variables así:

Variable independiente: el ambiente computacional empleado en las sesiones de trabajo, puede tomar tres valores:

- {A} únicamente con inferencias de tercer nivel [3];

- {B} con los tres niveles de inferencia en orden ascendente [1, 2, 3];
- {C} con los tres niveles de inferencia en orden aleatorio así:
 - {CA} [1, 3, 2];
 - {CB} [2, 1, 3];
 - {CC} [2, 3, 1];
 - {CD} [3, 1, 2].

Variable dependiente: las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes, reflejadas mediante el desempeño académico en el postest.

Diseño metodológico

El objetivo general de la investigación es establecer el escenario de estudio más apropiado para el desarrollo del razonamiento deductivo en estudiantes de ingeniería que resuelven problemas de equilibrio estático. Se hizo un análisis estadístico de medias y varianzas mediante la aplicación de la prueba de hipótesis F a través del software STATISTICA a los resultados obtenidos en el postest.

Población: la población en la que se realizó la investigación fueron los estudiantes que cursaron durante el semestre II de 2007 las asignaturas: mecánica vectorial de tercer semestre del programa de Ingeniería Mecatrónica y estática de segundo semestre del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad de San Buenaventura.

Grupos experimentales: los grupos constituyen entidades formadas naturalmente (un grupo de clase), por lo que fue necesario aleatorizar y trabajar en sesiones extraclase los ambientes computacionales diseñados. Para verificar la homogeneidad de los grupos se aplicó un pretest al empezar el trabajo de campo.

El diseño empleado es el que se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Diseño del experimento.

Grupo	Niveles inferencias	Diseño metodológico			
A	Tercer Nivel (3)	R	O ₁	X ₁	O ₄
B	1, 2, 3	R	O ₂	X ₂	O ₅
C	1, 3, 2	R	O ₃	X ₃	O ₆
	2, 1, 3				
	2, 3, 1				
	3, 1, 2				

Instrumentos: los instrumentos empleados en la investigación fueron:

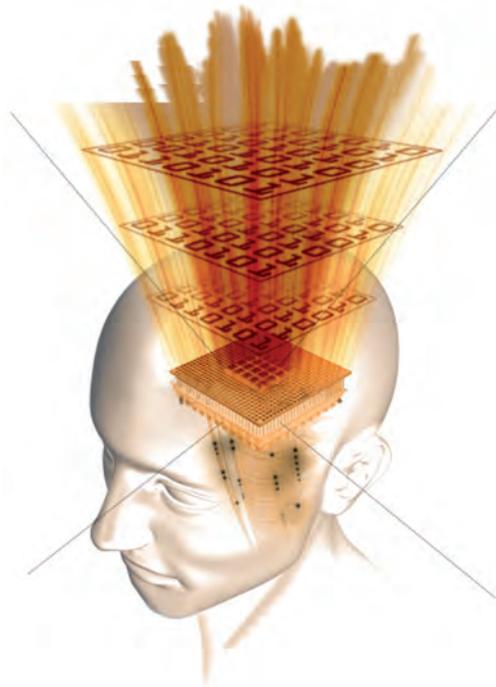
- Pretest: para verificar la homogeneidad de los grupos se aplicó una prueba antes de realizar la intervención, la cual consistió en una prueba escrita (ver anexo A) y en una prueba gráfica (test de Raven de 15 láminas) (Ver anexo B). La prueba escrita fue validada por expertos, a pesar de ser extraída del proyecto de inteligencia Harvard²⁶.
- Prototipo de software educativo: instrumento que se utilizó para realizar la intervención en los grupos experimentales (ver capítulo 3).
- Postest: Para medir el desarrollo de habilidades de razonamiento deductivo se aplicó una prueba que consta de dos partes: la primera parte es un test escrito (ver anexo C) que evaluó el desempeño académico después de la intervención con el prototipo de software y la segunda parte fue una prueba gráfica (Test de Raven de 39 láminas) (Ver anexo D).

Análisis e interpretación de resultados: los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente. Se calcularon las medias aritméticas de cada grupo, así como los valores de dispersión: desviación estándar y varianza; y por último se aplicó la prueba de Fisher empleando el software STATISTICA para probar las hipótesis planteadas.

26 Megía Fernández, Miguel. *Proyecto de Inteligencia Harvard*. Serie IV Resolución de problemas. España: 2002.

CAPÍTULO 3

DISEÑO TECNOLÓGICO



En este capítulo se presenta el diseño tecnológico que comprende: la representación del dominio de conocimiento a través de una estrategia jerárquica, el modelo del estudiante, el modelo pedagógico que se implementará en el software, el diseño del software educativo, la validación del software por parte de expertos y usuarios y la implementación del software educativo mediante un aplicativo web.

Modelo tecnológico

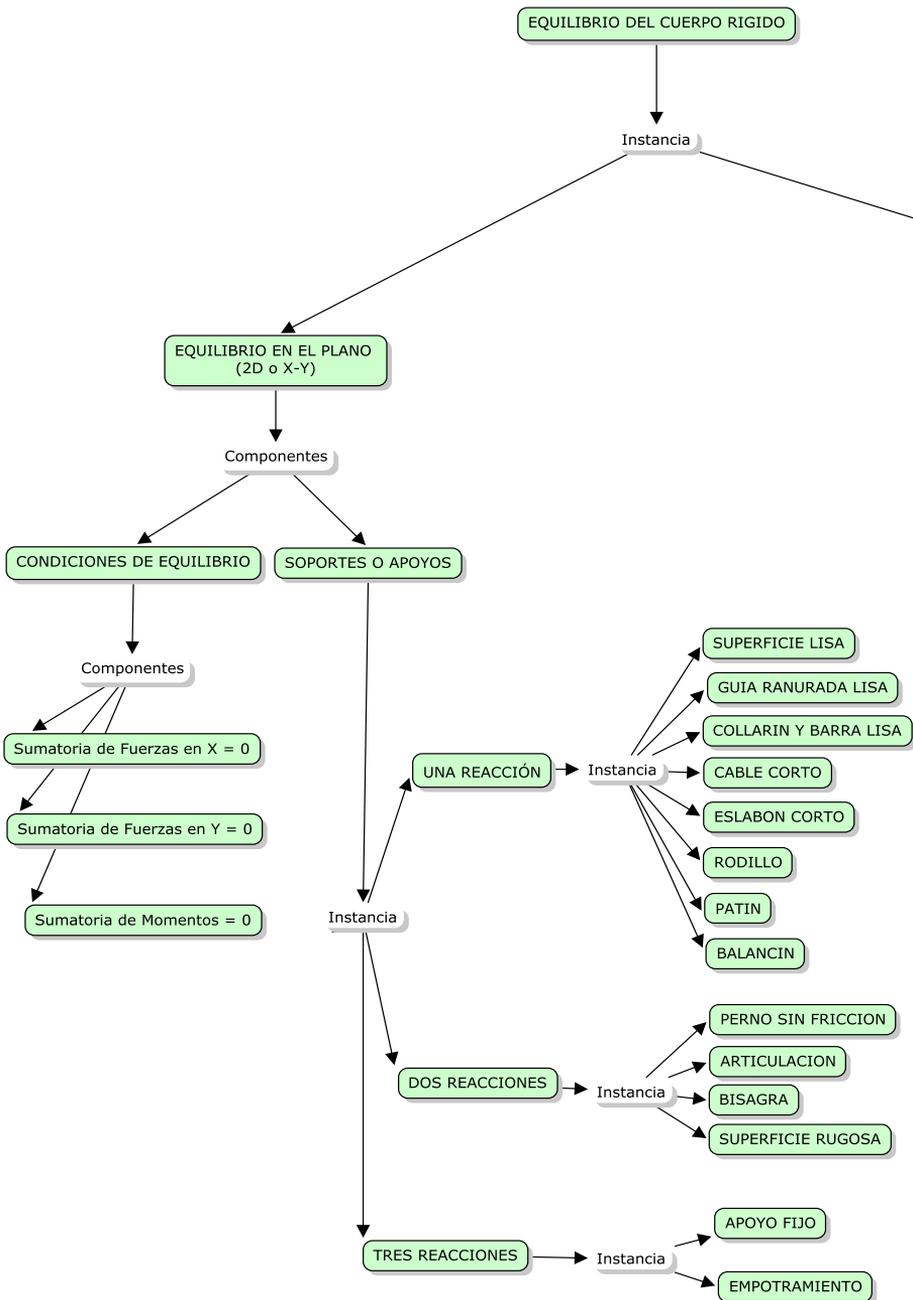
El software educativo que se desarrolló en la investigación, esta dirigido inicialmente a los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Aeronáutica de la Universidad de San Buenaventura; sin embargo, más adelante se podrá utilizar por cualquier estudiante que curse la asignatura de Estática o Mecánica Vectorial.

Modelo del dominio del conocimiento

El dominio de conocimiento fue representado mediante las ontologías, las cuales permiten definir el conjunto de clases y las relaciones jerárquicas necesarias para comunicar y desarrollar escritos, representar mediante diagramas o desarrollar programas de computador.

El mapa de navegación es representado mediante una ontología jerárquica, a través del mapa se puede acceder a cada uno de los conceptos o subtemas, desarrollados de manera hipertextual en un ambiente Web, en el que se encuentra explicado el concepto a través de texto e imagen, así como de animaciones en algunos casos.

En la figura 9 (ver figura en las siguientes páginas), se muestra la representación ontológica jerárquica del dominio conocimiento, *el equilibrio estático del cuerpo rígido*.



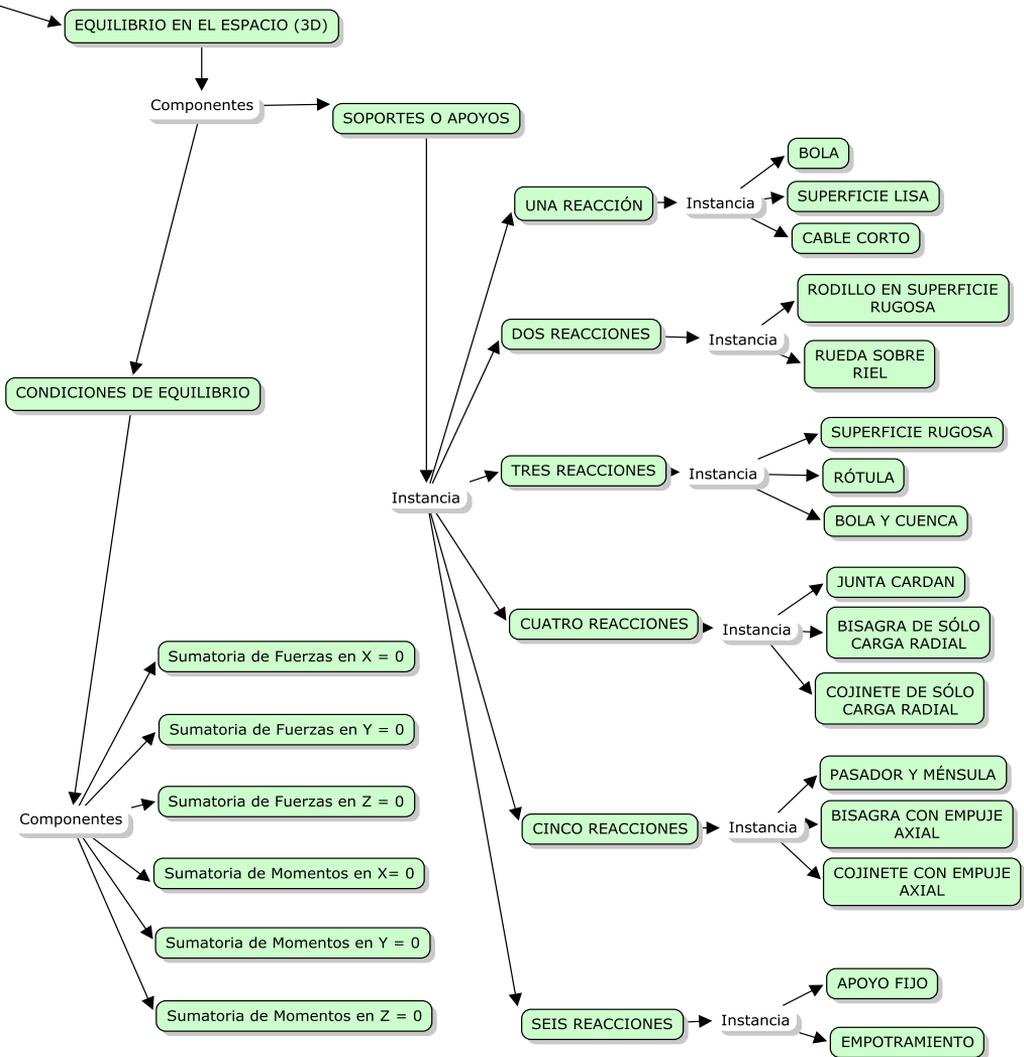


Figura 9. Representación ontológica jerárquica del dominio de conocimiento.

El estudiante tiene la posibilidad de navegar por software educativo utilizando los botones del mapa de navegación. El proceso de comprensión conceptual se verifica con una evaluación de selección falso o verdadero para cada una de las inferencias presentadas, las cuales pueden ser de primer, segundo o tercer nivel, según corresponda con el grupo al que pertenezca el estudiante y el número de sesión de estudio en que se encuentre. Se establecieron tres sesiones de estudio, una por cada nivel de inferencia.

A continuación se presenta un ejemplo de cada nivel de inferencia:

- Inferencia de primer nivel: *si el apoyo es una superficie lisa entonces la reacción es una fuerza con línea de acción perpendicular a la superficie lisa*. La primera proposición o premisa toma la información del nodo *superficie lisa* y la conclusión también es tomada del mismo nodo. En la figura 10 se presenta el nodo empleado en el ejemplo y la parte adyacente de la ontología.

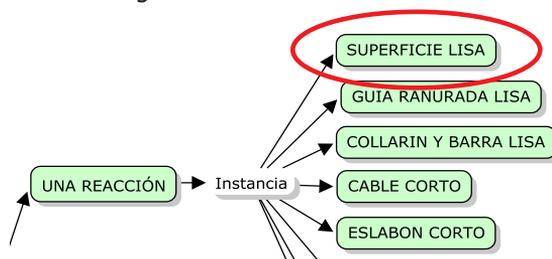


Figura 10. Ejemplo de inferencia de primer nivel.

- Inferencia de segundo nivel: *si se emplea como soporte una unión universal (junta cardán) que restringe cuatro grados de libertad entonces se obtiene una reacción con cuatro incógnitas*. La primera proposición o premisa toma la información del nodo *junta cardán* y la segunda premisa también es tomada del mismo nodo, pero la conclusión toma información del nodo padre *cuatro reacciones*. En la figura 11 se presentan los nodos empleados en el ejemplo y la parte adyacente de la ontología.

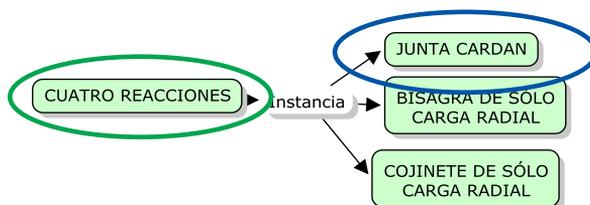


Figura 11. Ejemplo de inferencia de segundo nivel.

- Inferencia de tercer nivel: *si un cuerpo rígido en el espacio está soportado por un apoyo de rótula entonces las condiciones de equilibrio determinan un sistema lineal de tres ecuaciones con tres incógnitas.* La primera proposición o premisa toma la información del nodo *espacio*, la segunda premisa toma información del nodo *rótula*, y la conclusión toma información del nodo *tres reacciones*. En la figura 12 se presentan los nodos empleados en el ejemplo y la parte adyacente de la ontología.

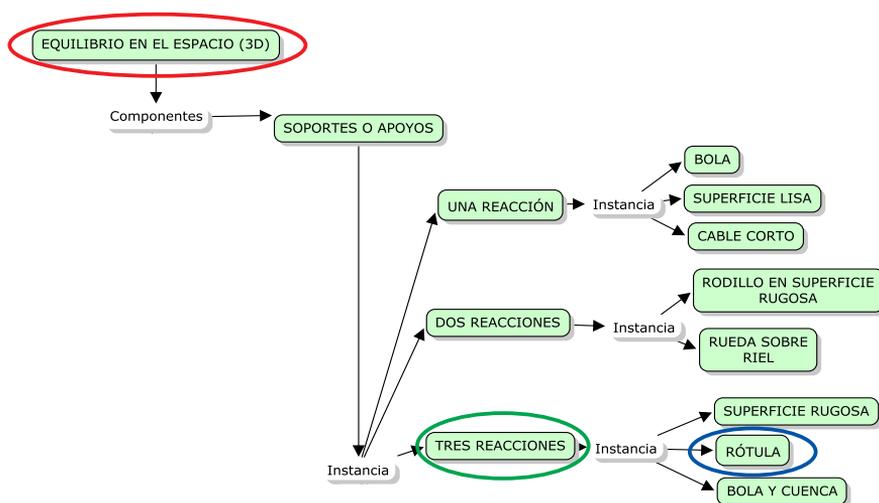


Figura 12. Ejemplo de inferencia de tercer nivel.

Módulos del software educativo

El software educativo contiene dos módulos:

- El modelo del dominio de conocimiento desarrollado con un hipertexto sobre la unidad temática *equilibrio de cuerpos rígidos*, al cual puede acceder el estudiante mediante la interfaz inicial ingresando el código y el grupo al que fue asignado dentro de la investigación.
- El módulo del profesor, que le permite al docente ingresar a los reportes de navegación y evaluación de cada uno de los grupos experimentales. Para ingresar el docente debe colocar el nombre y documento de identidad, el cual fue previamente programado en la base de datos.

Modelo del estudiante

El modelo del estudiante se centra alrededor de las preguntas: ¿Qué es lo que se desea que el estudiante sepa acerca del equilibrio de los cuerpos rígidos? ¿Qué tipos de conocimientos debe tener un estudiante para poder resolver problemas de equilibrio de cuerpo rígido? El estudiante debe conocer cómo trabaja cada tipo de apoyo, conexión o soporte.

Por lo anterior se debe evaluar al estudiante acerca de:

- Si conoce los objetos de aprendizaje (si conoce los tipos de apoyos o soportes empleados en dos y tres dimensiones).
- Si conoce las reglas (si conoce que cada apoyo genera una reacción específica). En este criterio se evalúa el dominio sobre las relaciones que establece el estudiante, cada apoyo genera una determinada reacción, la cual, a su vez implica una incógnita.
- Si hace bien las operaciones (si en el diagrama suministrado identifica los apoyos utilizados y elabora bien el diagrama de cuerpo libre).

Modelo pedagógico

El modelo pedagógico permite la interacción estudiante-profesor, también a estos dos actores del proceso de aprendizaje con el prototipo de software educativo y al estudiante con el dominio de conocimiento. El estudiante puede ingresar al software a través de la interfaz de comunicación estudiante – base de datos de registro, una vez registrado se le presenta el mapa de navegación, el cual es una representación ontológica del dominio de conocimiento; desde el mapa de navegación el estudiante puede ingresar a todas las páginas web, en las que se presenta de manera hipertextual el dominio de conocimiento específico seleccionado por él; una vez que ha comprendido el hipertexto debe regresar al mapa de navegación para continuar con el estudio de los otros nodos del mapa de navegación; cuando el estudiante considere que se encuentra preparado puede ingresar a la evaluación, en ésta se presentan diez inferencias que son seleccionadas de forma aleatoria de la base de datos de inferencias y que pertenecen al nivel de inferencia del grupo y la sesión que le corresponde al estudiante.

La interacción del estudiante con el dominio de conocimiento, tal como: nodo visitado, tiempo de lectura, inferencias presentadas en la evaluación, respuestas dadas por el estudiante y tiempos de respuesta son almacenados en la base de datos de registros. Esta base de datos puede ser consultada por el profesor y presentada al estudiante para la respectiva retroalimentación. La función principal del profesor es dirigir el proceso de interacción, orientar a los estudiantes cuando se requiera y retroalimentar a los estudiantes después de realizada la evaluación; en la figura 13 se presenta el diagrama del modelo pedagógico implementado en el software.

Los hipertextos se refieren a una organización no lineal y secuencial de la información, donde es el usuario el que decide el camino a seguir, y las relaciones a establecer entre los diferentes bloques informativos que se ofrecen, pudiendo en algunos de ellos incluso comprobar nuevas relaciones no previstas por el diseñador del programa²⁷.

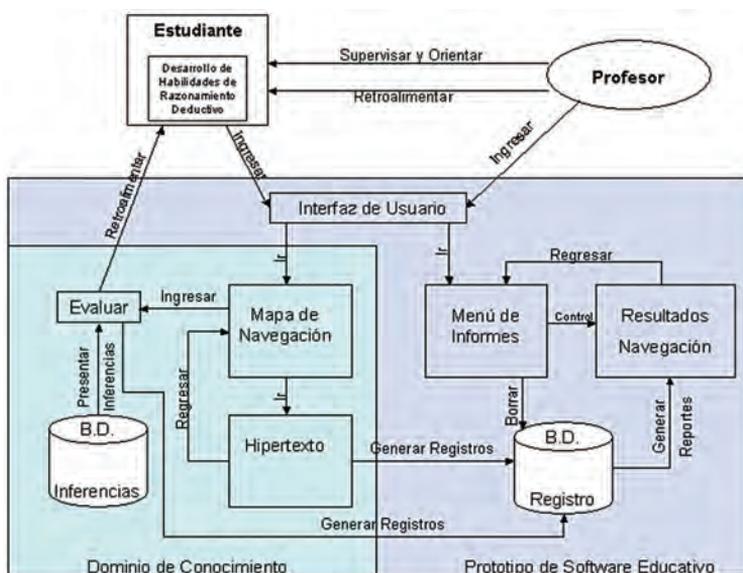


Figura 13. Modelo pedagógico del software educativo.

Se establece de lo anterior que el hipertexto es una nueva modalidad de presentar la información textual a los estudiantes, supone de entrada una

27 Cabero Almenara, Julio. *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación*. España: McGraw-Hill. 2007.

interacción de tipo no lineal donde el estudiante puede elegir entre una gran cantidad de opciones posibles. El acceso a la información ya no está limitado a la forma cerrada y lineal característica del libro o de otros medios de comunicación. En este caso el estudiante puede intervenir directamente y seleccionar la vía que mejor satisfaga sus necesidades de aprendizaje. Por tanto, el rasgo definitorio del hipertexto es la no-linealidad, que supone un modelo más parecido a como se da el funcionamiento de la mente humana y por tanto de cómo se logra el aprendizaje.

Con estos nuevos elementos el proceso de aprendizaje se transforma radicalmente debido a que puede cambiar totalmente la dinámica que se da dentro del salón de clases al permitir que los estudiantes interactúen directamente con los materiales, facilitando con ello la *construcción del conocimiento*, el desarrollo de habilidades para la investigación, o la colaboración entre compañeros de clases.

Diseño del *software* educativo

El software educativo se diseñó con el modelo Cliente/Servidor. A continuación se presentan algunas características que se deben tener en cuenta en la implementación del prototipo que se requiere para la investigación:

- El cliente y el servidor pueden actuar como una sola entidad y también pueden actuar como entidades separadas, realizando actividades o tareas independientes.
- Las funciones de cliente y servidor pueden estar en plataformas separadas, o en la misma plataforma.
- Un servidor da servicio a múltiples clientes en forma concurrente.
- Cada plataforma puede ser escalable independientemente. Los cambios realizados en las plataformas de los clientes o de los servidores, ya sean por actualización o por reemplazo tecnológico, se realizan de una manera transparente para el usuario final.
- La interrelación entre el hardware y el software está basada en una infraestructura poderosa, de tal forma que el acceso a los recursos de la red no muestra la complejidad de los diferentes tipos de formatos de datos y de los protocolos.
- Un sistema de servidores realiza múltiples funciones al mismo tiempo que presenta una imagen de un solo sistema a las estaciones clientes.

Esto se logra combinando los recursos de cómputo que se encuentran físicamente separados en un solo sistema lógico, proporcionando de esta manera el servicio más efectivo para el usuario final. También es importante hacer notar que las funciones cliente/servidor pueden ser dinámicas. Ejemplo, un servidor puede convertirse en cliente cuando realiza la solicitud de servicios a otras plataformas dentro de la red.

- Su capacidad para permitir integrar los equipos ya existentes en una organización, dentro de una arquitectura informática descentralizada y heterogénea.
- Además se constituye como el nexo de unión más adecuado para reconciliar los sistemas de información basados en mainframes o mini-computadores, con aquellos otros sustentados en entornos informáticos pequeños y estaciones de trabajo.
- Designa un modelo de construcción de sistemas informáticos de carácter distribuido.

La arquitectura cliente/servidor puede incluir múltiples plataformas, bases de datos, redes y sistemas operativos. Estos pueden ser de distintos proveedores, en arquitecturas propietarias y no propietarias y funcionando todos al mismo tiempo. En la figura 14 se presenta un ejemplo.

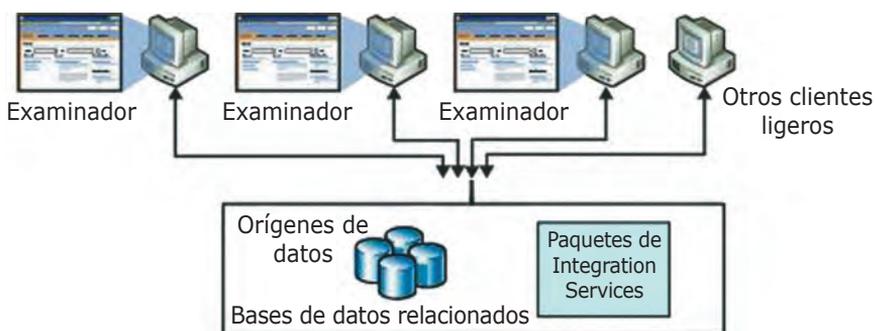


Figura 14. Modelo cliente/servidor.

Modelado UML: por su sigla en inglés UML, Unified Modeling Language, es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad; aun cuando todavía no es un estándar oficial, está apoyado en gran manera por el OMG (Object Management Group). Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software. UML ofrece un estándar para describir un *plano* del sistema (mo-

delo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocios y funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes de software reutilizables.

Es importante remarcar que UML es un *lenguaje* para especificar y no un método o un proceso, se utiliza para definir un sistema de software, para detallar los artefactos en el sistema y para documentar y construir en el lenguaje en que está descrito el modelo. Se puede aplicar en una gran variedad de formas para soportar una metodología de desarrollo de software (tal como el Proceso Unificado de Rational) pero no especifica en sí mismo qué metodología o proceso usar²⁸.

UML cuenta con varios tipos de diagramas, los cuales muestran diferentes aspectos de las entidades representadas.

- **Actores:** a continuación se describen los actores que participan en el prototipo de software educativo:

Estudiante y/o Usuario: es quien interactúa con todos los casos de uso y uno de los beneficiarios del prototipo del software educativo.

Tabla 2. Actor: estudiante.

Actor	Estudiante
Caso de Uso	Registrar estudiante, validar estudiante, consultar contenido, Sesión de inferencias
Tipo	Primario
Descripción	Es el actor principal, es cualquier estudiante y/o usuario que desee utilizar el prototipo de software educativo.

Base de datos local: interactúa con el caso de uso consultar información; contiene toda la información para desplegar todo el contenido sobre los cuerpos rígidos en equilibrio y todo el banco de inferencias para la sesión de evaluación.

28 UML http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_Unificado_de_Modelado, 07 de abril de 2007.

Tabla 3. Actor: base de datos local.

Actor	Base de datos local
Caso de Uso	Consultar información, informes
Tipo	Secundario
Descripción	Representa la base de datos local; donde se encuentra alojada toda la información sobre el tema de cuerpos rígidos en equilibrio, el banco de inferencias e informes

Profesor: Es quien interactúa con todos los casos de uso y uno de los beneficiarios del prototipo del software educativo.

Tabla 4. Actor: profesor.

Actor	Profesor
Caso de Uso	Registrar profesor, validar profesor, consultar contenido, consultar informes, consultar sesión de inferencias
Tipo	Primario
Descripción	Es el actor que se encarga de consultar los informes que genera el prototipo con base en los resultados que obtienen los estudiantes, también puede consultar la información para verificar su veracidad y la sesión de inferencias para verificar el nivel de las inferencias

Administrador: Es quien se encarga de la administración y mantenimiento del prototipo.

Tabla 5. Actor: administrador.

Actor	Administrador
Caso de Uso	Registrar administrador, validar administrador, consultar información, ingresar información, actualizar información
Tipo	Primario
Descripción	Es el actor que se encarga de actualizar el sistema (contenido, consultas, informes, usuarios)

Base de datos actualizada: Es quien almacena toda la información actualizada del prototipo (contenidos, consultas, informes, usuarios), es la base de datos que el administrador actualiza.

Tabla 6. Actor: base de datos actualizada.

Actor	Base de datos actualizada
Caso de Uso	Consultar información, informes
Tipo	Secundario
Descripción	Representa la base de datos actualizada; donde se encuentra alojada toda la información sobre el tema de cuerpos rígidos en equilibrio, el banco de inferencias e informes

Bases de datos de registros: registra y valida al administrador para permitir el ingreso y la actualización del prototipo; al profesor para permitir el ingreso al módulo de informes y al estudiante para entrar al modulo de consulta y la sesión de inferencias.

Tabla 7. Actor: base de datos de registros

Actor	Base de datos de registros
Caso de Uso	Registrar, validar (administrador, profesor, estudiante)
Tipo	Secundario
Descripción	Representa la base de datos de registros; donde se guarda la información relacionada con el administrador, profesor y estudiante.

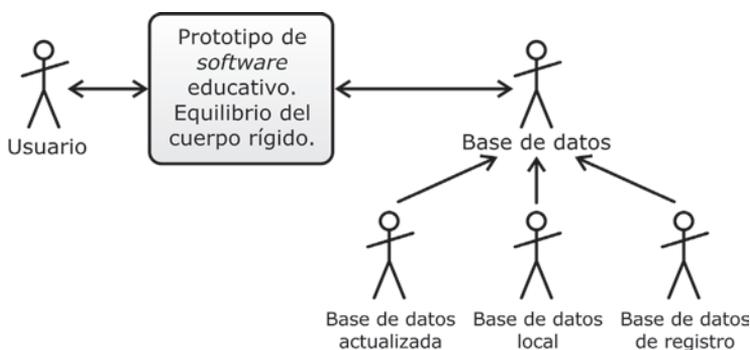


Figura 15. Actores.

- **Casos de uso:** a continuación se describen los diferentes casos de uso que se pueden presentar en el prototipo de *software* educativo.

Tabla 8. Caso de uso: registrar usuario.

Caso de Uso	Registrar usuario
Actores	Usuario, Base de datos de registros
Tipo	Inclusión
Propósito	Registrar al usuario, para ingresar al prototipo y consultar el contenido sobre estática e iniciar la sesión de inferencias
Resumen	El usuario se registra mediante su código USB y un grupo previamente asignado por el profesor, de esta forma accede a toda la información y a una determinada sesión de inferencias que se establece por el grupo asignado por el profesor en el momento en que el usuario va a iniciar su sesión
Precondiciones	El usuario debe tener un código USB y un grupo que le debe proveer el profesor.
Flujo Principal	<p>Se presenta la pantalla principal (Log-in) al usuario, donde se debe ingresar el código USB y escoger un grupo el cual le indica el docente.</p> <p>Los opciones de grupos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> Grupo AA Grupo BB Grupo CA Grupo CB Grupo CC Grupo CD <p>Se registra al usuario con su código USB y el grupo que se le asigna el usuario. Después de leer el contenido (equilibrio del cuerpo rígido) llega a una sesión de inferencias determinada por el grupo que se le asignó al momento del Log-in</p>
Subflujos	Ninguno
Excepciones	Si el usuario no posee un código USB y/o la contraseña, debe realizar el proceso de sacar el código USB o que el profesor le asigne códigos provisionales para utilizar el prototipo

Tabla 9. Caso de uso: validar profesor.

Caso de Uso	Validar profesor
Actores	Profesor, base de datos de registros
Tipo	Inclusión
Propósito	Validar al profesor ya registrado o creado en la base de datos, para ingresar al prototipo.
Resumen	El profesor inicia con un Log-in donde ingresa su nombre y cédula, estos se validan con la información de la base de datos para conceder el acceso al módulo de informes de resultados
Precondiciones	Se requiere que anteriormente el administrador del prototipo, cree al profesor en la base de datos, es decir que el administrador realice el caso de uso crear profesor
Flujo Principal	Se presenta la pantalla principal (Log-in) al profesor, donde se debe ingresar el nombre y la cédula. La opción es "entrar". Se valida al profesor y la cédula de ciudadanía. Después de la validación puede acceder al menú de informes de resultados
Sub-flujos	Ninguno
Excepciones	Si la validación no es exitosa, el administrador debe verificar los datos del profesor y actualizarlos o si no existe realizar el caso de uso crear profesor

Tabla 10. Caso de uso: consultar información.

Caso de Uso	Consultar información
Actores	Usuario, profesor, base de datos local
Tipo	Inclusión
Propósito	Permitir al usuario consultar toda la información sobre equilibrio del cuerpo rígido
Resumen	El usuario consulta todos los temas relacionados con el equilibrio del cuerpo rígido.

Precondiciones	Se requiere que anteriormente el usuario haya ingresado al prototipo registrándose al mismo
Flujo Principal	Se presenta una pantalla principal donde encuentra un mapa de navegación. Este está compuesto por botones que los llevan al contenido específico que desea consultar
Sub-flujos	Consultar inferencias
Excepciones	Ninguna

Tabla 11. Caso de uso: consultar informes.

Caso de Uso	Consultar Informes
Actores	Profesor, Base de datos de actualizada
Tipo	Inclusión
Propósito	Permitir al profesor consultar los informes que crea el prototipo a partir de las sesiones de trabajo de los usuarios
Resumen	El profesor consulta los diferentes informes que genera el prototipo, los informes contienen los resultados de las sesiones de trabajo que realizaron los usuarios
Precondiciones	Se requiere que anteriormente el profesor haya ingresado al prototipo con su respectiva validación
Flujo Principal	<p>Se presenta al profesor la pantalla principal donde encuentra un menú para seleccionar el informe que desea consultar.</p> <p>Las opciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> Grupo AA Grupo BB Grupo CA Grupo CB Grupo CC Grupo CD <p>Al seleccionar alguna de las opciones se presenta una pantalla donde encontrará todos los resultados y la gráfica global del resultado del grupo</p>
Subflujos	Consultar los detalles de la sesión de cada usuario
Excepciones	Sólo se pueden generar informes si ya se ha realizado al menos una sesión de trabajo

Tabla 12. Caso de uso: consultar inferencias.

Caso de Uso	Consultar inferencias
Actores	Usuario, Profesor, Base de datos de local
Tipo	Inclusión
Propósito	Permitir al usuario consultar el banco de inferencias que tiene el prototipo sobre estática, específicamente en equilibrio del cuerpo rígido
Resumen	El usuario después de consultar el contenido sobre equilibrio de cuerpo rígido pasa a la sesión de inferencias, las cuales están definidas por el código que ingresa al inicio de la sesión de trabajo
Precondiciones	Se requiere que el usuario haya ingresado al prototipo, sin embargo, no es obligatorio consultar la información puede empezar la sesión de inferencias sin haber leído nada
Flujo Principal	Se presenta una pantalla principal en donde va a encontrar la inferencia, la cual consta de dos premisas y una conclusión Las opciones son: Verdadero Falso Después de escoger una opción automáticamente pasa la siguiente inferencia. La sesión consta de 10 inferencias
Subflujos	Ninguno
Excepciones	El usuario debe terminar la sesión para poder salir del prototipo



Figura 16. Caso de uso: consultar información.



Figura 17. Caso de uso: consultar inferencias.

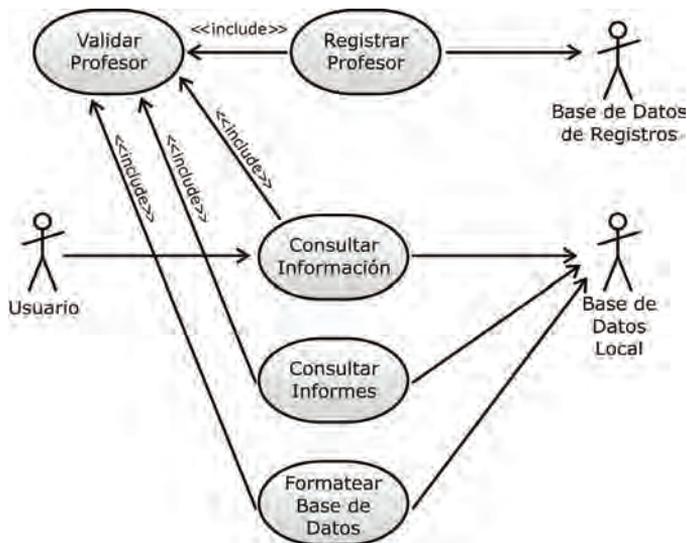


Figura 18. Caso de uso: profesor.

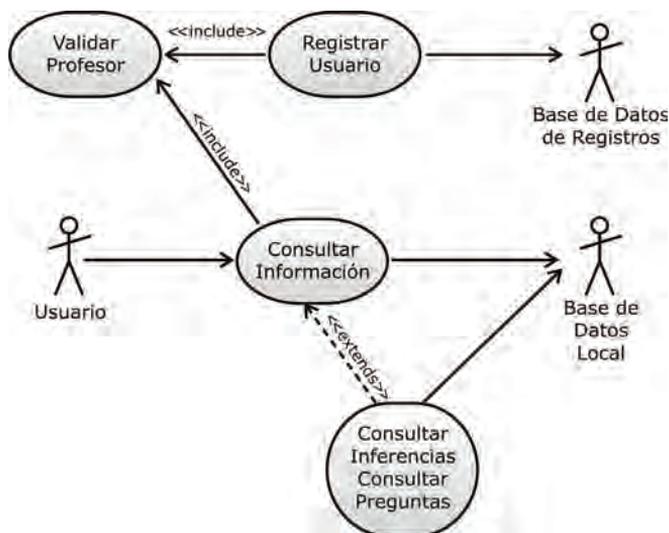


Figura 19. Caso de uso usuario.

- Diagrama de clases:** es el diagrama principal para el análisis y diseño; éste presenta las clases del sistema con sus relaciones estructurales y de herencia. La definición de clase incluye definiciones para atributos y operaciones. El modelo de casos de uso aportó la información necesaria para establecer las clases, los objetos, los atributos y las operaciones.

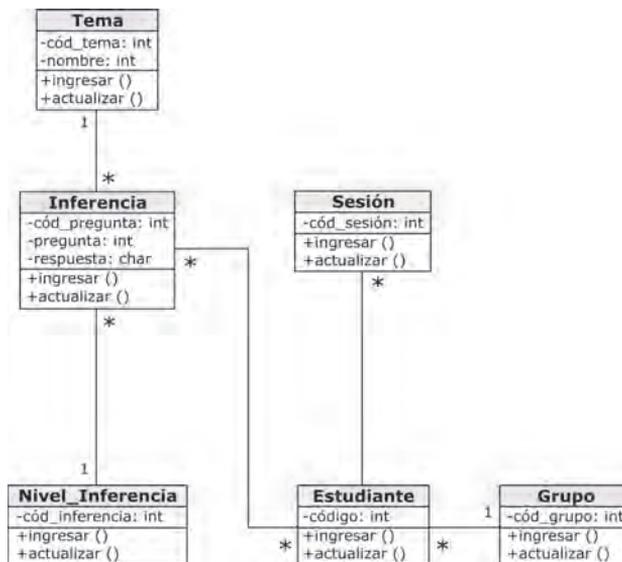


Figura 20. Diagrama de clases.

- **Asociaciones de clases:** la asociación expresa una conexión bidireccional entre objetos. Una asociación es una abstracción de la relación existente en los enlaces entre los objetos.
 - Un tema tiene múltiples inferencias.
 - Un nivel de inferencia tiene múltiples inferencias.
 - Una sesión tiene múltiples estudiantes.
 - Un estudiante tiene múltiples sesiones.
 - Un grupo tiene múltiples estudiantes.
 - Un estudiante tiene múltiples inferencias.
 - Una inferencia tiene múltiples estudiantes.

- **Diccionario de clases:** indica las características de cada clase.

Tema: se identifica con código, y un nombre. Un tema puede tener muchas inferencias.

Inferencia: se identifica con un código, una inferencia, una respuesta a la inferencia. Una inferencia pertenece a un nivel de inferencia.

Nivel Inferencia: se identifica con un código. Un nivel de inferencia puede tener muchas inferencias.

Sesión: se identifica con un código. Una sesión puede tener varios estudiantes.

Grupo: se identifica con un código. Un grupo puede tener varios estudiantes.

Estudiante: se identifica con un código. Un estudiante puede responder varias inferencias.

Diagrama de objetos: representa un conjunto de objetos y sus relaciones. Se utilizan para describir estructuras de datos, instantáneas de los elementos encontrados en los diagramas de clases. Cubre los mismos aspectos que los diagramas de clases pero desde una perspectiva de casos reales o prototípicos.

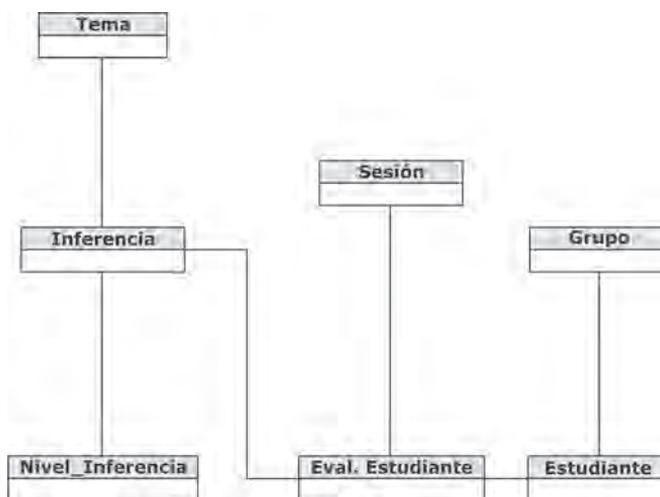


Figura 21. Diagrama de objetos.

Diagrama de componentes: este diagrama muestra cómo se comporta la aplicación una vez dado inicio a una sesión, el usuario debe ingresar su código y escoger el grupo que se visualiza en la interfaz. Los módulos se encargan del funcionamiento de la aplicación recolectando y almacenando la información en la base de datos local. Posteriormente el profesor inicia una sesión ingresando su nombre y número de cédula que se visualiza en la interfaz para trabajar el módulo de informes.

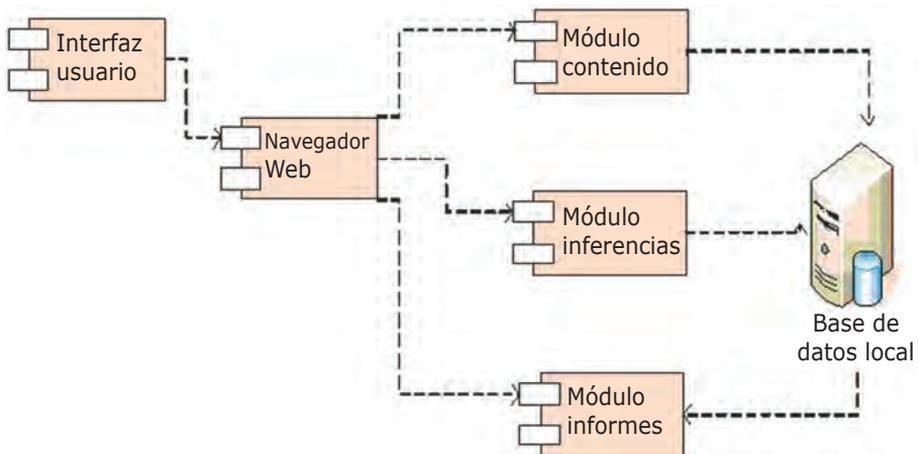


Figura 22. Diagrama de componentes.

Diagrama de despliegue: el usuario consulta la información libremente y la aplicación se encarga de recolectar y almacenar los datos en la Base de datos local, de esta forma se pueden generar los informes de consulta para el docente.

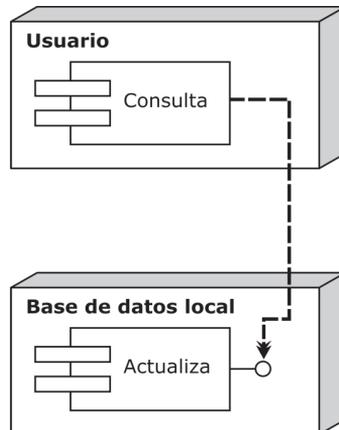


Figura 23. Diagrama de despliegue.

Base de datos: el diseño de bases de datos es el proceso por el que se determina la organización de una base de datos, incluidos su estructura, contenido y las aplicaciones que se han de desarrollar. A continuación se presenta el modelo conceptual de la base de datos.

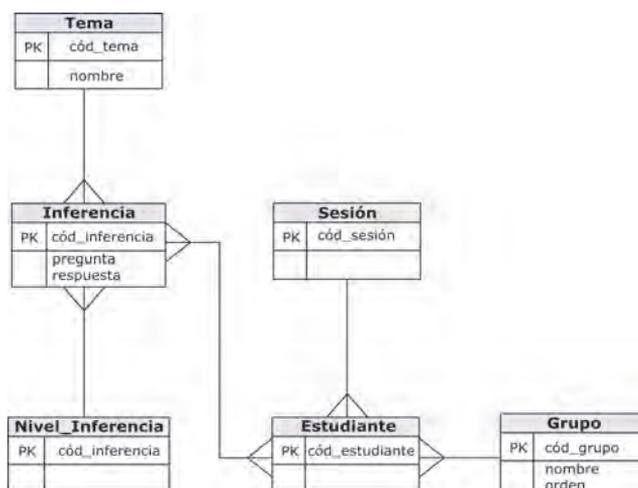


Figura 24. Modelo conceptual de la base de datos.

Validación del software educativo

El software educativo desarrollado fue sometido a evaluación por parte de docentes del área de mecánica quienes han trabajado la asignatura de mecánica vectorial durante varios semestres. También fue puesto en evaluación por un grupo de estudiantes seleccionados de forma aleatoria del total de estudiantes que cursaron la asignatura Mecánica Vectorial durante el primer semestre de 2007.

Validación de expertos: se llevó a cabo con tres profesores docentes del área de mecánica, uno de ellos con maestría en Ingeniería Mecánica y los otros dos profesores con especialización en Pedagogía y Docencia Universitaria. La validación determinó los cambios que se resumen en la tabla 13.

Tabla 13: Resultados del proceso de validación de expertos.

ASPECTOS	RECOMENDACIONES
Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la presentación de algunos conceptos referidos a los distintos tipos de soportes, especialmente los empleados en el espacio. Apoyar la explicación con el uso de imágenes y/o animaciones. Aumentar la cantidad de inferencias de cada nivel.

Esta tabla continua en la siguiente página →

ASPECTOS	RECOMENDACIONES
Pedagógicos	<ul style="list-style-type: none"> Permitir la retroalimentación de las inferencias que son contestadas por los estudiantes al final de cada sesión.
Académicos	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la explicación de algunos conceptos referidos a los distintos tipos de soportes, especialmente los empleados en el espacio. Incluir en la ontología jerárquica las diferentes denominaciones de los soportes empleadas por los autores de textos de Mecánica Vectorial (Beer, Bedford, Meriam, entre otros).

Validación de usuarios: fueron seleccionados cinco estudiantes que cursaron la asignatura *Mecánica Vectorial* del tercer semestre de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de San Buenaventura. Los resultados de la validación se presentan en la tabla 14.

Tabla 14: Resultados del proceso de validación de usuarios.

ASPECTOS	RECOMENDACIONES
Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> Equilibrar la cantidad de texto e imágenes en cada página. Aumentar el tamaño de la letra. Cambiar los colores del mapa de navegación.
Pedagógicos	<ul style="list-style-type: none"> Más claridad en algunos temas. Colocar texto a los ejemplos gráficos.
Académicos	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar el <i>software</i> con todas las unidades temáticas del curso de Mecánica Vectorial.

El aplicativo Web

Después de la validación por los expertos y por los usuarios, la versión del *software* educativo empleada en la investigación se presenta a continuación.

Página de inicio del estudiante: en esta el estudiante ingresa el código de la Universidad de San Buenaventura y selecciona el grupo al que fue asignado. En la figura 25 se presenta la página de inicio (Log-in).



Figura 25. Página de inicio del estudiante.

Mapa de navegación: una vez que se ha registrado el estudiante y se valida la información en la base de datos, el software le presenta el menú principal o mapa de navegación, desde el cual se puede acceder a cada una de las páginas hipertextuales con el contenido de la unidad temática de *equilibrio del cuerpo rígido*. En la figura 26 se presenta el mapa de navegación.

El mapa de navegación es más amplio que el espacio disponible en la pantalla, por ello es necesario desplazarse verticalmente en la página para acceder a todas las opciones de navegación.

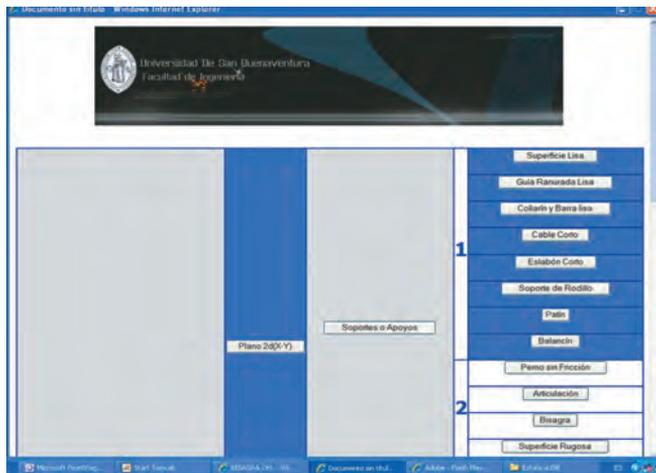


Figura 26. Mapa de navegación.

En la figura 27 se presenta la continuación del mapa de navegación. Allí se puede observar en la parte inferior izquierda el botón que da acceso a la evaluación. Esta se puede responder en cualquier momento; sin embargo, durante la experimentación se controló que se hiciera al final de la sesión de trabajo.

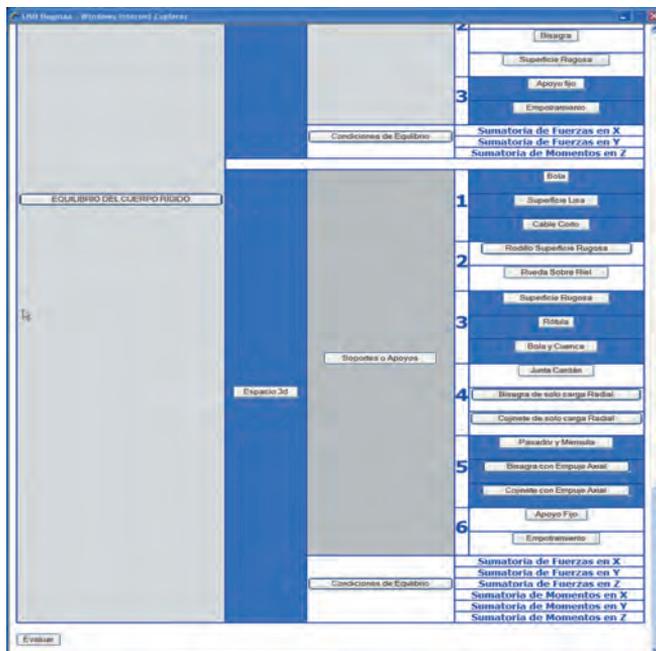


Figura 27. Mapa de navegación (Continuación).

Hipertextos: el estudiante puede acceder a cada uno de los hipertextos desde el mapa de navegación, las páginas web con los hipertextos tienen una organización similar: en la parte superior el título, enseguida la descripción textual, a continuación una ilustración gráfica que complementa la explicación textual, posteriormente un ejemplo presentado con texto e imagen, finalmente el botón para regresar al menú principal o mapa de navegación.

En la figura 28 se presenta la página correspondiente a la junta cardán.

Universidad De San Buenaventura
Facultad de Ingeniería

Junta Universal o Cardán

El **cardán** es un componente mecánico que permite unir dos ejes que giran en ángulo uno respecto del otro. Su objetivo es transmitir el movimiento de rotación de un eje al otro a pesar de ese ángulo. En los vehículos de motor se suele utilizar como parte del árbol de transmisión, que lleva la fuerza desde el motor situado en la parte delantera del vehículo hacia las ruedas traseras. El principal problema que genera el cardán es que, por su configuración, el eje al que se le transmite el movimiento no gira a velocidad angular constante.

Soporte	Reacción
Junta o unión universal	Tres componentes de fuerza y un par

Ejemplo:

En la figura se muestran dos ejes unidos en C mediante una junta cardán. Esta permite que los dos ejes giren sobre los cojinetes y se pueda transmitir la potencia entre ejes no colineales

Diagrama de un eje con una junta cardán conectando dos ejes en A y E. El eje AB tiene una longitud de 5 in. El eje CE tiene una longitud de 6 in. El eje CD tiene una longitud de 4 in. El eje CE está inclinado 30° respecto al eje horizontal. El eje AB está en un plano horizontal. El eje CE está en un plano vertical. El eje CD es el eje de la junta cardán. El eje CE gira a 300 rpm.

Menu

Universidad de San Buenaventura Bogotá

Figura 28. Hipertexto de la junta cardán.

Evaluación: después de revisar el contenido de los hipertextos el estudiante debe pasar al módulo de evaluación, allí se le presentan diez inferencias, las cuales pueden ser de primer, segundo o tercer nivel, según corresponda al grupo y/o sesión. El estudiante debe contestar falso o verdadero. En la figura 29 se presenta la página de evaluación.

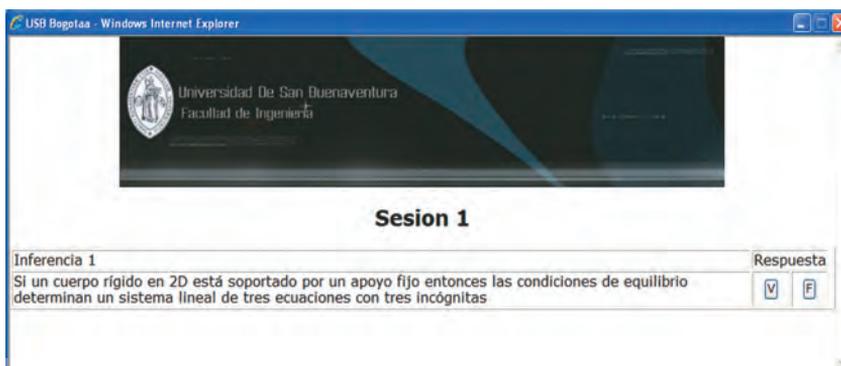


Figura 29. Página de evaluación.

Finalización de sesión: cuando el estudiante termina de responder las inferencias, el software le indica que la sesión ha finalizado. En la figura 30 se presenta la página que indica la finalización de la sesión.



Figura 30. Finalización de sesión.

Página de inicio del profesor: el profesor puede acceder al menú de informes a través de la página de inicio del profesor. En la figura 31 se presenta la página de inicio del profesor.



Figura 31. Página de inicio del profesor.

Menú de informes: una vez que el profesor se ha identificado y la base de datos valida la información, éste puede acceder al menú de informes. En la figura 32 se muestra la página del menú de informes.

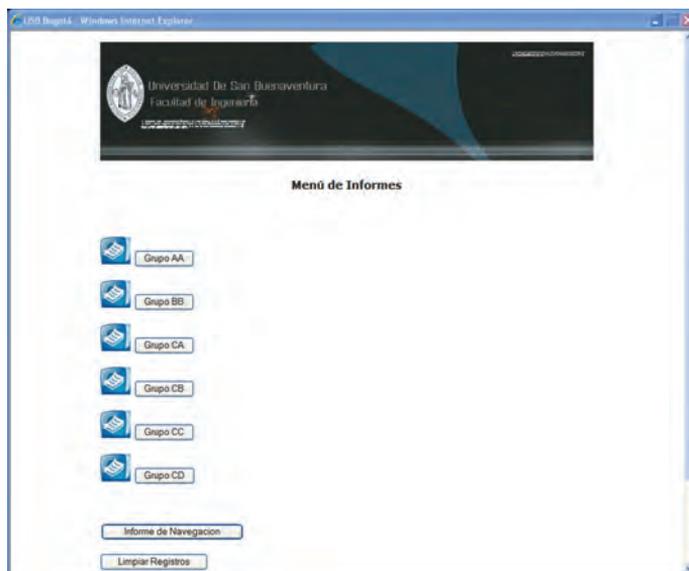


Figura 32. Menú de informes.

Resultados globales: desde el menú de informes, el profesor puede ingresar a cada uno de los grupos y ver los resultados globales de la evaluación hecha por los estudiantes en cada una de las sesiones.

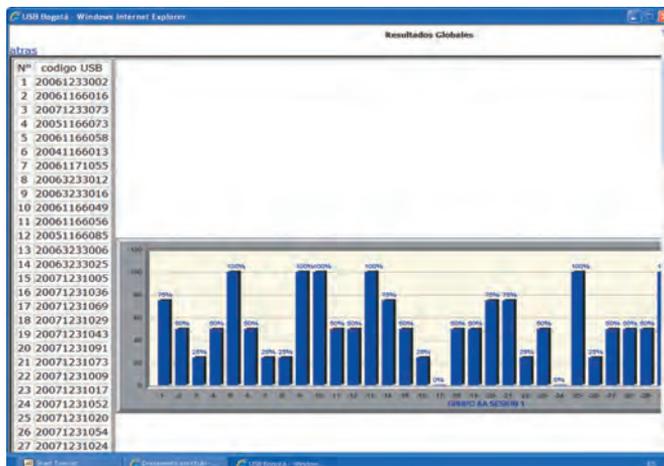


Figura 33. Resultados globales.

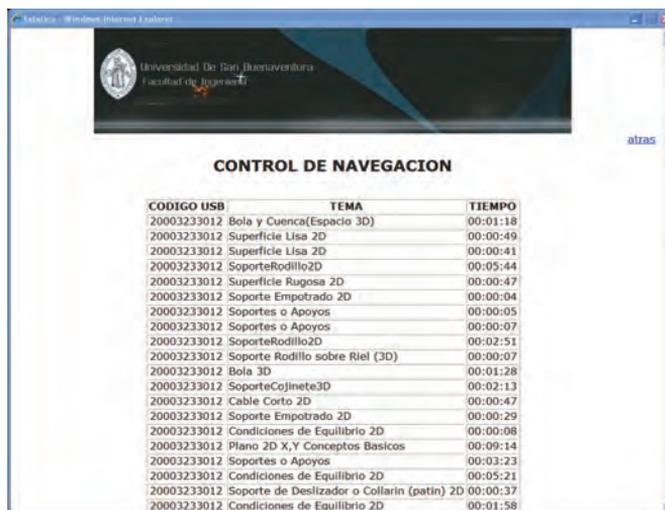
Resultados detallados: desde la página de los resultados globales se puede ingresar a la página que presenta los resultados detallados, allí el profesor puede ver las inferencias que se le presentaron a cada estudiante, la respuesta dada por éste y el tiempo empleado para responder.

INFERENCIA	RESPUESTA USUARIO	RESPUESTA CORRECTA	TIEMPO
Si un cuerpo rígido en 3D está soportado por dos rótulas y un cable corto entonces está en equilibrio	V	V	00:00:24
Si un cuerpo rígido en el espacio está soportado por un apoyo de bola y cuenca, y tres cables cortos entonces está en equilibrio	V	V	00:00:11
Si un cuerpo rígido en el plano está soportado únicamente por una unión de pasador entonces no está en equilibrio	F	V	00:00:13
Si un cuerpo rígido en el plano está soportado por tres cables cortos con línea de acción paralelas entonces está en equilibrio	V	F	00:00:12
Si un cuerpo rígido en el plano está soportado únicamente por un rodillo entonces está en equilibrio	F	F	00:00:07
Si un cuerpo rígido en el plano está soportado únicamente por un rodillo entonces no está en equilibrio	V	V	00:00:11
Si un cuerpo rígido en el plano está soportado por dos apoyos fijos entonces está en equilibrio	V	V	00:00:11
Si un cuerpo rígido en el espacio está soportado por un apoyo de bola y cuenca, y tres cables cortos entonces está en equilibrio	V	V	00:00:10
Si un cuerpo rígido en el plano está soportado únicamente por una unión de pasador entonces no está en equilibrio	V	V	00:00:08
Si un cuerpo rígido en 2D está soportado por un apoyo fijo y un cable corto entonces no está estáticamente indeterminado	F	F	00:00:19

PROMEDIO 80.0%

Figura 34. Resultados detallados

Informe de navegación: desde el menú de informes también se puede acceder a la página que presenta el informe de navegación. Allí se encuentra en orden de código de estudiantes el listado de las páginas que visito y el tiempo empleado en el estudio de cada una.



CODIGO USB	TEMA	TIEMPO
20003233012	Bola y Cuenca(Espacio 3D)	00:01:18
20003233012	Superficie Lisa 2D	00:00:49
20003233012	Superficie Lisa 2D	00:00:41
20003233012	SoporteRodillo2D	00:05:44
20003233012	Superficie Rugosa 2D	00:00:47
20003233012	Soporte Empotrado 2D	00:00:04
20003233012	Soportes o Apoyos	00:00:05
20003233012	Soportes o Apoyos	00:00:07
20003233012	SoporteRodillo2D	00:02:51
20003233012	Soporte Rodillo sobre Riel (3D)	00:00:07
20003233012	Bola 3D	00:01:28
20003233012	SoporteCojinete3D	00:02:13
20003233012	Cable Corto 2D	00:00:47
20003233012	Soporte Empotrado 2D	00:00:29
20003233012	Condiciones de Equilibrio 2D	00:00:08
20003233012	Plano 2D X,Y Conceptos Basicos	00:09:14
20003233012	Soportes o Apoyos	00:03:23
20003233012	Condiciones de Equilibrio 2D	00:05:21
20003233012	Soporte de Deslizador o Collarin (patin) 2D	00:00:37
20003233012	Condiciones de Equilibrio 2D	00:01:58

Figura 35. Informe de navegación.

Limpiar registros: desde el menú de informes, el profesor puede limpiar los registros de la base de datos correspondientes a la interacción de los estudiantes con el software.



Se dispone a eliminar todos los registros, digite su nombre y cedula para continuar [Atras](#)

Nombre:

Cedula:

Universidad de San Buenaventura Bogotá

Figura 36. Limpiar registros.

Por seguridad antes de realizar el borrado, el profesor debe confirmar sus datos. Posteriormente, el software confirma la eliminación de los registros.



Figura 37. Confirmación de eliminación de registros.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS, ANÁLISIS Y CONCLUSIONES



En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en el pretest y el postest, el análisis y la interpretación de acuerdo con los antecedentes y las teorías, se plantean algunas proyecciones que surgen del proyecto y se establecen las conclusiones.

Análisis de resultados

Los resultados permiten poner a prueba las hipótesis planteadas en la investigación, las cuales se presentan aquí para facilitar el análisis de los resultados de las pruebas de hipótesis.

- H1. Las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de sólo tercer nivel son más altas frente a las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de los tres niveles en orden ascendente.
- H2. Las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de sólo tercer nivel son más altas frente a las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de los tres niveles en orden aleatorio.
- H3. No existe diferencia significativa en las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por estudiantes que utilizaron ambientes computacionales que presentan los tres niveles de inferencias en diferente orden (ascendente y aleatorio).

Análisis de resultados del pretest: los resultados obtenidos en el pretest se resumen en la tabla 15. En ésta se puede observar la media aritmética y el número de individuos de cada grupo.

Tabla 15. Resultados del pretest.

GRUPO	PRE_TEST	Valid N
A	69,42857	35
B	68,23810	35
C	69,58334	36
All Groups	69,08805	106

El grupo C (empleó un escenario de estudio con inferencias de los tres niveles en orden aleatorio) tiene la media más alta con un valor de 69,58 y el grupo B (empleó un escenario de estudio con inferencias de los tres niveles en orden ascendente) tiene la media más baja con un valor de 68,23; la diferencia entre estos dos valores es de aproximadamente 1,35. La diferencia entre el valor máximo y mínimo es pequeña; sin embargo, se debe realizar la prueba F para confirmar la homogeneidad de los grupos.

Los resultados obtenidos de la prueba F en el software STATISTICA se presentan en la tabla 16.

Tabla 16. Pretest prueba F.

Effect	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	2	19,08711	103	141,8695	,134540	,874271

De la prueba se puede observar que el valor de F es de 0,134540 y el valor de p es de 0.874271, con lo cual se establece que no hay diferencias significativas entre los grupos y con ello se determina la homogeneidad de los mismos.

En la figura 38 se presenta un diagrama de cajas con los valores de la media, la desviación estándar y el error estándar de cada uno de los grupos.

Allí se aprecia que los rectángulos que representan el error estándar se intersecan y por esto se establece que no hay diferencias significativas entre los grupos.

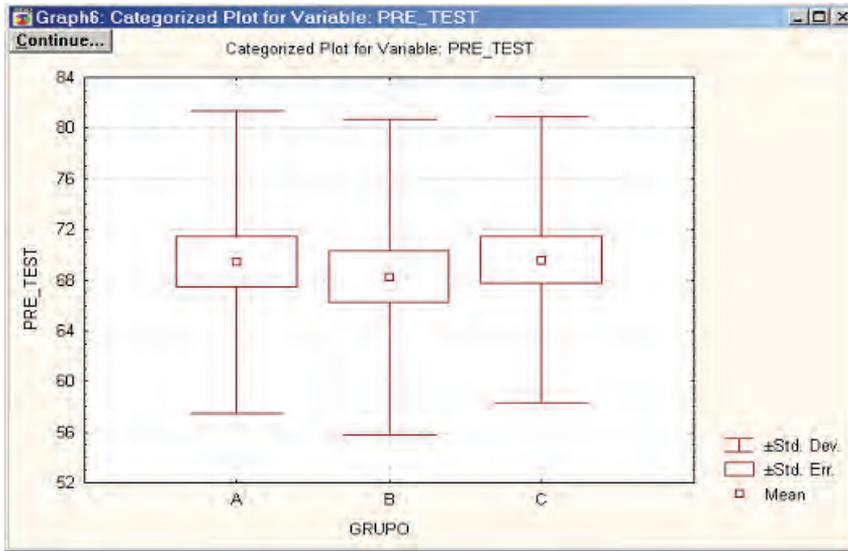


Figura 38. Diagrama de cajas para el pretest.

Análisis de resultados del postest: los resultados obtenidos en el postest se resumen en la tabla 17. En ésta se puede observar la media aritmética y el número de individuos de cada grupo.

Tabla 17. Resultados del postest.

Means (nelson.sta)		
1 Dependent Variable		
GRUPO	POS TEST	Valid N
A	85,40952	35
B	80,66666	35
C	81,26852	36
All Groups	82,43710	106

El grupo A (empleó un escenario de estudio con inferencias de tercer nivel únicamente) tiene la media más alta con un valor de 85,41 y el grupo B (empleó un escenario de estudio con inferencias de los tres niveles en orden

ascendente) tiene la media más baja con un valor de 80,66; la diferencia entre estos dos valores es de aproximadamente 4,74. La diferencia entre el valor máximo y mínimo es mayor que la obtenida en el pretest; aún no se puede afirmar si la diferencia es significativa y por ello se debe realizar la prueba de hipótesis F.

Los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis F en el software STATISTICA se presentan en la tabla 18.

Tabla 18. Postest prueba F.

Effect	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	2	234.0509	103	69.93399	3.346740	.039067

De la prueba se puede observar que el valor de F es de 3.346740, mayor de 1, además el valor de p es menor de 0,05 con lo cual se establece que si hay diferencias significativas entre los grupos y con ello se determina la necesidad de hacer comparaciones por parejas de grupos.

- Comparación de resultados entre el grupo A y el grupo B:** al comparar los resultados del postest obtenidos por el grupo A con los obtenidos por el grupo B se encuentra que el desempeño del grupo A (85,40952) fue mayor que el desempeño del grupo B (80,66666). En la figura 39 se puede ver la gráfica de las medias de estos dos grupos.

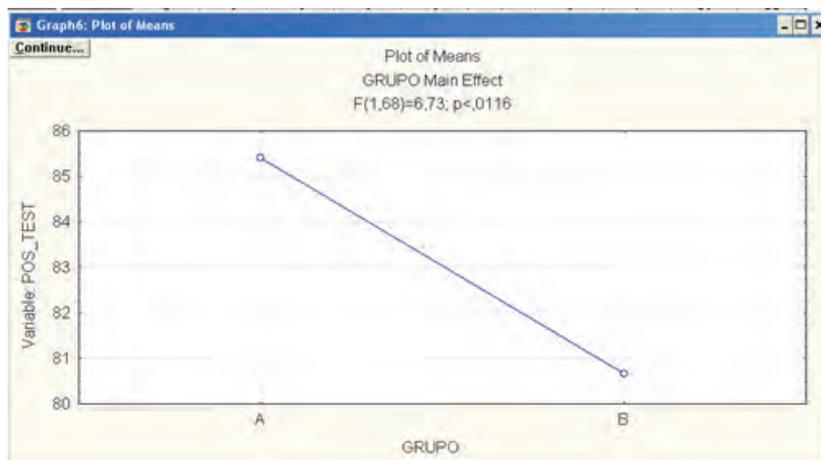


Figura 39. Gráfica de medias entre A y B.

Al aplicar la prueba de hipótesis F entre el grupo A y el grupo B se obtiene un valor F de 6,734323 con lo que se establece que si hay diferencia significativa, en este caso a favor de A que presenta la media más alta. El valor de p es de 0,011576 menor de 0,05. En la tabla 19 se muestran los resultados.

Tabla 19. Prueba F entre A y B.

Summary of all Effects; design: (f a b.sta)						
1-GRUPO						
Effect	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	1	393.6571	68	58.45535	6.734323	.011576

- Comparación de resultados entre el grupo A y el grupo C:** al comparar los resultados del postest obtenidos por el grupo A con los obtenidos por el grupo C se encuentra que el desempeño del grupo A (85,40952) fue mayor que el desempeño del grupo C (81,26852). En la figura 40 se puede ver la gráfica de las medias de estos dos grupos.

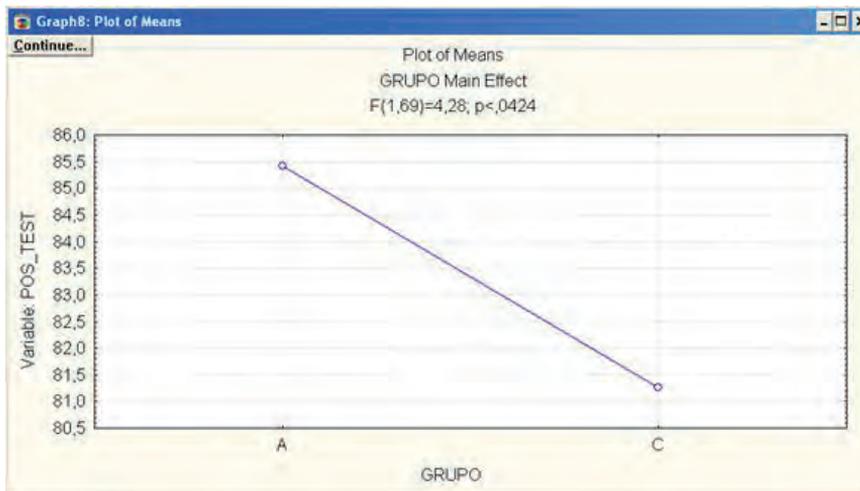


Figura 40. Gráfica de medias entre A y C.

Al aplicar la prueba de hipótesis F entre el grupo A y el grupo C se obtiene un valor F de 4,276160 con lo que se establece que si hay diferencia significativa, en este caso a favor de A que presenta la media más alta. El valor de p es de 0,042402 menor de 0,05. En la tabla 20 se muestran los resultados.

Tabla 20. Prueba F entre A y C.

Summary of all Effects; design: (f a c.sta)						
Effect	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	1	304,3153	69	71,16556	4,276160	,042402

- Comparación de resultados entre el grupo B y el grupo C:** al comparar los resultados del postest obtenidos por el grupo B con los obtenidos por el grupo C se encuentra que el desempeño del grupo B (80,66666) fue menor que el desempeño del grupo C (81,26852). En la figura 41 se muestra la gráfica de las medias de estos dos grupos.

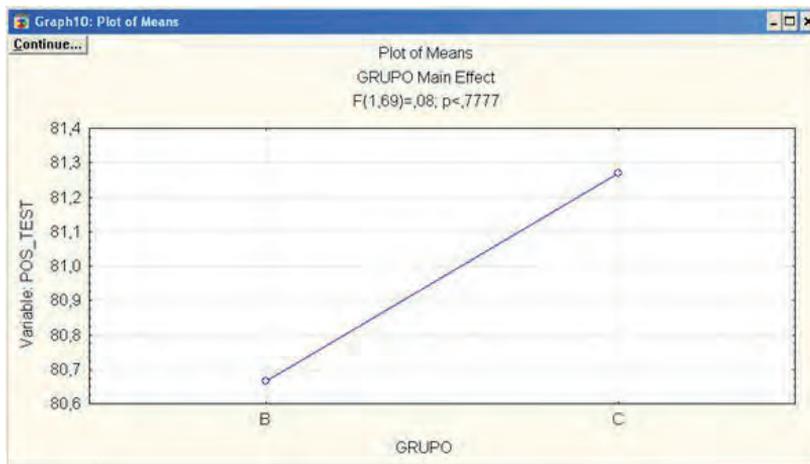


Figura 41. Gráfica de medias entre B y C.

Al aplicar la prueba de hipótesis F entre el grupo B y el grupo C se obtiene un valor F de 0,080338 , menor de 1 con lo que se establece que no hay diferencia significativa entre los grupos. El valor de p es de 0,777688 mayor de 0,05. En la tabla 21 se muestran los resultados

Tabla 21. Prueba F entre B y C.

Summary of all Effects; design: (f b c.sta)						
Effect	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
1	1	6,428230	69	80,01472	,080338	,777688

En la figura 42 se presenta un diagrama de cajas con los valores de la media, la desviación estándar y el error estándar de los grupos A, B y C. Allí se aprecia que el rectángulo que representa el error estándar del grupo A no se interseca con los rectángulos que representan el error estándar de los grupos B y C, por lo que se establece que si hay diferencias significativas entre los grupos A y B, y entre los grupos A y C, en ambos casos a favor del grupo A. Por el contrario los rectángulos que representan el error estándar de los grupos B y C se intersecan entre sí, por lo que se confirma que entre estos dos grupos no hay diferencias significativas.

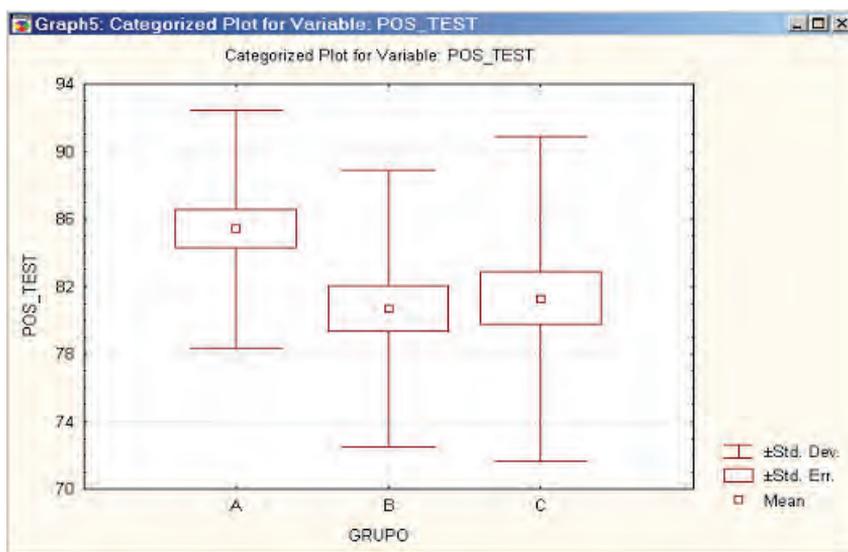


Figura 42. Diagrama de cajas para el postest.

Validación de hipótesis

Luego de analizar los resultados obtenidos en el postest, específicamente la prueba de hipótesis F, se puede establecer lo siguiente:

Se valida la hipótesis H1

La hipótesis H1 fue formulada así:

H1. Las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de sólo tercer nivel son más altas frente a las habi-

lidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de los tres niveles en orden ascendente.

Vale la pena recordar que:

- el grupo A empleó un escenario de estudio en el que se incluyeron únicamente inferencias de tercer nivel [3].
- el grupo B empleó un escenario de estudio con los tres niveles de inferencia en orden ascendente [1, 2, 3].
- el grupo C empleó un escenario de estudio con los tres niveles de inferencia en orden aleatorio.

En la hipótesis H1 se compara el desempeño de los grupos A y B. En ésta se establece que el desempeño de A es más alto que el de B; de acuerdo con los resultados de la prueba de hipótesis F efectuada entre los grupos A y B se encontró que existen diferencias significativas a favor del grupo A. (Ver tabla 19).

Se valida la hipótesis H2

La hipótesis H2 fue formulada así:

H2. Las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de sólo tercer nivel son más altas frente a las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por los estudiantes que utilizaron un ambiente computacional con inferencias de los tres niveles en orden aleatorio.

En la hipótesis H2 se compara el desempeño de los grupos A y C. En ésta se establece que el desempeño de A es más alto que el de C; de acuerdo con los resultados de la prueba de hipótesis F efectuada entre los grupos A y C se encontró que existen diferencias significativas a favor del grupo A. (Ver tabla 20).

Se valida la hipótesis H3

La hipótesis H3 fue formulada así:

H3. No existe diferencia significativa en las habilidades de razonamiento deductivo desarrolladas por estudiantes que utilizaron ambientes computacionales que presentan los tres niveles de inferencias en diferente orden (ascendente y aleatorio).

En la hipótesis H3 se compara el desempeño de los grupos B y C. En ésta se establece que el desempeño de B es similar al de C; de acuerdo con los resultados de la prueba de hipótesis F efectuada entre los grupos B y C se encontró que no existen diferencias significativas entre los dos grupos (Ver tabla 21).

Análisis de resultados de acuerdo con la teoría y los antecedentes

Los mejores resultados obtenidos por el grupo A que estudió únicamente inferencias de tercer nivel permiten afirmar que cuando un individuo es entrenado con inferencias de tercer nivel, debe construir varios modelos mentales para generar la conclusión, y si esto se hace durante tres sesiones de trabajo, se logran desarrollar mejores habilidades de razonamiento deductivo que cuando se entrena con inferencias de tercer nivel en una sesión únicamente y en las otras dos sesiones con niveles de inferencia de menor exigencia cognitiva.

Lo anterior está muy de acuerdo con la Teoría de los Modelos Mentales Lógicos que establece que la complejidad de una inferencia está directamente relacionada con la cantidad de modelos mentales que debe representar el individuo para generar la conclusión, lo cual es reafirmado por Leighton J. en la investigación sobre *la enseñanza de las habilidades de razonamiento deductivo y su determinación*. Allí se establece que un silogismo indeterminado (categórico o condicional) requiere la creación de dos o tres representaciones mentales y es más complejo de solucionar que un silogismo determinado que únicamente requiere de una representación mental.

Los resultados obtenidos en esta investigación, en la cual el mejor desempeño lo presenta el grupo que utilizó únicamente inferencias de tercer nivel confirma que fue una muy buena decisión descartar los escenarios de estudio con inferencias de sólo primer nivel e inferencias de sólo segundo nivel; lo cual se hizo a partir de los resultados de la investigación del grupo TECNICE denominada *Agentes de software generadores de preguntas y el desarrollo*

de la competencia cognitiva de hacer inferencias: la comprensión y la inferencia en diferentes niveles de profundidad en ambientes hipermediales, pues en ella se determinó que el grupo con el rendimiento más alto fue el que trabajó únicamente el hipertexto (sin inferencias), después le sigue el grupo que pudo configurar la cantidad de inferencias de los tres niveles (no hay información disponible sobre cómo fue la configuración de la cantidad de inferencias de los tres niveles), enseguida se encuentra el grupo que trabajó únicamente inferencias de tercer nivel.

El hecho de que no se hayan establecido diferencias significativas en el desempeño de los grupos B y C, quienes trabajaron los tres niveles de inferencia en orden ascendente y aleatorio revalida los resultados de la investigación adelantada por el profesor Maldonado, la cual se tituló *La complejidad en la solución de problemas: niveles de complejidad en problemas de geometría dinámica*, en la que los estudiantes alcanzan niveles de aprendizaje similares independientemente del orden en cuanto al nivel de complejidad en que solucionan los problemas.

Perspectivas

El trabajo de investigación desarrollado abre nuevas perspectivas de futuras investigaciones, algunas que se plantean son:

- Involucrar algunos parámetros como variables que dentro de la experimentación permanecieron fijos (número de sesiones por grupo, número de inferencias por sesión, retroalimentación [con y sin] de las inferencias, entre otras).
- Incursionar con los silogismos condicionales y categóricos como formas de razonamiento deductivo.
- Combinar inferencias textuales y gráficas en la evaluación.
- Hacer un análisis de información verbal con algunos estudiantes que participaron en la investigación.
- Involucrar las técnicas de tomografía por emisión de protones PET y/o imágenes por resonancia magnética fMRI empleadas desde la neurociencia y estudiar la neuroanatomía del cerebro cuando un individuo realiza procesos de razonamiento deductivo.

Conclusiones

1. La representación de la unidad temática *equilibrio de cuerpo rígido*, es decir, el dominio de conocimiento a través de una ontología jerárquica sugirió a los estudiantes un orden de estudio, empezando por el nodo de mayor jerarquía (superior) y luego por los siguientes en orden jerárquico hasta lograr un barrido total de todo el mapa de navegación. Lo anterior permitió en los estudiantes construir una representación mental sobre el dominio de conocimiento similar al mapa de navegación y esto facilitó la comprensión conceptual, así como la asimilación de las relaciones entre los nodos, lo que fue evidenciado en las pruebas que se realizaron para evaluar esta unidad temática en el curso regular de la carrera.
2. El diseño del prototipo de software educativo se realizó con la metodología UML (Lenguaje Unificado de Modelado) y al seguirla paso a paso permitió evidenciar claramente los elementos que darían cumplimiento a los requerimientos del usuario, de esto se determinó la necesidad de implementar varias bases de datos en las que se almacenaría la información fija (estática) y la cambiante (dinámica), así como la implementación del modelo pedagógico y la interfaz del usuario. La metodología UML resultó ser una buena herramienta a pesar de las limitaciones del investigador en su formación sobre desarrollo de *software*.
3. La validación del prototipo de software educativo por parte de expertos y usuarios fue fundamental, pues permitió identificar algunas falencias del prototipo y su posterior corrección. Esta validación garantiza la validez de la experimentación realizada, así como de los resultados obtenidos.
4. La aplicación del pretest a los grupos experimentales una vez conformados verificó la homogeneidad de los mismos y permitió empezar la experimentación. La aplicación del pretest le da mayor rigurosidad al proceso investigativo y garantiza la validez del experimento, y por tanto de los resultados obtenidos.
5. Al aplicar la prueba de hipótesis F a los resultados obtenidos en el pretest para determinar la homogeneidad de los grupos se obtuvo un valor F de 0,134540 y un valor p de 0.874271, lo que confirma que no hay diferencias significativas en el desempeño académico de los estudian-

tes en la prueba. Por lo anterior se puede afirmar que la conformación de los tres grupos de manera aleatoria tomando elementos de los cuatro grupos de clase y la validación de expertos de los instrumentos de evaluación empleados en el pretest garantizan una buena confiabilidad y validez de los resultados obtenidos.

6. El estudio del dominio de conocimiento en el software educativo, permitió a los estudiantes mejorar su comprensión de la temática, lo que se reflejó en la resolución de problemas con mayor propiedad y en el mejor desempeño en las pruebas escritas en la clase de Mecánica Vectorial efectuadas para la evaluación del curso.
7. Los resultados del postest determinaron que el grupo A que utilizó un escenario de estudio con inferencias de tercer nivel únicamente fue el que presentó el desempeño más alto con una media de 85,41, por lo que se puede concluir que: *cuando un individuo es entrenado con inferencias de tercer nivel, debe construir varios modelos mentales para generar la conclusión, y si esto se hace durante todas las sesiones de trabajo, se logran desarrollar mejores habilidades de razonamiento deductivo que cuando se entrena con inferencias de tercer nivel en una sesión únicamente y en las otras sesiones se entrena con inferencias de segundo y primer nivel, las cuales requieren un menor esfuerzo cognitivo*. Lo anterior está muy de acuerdo con la Teoría de los Modelos Mentales Lógicos que establece que la complejidad de una inferencia está directamente relacionada con la cantidad de modelos mentales que debe representar el individuo para generar la conclusión, lo cual es reafirmado por Leighton J. en la investigación *la enseñanza de las habilidades de razonamiento deductivo y su determinación* desarrollada en el año 2006.
8. Al comparar el desempeño académico en el postest del grupo B que empleó un escenario de estudio con inferencias de primer, segundo y tercer nivel en orden ascendente con el desempeño académico en el postest del grupo C que empleó un escenario de estudio con inferencias de primer, segundo y tercer nivel en orden aleatorio se obtuvo un valor F de 0,080338 y un valor p de 0,777688, lo que determina que no hay diferencias significativas entre estos grupos y se reafirma lo planteado en la conclusión anterior. Además concuerda con los resultados obtenidos por Luis Maldonado en la investigación *La complejidad en la solu-*

ción de problemas: niveles de complejidad en problemas de geometría dinámica desarrollada en el año 2005.

9. De acuerdo con las conclusiones obtenidas, se puede inferir que un ambiente computacional es una buena herramienta para el aprendizaje de los individuos, pero es de mayor impacto cuando con este ambiente computacional las personas desarrollan sus habilidades cognitivas.

ANEXOS



Anexo A

Pretest

Prueba escrita

Apreciado estudiante:

A continuación encontrará una serie de preguntas que usted debe responder en la hoja de respuestas. No haga ninguna marca en este cuadernillo. Si requiere hacer algún diagrama o anotación, por favor solicite hojas blancas al docente.

El objetivo de esta prueba es verificar el nivel cognitivo en el que se encuentran los grupos experimentales que trabajarán en la investigación sobre desarrollo de habilidades de razonamiento deductivo.

1. Juan es más bajo que Pedro, pero más alto que Miguel. Miguel es más bajo que Juan, pero más alto que Roberto. ¿Quién es el más alto y quién le sigue en altura?
2. María está aprendiendo idiomas y considera que el ruso es más difícil que el alemán. Considera además que el italiano es más fácil que el francés y que el alemán es más difícil que el francés. Según María, ¿cuál es el idioma más fácil y cuál es el más difícil?
3. Gloria y Virginia pesan más o menos lo mismo. Gloria es más pesada que Ana, quien es más liviana que María. ¿Cuál de estas posibilidades es la más correcta?

- a. Gloria es más liviana que María.
 - b. Gloria pesa más que María.
 - c. Gloria podría pesar más o podría pesar menos que María.
- 4.** Para cada una de las afirmaciones, indique si la conclusión es verdadera (V) o falsa (F).
- a. Si alguien es alemán, es europeo. Pedro es alemán.
Luego, Pedro es europeo.
 - b. Si alguien es alemán, es europeo. Pedro es europeo.
Luego, Pedro es alemán.
 - c. Si estamos en París, estamos en Francia. No estamos en París.
Luego, no estamos en Francia.
 - d. Si estamos en París, estamos en Francia. No estamos en Francia.
Luego, no estamos en París.
- 5.** A partir del siguiente texto, indique si la inferencia presentada es verdadera (V) o falsa (F).

Todo país debe tener su ejército. Si no lo tiene podría ser fácilmente dominado por un enemigo agresivo. El ejército puede servir para cosas diferentes de la guerra, como ayudar en tiempos de desastres (por ejemplo huracanes, inundaciones y terremotos). Un ejército proporciona empleos a la gente joven y por lo tanto contribuyen a mantener la tasa de desempleo baja. Por otra parte, el servicio militar representa una oportunidad para que algunos jóvenes obtengan una preparación técnica o vocacional que no podría conseguir de otra manera.

- a. Si un país no tiene ejército, entonces puede ser dominado por otro país enemigo agresivo.
 - b. Si un país sufre un terremoto y tiene ejército, entonces puede atender con más personal el desastre.
 - c. Si un país mantiene la tasa de desempleo baja, entonces tiene un ejército.
- 6.** Juanita, Rosa, Carolina y María fueron de compras al centro comercial. Carolina gastó menos que Rosa, pero más que María. Juanita gastó

más que Carolina, pero menos que Rosa. ¿Quién gastó más y quién gastó menos?

7. Si tanto Roberto como Alfredo están más alegres que Tomás, mientras que Alberto está menos alegre que Roberto pero más alegre que Alfredo. ¿Quién está menos alegre?
8. Pedro, Juan y Miguel, tienen entre sí 9 lápices y 6 borradores, o sea, un total de 15 útiles de escribir. Pedro tiene 3 borradores y Juan tiene el mismo número de lápices. Juan tiene un útil más que Pedro, que tiene 4. Miguel tiene tantos borradores como Pedro tiene lápices. ¿Cuántos lápices tiene Pedro y cuántos tiene Miguel?
9. En la casa de María hay un canario, un lorito, un gato grande y un perro policía.

Se llaman Rampal, Perico, Félix y Rin-Tin-Tin, pero no necesariamente en ese orden. Rin-Tin-Tin es más pequeño que el loro y que Félix. El perro es más joven que Perico. Rampal es el más viejo y no se lleva bien con el loro. ¿Cuál es el nombre de cada animal?

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre: _____ Código: _____

Fecha: _____ Grupo: _____

1. El más alto es _____
Le sigue en altura _____
2. El idioma más difícil es _____
El idioma más fácil es _____
3. La posibilidad más correcta es: a () b () c ()
4. a) F () V () b) F () V () c) F () V () d) F () V ()
5. a) F () V () b) F () V () c) F () V ()
6. Quien gastó más fue _____
Quien gastó menos fue _____
7. El menos alegre es _____
8. Pedro tiene _____ lápices
Miguel tiene _____ lápices
9. Rampal es el _____
Perico es el _____
Félix es el _____
Rin-Tin-Tin es el _____

Anexo B

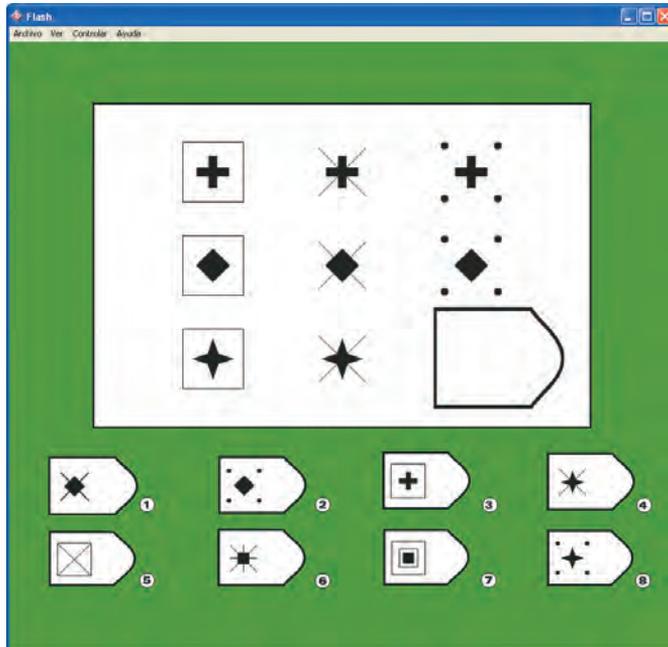
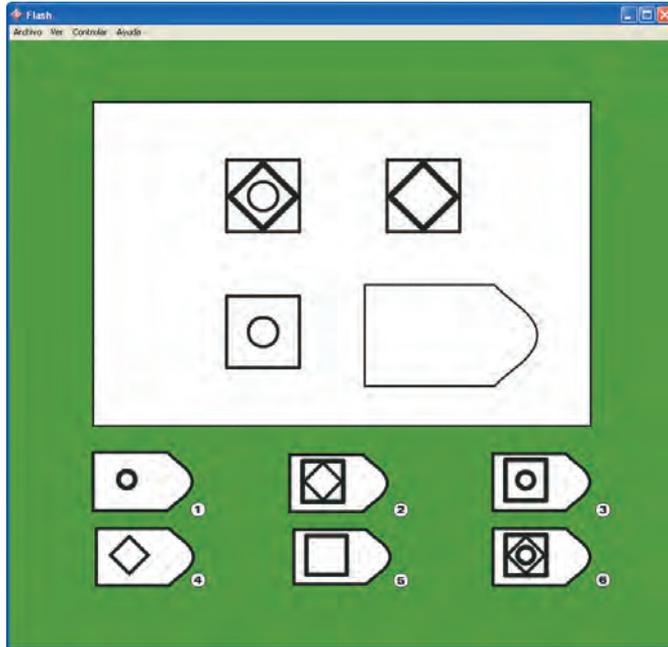
Pretest

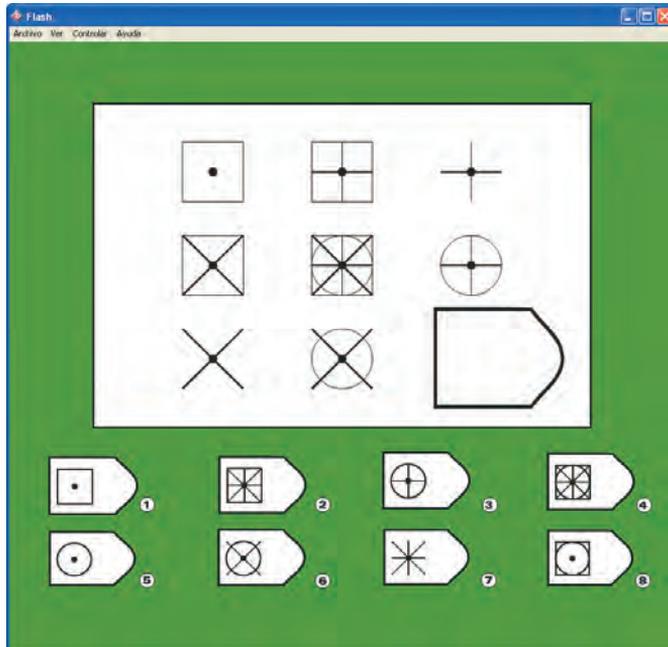
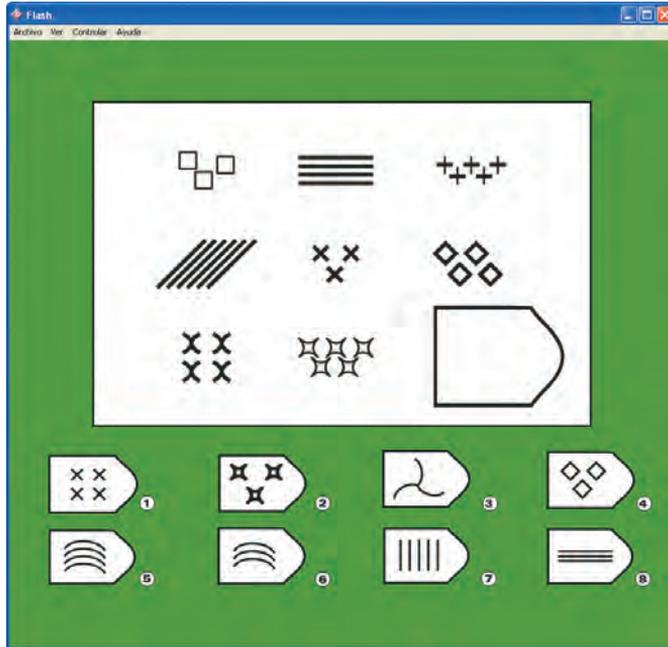
Test de Raven

El test de Matrices Progresivas de Raven es un test de razonamiento lógico. Es una prueba utilizada para medir el razonamiento lógico que suministra información directa de la magnitud individual de ciertas funciones cognitivas (observación y razonamiento deductivo) y la medida de la capacidad intelectual en general. El test consiste en presentar a la inspección del sujeto, 60 láminas encuadernadas de matrices impresas e incompletas ordenadas por dificultad progresiva. Al pie de cada una de ellas hay 6 u 8 planchas dibujadas de las cuales sólo una sirve y en la que el sujeto resuelve los problemas por encaje tratando de completar el recuadro.

En el pretest se empleó una versión corta de 15 láminas. A continuación se presentan algunas imágenes del test.









Anexo C

Postest

Prueba escrita

Lea detenidamente cada una de las inferencias que se presentan a continuación y establezca si es falsa o verdadera. Apunte su respuesta en la hoja de respuestas rellenando el óvalo correspondiente. No haga ninguna marca en esta hoja.

N.º	Inferencia
1	Si la unión es mediante un cable corto en 2D entonces la reacción es una fuerza con línea de acción paralela al cable corto.
2	Si un cuerpo rígido en el plano está soportado por dos articulaciones (unión de pasador) entonces se dice que es estáticamente indeterminado porque hay más incógnitas que ecuaciones.
3	Si se emplea como soporte una superficie lisa en 3D entonces se restringen tres grados de libertad.
4	Si se emplea como soporte en 2D un cable corto entonces se restringen dos grados de libertad.
5	Si un cuerpo rígido en el plano está soportado por un perno sin fricción y un cable entonces está en equilibrio.
6	Si la unión es mediante un collarín que se desliza sobre una barra en 2D sin fricción entonces la reacción es una fuerza con línea de acción paralela a la barra.
7	Si un cuerpo rígido en el espacio está soportado por un apoyo fijo entonces no está en equilibrio.

N.º	Inferencia
8	Si se emplea como soporte en 2D una superficie rugosa entonces se restringen dos grados de libertad.
9	Si se emplea como soporte en 2D un apoyo fijo entonces se restringen dos grados de libertad.
10	Si un cuerpo rígido en 3D está soportado por dos rótulas y un cable corto entonces no está en equilibrio.
11	Si el soporte es un apoyo fijo (empotramiento) en 2D entonces las reacciones son dos fuerzas y un momento (torque).
12	Si un cuerpo rígido en el espacio está soportado por un apoyo fijo entonces las condiciones de equilibrio determinan un sistema lineal de seis ecuaciones con seis incógnitas.
13	Si el soporte es un apoyo de bola y cuenca en 3D entonces la reacción es una fuerza con línea de acción desconocida.
14	Si se emplea como soporte en 3D una bola y cuenca entonces se restringen tres grados de libertad.
15	Si el soporte empleado en 3D es una superficie rugosa entonces la reacción es una fuerza perpendicular a la superficie de contacto.

Postest

Hoja de respuestas

Nombre: _____ Código: _____

Fecha de nacimiento: (DD/MM/AAAA) Lugar de nacimiento: _____

Grupo: _____ Fecha: _____

Número Inferencia	F	V
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0

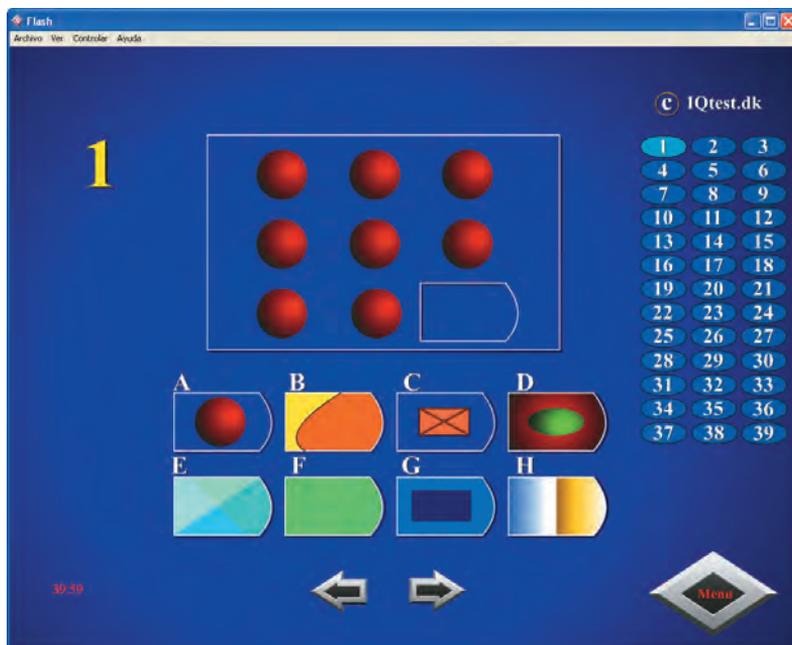
Anexo D

Postest

Test de Raven

En el postest se empleó el Test de Raven de matrices coloreadas de 39 láminas.

A continuación se presentan algunas láminas del test.



Flash Archivo Ver Control Ayuda

12

IQtest.dk

1	A	2	D	3
4	5	6		
7	8	9		
10	11	12		
13	14	15		
16	17	18		
19	20	21		
22	23	24		
25	26	27		
28	29	30		
31	32	33		
34	35	36		
37	38	39		

A B C D

E F G H

30:00

← →

Menu

Flash Archivo Ver Control Ayuda

20

IQtest.dk

1	A	2	D	3
4	5	6		
7	8	9		
10	11	12		
13	14	15		
16	17	18		
19	20	21		
22	23	24		
25	26	27		
28	29	30		
31	32	33		
34	35	36		
37	38	39		

A B C D

E F G H

30:12

← →

Menu

Flash Archivo Ver Control Ayuda

IQtest.dk

22

1 A 2 D 3
4 5 6
7 8 9
10 11 12
13 14 15
16 17 18
19 20 21
22 23 24
25 26 27
28 29 30
31 32 33
34 35 36
37 38 39

A B C D
E F G H

18:34

← →

Menu

Flash Archivo Ver Control Ayuda

IQtest.dk

28

1 A 2 D 3
4 5 6
7 8 9
10 11 12
13 14 15
16 17 18
19 20 21
22 23 24
25 26 27
28 29 30
31 32 33
34 35 36
37 38 39

A B C D
E F G H

18:20

← →

Menu

Flash
Anders Vst. Controler Ayuda

IQtest.dk

39

1 A 2 D 3
4 5 6
7 8 9
10 11 12
13 14 15
16 17 18
19 20 21
22 23 24
25 26 27
28 29 30
31 32 33
34 35 36
37 38 39

3810

← →

Menu

Flash
Anders Vst. Controler Ayuda

The test is finished

Your IQ is calculated as being:

96

Calculated using the standard deviation 16

Calculate other deviations: 15 16 24

Very low Low Normal High Mensa level

70 80 90 100 110 120 130 140

This is still a Beta version of IQtest.dk
The calculation of IQ is not yet calibrated. Therefore the results should be taken with certain reservations!

If you have any comments, please send a mail to
anders.ditlev@dadlnet.dk

Anexo E

Manual de instalación

1. Instalar el Gestor de Bases de Datos Mysql. Tener presente el nombre del usuario y la contraseña del administrador



Figura 1. Inicio de la instalación del gestor de la base de datos.



Figura 2. Mensaje de bienvenida para la instalación del gestor de la base de datos.

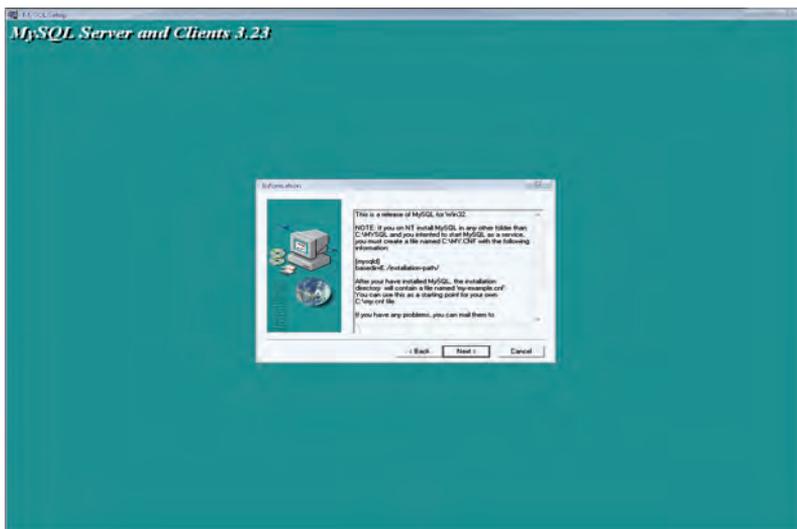


Figura 3. Mensaje inicial de las condiciones legales para instalar el gestor de la base de datos.

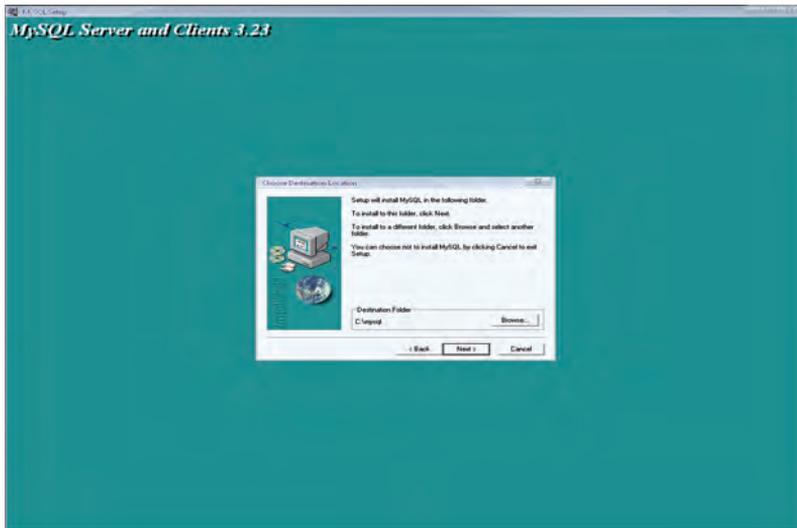


Figura 4. Mensaje para la ruta de instalación del gestor de datos.

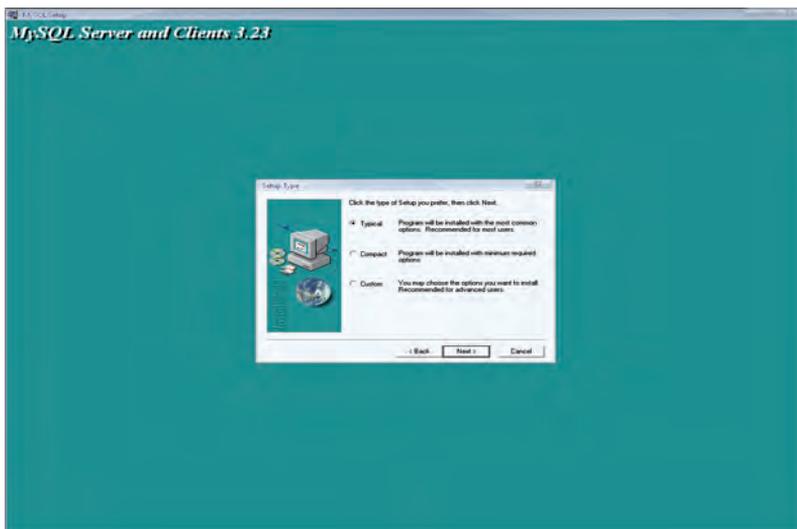


Figura 5. Mensaje para seleccionar el método de instalación del gestor de base de datos.

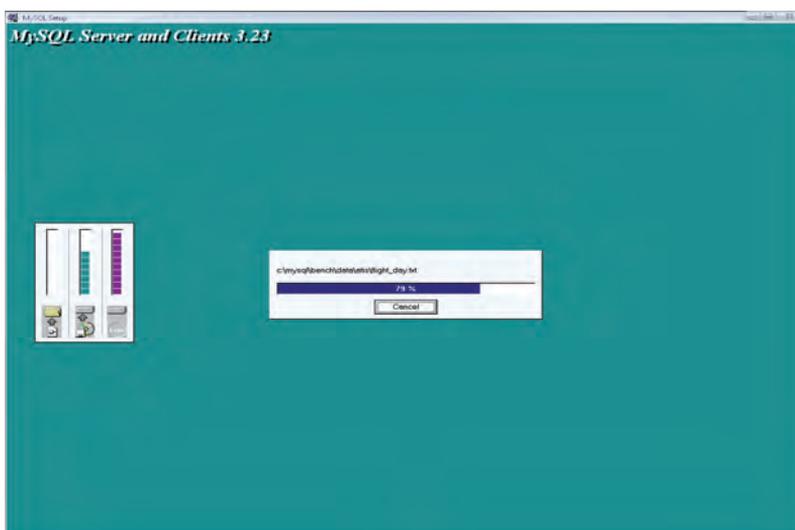


Figura 6. Proceso de instalar el gestor de base datos.

2. Ingresar a C:\mysql para diligenciar nombre y contraseña del administrador inicializando la herramienta de administración WinMySQLAdmin.exe

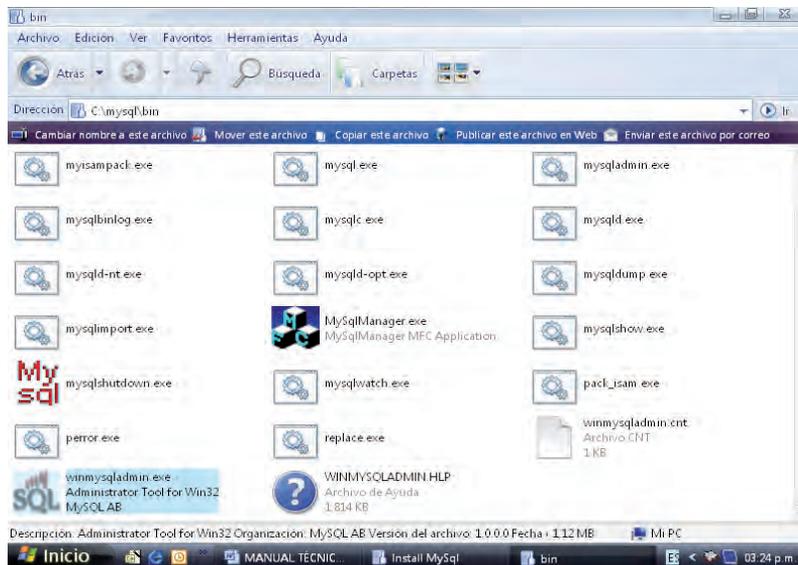


Figura 7. Ingreso a C:\mysql para diligenciar nombre y contraseña del administrador iniciando la herramienta de administración winmysqladmin.exe.



Figura 8. Diligenciar nombre y contraseña del administrador. Nombre: root, password: root.

3. Almacenar la(s) BD "usb" C:\mysql\data\
4. Instalar la herramienta de desarrollo J2sdk 1.4.1 o una versión supervisor.

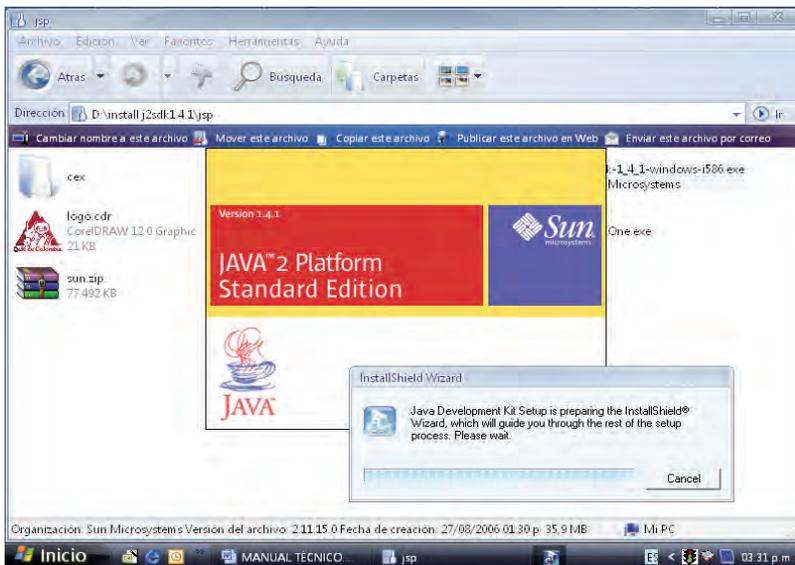


Figura 9. Instalar la herramienta de desarrollo java j2sdk 1.41 o superior.

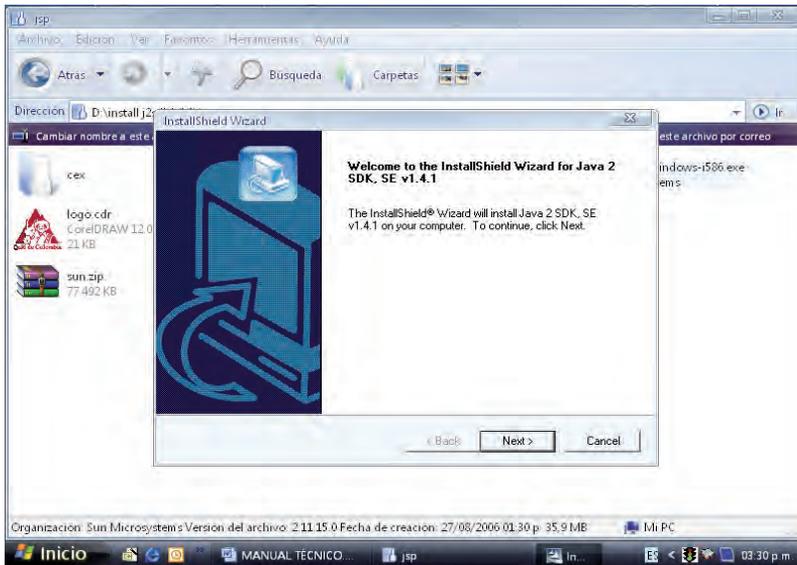


Figura 10. Mensaje de bienvenida para la instalación de java j2sdk 1.4.1.

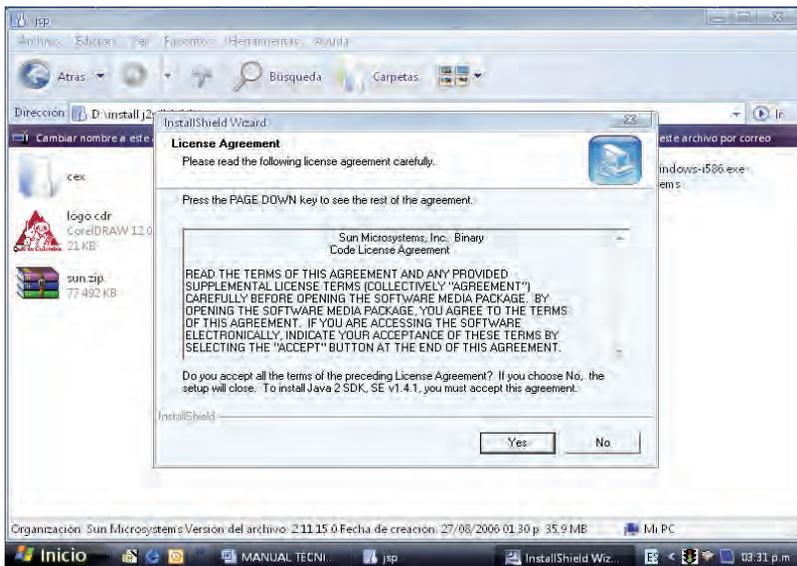


Figura 11. Mensaje inicial de las condiciones legales para instalar la herramienta java j2sdk 1.4.1.

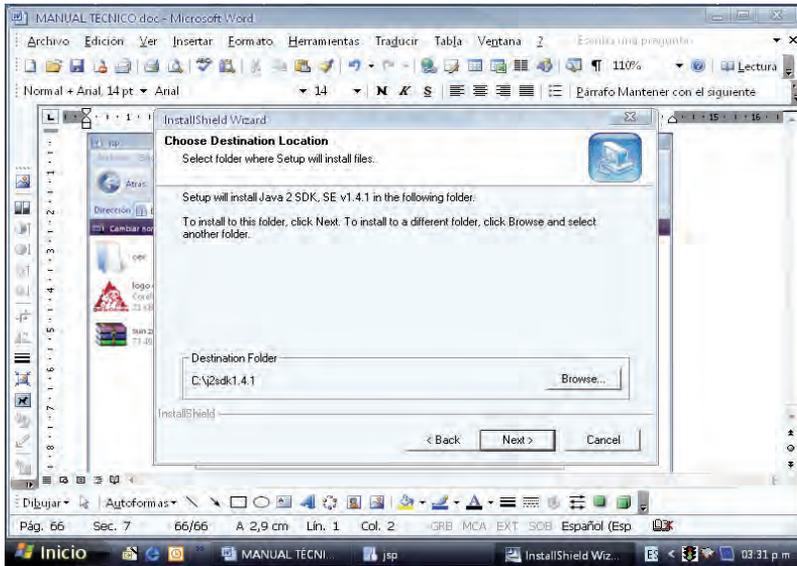


Figura 12. Mensaje para la ruta de instalación de java j2sdk 1.4.1.

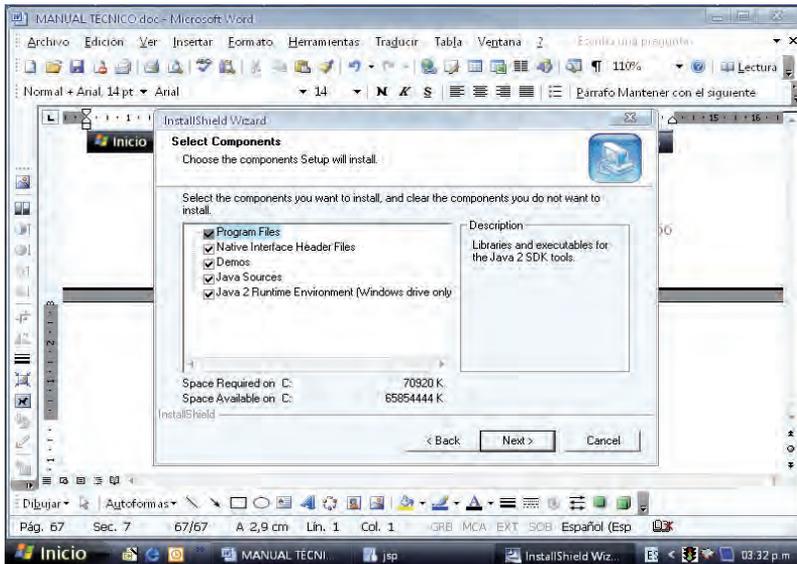


Figura 13. Mensaje para seleccionar el método de instalación de la herramienta j2sk 1.4.1.

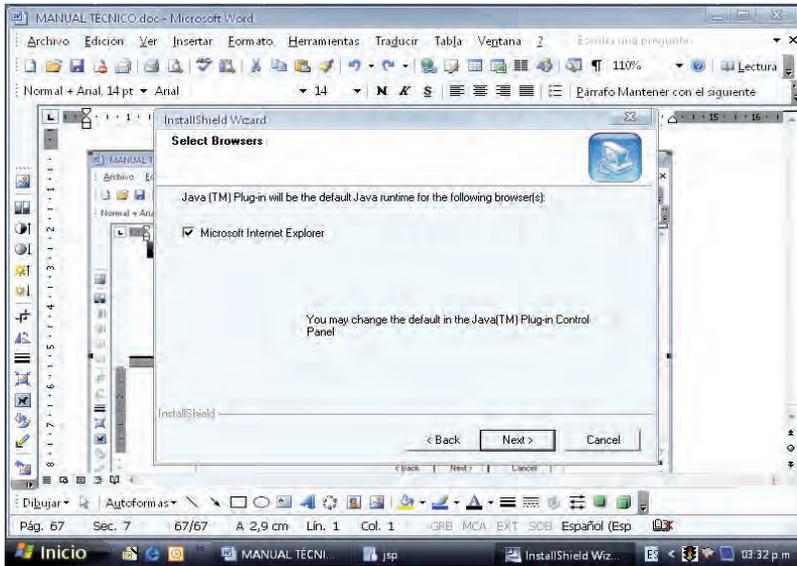


Figura 14. Mensaje para la selección del navegador Web de la instalación de la herramienta j2sdk.

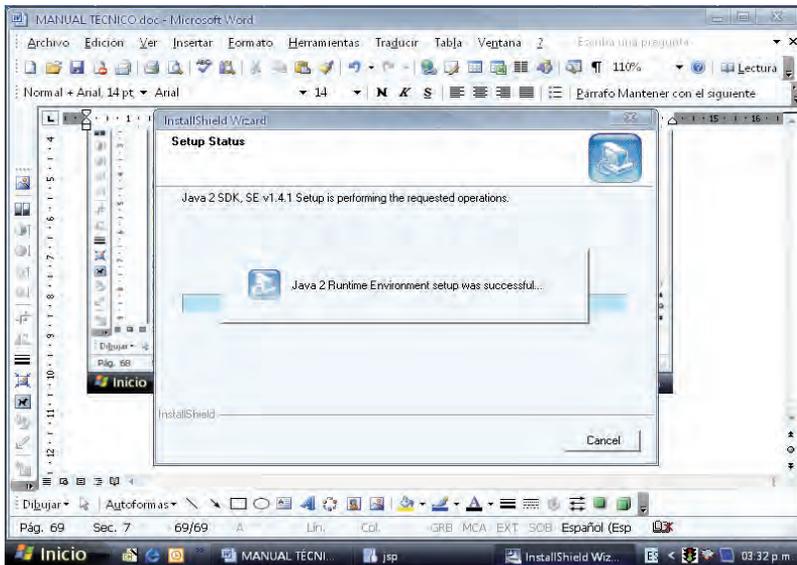


Figura 15. Proceso de instalación de la herramienta j2sdk 1.4.1.

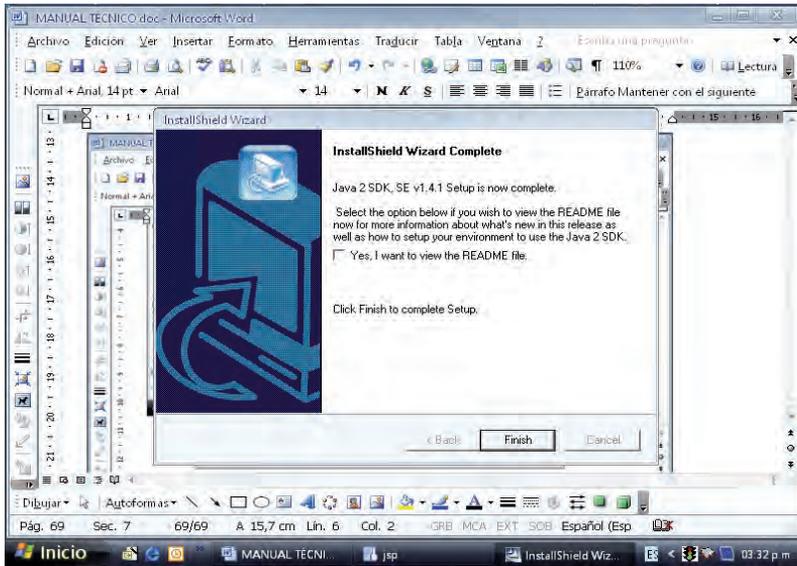


Figura 16. Mensaje de finalización de instalación de la herramienta.

5. Instalar el servidor Web Apache Tomcat 4.x.

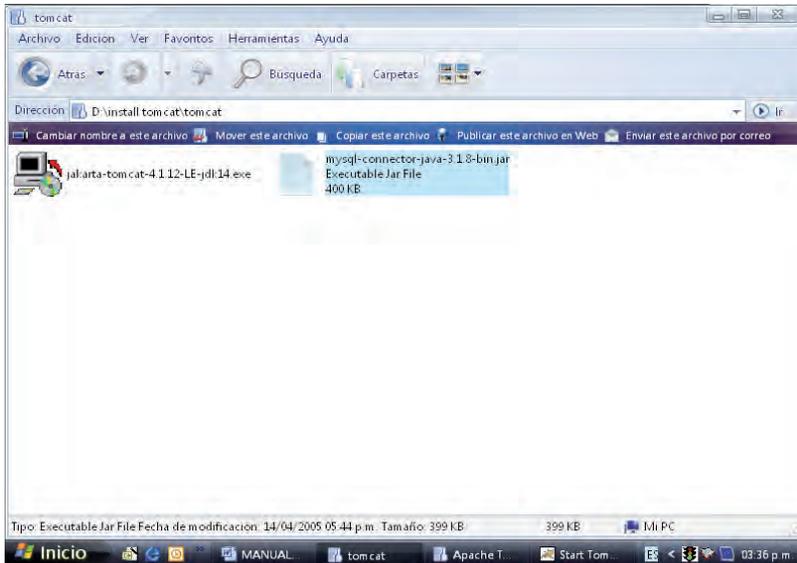


Figura 17. Instalar el servidor Web apache tomcat 4.1.12.

6. Verificar que reconozca la carpeta de la herramienta de desarrollo de Java J2sdk 1.4.1.

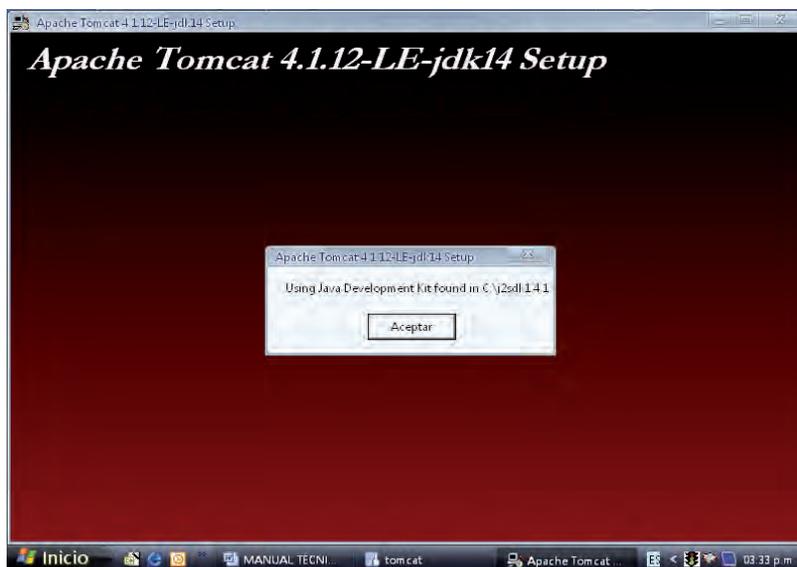


Figura 18. Mensaje de verificación del reconocimiento de la carpeta donde está instalada la herramienta j2sdk 1.4.1.

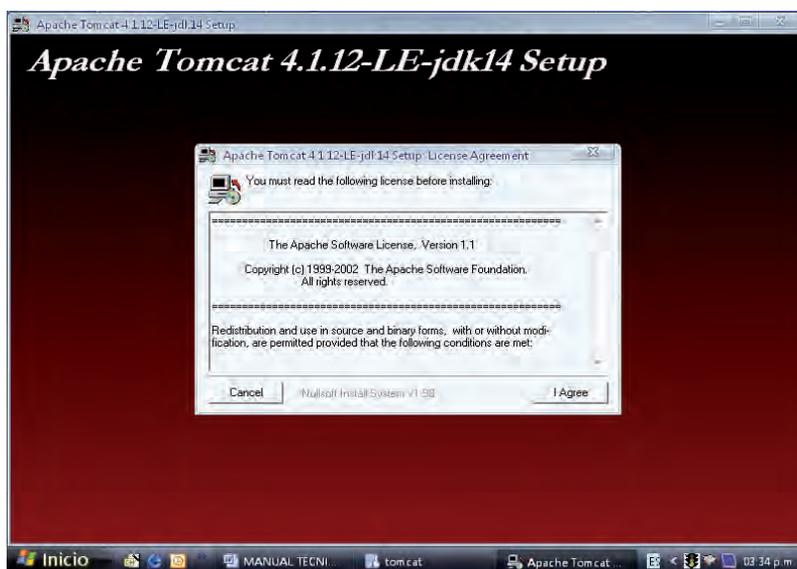


Figura 19. Mensaje inicial de las condiciones legales para la instalación del servidor Web apache tomcat 4.1.12.

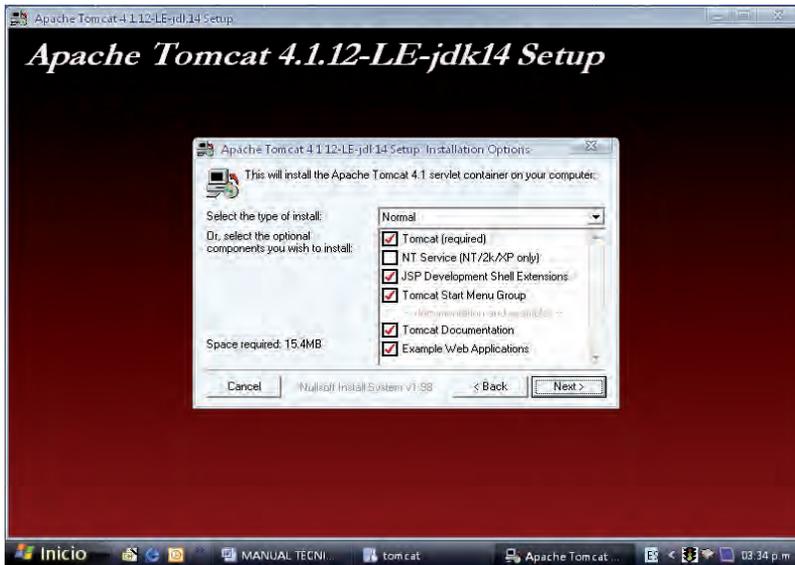


Figura 20. Mensaje para seleccionar el tipo de instalación del servidor Web apache tomcat.

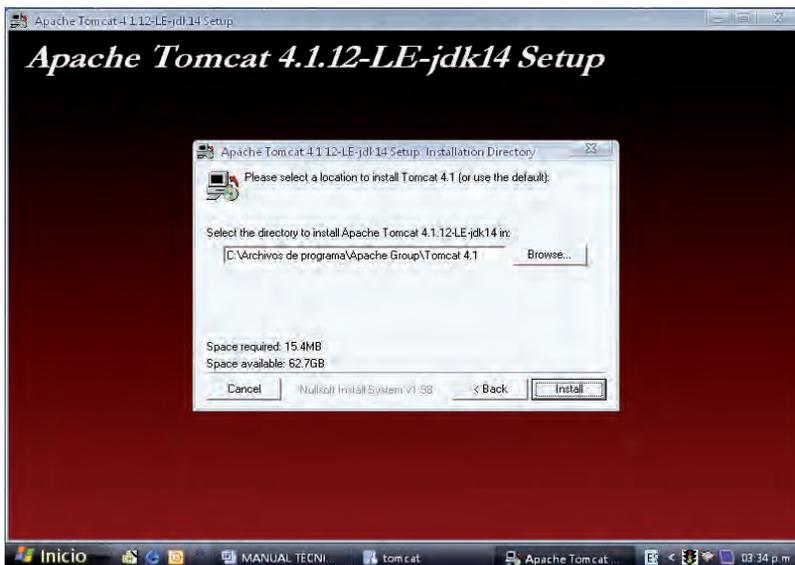


Figura 21. Mensaje para la ruta de instalación del servidor Web apache tomcat 4.1.12.

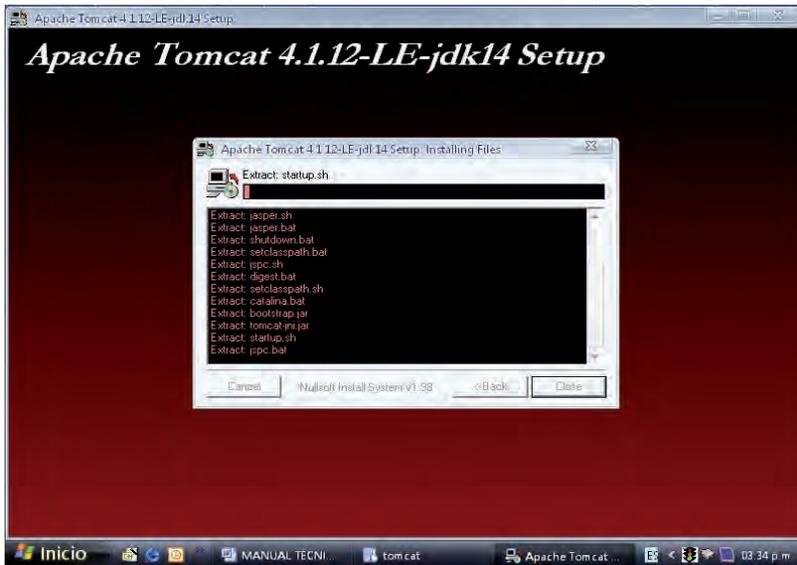


Figura 22. Proceso de instalación del servidor web.

7. Ingresar el nombre del usuario y la contraseña del administrador (Name: root, Password: root).

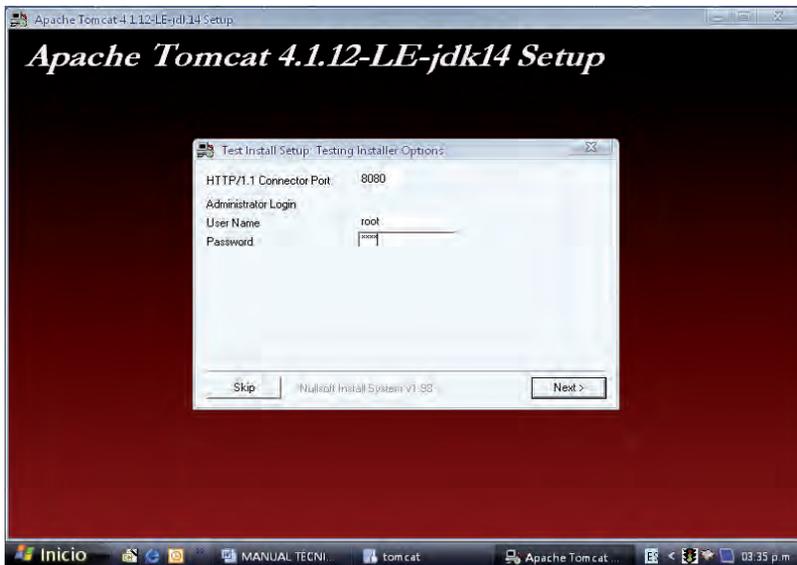


Figura 23. Ingresar el nombre del usuario y la contraseña del administrador para la instalación del servidor web.

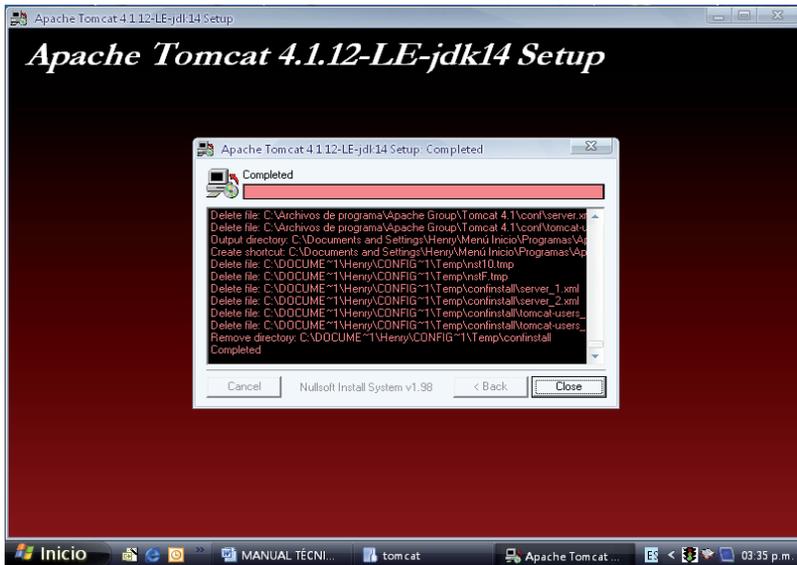


Figura 24. Proceso de instalación del servidor web.

8. Ejecutar o subir el servidor Web Apache Tomcat desde su ventana de grupo.

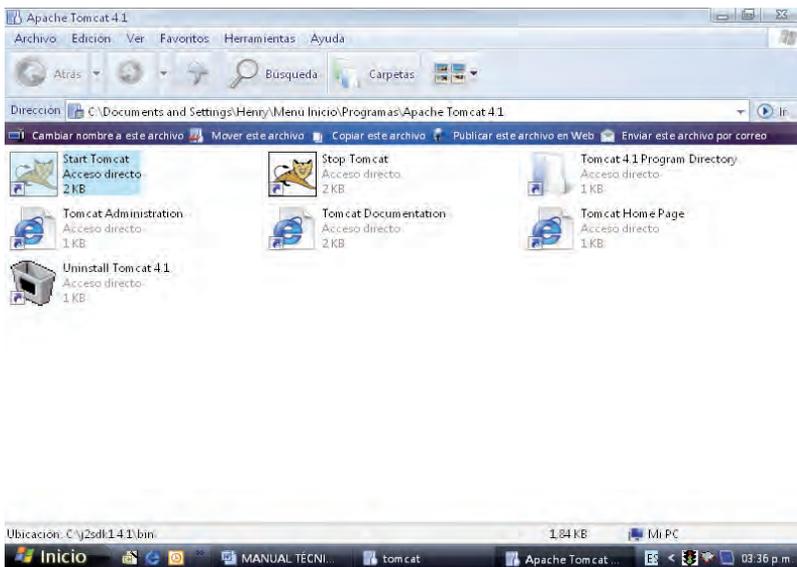


Figura 25. Ejecución del servidor Web desde su ventana de grupo.

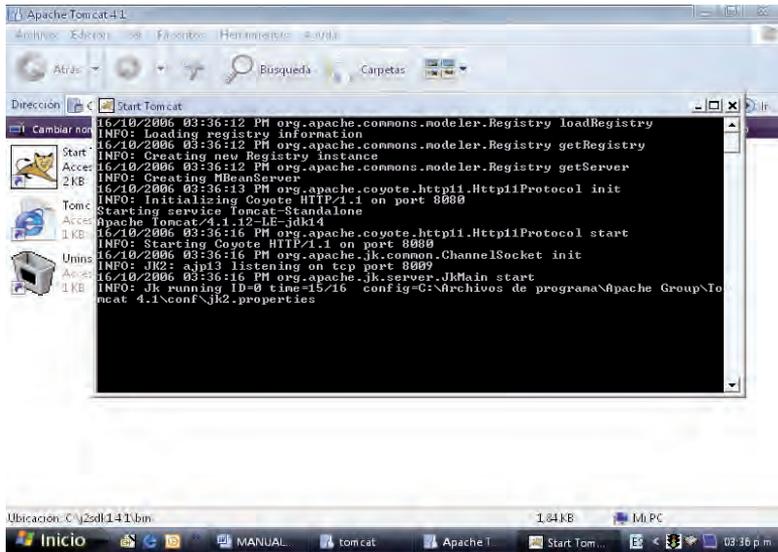


Figura 26. Ejecución del servidor Web apache tomcat.

9. Almacenar en la carpeta C:\j2sdk1.4.x\jre\lib\ext\ el controlador de Mysql para java Mysql-conector-java-3.1.x-bin.jar, el cual contiene los drivers de conectividad a bases de datos para Java (JDBC).

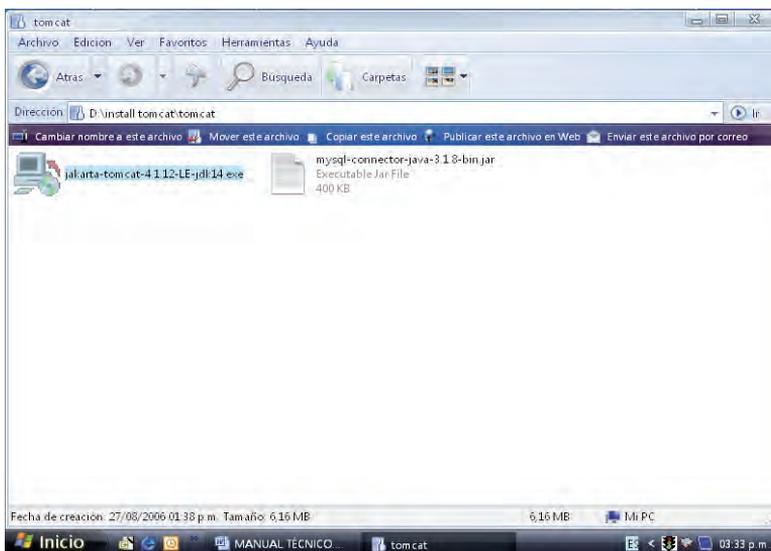


Figura 27. Almacenar en la carpeta C:\J2SDK1.4.X\JRE\LIB\EXT\ el controlador de mysql para java MYSQL-CONECTOR-JAVA-3.1.X-BIN.JAR.

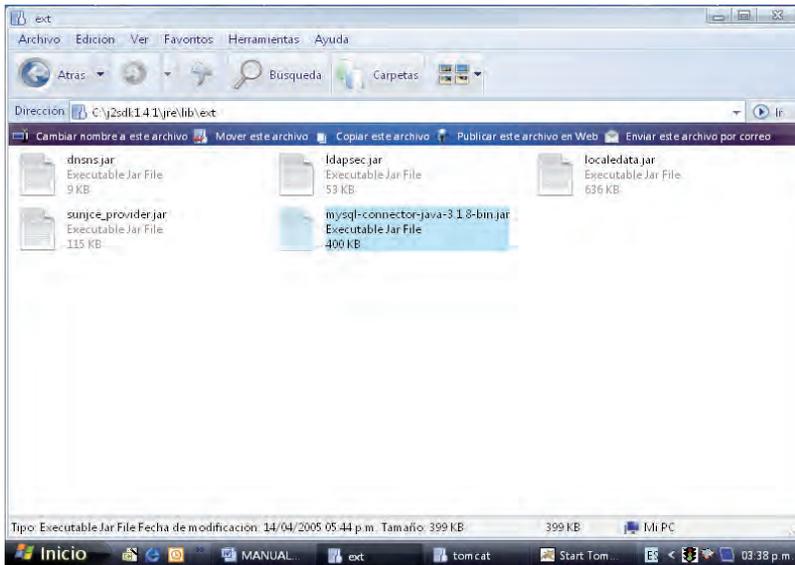


Figura 28. Archivo almacenado en la carpeta de la herramienta j2sdk.

10. Los archivos fuentes de la aplicación deberán ir almacenados en la siguiente ruta:

C:\Archivos de programa\apache Group\Tomcat 4.1\webapps\examples.

11. Abrir el navegador web (Internet Explorer) y escribir en la barra de direcciones <http://localhost:8080/examples>.

Anexo F

Manual de usuario

1. Para empezar a utilizar el software después de realizar la instalación, el primer paso es subir el servicio de Apache Tomcat.

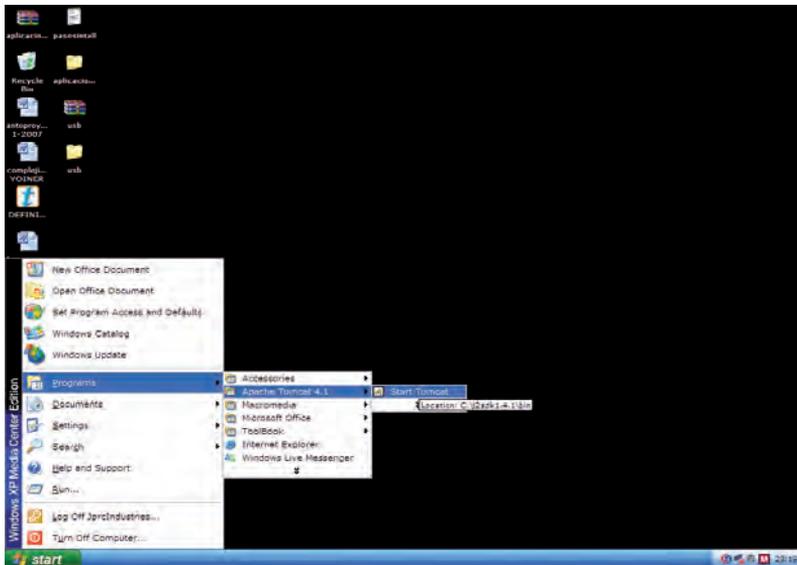


Figura 1. Iniciar Apache Tomcat.

2. Después de subir el servicio, debe iniciar MySQL, para esto debe entrar en mi PC, buscar la carpeta mysql que está alojada en la raíz C:, dentro de la carpeta mysql debe buscar la carpeta bin.

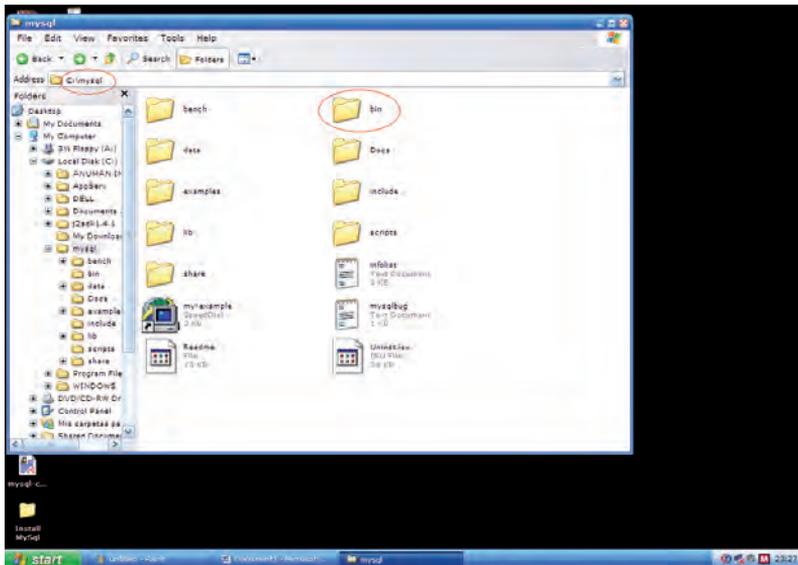


Figura 2. Iniciar MSql.

3. Después de ubicar la carpeta bin debe buscar el ejecutable "winmysqladmin"

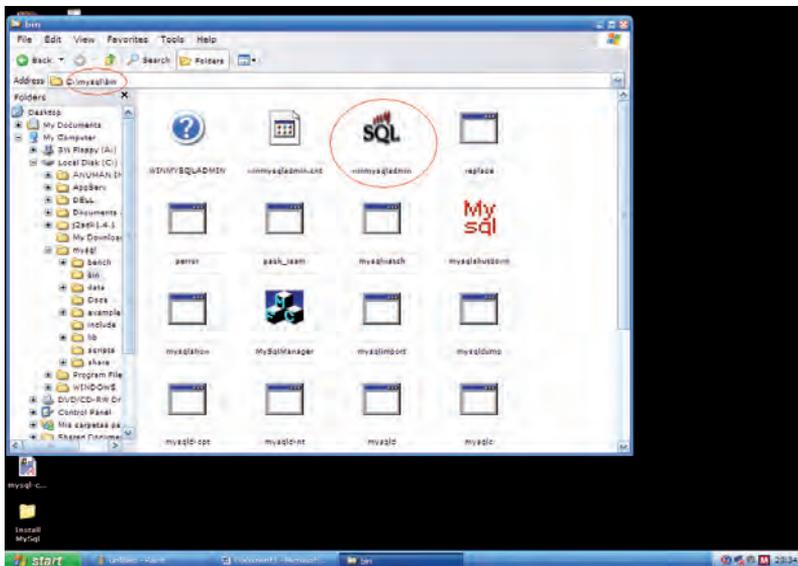


Figura 3. Ejecutar winmysqladmin.



Figura 4. Servicio de Base da Datos arriba.

4. Ahora puede iniciar la aplicación, para esto debe entrar al browser y poner la siguiente dirección <http://localhost:8080/examples> y escoger la aplicación USB.

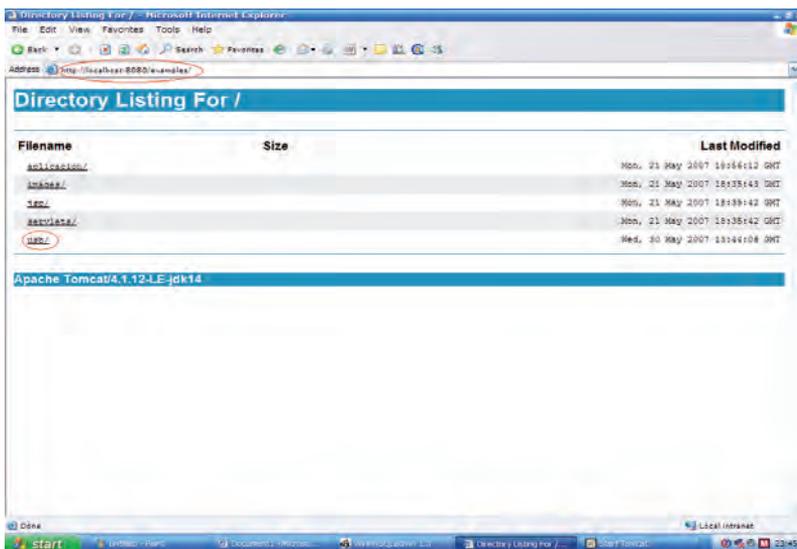


Figura 5. Iniciar aplicación.

- Para iniciar la sesión de trabajo debe ingresar su código USB y escoger un grupo de trabajo.



Figura 6. Inicio de Sesión.

- Después de iniciar la sesión puede empezar a navegar libremente por todos los temas, cada botón lo llevará al contenido sobre el tema. Cuando lo desee puede entrar al módulo de evolución haciendo clic en el botón de abajo.

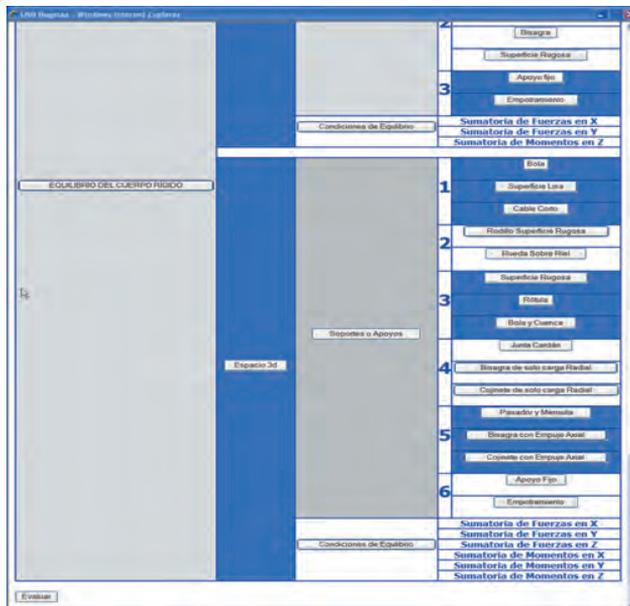


Figura 7. Navegación y entrar al módulo de evaluación.

7. En el módulo de evaluación se le indicará en qué sesión se encuentra, el número de inferencia que está respondiendo, y al lado derecho las opciones de respuesta, cuando escoja una automáticamente pasará a la siguiente inferencia. Al terminar de responder las 10 inferencias volverá a pantalla de Log-in.



Figura 8. Módulo de evaluación.

8. Para ir al módulo de profesor debe hacer click donde está el link del profesor en la pantalla de Log-in.



Figura 9. Entrar Módulo Profesor.

9. Para poder ingresar al módulo de informes debe hacer el Log-in con el nombre y número de cédula, en este caso se debe usar Nombre: "Nelson Castillo", Cédula: "79521448".



Figura 10. Log-in profesor.

10. Después de realizar el log-in puede escoger los diferentes informes que genera el prototipo, también encontrará el botón para ver el informe de la navegación que han tenido los usuarios en el contenido del aplicativo. El siguiente botón es para formatear la Base de Datos una vez que haya terminado de realizar todas las sesiones de trabajo con los usuarios y desee hacer una nueva muestra con otro grupo (semestre).

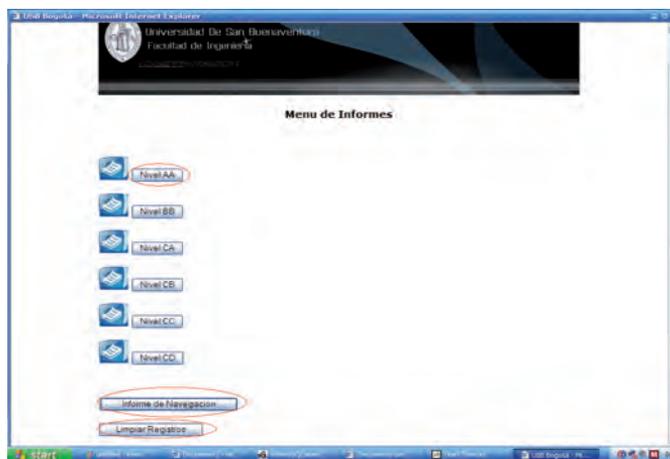


Figura 11. Menú de informes.

- Después de escoger un informe, el prototipo genera un informe con una gráfica sobre los resultados globales de los estudiantes, asociando su código al lado izquierdo de la tabla. El botón de detalles desplegará un informe detallado donde encontrará el comportamiento individual de cada estudiante, en este informe encontrará una gráfica y habilitado el botón de detalles para las tres sesiones de trabajo que debe cumplir cada grupo.



Figura 12. Informe resultados globales.

12. Después de escoger la opción de informe detallado podrá encontrar el título donde encontrará asociado el código del estudiante, la sesión que trabajó y qué grupo está trabajando. Enseguida encontrará una tabla que contiene las inferencias que se le presentaron con las respuestas que dio comparada con las respuestas correctas, más el tiempo que tomó para responder. Por ultimo la calificación del estudiante.

Usuario: 2121 en Sesión 1 de Nivel CA

PREGUNTAS	RESPUESTA USUARIO	RESPUESTA CORRECTA	TIEMPO
Si el soporte es un apoyo fijo (empotramiento) en 2D entonces las reacciones son una fuerza horizontal y una fuerza vertical y un torque perpendicular al plano	V	V	00:00:01
Si el apoyo es una articulación en 2D entonces la reaccion es una fuerza con linea de acción desconocida	F	V	00:00:00
Si el apoyo es una articulación en 2D entonces la reaccion es una fuerza con linea de acción desconocida	V	V	00:00:01
Si la union es mediante una articulación en 2D entonces las reacciones son dos fuerzas, una horizontal y una vertical: o una fuerza con linea de acción desconocida	F	V	00:00:02

PROMEDIO 50.0%

Figura 13. Informe detallado.

Anexo G

La experimentación

1. Pretest

Antes de empezar la experimentación con el prototipo de software educativo fue necesario organizar los grupos de trabajo y aplicar el pretest. Los grupos fueron conformados de manera aleatoria y quedaron como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Conformación de los grupos experimentales

Grupo	No estudiantes
A	35
B	35
C	36

El pretest se aplicó en la semana del 27 al 31 de agosto, para ello se emplearon dos instrumentos, el primero fue la prueba escrita que se presentó en el anexo A. Esta prueba no tuvo límite de tiempo, sin embargo, se tomó el tiempo de respuesta empleado por los estudiantes; se encontró que el estudiante que requirió menos tiempo empleó 35 minutos y el estudiante que tardó más empleó 67 minutos y el promedio estuvo en 49 minutos. Estos datos se presentan a manera descriptiva, pero no incidieron en los puntajes asignados a la prueba.

El segundo instrumento empleado en el pretest fue el test de Matrices Progresivas de Raven, que es un test de razonamiento lógico. Es una prueba utilizada para medir el razonamiento lógico que suministra información directa de la magnitud individual de ciertas funciones cognitivas (observación y razonamiento deductivo) y la medida de la capacidad intelectual en general. El test consiste en presentar a la inspección del sujeto, 60 láminas encuadradas de matrices impresas e incompletas ordenadas por dificultad progresiva. Al pie de cada una de ellas hay 6 u 8 planchas dibujadas de las cuales sólo una sirve y en la que el sujeto resuelve los problemas por encaje tratando de completar el recuadro. En ésta prueba se aplicó una versión computacional elaborada en Flash y que consta de 15 láminas.

2. Interacción con el software educativo

Después de aplicar el pretest se siguió con la interacción de los estudiantes con el prototipo de software educativo. La interacción estuvo distribuida en tres sesiones de aproximadamente 90 minutos cada una y se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad de San Buenaventura, en las aulas de informática 201 y 203 del edificio Guillermo de Ockan. En la tabla 2 se presenta el cronograma para el desarrollo de las tres sesiones.

Tabla 2. Cronograma para el desarrollo de las tres sesiones de trabajo.

Número de Sesión	Fecha
Primera	3 a 7 de septiembre
Segunda	10 a 14 de septiembre
Tercera	17 a 21 de septiembre

A continuación se presentan fotografías del proceso de interacción de los estudiantes con el prototipo de software educativo.

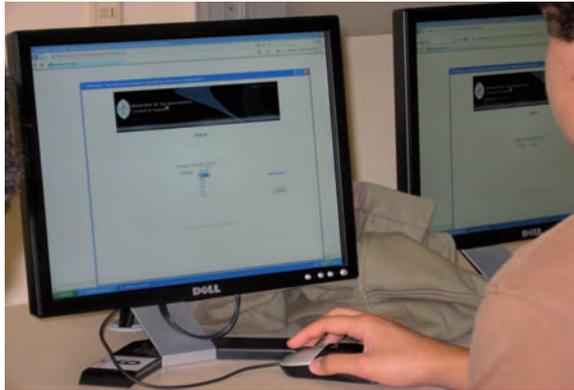


Figura 1. Registro del estudiante en la base de datos.



Figura 2. Estudiante explorando el mapa de navegación



Figura 3.1. Estudiantes explorando los hipertextos.

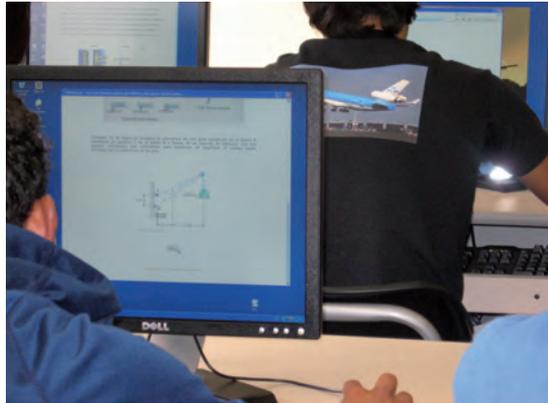


Figura 3.2. Estudiantes explorando los hipertextos.



Figura 4. Estudiante respondiendo las inferencias.

3. Posttest

Una vez finalizadas las tres sesiones de trabajo de los estudiantes en el prototipo de software educativo se procedió a aplicar el post- test. Éste consistió en dos pruebas, una prueba escrita, el instrumento de evaluación fue presentado en el anexo C, la prueba no tuvo límite de tiempo, sin embargo, los estudiantes emplearon en promedio 20 minutos para responder a las inferencias.

La otra prueba aplicada fue el Test de Matrices Coloreadas de Raven, el cual consta de 39 láminas y se aplicó una versión computacional elaborada en Flash. Esta versión al final entrega los resultados del desempeño del estudiante. En la figura 5 se presenta a un estudiante realizando la prueba.



Figura 5. Estudiante respondiendo el Test de Raven de Matrices coloreadas.

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Diseño del experimento	70
Tabla 2. Actor: estudiante	82
Tabla 3. Actor: base de datos local	83
Tabla 4. Actor: profesor	83
Tabla 5. Actor: administrador.....	83
Tabla 6. Actor: base de datos actualizada.....	84
Tabla 7. Actor: base de datos de registros.....	84
Tabla 8. Caso de uso: registrar Usuario.....	85
Tabla 9. Caso de uso: validar profesor	86
Tabla 10. Caso de uso: consultar información.....	86
Tabla 11. Caso de uso: consultar informes	87
Tabla 12. Caso de uso: consultar inferencias	88
Tabla 13. Resultados del proceso de validación de expertos.....	93
Tabla 14. Resultados del proceso de validación de usuarios	94
Tabla 15. Resultados del pretest	106
Tabla 16. Pretest prueba F	106
Tabla 17. Resultados del postest	107
Tabla 18. Postest prueba F	108
Tabla 19. Prueba F entre A y B	109
Tabla 20. Prueba F entre A y C	110
Tabla 21. Prueba F entre B y C	110

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Niveles de inferencia	47
Figura 2. El cerebro y las funciones de cada hemisferio	49
Figura 3. Relación causal	54
Figura 4. Procesos y conocimientos implicados en la resolución de problemas	56
Figura 5. Soportes de una incógnita empleados en el plano	59
Figura 6. Soportes de dos y tres incógnitas empleados en el plano	60
Figura 7. Soportes de una, dos y tres incógnitas empleados en el espacio.....	60
Figura 8. Soportes de cuatro, cinco y seis incógnitas empleados en el espacio.....	61
Figura 9. Representación ontológica jerárquica del dominio de conocimiento	75
Figura 10. Ejemplo de inferencia de primer nivel.....	76
Figura 11. Ejemplo de inferencia de segundo nivel	76
Figura 12. Ejemplo de inferencia de tercer nivel.....	77
Figura 13. Modelo pedagógico del software educativo	79
Figura 14. Modelo cliente/servidor	81
Figura 15. Actores	84
Figura 16. Caso de uso: consultar información.....	88
Figura 17. Caso de uso: consultar inferencias	88
Figura 18. Caso de uso: profesor	89
Figura 19. Caso de uso: usuario	89

Figura 20. Diagrama de clases.....	90
Figura 21. Diagrama de objetos.....	91
Figura 22. Diagrama de componentes	92
Figura 23. Diagrama de despliegue	92
Figura 24. Modelo conceptual de la base de datos	93
Figura 25. Página de inicio del estudiante	95
Figura 26. Mapa de navegación	96
Figura 27. Mapa de navegación (Continuación)	96
Figura 28. Hipertexto de la junta cardán	97
Figura 29. Página de evaluación	98
Figura 30. Finalización de sesión.....	98
Figura 31. Página de inicio del profesor.....	99
Figura 32. Menú de informes.....	99
Figura 33. Resultados globales	100
Figura 34. Resultados detallados.....	100
Figura 35. Informe de navegación.....	101
Figura 36. Limpiar registros	101
Figura 37. Confirmación de eliminación de registros	102
Figura 38. Diagrama de cajas para el pretest.....	107
Figura 39. Gráfica de medias entre A y B	108
Figura 40. Gráfica de medias entre A y C	109
Figura 41. Gráfica de medias entre B y C	110
Figura 42. Diagrama de cajas para el postest	111

Bibliografía

- ALEJANDRO ALFONSO, Carlos A. "On-fine didactic material Physics Practice on a virtual laboratory". *Journal of Science Education*, Vol. 5, N.º 2, (2004) p. 109-111.
- ALONSO, Lauro. Los hemisferios cerebrales, Centro de estudios QBL, Disponible en: www.qbl.com.uy/apuntes/los_hemisferios_cerebrales.htm Consultado 23 de octubre de 2007.
- AYALA, María Mercedes et ál. "Elementos para la enseñanza de la estática desde una perspectiva constructivista". Universidad Pedagógica Nacional. Física y Cultura. *Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias*, Bogotá: N.º 4, 1998. p. 17 a 25.
- BEER, Ferdinand y JONHSTON, Russell. *Mecánica Vectorial para Ingenieros-Estática*. 8.ª ed. México: McGraw-Hill. 2007.
- BOHÓRQUEZ, Héctor y HERNÁNDEZ DE RINCÓN, Ana Ismenia. "El razonamiento común: un obstáculo epistemológico en geometría". Venezuela: *Revista de Pedagogía*, Vol. 24, N.º 69 (ene. 2003) , p. 7-37.
- CABERO ALMENARA, Julio. *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación*. España: McGraw-Hill. 2007.
- COVALEDA, Rodrigo et ál. "Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4, N.º 1, 2005.
- CUEVAS ACOSTA, Jesús Humberto. "Enseñanza de la física basada en mapas conceptuales". *Revista Digital de Educación y Nuevas Tecnologías-Contexto Educativo*. N.º 33, año V.
- DE BONO, E. *Aprender a pensar*. Barcelona: Plaza & Janés, 1987.

- DÍAZ GRANADOS, Fernando. *Comprensión lectora de grupos con alto y bajo desempeño lector frente a diferentes tipos de hipertexto*. Universidad del Norte, 2006.
- DOMÍNGUEZ et ál. *Proyecto de Inteligencia*. Harvard: 1980.
- GALVIS PANQUEVA, Álvaro. "Micromundos lúdicos interactivos: aspectos críticos en su diseño y desarrollo". En: *Tecnología y Comunicación Educativas*, Año 12, N.º 28, (1998) p. 29-39.
- GIL PÉREZ, D. y VALDÉS CASTRO, P. *Tendencias actuales en la enseñanza aprendizaje de la física, en Temas escogidos de la didáctica de la física*. Ciudad de La Habana, Cuba: Pueblo y Educación, 1996.
- GODOY, Luis A. "Éxitos y problemas de las analogías en la enseñanza de la mecánica". *Journal of Science Education*, Vol. 3, N.º 1, (2002). p. 11-14.
- GOEL V., Dolan R. J. "Explaining modulation of reasoning by belief". *Cognition*. 87: (2003); 11-22.
- GOEL V., MAKALE, M. "The Hippocampal System Mediates Logical Reasoning about Familiar Spatial Environments". *Journal of Cognitive Neuroscience*. 16, (2004), p. 654-664.
- GORTARI, Eli de. *Iniciación a la lógica*. México: Grijalbo, 1982, 289 p.
- GONZÁLEZ ESPADA, Wilson J. "Physics Education Research in the United Status: A Summary of its Rationale and Main Findings". *Journal of Science Education*, Vol. 4, N.º 1, (2003). p. 5-7.
- IPARRAGUIRRE, Lorenzo M. Una propuesta de enseñanza orientada a un aprendizaje más comprensivo de la dinámica. *Journal of Science Education*, Vol. 4, N.º 1, (2003), p. 25-27.
- KAMEL, Sherif et ál. "The use of a hybrid model in web based education: "the global campus project". En: *Web based Education: learning from experience*. Idea Group Publishing, 2003.
- KERLINGER, F. *Investigación del comportamiento, técnicas y metodología*. México: Interamericana, 1984.
- KIRBY, J. R. "Style, strategy, and skill in reading". En: RR SSchmeck (Ed.) *Learning strategies and learning styles*. New York: Plenum, 1988.
- LAORDEN, Cristina et ál. "Integrando descripciones de habilidades cognitivas en los metadatos de los objetos de aprendizaje estandarizados". *Revista de Educación a Distancia (RED)*. Año IV N.º IV, (26 de julio de 2005). Escuela Universitaria Cardenal Cisneros. Alcalá de Henares,

Madrid-España. Disponible en: www.um.es/ead/red/M4/laorden26.pdf consultado enero 28 de 2006.

- LEIGHTON, Jacqueline. "Teaching and assessing deductive reasoning skills". *The Journal of experimental education*, Alberta, Canada: Vol. 74, (2006) p. 109-136.
- MALDONADO, G., Luis Facundo et ál. "Agente Q para estructuración de sistemas conceptuales: validación en entornos hipertextuales y textuales". En: Memorias del VIII Taller Internacional de Software Educativo TISE, Chile: 2003.
- MALDONADO G., Luis, MACÍAS, David, ORTEGA, Nerey, SARMIENTO, Luis y SANABRIA, Luis. *Agentes de software generadores de preguntas y el desarrollo de la competencia cognitiva de hacer inferencias: La comprensión y la inferencia en diferentes niveles de profundidad en ambientes hipermediales*. Informe final. Grupo Tecnice. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2004, 54 p.
- MALDONADO G., Luis et ál. *La complejidad en la solución de problemas: niveles de complejidad en problemas de geometría dinámica*. Grupo Tecnice. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2005, 145 p.
- MALDONADO G., Luis, SANABRIA, Luis, SARMIENTO, Luis y MACÍAS, David. "La comprensión y la inferencia en el estudio de hipertextos con el apoyo de un agente generador de preguntas". Grupo Tecnice. En: Memorias TISE 2004 (IX Taller Internacional de Software Educativo) Santiago de Chile: 2004 p. 19-28,
- MAYER, Richard E. *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Barcelona: Paidós, 1985, 480 p.
- MEGÍA FERNÁNDEZ, Miguel. *Proyecto de Inteligencia Harvard*. Serie IV Resolución de problemas. España: 2002.
- MOREIRA R., Gustavo. "Sistema de Aprendizaje Basado en el Web para Facilitar el Desarrollo del Pensamiento". En: Memorias IX Taller Internacional de Software Educativo (TISE), Chile: 2004, p. 29.
- NICKERSON, Raymond et ál. *Enseñar a pensar. Aspectos de la aptitud intelectual*. Barcelona: Paidós, 1994, p. 136.
- NOY, N. F., McGUINNESS, D. L. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*, 2000. Disponible en: www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinnessabstract.html consultado el 27 de marzo de 2007.

- PÉREZ RODRÍGUEZ, A. L. et ál. "Cómo detectar preconcepciones en una clase de física. El caso de la esfera que desciende por un plano inclinado". *Journal of Science Education* Vol. 5 N.º 2, (2004), p. 103-106.
- PEIRCE, Charles. *Reasoning. 1901*. Traducción castellana de Sara Barrena. Disponible en www.unav.es/gep/Reasoning.html consultado el 1 de agosto de 2006.
- POZO MUNICIO, Juan Ignacio et ál. *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata, 1998, 331 p.
- RODRÍGUEZ, Jaime "El impacto de las TIC en 10 universidades colombianas. En: Memorias Primer Congreso Internacional de Educación Mediada con Tecnologías. Barranquilla: Universidad del Norte, octubre de 2004.
- RUSELL y NORVING. *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*. Prentice Hall, 1996.
- SANABRIA R., Luis B. y MACÍAS M., David. *Formación de competencias docentes. Diseñar y aprender con ambientes computacionales*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. 2006, 140 p.
- SÁNCHEZ SOTO, Iván R. "Influencia de una metodología activa en el proceso de enseñar y aprender física". *Journal of Science Education*, Vol. 5 N.º 2, (2004), p. 77-83.
- _____. "Validación de una metodología basada en actividades de aprendizaje con técnicas creativas para estudiantes universitarios". *Journal of Science Education*, Vol. 2, N.º 2, (2001), p. 86-90.
- SOTO LOMBANA, Carlos et ál. "A review of conceptual change research in science education". *Journal of Science Education*, Vol. 6 N.º 1, 2005, p. 5-8.
- TOBOSO P., Jesús. "Evaluación de habilidades cognitivas en la resolución de problemas matemáticos". Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. 27 de abril de 2004.
- UDEN, Lorna. "An Engineering Approach for Online Learning" *Idea Group Publishing*, 2003.
- UML http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_Unificado_de_Modelado, 7 de abril de 2007.
- WALDEGG, Guillermina et ál. "Habilidades cognoscitivas y esquemas de razonamiento en estudiantes universitarios". *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Vol. 4, N.º 8 , p 203-244, diciembre de 1999. Disponible en: www.comie.org.mx/revista/Resumenes/Numero8/8res1.htm



Nelson Antonio Castillo Alba

Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia, Especialista en Docencia e Investigación Universitaria de la Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdoba", Magister en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación de la Universidad Pedagógica Nacional. Diplomado en: Diseño Curricular, Pedagogía y Didáctica de las Ingenierías, Multimedia Educativa, Tutores Virtuales, Diseño de Material didáctico para e-learning. Profesional de la Empresa de Energía de Bogotá, prestó sus servicios en la Central Hidroeléctrica de Guavio en las áreas de Mantenimiento Mecánico y Servicios Técnicos. Se desempeñó como: Coordinador del programa de Ingeniería Aeronáutica, Secretario Académico, Decano(e), Coordinador de Investigación y Profesor Asociado de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de San Buenaventura. Editor de Ingenium, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Buenaventura – Bogotá. Investigador principal y Coinvestigador de proyectos de Investigación avalados por el Consejo de Investigación Bonaventuriano CIB, segundo líder del grupo de Investigación "Pedagogía y Tecnología" clasificado en categoría B ante Colciencias. Actualmente se desempeña como Director del Centro de Formación Virtual de la Universidad de San Buenaventura – Bogotá.

Este libro
se terminó de imprimir
el 30 de septiembre de 2008
en la Editorial Bonaventuriana
Universidad de San Buenaventura,
Bogotá, D. C.