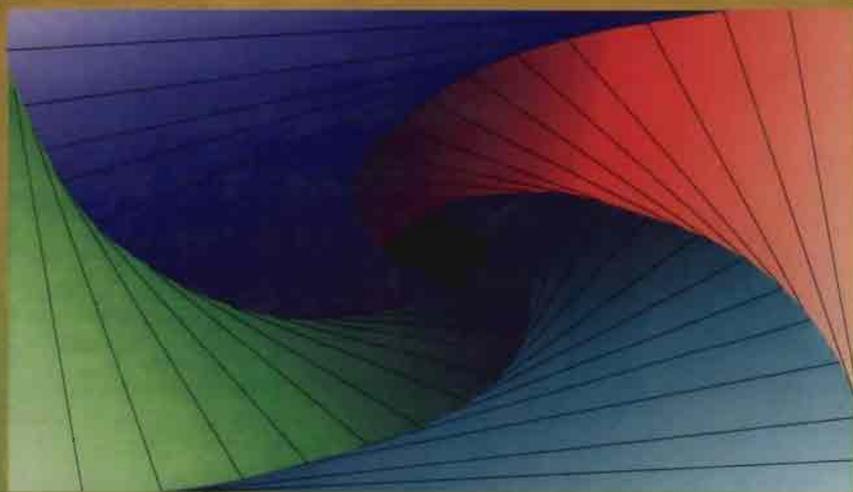


METACOGNICIÓN Y RAZONAMIENTO ESPACIAL EN JUEGOS DE COMPUTADOR



6
**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
INSTITUTO PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL
DESARROLLO PEDAGÓGICO**

U.P.N — IDEP

153.1526
M587m
ej.1



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL**

**METACOGNICIÓN Y RAZONAMIENTO ESPACIAL
EN JUEGOS DE COMPUTADOR**
**Incidencia de Juicios de Metamemoria y Sugerencia de
Estrategias en el Aprendizaje Autónomo.**

Luis Facundo Maldonado Granados. Ph.D.
Oscar Hernán Fonseca Ramírez
Jaime Ibáñez Ibáñez
David Macías Mora
Nerey Ortega del Castillo, M.Sc.
Martha Rubio Salas
Luis Bayardo Sanabria Rodríguez, M.Sc.

Profesores Universidad Pedagógica Nacional



**Instituto
PARA LA INVESTIGACION EDUCATIVA
Y EL DESARROLLO PEDAGÓGICO
ALCALDÍA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ**

EQUIPO DE INVESTIGACION

Luis Facundo Maldonado Granados. Ph.D. (Director)

Oscar Hernán Fonseca Ramírez

Jaime Ibáñez Ibáñez

David Macías Mora

Nerey Ortega del Castillo, M.Sc.

Martha Rubio Salas

Luis Bayardo Sanabria Rodríguez, M.Sc.

Profesores Universidad Pedagógica Nacional

ASESORA de DISEÑO

Addy Pino Santiago

**METACOGNICIÓN Y RAZONAMIENTO ESPACIAL
EN JUEGOS DE COMPUTADOR**
*Incidencia de Juicios de Metamemoria y Sugerencia de
Estrategias en el Aprendizaje Autónomo.*

Investigación cofinanciada por
La Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá y el Instituto para
la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico -IDEP-

ISBN: 958 - 20 - 0528 - 9

Derechos reservados

Diagramación y Armada
Oscar Hernán Fonseca

Diseño de Portada
Addy Pino y Martha Rubio

Corrección de Estilo
Luis Facundo Maldonado Granados y Nerey Ortega del Castillo

© Universidad Pedagógica Nacional -U.P.N.-
Santafé de Bogotá. D.C.

y

© Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico -IDEP-
Santafé de Bogotá. D.C.

Impresión: 0000000000

Santafé de Bogotá, D.C.
1a edición 1.999

AGRADECIMIENTOS

El grupo de investigación expresa sus agradecimientos, tanto a la Universidad Pedagógica Nacional, como al Instituto para la Investigación Educativa y Desarrollo Pedagógico - IDEP – al igual que a los profesores del Departamento de Tecnología y a los alumnos de los grados décimo y once del Instituto Pedagógico Nacional IPN por su valiosa y oportuna colaboración en la etapa experimental de este trabajo.

Un reconocimiento especial merecen los compañeros del CIDUP, quienes pacientemente toleraron y comprendieron las exigencias y retos del proyecto, motivándonos permanentemente a concluir dicho trabajo.

Finalmente queremos invitar a la Comunidad Educativa que con el presente libro acompañado de un software intenten buscar caminos para lograr la incorporación del mundo informático al aula de clase y a explicitar una nueva visión de la pedagogía y de la didáctica.

PROLOGO

La investigación que presenta el equipo dirigido por el Doctor Luis Facundo Maldonado Granados, constituye sin duda, una provechosa simbiosis - entre una de la más reconocidas estrategias de enseñanza/aprendizaje de la didáctica moderna - la resolución de problemas - con una de las herramientas de investigación científica de mayor promesa para la educación contemporánea: el uso de simuladores. En efecto, puede argumentarse que la resolución de problemas es una de las maneras más efectivas de aprender y el uso de protocolos digitales una de las formas más potentes, precisas y versátiles que existen para simular problemas y analizar datos.

El equipo del profesor Maldonado, combina con gran habilidad estos dos ingredientes, y arroja resultados que contribuyen a esclarecer el mecanismo mediante el cual los alumnos aprenden por sí mismos y reflexionan sobre su propio aprendizaje. Además, este estudio aporta algunas claves prácticas para el diseño y desarrollo de software educativo que reta a los estudiantes a aprender, mediante el juego y la exploración, como es el caso de los problemas de razonamiento y diseño espacial que plantea. Por todo ello, considero que la presente obra es de especial interés y obligada referencia para los investigadores y alumnos preocupados por el estudio del autoaprendizaje y la metacognición por medio del computador, los diseñadores de multimedia educativa y por supuesto, para los profesores de diseño que deseen utilizar las nuevas tecnologías en su práctica docente.

Aurelio Usón Jaeger, Ph.D.
Doctor de Filosofía y Ciencias de la Educación.

Índice general

| | |
|-------------------|---|
| INTRODUCCION..... | i |
|-------------------|---|

CAPITULO I

| | |
|--|----------|
| METACOGNICIÓN Y APRENDIZAJE | 1 |
| 1.- LA IMPORTANCIA DEL APRENDIZAJE AUTÓNOMO EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO | 1 |
| 2.- UNA MIRADA EVOLUTIVA SOBRE LA AUTONOMÍA DEL APRENDIZAJE | 4 |
| 2.1.- EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO EN LA PERSPECTIVA DEL AUTOCONTROL | 4 |
| 2.2.- EL ESTUDIO AUTODIRIGIDO | 6 |
| 2.3.- METACOGNICIÓN | 11 |
| 3.- IMPORTANCIA DE LA METACOGNICIÓN. | 15 |
| 4.- ENFOQUE COMPUTACIONAL DE LA METACOGNICIÓN | 17 |
| 5.- UN MODELO PARA EL ESTUDIO DE TRANSFERENCIA DE ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE | 19 |
| 5.1.- MODELO DE PRODUCCIÓN DE PROGRAMAS | 20 |
| 5.2.- ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE TRANSFERENCIA | 23 |
| 5.3.- CONTRASTACIÓN DEL MODELO | 25 |
| 6.- MEDICIÓN DE LA METACOGNICIÓN | 27 |

| | |
|--|-----------|
| CAPITULO II | |
| DOMINIO DE CONOCIMIENTO DE LA | |
| INVESTIGACIÓN | 33 |
| 1. PROBLEMAS SOBRE EQUILIBRIO | 34 |
| 1.1. PROBLEMA 1. LÍNEAS EN EQUILIBRIO..... | 36 |
| 1.2. PROBLEMA 2. LÍNEAS AL AZAR | 37 |
| 1.3. PROBLEMA 3. PUNTOS EN EQUILIBRIO | 38 |
| 1.4. PROBLEMA 4. PUNTOS AL AZAR..... | 39 |
| 1.5. PROBLEMA 5. ROMPECABEZAS DE PIEZAS | |
| ENSAMBLABLES | 39 |
| 2. PROBLEMA SOBRE FORMA | 40 |
| PROBLEMA 6: ROMPECABEZAS VEGA JG | 42 |
| 3. PROBLEMA SOBRE POSICIÓN Y DIRECCIÓN | 42 |
| PROBLEMA 7: POSICIÓN DE UN OBSERVADOR | 49 |
| 4. PROBLEMA SOBRE COLOR | 50 |
| PROBLEMA 8: LABORATORIO DE COLOR. | 55 |
| 5. PROBLEMA DE RAZONAMIENTO SOBRE MECANISMOS | 57 |
| PROBLEMA 9: RAZONAMIENTO SOBRE MECANISMOS. | 60 |

| | |
|---|-----------|
| CAPITULO III | |
| METODOLOGÍA | 65 |
| 1. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN..... | 65 |
| 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO: | 66 |
| 3. ESTRUCTURA GENERAL DEL AMBIENTE EXPERIMENTAL. | 68 |
| 4. DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS | 71 |
| 4.1. Juego 1. Líneas en Equilibrio | 71 |
| 4.2. Juego 2. Líneas al azar | 73 |
| 4.3. Juego 3. Agujeros en Equilibrio.- | 74 |
| 4.4. Juego 4 . Agujeros al Azar.- | 75 |
| 4.5. Juego 5. Rompecabezas de Piezas Ensamblables | 78 |
| 4.6. Juego 6: Rompecabezas Vega JG | 78 |
| 4.7. Juego 7: Posición de un Observador..... | 80 |
| 4.8. Juego 8: Laboratorio de Color | 84 |
| 4.9. Juego 9: Razonamiento sobre Mecanismos | 87 |
| 5. POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 91 |

CAPITULO IV

| | |
|---|-----------|
| ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS | 95 |
| 1. INFLUENCIA DE LOS ACTIVADORES DE JUICIOS DE METAMEMORIA Y DE LA SUGERENCIA DE ESTRATEGIAS SOBRE LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS | 95 |
| MODULO 1: Líneas en equilibrio | 97 |
| 1. Etapa de descubrimiento. | 97 |
| 2. Etapa de Consolidación 1 | 98 |
| 3. Etapa de Consolidación 2 | 100 |
| MODULO 2 Líneas al Azar | 102 |
| 1. Etapa de descubrimiento | 102 |
| 2. Etapa de Consolidación 1 | 103 |
| 3. Etapa de Consolidación 2 | 104 |
| MODULO 3 Agujeros en Equilibrio | 107 |
| 1 Etapa de descubrimiento | 107 |
| 2. Etapa de Consolidación 1 | 108 |
| 3. Etapa de Consolidación 2 | 109 |
| MODULO 4 Agujeros al Azar | 110 |
| 1. Etapa de descubrimiento | 110 |
| 2. Etapa de Consolidación 1 | 111 |
| 3. Etapa de Consolidación 2 | 112 |
| MODULO 5 Rompecabezas Arnheim | 115 |
| 1. Etapa de descubrimiento | 115 |
| 2. Etapa de Consolidación 1 | 116 |
| 3. Etapa de Consolidación 2 | 117 |
| MODULO 6 Rompecabezas Vasarely | 119 |
| MODULO 7 Posición y Dirección | 120 |
| 1. Entrenamiento | 120 |
| 2. Generalización | 121 |
| MODULO 8. Laboratorio de Color | 122 |
| 1. Etapa de descubrimiento. | 122 |
| 2. Etapa de consolidación 1 | 123 |
| 3. Etapa de consolidación 2 | 124 |
| 4. Etapa de Generalización..... | 124 |
| 2. ANALISIS GLOBAL | 126 |

| | |
|--|-----|
| 3. RELACION ENTRE ESTRATEGIAS FUERTES Y TRANSFERENCIA DE ESTRATEGIAS..... | 127 |
| 3.1. Líneas en Equilibrio frente a líneas al azar..... | 128 |
| 3.1.1. Evaluación de Eficacia..... | 128 |
| 3.1.2. Evaluación sobre la Eficiencia..... | 130 |
| 3.2. Análisis de Regresión de Líneas en Equilibrio sobre Agujeros en Equilibrio..... | 132 |
| 3.2.1. Evaluación sobre la variable Eficacia..... | 132 |
| 3.2.2. Evaluación sobre la variable Eficiencia..... | 134 |
| 3.3. Análisis de Regresión de Agujeros en Equilibrio sobre Agujeros al Azar..... | 136 |
| 3.3.1. Análisis de Eficacia..... | 136 |
| 3.3.2. Análisis de Eficiencia..... | 138 |
| 3.4. Análisis de Regresión de Color Entrenamiento sobre Color Generalización..... | 140 |
| 3.4.1. Análisis de Eficacia..... | 140 |
| 3.4.2. Análisis de Eficiencia..... | 141 |
| 3.5. Análisis de Regresión de Rompecabezas Arnheim sobre Rompecabezas Vasarely..... | 143 |
| 3.5.1. Análisis de Eficacia..... | 143 |
| 3.5.2. Análisis de Eficiencia..... | 145 |

CAPÍTULO V

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

CUANTITATIVOS..... 147

| | |
|--|-----|
| 1. INFLUENCIA DE LOS ACTIVADORES DE JUICIOS DE METAMEMORIA Y DE LAS SUGERENCIAS DE ESTRATEGIAS SOBRE LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS..... | 147 |
| 1.1. Líneas en equilibrio..... | 147 |
| 1.1.1. Etapa de Descubrimiento..... | 147 |
| 1.1.2. Etapa de Consolidación 1..... | 148 |
| 1.1.3. Etapa de consolidación 2..... | 149 |
| 1.2. Líneas al azar..... | 150 |
| 1.2.1. Etapa de Descubrimiento..... | 150 |
| 1.2.2. Etapa de Consolidación 1..... | 151 |

| | |
|--|-----|
| 1.2.3. Etapa de consolidación 2 | 152 |
| 1.3. Agujeros en equilibrio. | 153 |
| 1.3.1. Etapa de descubrimiento | 153 |
| 1.3.2. Etapa de consolidación 1 | 153 |
| 1.3.3. Etapa de Consolidación 2 | 154 |
| 1.4. Agujeros al Azar | 154 |
| 1.4.1 Etapa de Descubrimiento | 155 |
| 1.4.2. Etapa de consolidación 1 | 155 |
| 1.4.3. Etapa de consolidación 2 | 156 |
| 1.5. Rompecabezas de Arnheim. | 157 |
| 1.5.1. Etapa de Descubrimiento. | 157 |
| 1.5.2. Etapa de consolidación 1 | 158 |
| 1.5.3. Etapa de Consolidación 2 | 159 |
| 1.6. Rompecabezas Vasarely | 159 |
| 1.7. Laboratorio de color. | 160 |
| 1.7.1. Etapa de Descubrimiento. | 160 |
| 1.7.2. Etapa de Consolidación 1 | 161 |
| 1.7.3. Etapa de Consolidación 2 | 162 |
| 1.7.4. Etapa de generalización | 163 |
| 2. TRANSFERENCIA DE ESTRATEGIAS. | 164 |
| 2.1. Líneas en Equilibrio sobre Líneas al Azar | 165 |
| 2.1.1. Eficacia | 166 |
| 2.1.2. Eficiencia | 166 |
| 2.2. Líneas en Equilibrio sobre Agujeros en Equilibrio | 167 |
| 2.2.1. Eficacia | 167 |
| 2.2.2. Eficiencia | 167 |
| 2.3. Agujeros en Equilibrio sobre Agujeros al Azar | 167 |
| 2.3.1. Eficacia | 168 |
| 2.3.2. Eficiencia | 168 |
| 2.4. Color Entrenamiento sobre Color Generalización..... | 169 |
| 2.4.1. Eficacia | 169 |
| 2.4.2. Eficiencia | 169 |
| 2.5. Rompecabezas Arnheim sobre Rompecabezas Vasarely | 170 |
| 2.5.1. Eficacia | 170 |
| 2.5.3. Eficiencia | 170 |

CAPÍTULO VI

| | |
|--|------------|
| ANÁLISIS CUALITATIVO | 171 |
| 1. CATEGORIZACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS PROPUESTAS PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA “ MECANISMOS” | 171 |
| 1.1. CARACTERIZACIÓN GRUPO A | 171 |
| 1.2. CARACTERIZACIÓN GRUPO B | 172 |
| 1.3. CARACTERIZACIÓN GRUPO C | 174 |
| 1.4. CARACTERIZACIÓN GRUPO D | 179 |
| 1.5. GENERALIZACIÓN. | 181 |
| ANÁLISIS DE INFORMACIÓN | 181 |
| 2. ANÁLISIS DE LOS COMPORTAMIENTOS PRESENTADOS POR LOS SUJETOS DE LOS DIFERENTES GRUPOS EN EL MÓDULO DE POSICIÓN Y DIRECCIÓN | 189 |
| 2.1. CARACTERIZACIÓN GRUPO A | 189 |
| 2.2. CARACTERIZACIÓN GRUPO B | 193 |

CAPÍTULO VII

| | |
|---|------------|
| DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 195 |
| 1. Resumen de especificaciones metodológicas | 195 |
| 2. Conclusiones | 198 |
| 2.1. Evolución de la curva de aprendizaje | 198 |
| 2.2. Dinámica de las variables dependientes. | 199 |
| 2.3. Papel de los activadores de juicios de metamemoria y de las sugerencias de estrategias | 200 |
| 2.4. Relación entre estrategias fuertes y generalización | 205 |
| 2.5. Relación entre nivel de abstracción y dificultad | 206 |
| 2.6. Importancia de los juegos de descubrimiento en el aprendizaje autónomo | 208 |
| 2.7. Los simuladores y estudio de procesos en el aprendizaje | 209 |
| 3. Proyecciones y Limitaciones | 210 |

| | |
|---------------------------|------------|
| BIBLIOGRAFÍA | 213 |
|---------------------------|------------|

| | |
|---------------------|------------|
| ANEXOS | 227 |
|---------------------|------------|

Tabla de Anexos

| | |
|--|---|
| Ilustración 3.1. Líneas en equilibrio | 1 |
| Ilustración 3.2. Líneas al azar | 1 |
| Ilustración 3.3. Agujeros en equilibrio | 2 |
| Ilustración 3.4. Rompecabezas de piezas ensamblables | 3 |
| Ilustración 3.5. Rompecabezas Vega JG | 3 |
| Ilustración 3.7. Posición y dirección en la percepción visual | 4 |
| Ilustración 3.7. Posición y dirección..... | 4 |
| Ilustración 3.8. Laboratorio de color (El Problema) | 5 |
| Ilustración 3.9. Laboratorio de color (Forma Irregular) | 5 |
| Ilustración 3.10. Laboratorio de color (Forma Regular) | 6 |
| Ilustración 3.11. Razonamiento sobre mecanismos (Presentación del problema) | 6 |
| Ilustración 3.12. Razonamiento sobre mecanismos (El almacén) | 7 |
| Ilustración 3.13. Razonamiento sobre mecanismos (El centro de información técnica)..... | 7 |
| Especificaciones para el uso del software | 8 |

INTRODUCCION

Este libro es el resultado del Proyecto de Investigación titulado “Razonamiento Espacial y Aprendizaje del Diseño” cofinanciado por la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá y el Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico¹ -I.D.E.P.

Se compone de los siguientes capítulos:

Capítulo 1: Metacognición y Aprendizaje. Presenta una síntesis de investigaciones relevantes sobre el tema de la autonomía en el aprendizaje. La información se estructura teniendo en cuenta la evolución que ha tenido este cuerpo de investigaciones, mostrando el desarrollo de modelos de investigación con capacidad explicativa creciente. Esta parte centra su interés en los aportes conceptuales, los modelos teóricos y los desarrollos sobre una teoría de la medición de la metacognición.

Capítulo 2: Dominio de conocimiento de la Investigación. Caracteriza los problemas seleccionados para el desarrollo del ambiente experimental. En esta parte se hace una presentación del dominio de conocimiento relacionado con el diseño, como un conjunto muy específico cuyo proceso de solución es objeto de estudio en esta investigación.

¹ Contrato registrado con el número 128/1997 por I.D.E.P. y con el número 135/1997 por la U.P.N..

Capítulo 3: Metodología. Se hace una especificación detallada del entorno computacional de la investigación y de los procedimientos experimentales desarrollados para validar las hipótesis.

Capítulo 4: Análisis estadístico de datos. Presenta los resultados de la investigación utilizando los modelos de Análisis Factorial de Varianza y de Regresión Múltiple. Con el primero se contrastan la eficacia, eficiencia y el rendimiento obtenidos por los sujetos en los nueve módulos que están constituidos por juegos y configurados en cuatro modalidades, según la combinación de las dos variables experimentales: sin activadores de juicios de metamemoria y sin sugerencia de estrategias; sin activadores de juicios de metamemoria y con sugerencia de estrategias; con activadores de juicios de metamemoria y sin sugerencia de estrategias; con activadores de juicios de metamemoria y con sugerencia de estrategias. Con el segundo se evalúan la capacidad predictiva de las variables grupo, eficacia y eficiencia en tres etapas de la evolución del aprendizaje en un módulo de entrenamiento con respecto a la eficacia y eficiencia en un segundo problema, considerado de generalización.

Capítulo 5: Interpretación de resultados cuantitativos. Se intenta construir una visión de conjunto de la dinámica de las variables dependientes relacionándola con la variación generada por los juegos. Se indaga por generalidades para abrir paso a las explicaciones relacionando los datos con la teoría. Los puntos relevantes sirven de nexo para el análisis cualitativo del cual se ocupa el siguiente capítulo.

Capítulo 6: Análisis Cualitativo. Se realiza una categorización de los procesos de trabajo desarrollados en los módulos de mecanismos y posición - dirección, utilizando los protocolos generados por el computador, convertidos en programas ejecutables que simulan los procesos seguidos por los sujetos. Se caracterizan los diferentes grupos de trabajo y se contrastan los factores eficacia, eficiencia y rendimiento.

Capítulo 7: Discusión y Conclusiones. Se realiza una discusión de los resultados a la luz de la teoría, los coteja con investigaciones previas. y hace proyecciones para futuros trabajos.

Con este trabajo esperamos contribuir al desarrollo del pensamiento abstracto en los jóvenes bachilleres de nuestro país, según la intención de la convocatoria que nos llevó a ser acreedores a la ejecución de este proyecto².

² El libro hace referencia a un Software que se puede conseguir con los autores o con los patrocinadores.

CAPÍTULO I

METACOGNICIÓN Y APRENDIZAJE

1.- LA IMPORTANCIA DEL APRENDIZAJE AUTÓNOMO EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

La perspectiva del aprendizaje autónomo está vigente en los ideales educativos del presente siglo y se vuelve más importante en la medida en que se consolidan la Era de la Información y la Sociedad del Conocimiento.

La Era de la Información se caracteriza por la regulación de procesos sociales, políticos y económicos con base en información y por el desarrollo consecuente de infraestructuras tecnológicas avanzadas para su manejo. El fenómeno más prominente es el incremento del cambio en paralelo con la producción masiva de datos que se divulgan a través de los medios de comunicación de masas y de redes electrónicas.

En la dinámica de los sistemas sociales, existe el siguiente ciclo de realimentación positiva: a mayor cambio, mayor información y viceversa, que unido al avanzado desarrollo de tecnologías, es responsable de la creciente explosión de datos. El ser humano muestra una buena capacidad para organizar información en categorías y hacer generalizaciones y poca capacidad para manejar datos de bajo nivel que típicamente sobrecargan su memoria, razón por la cual se presenta una nueva dificultad: la de procesar las grandes cantidades de información que se generan.

El fenómeno no tendría importancia si el ser humano no tuviera que decidir con base en información y hacerlo en un mundo que se mueve entre la colaboración y la competencia.

Los datos hacen una representación de lo particular en el tiempo y en el espacio. Las decisiones se toman sobre categorías de eventos que se sucederán en tiempos y espacios diferentes. Este hecho hace que el decisor tenga que elaborar generalizaciones a partir de los datos, encontrando en ellos estructuras y regularidades comunes para proyectarse en una previsión de sucesos futuros. A estas regularidades y estructuras se les denomina conocimiento.

La posibilidad de decidir está condicionada por la capacidad de desarrollar conocimiento a partir de los datos y, como la producción de éstos evoluciona permanentemente, también la producción de conocimiento es objeto de cambios continuados tanto a nivel cualitativo como cuantitativo. En estas condiciones, se valida la afirmación según la cual la información no sólo incluye los datos, sino que genera nuevas formas de pensar, afectando los parámetros que la gente toma como base para hacer juicios y tomar decisiones en la vida diaria (Scheffler, 1986).

La relevancia del fenómeno que se acaba de presentar da pie para caracterizar la Sociedad del Conocimiento con base en dos indicadores: el desempeño de actividades repetitivas por agentes artificiales y la incorporación de niveles crecientes de conocimiento a los puestos de trabajo.

Los agentes artificiales son manifestaciones de las tecnologías de la información en su esfuerzo por simular a los agentes naturales y asumen dos versiones: los programas de agente y los robots. Los primeros reciben como entrada datos y dan como salida un dato transformado que es útil para otro proceso; los segundos son capaces de procesar información y desarrollar trabajo. Un robot normalmente incorpora un programa de agente. Ejemplos de los primeros son los cajeros automáticos, los procesadores de texto, los asistentes de procesos administrativos; de los segundos, los robots móvi-

les utilizados en las fábricas de carros, en el mantenimiento de aviones y en la carga de vehículos

El indicador de incorporación de conocimiento a los puestos de trabajo tiene una manifestación organizacional y otra individual.

En lo individual aparece la necesidad de incorporar cada vez mayores niveles de conocimiento y habilidades en el desempeño de roles y funciones. En el campo organizacional, para que una institución pueda sobrevivir y crecer requiere incorporar a su dinámica un ritmo de aprendizaje corporativo igual o mayor que el del cambio en su entorno (Garrat, 1990). Resultado de este proceso es el porcentaje creciente de puestos de trabajo que requieren conocimiento especializado (Wiig, 1994).

Frente a la necesidad de conocimiento y a la superproducción de datos se han destacado dos estrategias que tratan de potenciar a los individuos y a las organizaciones para incrementar la generación de conocimiento: la una está constituida por el uso de técnicas de inteligencia artificial para encontrar regularidades y hacer generalizaciones a partir de base de datos (Fayyad, Piatetsky, Smyth, 1996) y la otra, al desarrollo de habilidades de aprendizaje autónomo por parte de los individuos. En el capítulo de la metodología se realizará una ampliación de la primera estrategia; en este capítulo nos referiremos a la autonomía en el aprendizaje.

El informe Aprender a Ser (Faure, 1972) y otros ensayos de prospectiva (Toffler, 1970) visualizaron el futuro de la sociedad exitosa con base en el conocimiento y el aprendizaje autónomo. Dos razones son relevantes dentro de esta concepción:

La primera sustenta la necesidad de desarrollar la capacidad creativa e innovadora para adecuarse a las circunstancias cambiantes, lo cual no se logra en condiciones de aprendizaje heterodirigido y la segunda tiene que ver con el costo y velocidad de la actualización requerida en las empresas dinámicas para mantener niveles de competitividad deseables.

2.- UNA MIRADA EVOLUTIVA SOBRE LA AUTONOMÍA DEL APRENDIZAJE

Para una mejor comprensión del concepto de autonomía en el aprendizaje, nos permitimos esbozar, en forma general, tres momentos que, a nuestro modo de ver, son los más relevantes en su evolución: la teoría del autocontrol, la cual enfatiza la relación de los sujetos con el entorno y las consecuencias del desempeño; el estudio auto dirigido donde aparece como elemento básico el agente decisor sobre los eventos de instrucción; y la metacognición que se basa en la distinción entre un conocimiento objeto y meta-conocimiento.

2.1.- EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO EN LA PERSPECTIVA DEL AUTOCONTROL

Los siguientes son los componentes que constituyen la concepción de aprendizaje de esta corriente (Kanfer y Philips 1970):

Aprendizaje como resultado: es una clase de comportamiento observable que se elicitaba en un conjunto de condiciones específicas con una probabilidad alta.

Proceso de aprendizaje: es pasar de una probabilidad baja en unas condiciones a una probabilidad alta en las mismas condiciones.

Determinantes del aprendizaje: es generado por una relación funcional entre una ejecución y sus consecuencias sobre la probabilidad siguiente de esa ejecución en las condiciones definidas; las condiciones antecedentes y la consecuencia son los determinantes de la probabilidad.

Autocontrol: se efectúa en la medida en que el sujeto maneja los determinantes de su propio aprendizaje.

Esta aproximación realizó estudios experimentales tendientes a validar su modelo. Una aproximación conocida es la llamada economía de fichas -usando la metáfora del sistema económico-, en la cual las consecuencias están representadas por fichas (especie de moneda) que se pueden obtener en la medida en que se va logrando el aprendizaje. Las condiciones antecedentes están constituidas por el ambiente y los materiales de instrucción. En condición de autocontrol el sistema es manejado por el mismo sujeto que aprende, en tanto que en la de control externo es el maestro o un agente equivalente el que hace de administrador.

En Maldonado y Sequeda (1974) se analiza cómo la estructura de un ambiente de aprendizaje incide en el desarrollo de hábitos, en términos tanto de la duración como en la eficiencia de las sesiones de estudio libre, de niños de cuarto grado de primaria en el área de matemáticas. El espacio físico se dividió en dos salas: una para juegos, descanso y alimentación y otra para estudio. El sujeto podía decidir entre estudiar o estar en el ambiente de descanso. Las actividades en la sala de descanso tenían un valor en fichas, las cuales podía ganar desarrollando ejercicios en la sala de estudio. El sujeto podía establecer sus objetivos tanto a nivel de estudio como de descanso. No se contaba con ningún instructor que le enseñara; el aprendizaje debía obtenerlo por sí mismo de materiales de estudio disponibles. Los resultados muestran una evolución en su capacidad de aprendizaje de un promedio del 51% a un 73% y la duración promedio de las sesiones de estudio pasaron de 17 a 69 minutos.

Otro estudio (Maldonado et al., 1977) comparó condiciones de estudio autodirigido con condiciones de clase, donde el profesor realiza las explicaciones del material de aprendizaje. Los sujetos fueron cuatro grupos de estudiantes de primer semestre en un curso introductorio de Psicología del Aprendizaje: Un primer grupo tenía instrucción dada por un profesor; el segundo contaba con la misma instrucción y los materiales de estudio; el tercero tenía los materiales de estudio y debía presentar una entrevista con el profesor, una vez estudiados los materiales, y el cuarto grupo disponía de los

materiales, presentaba pruebas y recibía guías para que después de la prueba hallara las respuestas explorando por sí mismo el mismo material. Según los resultados, los materiales de estudio crean diferencias significativas en el aprendizaje; en condiciones de estudio autodirigido el estudiante puede obtener el mismo rendimiento que bajo la dirección de un profesor y finalmente la evaluación de materiales mediante guías después de hacer pruebas generó un progreso más sostenido en relación con los estudiantes de los otros grupos.

Para la escuela del análisis del comportamiento, el tema de autocontrol no fue tendencia dominante, pero logró plantear una metodología consistente para su investigación. Los resultados de estos trabajos tienen el valor de ser replicables y generalizables a diferentes entornos.

El tipo de enfoque epistemológico hizo que se pusiera atención en los eventos externos y, en consecuencia, se centró en el análisis de eventos motivacionales. Su metodología de indagar por los factores motivantes y crear sistemas motivacionales es responsable de su dinámica y de su efectividad. Cuando el estudiante identifica lo que busca y se coloca metas reales y en términos de eventos observables asegura de por sí una ganancia, si en su entorno existen las condiciones de apoyo que hagan posibles sus aspiraciones.

Pero, la misma fuente de su éxito, le creó limitaciones para entender los fenómenos que estudiaba. Sus limitaciones están en el hecho de dejar de lado el estudio de las representaciones mentales de los sujetos cuando realizan actividades de autocontrol.

2.2.- EL ESTUDIO AUTODIRIGIDO

Un aporte reconocido en la superación del modelo estímulo-respuesta en la investigación de la autonomía del aprendizaje surge de la distinción hecha por Gagné (1977), Gagné y Briggs (1979) entre eventos internos y externos en el aprendizaje. Los primeros se refieren a procesos que suceden al interior del estudiante y los

externos a dimensiones del entorno que sirven de activadores de los eventos internos. Esta aproximación presenta una taxonomía de nueve eventos internos (Atención, expectativa, recuperación de información en memoria de trabajo, percepción selectiva, codificación significativa, recuerdo y respuesta, refuerzo, recuerdo con asociaciones, generalización) que se relacionan con otros tantos eventos externos (ganar atención, informar al sujeto del objetivo del aprendizaje, estimular el recuerdo de aprendizajes previos, presentar estímulos con características diferenciadoras, guiar el aprendizaje, elicitación de la ejecución, dar feedback informativo, valorar la ejecución, fortalecer la retención y la transferencia del aprendizaje).

Esta relación da una base para definir los procesos de aprender en relación con los procesos de enseñar. Los primeros se definen por la sucesión de eventos de aprendizaje, los segundos, por la sucesión de eventos de instrucción. En este contexto, la instrucción puede entenderse como la disposición de una serie de eventos a través de los cuales el aprendiz logra comunicación con una fuente de información y obtiene como resultado cambios a nivel de sus estructuras conceptuales, valorativas o psicomotrices.

Gagné distingue frente a la instrucción un aprendizaje intencional y otro incidental. El primero se desarrolla mediante instrucción, o sea asociación intencional de eventos de instrucción con eventos de aprendizaje en contraste con el segundo.

Vista en su conjunto, la instrucción implica decisiones. Los patrones de decisión relacionados con el aprendizaje intencional reciben el nombre de estrategias de aprendizaje (Gagné, 1985).

El control de esa serie de eventos puede estar en manos de un agente externo al estudiante (por ejemplo, un instructor o un programa de computador), en manos del mismo estudiante (caso en el cual hablamos de aprendizaje autodirigido), o distribuido entre el estudiante y el agente externo (Gagné, 1985; Briggs, 1968).

Como el control sobre los eventos de instrucción se desarrolla mediante un proceso de decisiones en una sucesión temporal, se entiende el aprendizaje autodirigido como el conjunto de decisiones que el estudiante toma en un proceso específico de instrucción (Wydra, 1980).

La aparición del computador y su incorporación al campo educativo dio lugar a que se impulsara la tendencia de programas de computador controlados por el estudiante versus programas de computador que controlaban al sujeto.

Atkinson (1972a, 1972b) evaluó tres estrategias en la secuencia instruccional de material. La experiencia se desarrolló con 120 estudiantes en tres condiciones experimentales:

- a) aleatoriamente el computador presenta los items
- b) el estudiante controla la secuencia y selecciona la palabra
- c) respuesta sensitiva para que el computador la seleccione usando un modelo matemático.

Los resultados encontrados en la evaluación al final del entrenamiento mostraron que los mayores puntajes se dieron en la primera condición, es decir en orden aleatorio; los siguientes se dieron con la escogencia por parte de los estudiantes y los terceros por el computador. Una semana más tarde, al aplicar una prueba de retención, se presentó un cambio en los puntajes de evaluación así: mayor puntaje en los alumnos que trabajaron con la tercera estrategia - selección por el computador -; luego, aquellos que tomaron la segunda condición de trabajo, - la escogencia por parte del estudiante - y ocuparon el tercer lugar quienes trabajaron con la secuencia al azar.

Las observaciones sistemáticas sobre el aprendizaje de los estudiantes permitieron llegar a la conclusión de que el aprendiz no es un decisor efectivo frente a condiciones de selección de estrate-

gias y que un modelo inteligente permitiría al computador ser un buen asesor en decisiones instruccionales.

Newkirk (1973) encontró que estudiantes que escogían sus propias estrategias recordaban más después de dos semanas que aquellos que habían sido controlados por el computador, resultados que fueron confirmados por Mandinach (1984) quien además encuentra que los estudiantes que se auto-regulan tienen mayor capacidad de discriminar lo relevante de lo irrelevante y mayor capacidad de transferir el conocimiento a tareas nuevas.

Estudios como los de Lahey et al. (1975) y Balson et al. (1984) que comparan condiciones de autocontrol con programas de computador y con clases normales, encuentran que los estudiantes pueden aprender en condiciones de aprendizaje autodirigido tanto como bajo la dirección de un profesor o de un programa de computador y muestran cómo las estrategias de aprendizaje constituyen un factor crítico para su mejoramiento.

Los estudios de Faust (1974), Curtin et al., y Bunderson (1976) muestran índices promedios de deserción altos de los estudiantes bajo condiciones de autocontrol comparados con las condiciones de control externo y en general deficiencia en las estrategias de aprendizaje. En estas condiciones la pregunta por la posibilidad de entrenar en estrategias de aprendizaje surge inmediatamente.

Seidel (1975) encontró en un ambiente donde los estudiantes podían escoger entre las siguientes alternativas instruccionales: *Revisar* -llevar al estudiante al comienzo del tópico que está estudiando- *Recapitular* -mostrar una lista de los tópicos estudiados- *Prueba* -tomar un test- *Tópico* -escoger tema-, que el 70% del aprendizaje se logra la primera vez que se estudia el tema; que los estudiantes más aventajados evalúan mejor su propio nivel de logros y puede decidir sobre la cantidad de estudio adicional requerido para aprender un tema y, finalmente, que los estudiantes de más bajo nivel usan más opciones, pero, con menor resultado. Esta investigación hace pensar sobre el nivel de conocimientos previos para

acceder a estudio autodirigido. La primera hipótesis que aparece es que se requiere un conocimiento mínimo del tema para poder adentrarse a condiciones de autodirección.

Whitlock (1976) encontró que los estudiantes que percibían el tema de estudio como más difícil se involucraban menos en su estudio. Este hallazgo llevaría a pensar que se requeriría un dominio mínimo del tema para poder estudiarlo por cuenta propia. Este trabajo se complementa con Fisher et al. (1975) que muestran que los estudiantes cuando deciden por sí mismos sobre los temas a estudiar muestran mayor compromiso en el desarrollo de su auto instrucción. Por otra parte, Garhart y Hannaffin (1986) encuentran que los estudiantes en condiciones de estudio autodirigido tienen dificultades para valorar su nivel de comprensión durante su proceso de aprendizaje. Gay (1986) y Gay (1985) encuentra que quienes tienen mayor conocimiento de un tema pueden orientar mejor su propio proceso de instrucción.

Tennyson et al. (1980), Tennyson (1981), Johansen y Tennyson (1983) y Goetzfried y Hannaffin (1985) estudiaron el efecto de sistemas adaptativos que usan un modelo de estudiante para dar sugerencias sobre: estrategias, secuencia y ritmo de aprendizaje. Encontraron que con estos sistemas los estudiantes lograban niveles de aprendizaje superiores a los obtenidos por sistemas controlados por el computador que con sistemas controlados exclusivamente por los estudiantes, abriendo el campo a la incorporación de métodos de Inteligencia Artificial aplicados al desarrollo de capacidades de estudio autodirigido.

Si bien se reconoce el avance de esta corriente en la identificación de problemas relevantes relacionadas con el estudio autodirigido, su enfoque sigue siendo muy externo a la actividad intelectual de los sujetos. Esta deficiencia es superada a través de los desarrollos sobre metacognición.

2.3- METACOGNICIÓN

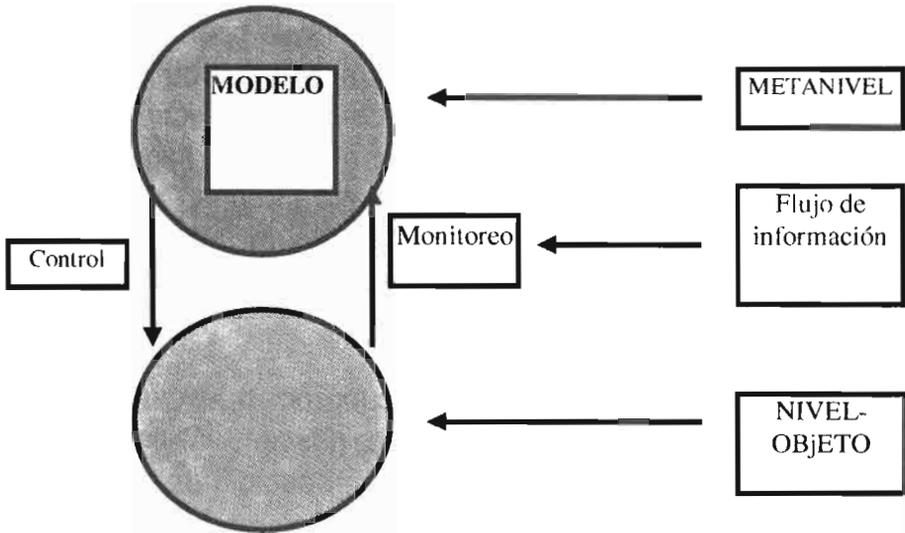
El poder de regular el propio aprendizaje es objeto de estudio actual del área de la ciencia cognitiva denominada metacognición. Entre las propiedades diferenciadoras del ser humano se puede señalar su capacidad de reflexionar sobre su propio conocimiento. Esto le permite proponerse como objetivo incidir sobre la dirección de sus propios procesos cognitivos. La metacognición es un área de investigación en ciencia cognitiva que puede describirse como aquella que toma como objeto de estudio el conocimiento que el ser humano desarrolla sobre la manera como aprende, percibe, recuerda, piensa o actúa (Metcalfe & Shimamura, 1994). En otros términos, la metacognición desarrolla conocimiento sobre el proceso de conocimiento.

Inicialmente la metacognición se preocupó por la evolución en la reflexión sobre el proceso de conocimiento (Flavell & Wellman, 1977; Brown, 1978). Recientemente se enfoca al estudio de las relaciones de la metacognición con los procesos de aprendizaje, memoria y solución de problemas.

El estudio de los procesos metacognitivos se vio obstaculizado por la discusión metodológica sobre la introspección. Sin embargo, con los avances en la ciencia cognitiva, se desarrollaron acercamientos metodológicos orientados a identificar los procesos reflexivos de las personas en su actividad cognitiva y asegurar validez científica en sus aseveraciones. El análisis de protocolos de reportes verbales (Ericson y Simon, 1993), que se viene aplicando al estudio de los procesos cognitivos relacionados con la inteligencia artificial, puede considerarse como una de estas aproximaciones.

Nelson & Narens (1990) presentan un modelo de los procesos metacognitivos compuesto de dos niveles: el nivel meta y el nivel objeto, que interactúan mediante flujos de información de dos clases: control y monitoreo.

El nivel objeto está constituido por el conocimiento acerca de los sistemas externos al sujeto cognocente y se manifiesta como representaciones o modelos de esos sistemas y sus interrelaciones. El metanivel es una representación o modelo del conocimiento que se tiene a nivel objeto.



Esquema 1.-Nelson & Narens (1990). Modelo metacognitivo compuesto de dos estructuras: El metanivel contiene un modelo del Nivel-Objeto y dos relaciones de flujo de información.

El flujo de información en términos de control se ejerce del nivel meta al nivel objeto; esto quiere decir que el primero puede modificar al segundo en tanto que el segundo sólo envía información sobre sus estados al primero.

Las operaciones de control están constituidas por: iniciación de acciones; continuar o terminar acciones.

El monitoreo desarrolla la representación sobre el nivel de conocimiento a nivel objeto. Nelson & Narens (1990) distinguen el monitoreo retrospectivo (el juicio sobre una respuesta previa) y el

monitoreo prospectivo (juicio a cerca de futuras respuestas). El monitoreo prospectivo lo dividen en juicios a cerca de la facilidad de aprendizaje, emitidos previamente a la adquisición de un aprendizaje (EOL = easy of learning); juicios acerca del aprendizaje y que se emiten durante o después de un aprendizaje acerca de la ejecución futura de ese aprendizaje (JOL = judgments of learning); juicios acerca de ítems que no se recuerdan en el momento y que valoran si se tienen o no aprendizajes que ya se aprendieron o se están aprendiendo (FOK = feeling-of-knowledge).

En la solución de problemas, Davison, Deuser & Sternberg (1994) señalan como procesos metacognitivos la identificación y definición del problema; la representación mental del problema; la planeación de procedimientos a seguir y la evaluación del conocimiento a cerca del desempeño. Tanto las características del sujeto como las características del problema y del entorno influyen en el éxito en la aplicación de estos procesos metacognitivos.

Identificación del problema. El primer paso en la solución de un problema consiste en codificar los elementos críticos del problema, llevarlo a memoria de trabajo y extraer de la memoria de largo plazo la información que es relevante a estos rasgos (Newell & Simon, 1972). La representación es más fácil en el caso de problemas bien estructurados que en el caso de problemas débilmente estructurados.

La representación mental del problema. Ayuda a reducir las exigencias de memoria, a organizar las condiciones y reglas del problema y a determinar si ciertos pasos están permitidos y si son productivos (Kotosky, Hayes & Simon, 1985). La representación del problema es una estructura cambiante a través de su solución. Los cambios de representación se llevan a cabo según tres procesos mentales: codificación, combinación y comparación selectivas (Davidson & Sternberg, 1986). Por el primero se identifican rasgos que no se habían visto como relevantes en pasos anteriores; por el segundo, se reúnen elementos de la situación problema de una manera que no había sido evidente en pasos anteriores; por el terce-

ro, se identifican nuevas analogías, metáforas o modelos que se usan para resolver el problema.

La planeación de procedimientos. Una vez que se tiene una representación mental del problema, se requiere que el sujeto identifique los pasos a seguir y los recursos a utilizar. Generalmente se hace dividiendo el problema en subproblemas e identificando recursos (Greeno, 1980; Hayes & Flowers, 1983). Las personas tienden a planear en relación inversa a la familiaridad con el problema (Pea & Hawkings, 1987). Debido a que planear requiere tiempo, los sujetos más jóvenes planean menos detalladamente que los mayores (Stenberg & Nigro, 1980). La falta de planeación se asocia con un mayor número de errores (Stenberg, Rifkin, 1979). En el proceso de planeación los sujetos se apoyan muchas veces en heurísticas. Las tres siguientes son las más conocidas: 1. Análisis medio-fin que trata de reducir la distancia entre el estado actual del problema y el estado al cual uno quiere llegar; 2. Trabajo hacia adelante que parte del estado inicial del problema y trata de llegar al estado deseado; 3. Trabajo hacia atrás que parte del estado deseado y trata de regresar hacia atrás hasta hallar el estado inicial.

Evaluación de soluciones. En la medida en que una persona trabaja en la solución de un problema, requiere registrar lo que va haciendo, lo que va logrando, y lo que aún necesita hacer (Flavel, 1981).

Osborne (1998) afirma que hay una creciente evidencia de que la metacognición es un elemento importante de la inteligencia y la cognición y tiene influencia en el aprendizaje de diferentes áreas, citando a autores como: Borkouski (1985); Stenberg, (1984).

Además del conocimiento sobre el propio conocimiento y sobre el uso del conocimiento para controlar procesos cognitivos, incluye aspectos más específicos como: predicción, monitoreo, coordinación y revisión de la realidad.

Este constructo se ha dividido en otros componentes como son: metamemoria, metacomprensión, autorregulación y entrenamiento en esquemas y transferencia.

La metamemoria es el conocimiento y conciencia del individuo de sus conductas, estrategias y su sistema de memoria, incluyendo pero no limitándose a: la conciencia de las diferentes estrategias de memoria, el conocimiento condicional sobre el uso de las estrategias, el monitoreo sobre el uso de la memoria y la capacidad de ajuste de procedimientos defectuosos en caso de fallas de memoria.

Metacomprensión y su monitoreo es el proceso de conciencia acerca de la comprensión y de cómo comprender, incorpora su monitoreo para detectar fallas y ajustar estrategias para corregirlas.

Autorregulación es la capacidad de alterar estrategias con base en experiencias pasadas y en el monitoreo activo de las actividades en ejecución.

Entrenamiento en esquemas es el desarrollo de estructuras cognitivas para dar un marco de referencia que permita la comprensión de la información.

Transferencia es la aplicación de una estrategia aprendida para resolver tareas diferentes. (Osman y Hannafin, 1992)

3.- IMPORTANCIA DE LA METACOGNICIÓN.

Stenberg (1984) incluye la metacognición como una dimensión de la inteligencia basada en las siguientes razones: primero siguiendo a Pressley, Borkouski y Schneider (1987) considera que es una habilidad crucial para el aprendizaje y el éxito en la educación. Se ha encontrado que si se comparan los estudiantes de bajo rendimiento con los de alto, estos últimos tienen repertorios más amplios

de estrategias, son más flexibles en sus aproximaciones a la solución de los problemas, tienen más información sobre las circunstancias en las cuales las estrategias son apropiadas, valoran la relación entre esfuerzo y ejecución y monitorean con mayor cuidado el uso de las estrategias y la secuencia apropiada de actividades. La metacognición se considera como conjunto de comportamientos que pueden ser aprendidos mediante actividades académicas.

Jausovec (1994) encontró que se puede mejorar de manera significativa el rendimiento de estudiantes a través de su entrenamiento en aspectos metacognitivos como clasificación de problemas, identificación de estrategias e identificación de circunstancias en las cuales se pueden aplicar.

Franks, Vye, Auble, Meszynski, Perfetto, Bransford, Stein, y LITTLEFIELD (1982) mostraron que los estudiantes desarrollan su capacidad de recordar cuando son entrenados para encontrar por qué los pasajes son difíciles y con qué estrategias afrontar estas dificultades.

Un estudio hecho por Cardelle-Elawar (1995) mostró que los estudiantes de bajo rendimiento al ser entrenados en habilidades metacognitivas incrementaron el 249% su rendimiento en matemáticas comparado con un grupo control, igualmente mostraron un incremento notorio en motivación por el aprendizaje.

De manera similar Worden (1983) halló que cuando los estudiantes muestran deficiencias en memoria y son entrenados en estrategias metacognitivas, tales como repaso, su ejecución académica mejora substancialmente; en general, los estudiantes con mayor entrenamiento metacognitivo logran mayor rendimiento académico (Wang, Haertl, Walberg, 1990).

4.- ENFOQUE COMPUTACIONAL DE LA METACOGNICIÓN

El aprendizaje máquina ha tenido como objetivo simular en computador los procesos de aprendizaje que se dan en los seres humanos, con el propósito de obtener una mayor comprensión y generar un cuerpo teórico consistente. Los primeros trabajos se caracterizaron por su simplicidad y se limitaron a describir aspectos mecánicos de los procesos de adquisición de conocimiento, tomando como punto de partida los desarrollos de la psicología conductual. A partir de la década del 80 aparece una tendencia a desarrollar modelos más comprensivos como es el caso del enfoque de aprendizaje guiado por objetivos. Los problemas centrales para este enfoque son: el origen de los objetivos de aprendizaje, el rol de estos para guiar otras tareas instruccionales y la escogencia apropiada de estrategias para lograr estos objetivos. Este último aspecto está estrechamente relacionado con la metacognición como se escribió anteriormente. Los dos siguientes trabajos ilustran esta aproximación:

Xia y Yeung (1995) desarrollan un sistema capaz de seleccionar dos tipos de estrategias para resolver problemas: la una denominada OPS (Opportunistic Problem Solver) y la otra, IPS (Intentional Problem Solver). En la primera, el solucionador del problema escoge una estrategia antes de adquirir información sobre el ambiente y sus transformaciones. En la segunda, el solucionador decide la estrategia con base en la información que va tomando del medio ambiente. La evolución del espacio del problema en este modelo se representa por un vector de tres factores: el conjunto de objetivos, el conjunto de oportunidades y el nivel de incertidumbre asociada con la frecuencia de fracasos de las acciones planeadas. Con base en esta categorización simula un solucionador que puede cambiar entre estrategias guiadas por objetivos y estrategias guiadas por información del espacio de oportunidades. La selección de es-

trategias se muestra fundamental para el proceso de adaptación de los sistemas al entorno.

Ram y Cox (1995) estructuran, en un programa de computador (Meta-AQUA), un meta-modelo que describe el proceso de razonamiento mismo y que opera junto con un modelo del mundo que constituye su dominio. El meta-modelo se usa para representar el razonamiento del sistema durante la ejecución de la tarea, las decisiones que toma mientras lleva a cabo el razonamiento y los resultados. Cuando aparece una falla es capaz de examinar introspectivamente su propio proceso de razonamiento, para determinar dónde está el problema y usa esta comprensión para mejorar sus propias estrategias de aprendizaje. El valor de este sistema está en que, además de guiar el aprendizaje acerca del mundo, ayuda al razonador a mejorar su conocimiento.

Meta-AQUA se activa en una condición de comprensión incompleta de un dominio nuevo de aprendizaje. A medida que se pone en marcha, desarrolla objetivos de aprendizaje que guían su proceso de búsqueda. El programa modela cómo un razonador inteligente decide por la mejor manera de realizar una tarea; introspectivamente analiza sus propios éxitos y fracasos; razona acerca de lo que necesita aprender, selecciona las estrategias de aprendizaje apropiadas para adquirir información y activa los algoritmos requeridos para adquirir nuevo conocimiento, modificar el existente o reorganizar la memoria.

Como se puede intuir, este enfoque posiblemente logre avances en la creación de ambientes computacionales favorables al desarrollo de habilidades metacognitivas y en la construcción de modelos explicativos de los procesos.

5.- UN MODELO PARA EL ESTUDIO DE TRANSFERENCIA DE ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE

La transferencia de estrategias de aprendizaje entre conjuntos de objetivos tiene especial importancia en la economía del aprendizaje y forma parte del enfoque educativo basado en la filosofía del *aprender a aprender*.

Maldonado y Andrade (1996) encuentran que hay correlación positiva entre desarrollo de estrategias y retención de conceptos, pero que esta correlación disminuye cuando se presentan problemas nuevos y sugieren la hipótesis de que los estudiantes que usan estrategias fuertes podrán desarrollar mayor retención de conceptos. En estas condiciones surge la necesidad de un modelo coherente que permita interpretar la dinámica de la transferencia de estrategias.

Pirolli y Recker (1994) estudian los procesos de generalización de estrategias entre problemas de recursión sobre listas y números en programación en LISP. La estructura del ambiente incluye: ejemplos, adquisición de habilidades mediante: exposición de materiales; presentación de ejemplos relevantes y solución de ejercicios. Examina cómo la instrucción y los ejemplos afectan el desarrollo de la pericia, su transferencia a través de tareas de programación, cómo las diferencias de interpretación de la instrucción y las referencias de los estudiantes sobre sus soluciones afectan los resultados. (Pirolli, 1991)

Anderson et. al (1989) atribuye un gran porcentaje de habilidades de programación a un conjunto simple de habilidades de aprendizaje. Pirolli (1991) analiza la transferencia del aprendizaje a partir de ejemplos de programación a nuevas habilidades y Chi et al(1989) analizan las diferencias en las explicaciones de los ejemplos por parte de los estudiantes y cómo éstas se relacionan con los resultados en la soluciones de problemas de física.

5.1.- MODELO DE PRODUCCIÓN DE PROGRAMAS

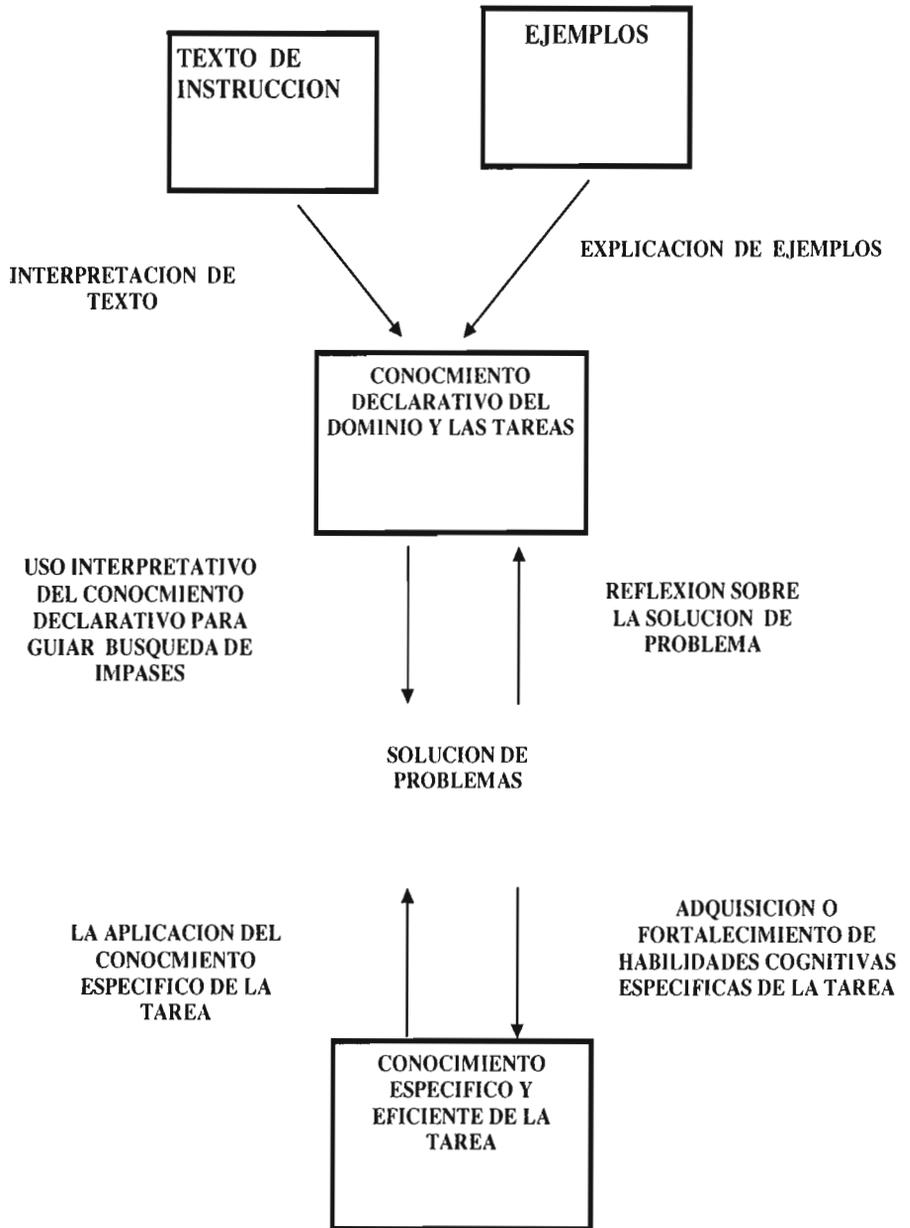
Para estudiar la relación entre estrategias de aprendizaje y transferencia de conocimiento en el dominio de la programación Pirolli y Recker (1994) parten de la diferenciación entre conocimiento declarativo y procedimental, es decir entre saber qué y saber cómo.

Los sistemas de producción -equivalentes a reglas de producción- representan el conocimiento procedimental o know-how y generan potenciales transiciones de estado en el conocimiento, al identificar condiciones específicas en el ambiente de la tarea y en la memoria de trabajo para generar acciones específicas, tanto cognitivas como físicas. Este conocimiento no representable por reflexión, se supone que es la clase de conocimiento sobre el cual un agente puede reflexionar, interpretar o reelaborar.

En el esquema 2. Se expresa el marco de análisis general de los estudios realizados.

Los sujetos leen instrucciones textuales y ejemplos, situación en la cual el estudiante usa su conocimiento anterior para interpretar y explicar los textos y ejemplos. Estas interpretaciones y elaboraciones conducen a nuevo conocimiento declarativo que se puede almacenar en memoria de largo plazo y se les denomina auto-explicaciones. Esta es una expansión del modelo de comprensión de textos (Kintsch, 1986; Van Dijk y Kintsch, 1983) en el cual el objetivo del estudiante es construir una representación mental coherente para interpretar el material que se le presenta.

Después de leer los materiales instruccionales y los ejemplos a los estudiantes se les da un problema como ejercicio. La solución involucra una mezcla de tareas y subtareas nuevas y familiares. Las situaciones de subtareas familiares evocan reglas de producción previamente adquiridas (habilidades cognitivas). La efectividad y eficiencia de estas reglas de producción se mejoran a través de la práctica mediante mecanismos reforzadores.



Esquema 2.- Un modelo para el análisis de la tranferencia de estrategias de aprendizaje

Cuando las situaciones problema son nuevas generan obstáculos cognitivos que pueden ser resueltos a través del uso de estrategias generales de solución de problemas -tales como analogías- y por la aplicación de conocimiento declarativo relevante obtenido de la lectura de textos y ejemplos. El conocimiento declarativo se usa de manera interpretativa para guiar la solución de los nuevos problemas. La eficacia de la solución depende en este caso de la interpretación particular desarrollada por el individuo a partir del texto y los ejemplos.

La solución de los problemas da lugar a nuevo conocimiento específico de la tarea que se manifiesta en reglas de producción. Nuevo conocimiento declarativo acerca del dominio puede también originarse de la reflexión de los estudiantes sobre la solución de los problemas o de la estructura o marco conceptual usado para su solución. Es por eso que procesos como la autoexplicación y la reflexión se consideran estrategias que activan los estudiantes; se asume que estas estrategias han sido adquiridas como habilidades cognitivas en experiencias previas.

Nuevas reglas de producción se originan en la medida en que se aplica conocimiento procedimental a fuentes de conocimiento declarativo. La interpretación de las fuentes varía ampliamente de tal manera que los materiales para unos estudiantes son más significativos y generalizables que para otros.

La calidad de los materiales influye en la dificultad de la solución de los problemas nuevos y en la calidad de las producciones derivadas de su solución. Las variaciones en los ejemplos y en los textos presentados a los estudiantes y en las autoexplicaciones y reflexiones afectan la ejecución en situaciones nuevas y las habilidades derivadas de esa ejecución. Aquí convergen, en consecuencia, la influencia de factores pedagógicos y factores subjetivos del estudiante para lograr transferencia de estrategias de situaciones conocidas a nuevas.

5.2.- ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE TRANSFERENCIA

Single y Andersson (1989) señalan cuatro características de la transferencia de habilidades cognitivas:

- 1.- Las reglas de producción son aprendidas de manera independiente y transferidas de igual manera
- 2.- Las reglas de producción aparecen como todo o nada a través de la compilación del conocimiento.
- 3.- Se fortalecen con el uso y se puede predecir mayor confiabilidad y velocidad con el incremento de la práctica.
- 4.- Se pueden aplicar a diferentes situaciones .

El trabajo de Pirolli toma como indicadores de la producción y transferencia los errores y el tiempo de solución. Las tasas de error esperadas y los tiempos para la producción individual se mejoran como función del aprendizaje y de las oportunidades de práctica. En el caso de estudio las oportunidades para las producciones individuales se pueden identificar examinando los registros sobre secuencias de problemas.

Sobre la base de las observaciones saca las siguientes conclusiones: La primera tiene que ver, que gran cantidad del mejoramiento cerca el 50% ocurre en la oportunidad inicial de generar producción (Anderson et al. 1989). La segunda es que las funciones de aprendizaje para las producciones se mejoran cuando un ejemplo de instrucción ilustra los pasos de solución de un problema análogo; los mejoramientos que se han obtenido llegan hasta un 60% en la oportunidad inicial del aprendizaje de producción y este aprendizaje no parece afectar la velocidad de producción de las reglas (Pirolli, 1991).

El modelo que interpreta el proceso de transferencia de estrategias es presentado por los autores de esta manera: Ante un problema particular de programación sucede lo siguiente:

1. Un conjunto de producciones corresponde a las que ya fueron usadas en problemas anteriores: **producciones viejas**.
2. Un conjunto de producciones nuevas que se tienen que aprender en esta situación -posiblemente a través de un ejemplo ilustrativo o de interpretaciones del material de instrucción-. Estas son **Producciones nuevas**.
3. Un tercer conjunto de producciones que no corresponden con el ejemplo. **Otras producciones**.

El conjunto total de producciones es la suma de producciones de cada subconjunto que se puso en ejecución. Si se piensa en la tasa de errores esperados, sabiendo que hay una tasa de error para cada subconjunto y un número de producciones para el ejemplo, se podría tener una forma de cuantificación así:

PV = Producciones viejas

PN = Producciones nuevas

OP = Otras producciones

E= número de errores esperados

k = número de producciones viejas ejecutadas

m = número de producciones nuevas ejecutadas

n = número de otras producciones ejecutadas

$$E = k P_V + m P_N + n O_P$$

Tomemos este ejemplo:

$$PV = 0.3$$

$$PN = 0.3$$

$$OP = 0.4$$

$$k = 3$$

$$m = 5$$

$$n = 2$$

$$E = 3 * 0.3 + 5 * 0.3 + 2 * 0.4 = 2.4$$

Se esperarían 2.4 errores sobre el conjunto de producciones.

5.3-. CONTRASTACIÓN DEL MODELO

El trabajo de Pirolli y Recker (1994) presenta dos experimentos sobre solución de problemas en el dominio de la programación. Cuatro problemas de recursión sobre números, cuatro problemas de recursión sobre listas y dos problemas mixtos de recursión sobre números y listas. Los 20 estudiantes leyeron materiales textuales que contenían instrucciones sobre el tema y luego fueron asignados al azar según las siguientes secuencias:

1. Cuatro problemas de recursión sobre números, cuatro problemas de recursión sobre listas y dos problemas mixtos.
2. Los problemas de listas y números se presentaron de manera alternada y finalmente los dos problemas mixtos.

El ambiente de estudio fue un tutor inteligente para enseñar Lisp que administraba instrucciones y ejemplos. Luego se presentaban nuevos problemas que pertenecían a una de las dos clases de problemas tratados: números o listas. En estas condiciones se analiza el efecto de secuenciación, ejemplos, transferencia y práctica sobre la media de errores en la solución de problemas de programación.

Los resultados mostraron efecto significativo de los ejemplos sobre la solución de problemas, disminuyendo la tasa de error; el ejemplo tuvo mayor efecto cuando era de la misma clase que el problema que se había utilizado en el entrenamiento. La secuencia no mostró efecto significativo. Estos resultados son coherentes con el modelo en el cual se predice que la transferencia de reglas de producción es proporcional a las similitudes con las experiencias previas, es decir, más reglas de producción previamente aprendidas se llevan a la nueva situación y hay menos reglas nuevas. Finalmente se muestra que los errores disminuyen con la práctica.

Un segundo experimento replica al primero, pero introduce los protocolos de informes verbales como metodología para el análisis de datos. Las auto-explicaciones de los protocolos fueron organizadas como elaboraciones que se clasificaron en niveles.

La primera clasificación: dominio, monitoreo, estrategias, actividades, nueva lectura y otras. La categoría dominio la divide en: acepciones, hipótesis y preguntas. Cada una de las categorías las cruza con las siguientes: operación, resultado, entrada, estructura, relación, referencia, propósito, analogía, condiciones y planes.

Los resultados obtenidos del experimento se pueden resumir de la siguiente manera:

Los buenos estudiantes producen más elaboraciones que los estudiantes de menor rendimiento. En el procesamiento de instrucciones textuales los buenos estudiantes producen más monitoreo, estrategias y frases que producen acciones que los estudiantes de menor rendimiento, en su conjunto estos son indicadores de metacognición. Las expresiones del monitoreo indican conciencia de la comprensión, las expresiones de estrategias indican conciencia de posibles caminos para mejorar la comprensión y las de habilidad indican conciencia de la estructura de la tarea.

En el procesamiento de los ejemplos los buenos estudiantes produjeron más elaboraciones respecto al dominio y a las estrategias que los estudiantes de menor rendimiento, es decir que los mejores

estudiantes contaron con mayor conocimiento declarativo y las elaboraciones sobre estrategias, nuevamente sugiere mayor nivel sobre metacognición.

En cuanto al impacto sobre las elaboraciones de nuevas habilidades cognitivas sugieren que estas elaboraciones están mejorando la adquisición inicial pero no las siguientes; es decir que las explicaciones elaboradas por los sujetos son útiles en primera instancia pero que sus resultados posteriores no implican mejoramiento sistemático.

Las explicaciones que se enfocan sobre el contenido nuevo de la lección son más productivas. Quienes dedican tiempo a planear soluciones pueden ser más efectivos en la solución de nuevos problemas.

Las reflexiones que se focalizan en la comprensión de abstracciones subyacentes a los programas y a entender cómo funcionan los programas parecen estar más relacionados con el aprendizaje.

Finalmente, el estudio muestra que los estudiantes que elaboraron protocolos de informe verbal trabajan en forma diferente en comparación con los que trabajan en silencio, mostrando un poder regulador de la verbalización sobre las elaboraciones.

6.- MEDICIÓN DE LA METACOGNICIÓN

Uno de los aspectos fundamentales en la investigación sobre metacognición es el desarrollo de definiciones operacionales que especifiquen condiciones de observación y medida. Algunos estudios se han hecho al respecto:

- 1.- Garner y Reis (1981) presentan una medida conductual de la metacognición a partir de la observación de las relecturas que hacen los estudiantes, bajo el supuesto de que el buen monitoreo de la comprensión debe mirar hacia atrás para ver si existen preguntas que aún no se han respondido. Encontraron que cuando se

compararon estudiantes de alto y bajo rendimiento, los segundos desarrollaban un 700% más de relectura. Por otra parte, los aventajados mostraron entre un 55% y un 90% de insatisfacción en comparación con un 7% en los menos aventajados. Estos resultados muestran que la relectura es un buen indicador para medir la buena comprensión en la lectura.

2.- Dixon & Hultsch (1983) desarrollan un instrumento para medir las siguientes dimensiones de la metamemoria en los adultos:

1. Conocimiento de información sobre habilidades de memoria
2. Uso de información acerca de las habilidades para recordar
3. Conocimiento sobre procesos básicos de la memoria
4. Conocimiento de la capacidad de memoria
5. Percepción de las habilidades de memoria como estable o declinante a largo plazo
6. Regularidad con la cual el que responde busca y se compromete en actividades que pueden dar apoyo al desempeño cognitivo
7. Conocimiento de la influencia mutua entre estado emocional y desempeño cognitivo
8. Percepción de la importancia de tener una buena memoria y de desempeñarse bien en tareas de memoria.

Solamente el uso de información de la memoria y percepción del cambio en la memoria se pueden considerar como habilidades metacognitivas.

Osborne (1998) afirma que la mayoría de las mediciones sobre metamemoria se enfocan sobre el conocimiento de los procesos y estrategias y no sobre el control, evaluación o monitoreo de los procesos.

3.- Otero, Campanario y Hopkins (1992) evalúan la habilidad de monitoreo cognitivo mediante la presentación de seis textos, cuatro de los cuales incluían contradicciones. Se les instruyó para que subrayaran los textos con frases problema, explicaran por escrito

cuál era la dificultad y calificaran el pasaje según su nivel de comprensibilidad en escala de 1 a 4. Se califica la habilidad de monitoreo cognitivo combinando la identificación de inconsistencias con la calificación dada a la frase, de tal manera que los puntajes más bajos corresponden a los estudiantes que no identifican las inconsistencias y califican a los pasajes como altamente comprensibles y los puntajes más altos para los que identificaban los pasajes inconsistentes y los calificaban con los puntajes más bajos de comprensibilidad. Es un trabajo que inicialmente se muestra promisorio pero que aún no ha sido normalizado.

4.- Clements & Nastasi's (1990) tratan de medir la metacognición como componente de la inteligencia según Sternberg. Presentan cinco problemas, cada uno diseñado para ser resuelto mediante un sólo componente metacognitivo:

1. Decidir sobre la naturaleza del problema
2. Seleccionar recursos para resolver un problema
3. Combinar recursos para solucionar el problema,
4. Seleccionar una representación mental
5. Monitorear el proceso de solución.

Se califica de acuerdo al número de sugerencias necesitadas para resolver el problema. La confiabilidad es relativamente satisfactoria (0.84 a 1), aunque se cuestiona la validez del instrumento en relación con los tres primeros componentes del cuestionario.

5.- Howard-Rose & Winne (1993) aplican un cuestionario (Metacognitive Questionnaire) de 18 preguntas de escogencia múltiple acerca de procesos cognitivos en tareas académicas que se acaban de concretar, incluyendo los siguientes aspectos:

1. Atención
2. Repetición de información
3. Monitoreo
4. Seguimiento de estímulos continuos
5. Transformaciones y revisión de transformaciones específicas e inferencias
6. Planeación de estrategias

7. Selección entre estímulos e ítems relevantes
8. Relaciones con conocimiento anterior
9. Organización de secuencias de tareas.

Este cuestionario incluye aprendizajes de orden inferior que normalmente no son tomados dentro del concepto de metacognición y, además, adolece de baja confiabilidad.

6.- Allen & Armour-Thomas (1993) incluye un inventario de escogencia múltiple, presenta situaciones de problemas hipotéticos e incluye los siguientes aspectos:

1. Definición del problema
2. Selección de acciones componentes de estrategias de representación mental
3. Asignación de recursos
4. Monitoreo de solución.

De estos aspectos el más reconocido como solución metacognitiva es el de monitoreo de la solución. El cuestionario fue objetado debido a que no mide parámetros de metacognición sino el deseo de hacerlo. Los datos muestran una baja confiabilidad.

7.- Vadhan y Stander (1994) le piden a los estudiantes de pregrado, en un curso de psicología, que hagan predicción sobre sus calificaciones en el curso. Se encontró que los buenos estudiantes eran buenos también para predecir sus calificaciones; lo contrario sucedió con los estudiantes de bajo rendimiento.

8.- Tobías y Everson (1996) desarrollan un instrumento de medida para evaluar el monitoreo del conocimiento, la habilidad para monitorear el aprendizaje mediante la diferenciación entre lo conocido y lo desconocido. Le pregunta a los estudiantes frente a cada problema si lo pueden resolver o no; sus predicciones son comparadas con su desempeño y analizadas de acuerdo con los resultados. La prueba se usa para medir la valoración del conocimiento y no el monitoreo del conocimiento. La confiabilidad del instrumento es adecuada y tiene buen nivel de predicción, se ha probado en estudiantes de la escuela primaria y universitarios con éxito.

9.- Maldonado y Andrade (1996) desarrollan en un ambiente computacional un método para activar y medir juicios de metamemoria a través de los siguientes componentes:

En el primer caso el sujeto debe explorar una pantalla de computador para encontrar puntos encubiertos. Aquí se le pide al sujeto que estime el número de intentos requeridos para encontrar la solución; se le da información sobre el número de intentos estimados y el número de intentos realizados; finalmente se le informa sobre el puntaje obtenido. Lo que se observa es que el sujeto revisa y valora tanto sus hipótesis como las estrategias de búsqueda, dando lugar a monitorear el proceso de solución.

En una segunda condición, se presenta un rompecabezas, en el cual se le solicita al sujeto estimar el grado de seguridad sobre su respuesta y se le da retro-información consistente en el puntaje de autoevaluación. En este caso se realiza un nivel de valoración sobre la seguridad y apropiación de las estrategias de solución planteadas por el sujeto.

Para el tercer caso, el de la verbalización, se le pide al sujeto estimar el grado de seguridad de su respuesta, se le da información sobre el grado de seguridad estimado y sobre la correspondencia de su respuesta con el conocimiento expresado por Arnheim (1971) y el puntaje obtenido en cada respuesta. En esta situación se da un proceso de feedback, evidenciando los logros con respecto a las estrategias de solución planteadas.

En un cuarto caso, se le presenta al sujeto un texto, en el cual debe encontrar la idea principal, las relaciones, inferencias, problemas y ejemplos. Se le pide estimar el grado de seguridad sobre su respuesta y se le da información sobre su autoevaluación, los puntajes obtenidos y acumulados que se basan en la concordancia de sus respuestas con el conocimiento expresado por Arnheim (1971). Aquí se obtiene por parte del sujeto una evidencia consciente de los niveles de comprensión teóricos que sustentan el conocimiento del problema y su solución.

Las cuatro formas descritas anteriormente para realizar la medición de metacognición en esta investigación, se desarrollaron con dos variantes: en la primera se realizaron los mismos ejercicios pero se le suprimió el recibimiento de retro-información sobre la autoevaluación del sujeto; en la segunda no se exige autoevaluación y tampoco se le da retro-información sobre su autoevaluación, pero sí se le entrega información sobre el puntaje obtenido en cada caso.

10.- VanLeuvan y Wang (1997) trataron de registrar la pronunciación manifiesta de los estudiantes en clase y aunque la confiabilidad de las observaciones es baja, ellos encontraron que los estudiantes que tenían capacidad de auto-interrogarse tenían rendimiento más alto que aquellos que no lo hacían.

11.- Markaman (1977) propone como medida del monitoreo de comprensión el número de pistas que solicita un jugador para darse cuenta de que no puede resolver un problema con la información disponible en un juego. Esta prueba muestra alta confiabilidad así como validez predictiva. Se destaca por su simplicidad y elegancia.

12.- Osborne (1998) define la autorregulación en términos de planeación de monitoreo y ajuste a logro de objetivos. Afirma que es una de las áreas en las cuales se ha realizado menos investigación. Se han utilizado tres estrategias para evaluarla:

1. Aplicación de cuestionarios que evalúan retrospectivamente el desarrollo de actividades de autorregulación.
2. Entrevistas.
3. Juegos como la torre de Hanoi.

Los cuestionarios y las entrevistas, en general, son consistentes con los conceptos de autorregulación, pero no la miden cuando está sucediendo sino el recuerdo que tiene los sujetos de la misma. En los juegos se observan los errores y la corrección de los mismos durante el proceso; aunque es una condición ideal para la medición de esta dimensión metacognitiva, no son muchos los estudios desarrollados al respecto (Welsh, 1991).

CAPÍTULO II

DOMINIO DE CONOCIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El tema de la metacognición se ve de especial importancia en la formación de mentes creativas cuando se trata de áreas como las del diseño. Difícilmente se podría sustentar que el pensamiento creativo se desarrolla en condiciones de baja autonomía en el proceso de aprendizaje (Maldonado y Andrade, 1996). Es probable que la actividad creativa en el diseño esté acompañada de niveles altos de metacognición. En este trabajo interesan dos aspectos: los juicios de metamemoria y las estrategias de solución de problemas. El dominio de aplicación es el razonamiento espacial.

La inteligencia espacial comprende: la habilidad para reconocer instancias de un nuevo elemento, la habilidad para transformar o reconocer una transformación de un elemento en otro, la capacidad para crear imágenes del entorno y luego transformarla. Hay dos formas de representación: por código verbal y por código de imágenes (Gardner, 1988).

El problema de la representación del conocimiento en IA se perfila como un esfuerzo por modelar una dimensión importante del razonamiento de sentido común con proyecciones en el diseño de sistemas inteligentes capaces de movimiento y acciones adaptativas en el espacio (Rich, Knight, 1994).

Las siguientes pueden considerarse como dimensiones fundamentales en la representación del razonamiento espacial: la habilidad de reconocer la identidad de un objeto cuando se ve desde ángulos distintos, la habilidad de imaginar el movimiento o desplazamiento interno entre las partes de un objeto, la habilidad para pensar en las relaciones espaciales en que la orientación corporal del observador es parte esencial del problema (Gardner, 1994).

La aproximación que asume este trabajo toma en cuenta los modelos de representación cualitativa del razonamiento espacial de sujetos que aprenden a resolver problemas de orden gráfico basados en computador. El dominio para estos problemas está conformado por la percepción del equilibrio, la percepción de volumen por combinación de forma y color, el movimiento y el significado en el espacio bidimensional (Arnheim, 1971), la representación de relaciones de posición y orientación (Hernández, 1995) y la representación gráfica de mecanismos (Hegarty, 1995).

En su conjunto los procesos que lleva a cabo un estudiante al resolver los problemas que se presentan se pueden caracterizar como aprendizaje por descubrimiento. El computador despliega al usuario un ambiente estructurado en el cual sus acciones producen información y el sujeto debe ir descubriendo las relaciones que le permiten control sobre el ambiente, de tal manera que al final del proceso, el control por parte del usuario sea completo. A continuación se hace un desglose detallado de estos problemas.

1. PROBLEMAS SOBRE EQUILIBRIO

Tanto visual como físicamente, el equilibrio es el estado de distribución de las partes por el cual el todo ha llegado a una situación de reposo. En una composición equilibrada todos los factores de forma, dirección y ubicación, se determinan entre sí del tal modo, que no parece posible ningún cambio, y la totalidad manifiesta el carácter de «necesidad» para cada una de sus partes.

Los problemas que se toman para esta investigación se presentan en un ambiente mixto de gráficos y texto - el texto se subordina a los gráficos-, donde se siguen los lineamientos planteados por Arnheim (1971) y Wong (1997).

La percepción es un proceso dinámico resultante del “juego de tensiones entre objetos, colores y formas, movimientos y tamaños” (Arnheim, 1971: 24). Un círculo colocado dentro de un cuadrado desarrolla un conjunto de relaciones que influyen en los procesos perceptivos de tal manera que varía el efecto sobre el observador en la medida en que varían las posiciones del círculo con respecto al cuadrado que le sirve de marco (Ilustración 2.1).

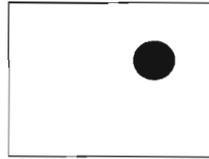


Ilustración 2.1

En el modo de pensar de Arnheim, existe una estructura de fuerzas perceptuales -estructura inducida- que el observador usa para hacer inferencias; es decir, que a partir de ciertas configuraciones, el perceptor obtiene información que no está explícitamente representada. Tales inferencias se refieren especialmente a concepciones de equilibrio, movimiento y significado.

Las fuerzas perceptivas se equilibran en el centro que se convierte en un punto de reposo, quietud, o punto muerto con relación al movimiento; aquí todas las fuerzas se anulan. En un segundo orden están los puntos distribuidos en las cuatro esquinas, puntos subordinados al centro, donde la confluencia de fuerzas generan equilibrio, especialmente si los cuatro puntos están ocupados. En un tercer nivel se encuentran los puntos que se distribuyen en las líneas que unen a los cuatro puntos con el centro y entre sí, y las diagonales y verticales que cruzan por el centro. Las zonas de desequilibrio, que permiten, por tanto, inferir movimiento están ubicadas fuera de estas zonas.

El ambiente gráfico está representado por la pantalla, la cual es un espacio bidimensional donde se plantea un problema a resolver.

Para la búsqueda el sistema provee información sobre la distancia entre la ubicación de un click y la ubicación de un elemento - punto o línea -. La ubicación del click, por estar bajo control del sujeto, es conocida para él y la ubicación del elemento le es desconocida y es objeto de la búsqueda.

El ambiente textual, Permite dar orientaciones al usuario y cumple las siguientes funciones:

1. Presentar al usuario el problema.
2. Dar información al usuario sobre la distancia del click con respecto al elemento - punto o línea - en dos formas posibles (numérico o cualitativo).

1.1. PROBLEMA 1. LÍNEAS EN EQUILIBRIO

El problema consiste en hallar cuatro líneas en equilibrio.

El sujeto hace click en dos puntos por donde piensa que pasa la línea. El computador le informa sobre la distancia y dirección de los puntos que dibujó en relación con la línea de equilibrio más próxima. Para mayor control sobre el entorno dispone de una regla que puede activar haciendo click sobre ella.

Este problema tiene las siguientes características:

1. El espacio bidimensional que da cabida a las líneas ocultas está comprendido por un área cuadrada de dimensiones constantes, sensible a la interacción con el usuario.
2. La expresión *líneas en equilibrio* hace referencia a conceptos que probablemente tiene cada sujeto con variaciones de interpretación con respecto a otros sujetos. Igualmente el número cuatro restringe el espacio de búsqueda.

3. La dirección es una propiedad inherente al concepto de equilibrio. En el ambiente la dirección es fija y está definida mediante la función tangente en el espacio cartesiano. Específicamente se tomaron cuatro direcciones en el cuadrado: diagonal de izquierda a derecha, diagonal de derecha a izquierda, vertical y horizontal, pasando siempre por el centro del cuadrado.
4. La posición de las líneas es fija.
5. La solución al problema es la distancia definida dentro del rango de 0 a 10 píxeles (150 unidades de página en ToolBook, pantalla SVGA Standard), para cada uno de los dos puntos que dibuja el usuario y por los cuales se proyecta una línea recta.

1.2. PROBLEMA 2. LÍNEAS AL AZAR

El problema consiste en hallar una línea dentro del cuadrado.

El sujeto hace click en dos puntos por donde piensa que pasa la línea. El computador le informa sobre la distancia de los puntos que dibujó en relación con ella. Hay una regla que puede activar, haciendo click sobre un icono.

En este problema se tiene las siguientes características:

1. El espacio bidimensional que da cabida al segmento de línea oculta está comprendido por un área cuadrada de dimensiones constantes, sensible a la interacción con el usuario.
2. La expresión *línea* hace referencia al concepto de segmento de línea ubicada dentro del cuadrado, proyectada con longitud indefinida y con variaciones de interpretación con respecto a otros sujetos. Igualmente el número uno restringe el espacio de búsqueda.
3. La dirección es variable y no está asociada al concepto de equilibrio. La dirección se fija para cada juego, pero, cambia entre juegos y está definida mediante la función tangente en el espacio cartesiano.

4. La posición de las líneas es fija durante cada juego, y varía de un juego a otro.
5. La solución al problema es la distancia definida dentro del rango de 0 a 13 pixeles (200 unidades de página en ToolBook, pantalla SVGA Standard), para cada uno de los dos puntos que dibuja el usuario y por los cuales se proyecta una línea recta.
6. Con respecto al problema anterior, éste abstrae el concepto de equilibrio y, por tanto, es más general.

1.3. PROBLEMA 3. PUNTOS EN EQUILIBRIO

El problema consiste en hallar tres agujeros negros en equilibrio. Para ello hace click en el punto donde piensa que está el agujero negro. El computador le informa sobre la distancia del punto en relación con el agujero en equilibrio más próximo.

En este problema se tiene las siguientes características:

1. La expresión *puntos en equilibrio* hace referencia a conceptos que probablemente tiene cada sujeto con variaciones de interpretación con respecto a otros sujetos. Igualmente el número tres restringe el espacio de búsqueda.
2. Se hace abstracción de la orientación.
3. El agujero se considera como un círculo de área constante.
4. La posición de los agujeros es fija durante cada sesión y cambia de sesión a sesión.
5. El espacio bidimensional está comprendido por un área cuadrada de dimensiones constantes, sensible a la interacción con el usuario.
6. La solución al problema es la distancia definida dentro del rango de 0 a 10 pixeles.

1.4. PROBLEMA 4. PUNTOS AL AZAR

El problema consiste en hallar un agujero negro. Para hacerlo se hace click en el punto donde piensa que está el agujero negro. El computador le informa sobre la distancia del punto que colocó en relación con el agujero más próximo.

En este problema se tiene las siguientes características:

1. Se hace abstracción de la orientación y de equilibrio. Por tanto esto es más general que el anterior.
2. El agujero se considera como un círculo de área constante.
3. La posición del agujero es fija durante cada sesión y cambia de sesión a sesión.
4. El espacio bidimensional está comprendido por un área cuadrada de dimensiones constantes, sensible a la interacción con el usuario.
5. La solución al problema es la distancia definida dentro del rango de 0 a 10 pixeles.

1.5. PROBLEMA 5. ROMPECABEZAS DE PIEZAS ENSAMBLABLES

El problema consiste en armar un rompecabezas que ilustra el concepto de "Estructura Inducida" planteada por Arnheim (1971). Para ello dispone de un cuadrado dividido, a su vez, en veinte cuadrados y ocho rectángulos de igual altura y doble ancho que los cuadrados, -esta es la zona de ensamblaje. Por otra parte cuenta con veintiocho figuras que contienen líneas dibujadas en su interior y que pueden ser llevadas a la zona de ensamblaje.

El solucionador elige una figura, hace click sobre ella, mantiene sostenido el botón izquierdo del mouse y la lleva al sitio que corresponda y suelta el botón cuando esté ubicada la pieza. Si la pieza corresponde a su sitio, el sistema la retiene, de lo contrario la devuelve.

Cuando el usuario ha solucionado el rompecabezas puede acceder a la información contenida en cada una de las partes que componen la estructura -Arnheim-.

Este problema tiene las siguientes características:

1. Combina relaciones de orientación, dirección y posición en una estructura.
2. La posición y orientación son constantes.
3. Las formas de los sitios de ensamblaje imponen orientación a las figuras móviles.
4. Los componentes gráficos de las figuras móviles determinan la relación de dirección del conjunto.
5. Es el menos abstracto de los cinco problemas.

2. PROBLEMA SOBRE FORMA

Una de las características del arte moderno ha sido el interés por el estudio de los lenguajes tanto en su dimensión sintáctica como semántica. La gramática generativa de Chomsky tuvo su paralelo en el serialismo en la música iniciado por Shoenberg y en la pintura en la obra de Kandinsky y en los sucesores de la escuela de Bauhaus (Holtzman, 1994).

En diseño, la obra de Kandinsky titulada *Point and Line to Plane* describe su lenguaje visual constituido por dos conjuntos de reglas: las físicas y las espirituales. Las físicas toman como elementos de construcción el punto, la línea y el plano; los componentes de las espirituales son significados de los elementos físicos: una línea vertical es caliente, una horizontal es fría.

Este esfuerzo por usar coherentemente un lenguaje da base para el desarrollo de procesos de análisis y síntesis que alimentan la

actividad creativa, como lo expresa la obra de Wong (1997). Esta tendencia, unida al desarrollo actual de las ciencias de la computación hace posible el estudio y manejo por computador de muchos componentes del arte, tanto en música como en pintura, potenciando la actividad creadora y proyectándola en el concepto de mundos virtuales que involucran la actividad perceptiva total del ser humano.

El análisis de obras de arte, es una actividad cognitiva que toma como fuentes las experiencias perceptivas de los sujetos y permite identificar conjuntos de relaciones que pueden ser utilizadas posteriormente en el proceso del diseño.

Una obra de arte puede analizarse desde muchos enfoques, los cuales son aproximaciones selectivas a elementos y relaciones. De las muchas posibilidades para el análisis de obras de arte, en esta parte del trabajo, se seleccionó el color como propiedad relacionada con la forma, la estructura y el significado, en el marco del razonamiento espacial cualitativo.

Siguiendo a Wong (1997) un método de análisis de la forma se basa en la distinción de componentes. Estos constituyen módulos y entre los cuales puede haber relaciones de similitud y periodicidad en la repetición. Cuando comparando los módulos entre si existen conjuntos iguales y ciclos regulares de repetición se habla de estructuras formales; cuando al comparar los módulos entre sí hay similitudes pero no son iguales o los ciclos de repetición no son constantes, las estructuras se denominan semiformales. Consistentes con este acercamiento se realizará el análisis de la forma de una obra de Vasarely y se plantea el problema Número 6 en el cual se tendrá en cuenta la estructura, el objeto del diseño, el espacio y el significado teniendo en cuenta la forma como elemento cambiante y el color como constante.

PROBLEMA 6: ROMPECABEZAS VEGA JG

El problema consiste en armar un rompecabezas de piezas deslizables que ilustra el concepto de “posición y dirección a través de la forma”. Para ello dispone de un tablero dividido en nueve cuadrados, ocho de ellos contienen partes de la figura de la obra de Vasarely Vega JG y uno en blanco para permitir el deslizamiento de las fichas.

Las fichas se pueden deslizar sobre el tablero -en la pantalla del computador- una a una mediante click. Debe usar el espacio vacío y desplazar fichas para lograr ubicar cada ficha en su sitio.

Este problema tiene las siguientes características:

1. Combina relaciones de posición, dirección y forma en una estructura.
2. El espacio del problema evoluciona a través de diferentes configuraciones en el espacio con acercamientos graduales a la solución.
3. La organización de las fichas atendiendo a la configuración de la forma determina la relación del conjunto con la obra.
4. El color es constante
5. La estructuración del cuadro de Vasarely se realiza mediante deslizamiento de las figuras en un cuadrado que puede estar configurado de 3 por 3, 4 por 4 ó 5 por 5 fichas de acuerdo con el nivel de dificultad con el cual desee jugar

3. PROBLEMA SOBRE POSICIÓN Y DIRECCIÓN

La orientación en la imaginación mental

El siguiente problema tiene que ver con la percepción de acuerdo con la orientación. Para enmarcar este problema hacemos referencia a los más relevantes.

Los estudios sobre razonamiento espacial demuestran que la representación específica de la forma está totalmente asimilada a la denominada representación espacial. Los sujetos realizan más rápidamente un ejercicio de ubicación cuando logran retener la forma del objeto que están posicionando en un espacio y tiempos determinados (Cave et al., 1994).

Las propiedades espaciales juegan un papel importante en la organización de las representaciones de imágenes. Muchos experimentos han recomendado la organización espacial de imagen tomando la siguiente lógica: si el tiempo para ejecutar una discriminación de forma particular depende de la orientación del estímulo o tamaño, entonces, las representaciones de la forma usadas en esta tarea de discriminación deben variar de alguna manera importante cuando la orientación del estímulo o de tamaño varía; en otras palabras, la representación de la forma es intervenida con la representación de la orientación o del tamaño.

Los estudios sobre rotación mental desarrollados por Shepard y Cooper (1982) son bien conocidos. En estos experimentos a los sujetos se les pidió que determinaran si un estímulo visual correspondía con otro que era presentado simultáneamente o con otro que el sujeto tiene registrado en su memoria. En varios ensayos el estímulo apareció con diferentes orientaciones y sobre el curso del experimento; la diferencia entre las orientaciones de las dos formas que se debían comparar fue sistemáticamente cambiada. El tiempo necesario para comparar las formas aumentó cuando se incrementaron las diferencias en orientación. En consecuencia, la orientación fue relevante a la tarea de comparación y ejerció un fuerte efecto sobre el tiempo de respuesta. Otros experimentos han usado métodos similares para demostrar que el tiempo para comparar dos formas puede variar con la diferencia entre sus tamaños.

Claramente las representaciones usadas en estas tareas deben ser específicas con respecto a la orientación y al tamaño. La misma forma en diferentes orientaciones y tamaños debe representarse de manera diferente. Shepard y Cooper (1982) encontraron que,

aunque un tiempo extra fue necesario para procesar estímulos en una orientación no estándar, los sujetos podrían ahorrar la mayoría de este tiempo extra si ellos conocían la forma y la orientación del estímulo que venía o que iba a venir antes de que apareciera. Aparentemente los sujetos se preparan incrementando la representación de una imagen en la clave y además la ajustaban con respecto al estímulo cuando éste aparecía. En contraste, si ellos conocían sólo la forma y la orientación, los tiempos de respuesta nuevamente se incrementaban con las diferencias de orientación. El hecho de que los sujetos no puedan prepararse efectivamente, cuando conocen solamente la forma o únicamente la orientación, sugiere que la orientación es representada integralmente con la forma. Para las representaciones usadas en las tareas de reflexión, aparentemente no es posible representar una orientación particular sin representar una forma específica en la orientación o viceversa.

Algunos objetos son difíciles de reconocer cuando están cabeza abajo. El sistema visual puede distinguir las diferencias de localización en los primeros pasos del procesamiento, ya sea normalizando todas las representaciones de los objetos de tal manera que ellos se representen en una ubicación estándar o transformando la entrada de una manera que remueva totalmente la información de la ubicación.

La neuro-anatomía y la neuropsicología indican que una región de la corteza visual está dedicada al procesamiento de la ubicación y que una región separada está dedicada al procesamiento de la forma (Minshkin et al., 1983). Debido a que las representaciones mentales deben incluir información acerca de la forma, ellas pueden residir en la misma región que se especializa en la forma y así la información sobre la ubicación y la forma pueden estar separadas.

Otra evidencia sobre los experimentos de imaginación sugiere que las ubicaciones son importantes en las representaciones de imagen y en consecuencia es probable que no se separen de ella.

Farah (1985) pidió a sujetos que imaginaran una forma grande mientras observaban un estímulo mucho más pequeño que aparecía sobre un artefacto; encontró que los sujetos eran mejores detectando este estímulo si aparecía dentro del área de la imagen

En Kosslyn (1987) la representación de la imagen de un objeto visual incluye información acerca de las ubicaciones relativas de sus diferentes partes, pero, la ubicación de un objeto como un todo no está necesariamente representada; los sujetos en estos experimentos podrían haber representado la configuración completa de puntos o de manchas como un objeto único, de tal manera que las ubicaciones relativas de cada uno se hubieran preservado.

Los trabajos hasta ahora presentados se centran en los componentes de lo que se ha denominado Imaginería Mental. El siguiente trabajo tiene el valor de que integra la Imaginería Mental con la Imaginería Computacional, estableciendo la conexión entre la Psicología Cognitiva y la Inteligencia Artificial.

La Imaginería Computacional

Glasgow y Papadias (1992) definen la Imaginería Computacional como la habilidad para representar, recuperar y razonar con base en la información visual y espacial no explícitamente almacenada en la memoria de largo plazo. Separan el razonamiento visual del espacial y señalan para cada uno, maneras diferentes de representación. Con respecto al visual señalan que éste se preocupa más por encontrar semejanzas con la imagen y que éstas representaciones se expresan mediante descripciones, mientras que en el espacial, la representación se centra más en la ubicación de un objeto con respecto a otros.

Consideran tres formas de representación, que corresponden a diferentes clases de procesamiento de información.

1. Representación profunda que contiene toda la información acerca de la imagen. Se almacena en la M. L. P., se organiza jerárquicamente y es de naturaleza descriptiva.
2. La representación espacial de una imagen que denota los componentes simbólicos y preserva las propiedades espaciales que son importantes.
3. Representación visual que toma el espacio ocupado por una imagen como matriz de ocupación; puede usarse para recuperar información, tal como forma, distancia y tamaño relativos.

Representación Cualitativa del Espacio en dos Dimensiones

En este trabajo interesa el razonamiento espacial cualitativo sobre dos dimensiones, y se toma como marco de referencia el modelo de Hernández (1995) que exponemos a continuación.

Modelamos la calidad del espacio cognitivo usando una representación relativa del conocimiento espacial, basado en relaciones locativas entre objetos y estructuras de referencia.

Los componentes, los límites del objeto son proyectivos por una parte y por la otra pueden relacionarse. Los límites de los objetos se proyectan en dos ejes y una posición relativa está determinada por la pareja de relaciones $-X, Y-$. Se introduce, así, un modelo de representación cualitativa en un modelo de dos dimensiones del espacio.

Seleccionamos información posicional en dos dimensiones para demostrar la utilidad de las aproximaciones cualitativas en el dominio espacial, ya que la información conceptual más simple es de relevancia práctica.

Escenas de dos dimensiones: Son escenas de tres dimensiones proyectadas en dos que se pueden caracterizar de la siguiente manera:

1. Un objeto ocupa un espacio y ese no se puede ocupar por otro, pero, cuando usted proyecta un objeto tridimensional en dos dimensiones puede aparecer superpuesto.
2. Secuencial: la forma de los objetos y de sus proyecciones también afecta la complejidad del razonamiento.
3. La forma: las proporciones de tamaño de los objetos influyen el tipo de relaciones posicionales que pueden haber entre ellos, ejemplo, objetos largos.
4. El tamaño: en cuanto relativo influye en el tipo de relaciones posicionales que se establecen entre objetos. Ejemplo: entre objetos grandes y alargados y objetos pequeños y cortos tiende a conformarse el siguiente conjunto de relaciones gruesas: adelante, atrás, derecha, izquierda.
5. Determinar las relaciones en un espacio "n" dimensional requiere un observador que se encuentre en una posición n+1.

Marco de Referencia: tres elementos están involucrados cuando se establecen relaciones entre posiciones:

1. el objeto primario - ubicado.
2. el objeto de referencia - con respecto al cual se ubica el objeto primario.
3. punto de vista - incorporado en la escena.

Para describir cualitativamente en dos dimensiones se requiere conocer qué distinciones cualitativas son necesarias para posiciones en dos dimensiones.

Dos factores determinan la percepción relativa de los objetos en el espacio de dos dimensiones:

1. Orientación relativa de los objetos.
2. Extensión de los objetos involucrados.

Estos factores son considerados independientemente y se obtienen dos clases de relaciones espaciales:

1. Relaciones topológicas: Ignoran la orientación; los objetos son iguales a puntos
2. Relaciones de orientación: Ignoran la extensión.

Para nuestro propósito definimos un conjunto de relaciones espaciales a partir de estas dos dimensiones:

1. Las relaciones de orientación describen dónde están los objetos ubicados el uno con relación al otro.
2. La posición relativa es dada por un par de relaciones topológicas y de orientación.

Arreglo: Hace referencia a la organización y disposición de los objetos, la orientación y los puntos de vista describen su posición, por ejemplo en la ilustración 2.2, tomamos como punto de ubicación el A, como punto de referencia el B y como punto de vista el C.

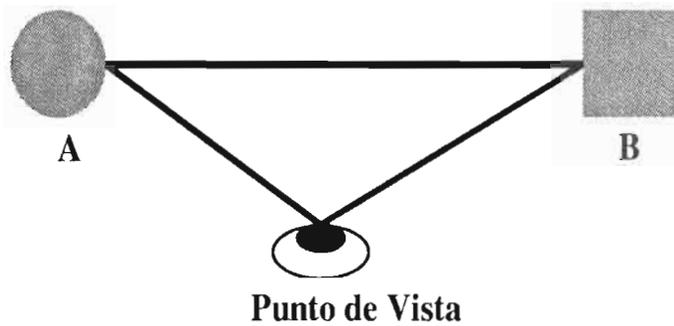


Ilustración 2.2

Si el punto de vista se realiza directamente hacia A, la posición de B puede describirse como que está antes de A o a la derecha; si el punto de vista se gira en diferentes ángulos hacia la izquierda puede verse que B está en la misma línea que A o adelante o a la izquierda.

Las vistas del objeto ubicado al igual que el de referencia dependen de los arreglos locales en relación con la vista global, es decir, de la posibilidad de realizar un barrido en la dirección de las manecillas del reloj y así obtener un panorama general. Para representar las posiciones del objeto ubicado se utilizan el triángulo formado en cada momento por los tres puntos -el punto de vista, el objeto primario y el objeto de referencia-. El panorama está representado por la sucesión de triángulos cuando el punto de vista gira hasta completar los 360° (Ilustración 2.3).

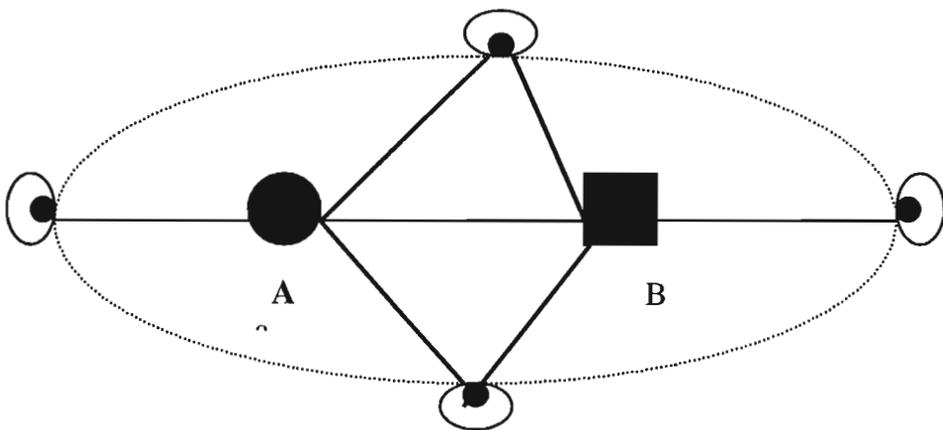


Ilustración 2.3

PROBLEMA 7: POSICIÓN DE UN OBSERVADOR

El problema seleccionado se ajusta al modelo de Hernández (1995) esquematizado en la ilustración 2.3. Consta de tres componentes: Un observador representado por una elipse y dos objetos representados por segmentos de recta.

El usuario deberá encontrar la posición del observador tomando como referencia la dirección de los segmentos y sus ángulos visuales correspondientes.

A medida que el usuario hace click, sobre el campo de juego, el sistema le muestra un feedback dado por los ángulos visuales de un observador que estuviera en la posición determinada por el click.

El computador genera aleatoriamente los siguientes valores: Tres para cada segmento (dos determinan las coordenadas del punto inicial y uno el ángulo de inclinación) y dos para las coordenadas del centro de la elipse que representa el observador. Cada uno de estos valores está restringido a un intervalo dado por los vértices del rectángulo que representa el campo de juego.

Los visores que representan el estado final del problema (ubicados en la parte superior) se construyen haciendo una rotación de los triángulos formados por los extremos de cada segmento con el observador, de tal forma que este último quede ubicado en el punto medio del lado inferior del visor y la mediana (segmento que une el observador con el punto medio del segmento correspondiente) quede en dirección vertical.

Este problema tiene las siguientes características:

1. Es una representación en dos dimensiones de situaciones que suceden en tres dimensiones.
2. Combina relaciones de posición, dirección y abstrae la forma, la cual se simboliza por un segmento de línea.
3. El espacio del problema evoluciona a través de diferentes configuraciones con acercamientos graduales a la solución.
4. El tipo de razonamiento involucra la conjetura como una forma de cuál sería mi posición para poder percibir lo que el sistema me está indicando -una forma de razonamiento metacognitivo sobre la percepción-.

4. PROBLEMA SOBRE COLOR

Se define color como un atributo perceptual de la forma: la reflexión de una onda luminosa sobre una superficie es percibida por un observador. El color se puede estudiar desde tres perspectivas (Solso, 1994):

La perspectiva física estudia el color en relación con la teoría ondulatoria de la luz. A la longitud de onda se le atribuye la propiedad denominada cromaticidad y a la amplitud de onda la de saturación.

La perspectiva neurofisiológica detalla, como el sistema visual constituido por cerebro, ojo y las vías de transporte de señales ópticas, determina el procesamiento del color en los seres humanos.

La perspectiva perceptual relaciona el color con la estética y el diseño.

La Perspectiva Física

El fenómeno del color está relacionado con la luz, la cual en la física se estudia desde tres enfoques, el mecánico, el cuántico y el ondulatorio. Aquí se asume el enfoque de la aproximación de la teoría ondulatoria.

Dos conceptos del enfoque asumido son básicos para entender el fenómeno del color: La longitud de onda y la frecuencia

Longitud de onda: es la distancia que recorre la onda en un ciclo de vibraciones o dicho de otra manera, es la distancia entre las crestas de una onda.

Amplitud de onda: es la distancia entre el punto más bajo del valle y el valor máximo de la cresta de una onda.

Frecuencia: número de vibraciones que pasan por un punto determinado en un segundo.

Cada color tiene una tonalidad específica; por ejemplo, el azul cian tiene una longitud de onda y una frecuencia únicas. Al variar alguna de las dos características se obtiene otro color u otro tono; de aquí se deriva que en muchos textos se utilicen color y tono como sinónimos.

El ojo humano tiene unos umbrales de percepción del color: Un valor mínimo de 350 nanómetros y un máximo de 750 nanómetros. A este rango se le denomina espectro visible del color para el ser humano.

En el espectro visible, la luz roja es la que tiene la longitud de onda más larga y la frecuencia más corta, y la luz violeta tiene la longitud de onda más corta y la mayor frecuencia. El blanco tiene la menor longitud y la mayor frecuencia de onda (en él se funden todos los colores). En el espectro no se encuentra el negro que se forma por la ausencia de luz y, por tanto, de color.

Si se considera la amplitud de onda, se obtiene la propiedad de saturación del color; ésta es la intensidad relativa. Un mismo color, que mantiene constante su longitud de onda, puede tener diferentes amplitudes de onda. A mayor amplitud de onda mayor concentración del color.

La tercera característica del color es la **luminosidad** y ésta se relaciona con las escalas físicas de intensidad luminosa. La incidencia de la luz blanca sobre los objetos es fundamental en la percepción del color. Un objeto determinado bajo una luz distante, tendrá un color parejo, a medida que la fuente se acerca el color del objeto se percibirá más claro y al alejarse la fuente de luz o al hacerse ésta más tenue, el color se percibirá más oscuro de lo que realmente es. En diseño la luminosidad se utiliza agregando blanco o negro, produciendo así sensaciones de volumen y de distancia.

Perspectiva Neurofisiológica

En los seres humanos, el proceso visual del color comienza cuando la luz atraviesa el cristalino y alcanza la retina, Allí la luz incide en unas células fotorreceptoras especializadas denominadas conos y bastoncillos, ubicados en la retina, que al procesar la señal de color, la envían al cerebro a través del nervio óptico.

Los bastones y los conos disponen de orgánulos especializados en el transporte y transmisión de señales. En un extremo de la célula se encuentra el denominado segmento externo, que absorbe la luz y genera las señales eléctricas. En el otro extremo, se localiza la terminación sináptica que, mediante la secreción de un transmisor químico, envía las señales a otras neuronas (las células bipolares y horizontales) de la retina. El segmento externo contiene una gran extensión de membrana fotosensible, tachonada de moléculas de un pigmento que absorbe la luz. La membrana fotosensible de los conos es una lámina ancha, de complejos pliegues, que hace también las veces de membrana superficial, donde se genera la señal eléctrica.

Los conos responden clasificando los diferentes colores. En caso de niveles lumínicos muy bajos solo trabajan los bastoncillos, que al ser de un solo tipo, no pueden hacer distinción de colores; estos tienen una sustancia llamada rodopsina y, como resultado, son unas 500 veces más sensibles a la luz que los conos. Los bastones se distribuyen por toda la retina excepto en la fóvea y el punto ciego.

Los conos se clasifican en tres tipos que contienen diferentes pigmentos (moléculas fotoabsorbentes). El primer tipo de conos responde a las longitudes de onda corta (sector azul y verde del espectro); el segundo tipo a las ondas de longitud media (luz verde) y el tercero a las longitudes mayores (luces amarilla, naranja y roja). Los conos se distribuyen en la fóvea, región central de la retina.

Las señales que reciben los conos y bastones son transportadas por los nervios ópticos que se juntan en el quiasma óptico, donde se produce un entrecruzamiento de fibras nerviosas; luego, llegan a los núcleos geniculados que son zonas donde los axones de la retina terminan en dendritas, las cuales se comunican con otras neuronas. Son los axones de estas últimas células los que llevan la información al córtex cerebral; allí el cerebro procesa la señal.

El color en Vega JG.

Maneja una degradación de tonos ocres de claro a oscuro, que van desde el centro hasta el borde de la aparente esfera, en ese momento el color cambia a grises cálidos, formando el plano cuadrado. Vasarely imprime en cada modulo un color completamente saturado de textura lisa, logrando un efecto de luminosidad central en la que el centro de la esfera y del cuadrado se encuentra más iluminada que en los bordes.

En esta obra Vasarely utiliza líneas conceptuales, que sólo existen en apariencia, la cual es generada por el contraste de color entre los módulos en relación al toque. Este es un elemento de relación en el diseño que integra figuras: cuando dos figuras se tocan se anula el espacio que las separa y se percibe una tercera.

Cada modulo se compone de dos clases de planos; uno cuadrado que se transforma en rombo, y otro circular, que evoluciona a elipse. El primero maneja el degradé del color ocre y el segundo tonalidades de blanco y negro.

Esto genera, en conjunto, la sensación de volumen, el cual sólo se aprecia por las diferencias graduales que tienen, tanto las tonalidades, como los cuadrados y círculos. Las formas utilizadas por Vasarely son geométricas en su totalidad. El formato es un cuadrado, que es el componente predominante y, a la vez, el más pequeño. El círculo es el elemento central desde el cual se genera toda la obra y a su vez es el resultado final de dicho proceso. La transformación de cuadrados y círculos conducen a la formación de una esfera, la cual es el volumen de un círculo que vuelve a ser cuadrado.

Los colores y sus combinaciones conducen a significados asociativos que pueden tener poco que ver con la experiencia visual directa y sus significados van ligados a procesos personales y sociales únicos. Existen diferentes interpretaciones y aplicaciones

del color de acuerdo a los eventos que se quieran resaltar o representar: el rojo, por ejemplo, puede significar vitalidad, amor, alegría, pero también puede significar agresión, crueldad, disturbios o inmoralidad.

La Perspectiva Computacional del color

La representacional del color se hace con base en dos esquemas: la primera (paleta RGB) combina los colores rojo, verde y azul para obtener colores derivados; el segundo esquema (HLS) combina valores para tonalidad, luminosidad y saturación para obtener el color deseado. Siguiendo cualquiera de las dos aproximaciones, los programas de pintura configuran colores predefinidos que un usuario puede emplear para colorear un objeto; pero, esto no es óbice para que se puedan usar directamente las combinaciones RGB o HLS.

La cantidad de colores definibles en un computador depende en mucho de la configuración del hardware. Un sistema SVGA puede desplegar 256000 o más colores.

PROBLEMA 8: LABORATORIO DE COLOR.

Este módulo consta de varias figuras poligonales, que son diferentes alternativas para lograr estructurar una composición mediante combinación de colores y obtener como resultado una sensación de volumen planteado por Vasarely. El problema como tal se centra en el proceso perceptivo en el marco de reconocimiento de patrones, para lo cual se utiliza las posibilidades de cálculo que da el computador.

Los colores que va a utilizar el jugador se obtienen utilizando tres tipos de paletas:

- La paleta basada en la combinación de los colores aditivos primarios, conocida como paleta RGB.

- La paleta basada en manejar la tonalidad, la luminosidad y la saturación del color, conocida como paleta HLS.
- Y una paleta de colores predeterminados en la que el usuario escoge el color que desee adicionar a la estructura.

Las estructuras están conformadas por 15 grupos de figuras concéntricas. El jugador puede escoger el porcentaje de grupos que desea colorear (25, 50, 75 o 100 por ciento) y la zona de este porcentaje (intercalado, centro o extremo de la estructura).

En este problema se tiene las siguientes características:

1. El espacio bidimensional está constituido por módulos conformados por figuras geométricas, sobre las cuales se puede efectuar todas las combinaciones posibles de color que el usuario quiera experimentar.
2. El número de polígonos con el que cuenta la figura restringe el espacio de búsqueda. La sensación de volumen y profundidad está acorde con la teoría de efecto visual planteada por Vasarely.
3. El movimiento está asociado al concepto de equilibrio visual logrado mediante la búsqueda de las secuencias sistemáticas de los componentes del color.
4. El feedback, según la paleta que haya escogido, está dado por una terna de cantidades, en la cual la primera serie de números indica la tonalidad, o la mezcla de colores primarios; la segunda el brillo y la tercera la saturación.
5. La solución al problema es colorear y lograr la sensación de volumen. El sistema realiza la evaluación y le da aprobación o no al logro del objetivo.
6. Con respecto a los problemas anteriores éste involucra el manejo del espacio visual y la forma a través del color.

5. PROBLEMA DE RAZONAMIENTO SOBRE MECANISMOS

El siguiente problema toma como tema el razonamiento espacial aplicado a mecanismos, enmarcado dentro de la concepción cognitiva de la animación mental (Hegarty, 1995).

La aproximación al estudio de los mecanismos se basa en la teoría general de agentes y ambientes desarrollada en el contexto de la Inteligencia Artificial, aunque los objetos particulares que se incorporan al problema no sean agentes inteligentes, sino mecanismos acoplables a la actividad del ser humano.

Russell y Norvig (1996: 33) expresan: “un agente es todo aquello que puede considerarse que percibe su ambiente mediante sensores y que responde o actúa en tal ambiente por medio de efectores”. Por ejemplo, un robot que ejecuta una acción de llevar un objeto de un lugar a otro es un agente.

Si un robot que ejecuta una acción de llevar un objeto de un lugar a otro, los sensores podrían estar constituidos por cámaras y telémetros infrarrojos y los efectores por sus motores; la información que percibe, se obtiene de propiedades específicas de los objetos de su entorno perceptibles por los sensores. Esta información alimenta un proceso de razonamiento en el robot que lo conduce a tomar decisiones, las cuales, a su vez activan acciones que comprometen a un mecanismo efector (brazo), a través del cual el agente modifica la posición de un objeto (Ilustración 2.4).

Relación hombre - máquina

El hombre, en cuanto agente, tiene sensores constituidos por sus ojos, oídos y otros órganos sensoriales y efectores conformados por sus manos, piernas y otras partes del cuerpo. Tanto los unos como los otros son potenciados por las máquinas.

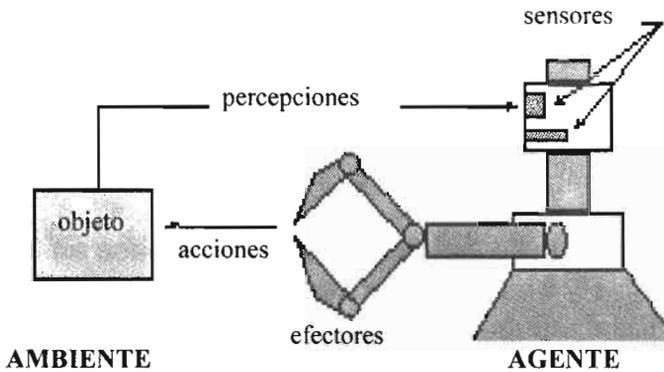


Ilustración 2.4. Agente Inteligente (robot)

Un agente se constituye como un sistema diferenciado con respecto a los seres que le rodean. Lo que no constituye el sistema como tal se llama entorno. La percepción del agente se desarrolla en cuanto identifica rasgos de ese entorno. La propiedad de externalidad pareciera estar asociada a la percepción; sin embargo, existe un caso especial, cuando el agente puede percibir cambios en sus elementos constitutivos. En este caso, nos referimos al ambiente interno (Luhman, 1997).

La percepción y la acción son dos componentes de la interacción agente-entorno. Cuando un agente actúa, usando sus efectores, genera cambios en su entorno y simultáneamente en su ambiente interno. Estos cambios pueden eventualmente ser percibidos y dar origen a nuevas acciones. Esta dinámica de actuar - percibir - actuar (en un ciclo potencialmente infinito) describe lo que denominamos interacción.

Un fenómeno de interés para nuestros propósitos tiene que ver con el concepto de acoplamiento. Dos sistemas se acoplan si redefinen sus límites de tal manera que durante un tiempo se constituyen como un sistema nuevo; es decir, que el conjunto de los dos sistemas tienen el mismo entorno, un mismo ambiente interno y los mismos sensores y efectores. Podemos decir que se opera una dife-

renciación nueva del sistema. Tal sucede cuando el hombre utiliza una máquina para ejecutar una acción en el entorno.

Si consideramos el hombre como un agente racional que maniobra una máquina existe un acoplamiento que se da de dos formas: perceptual y efectora. Cuando se da dicho acoplamiento, se genera una extensión del agente racional (humano) en la máquina, lo cual incrementa o potencia las acciones orientadas a modificar el ambiente (Ilustración 2.5).

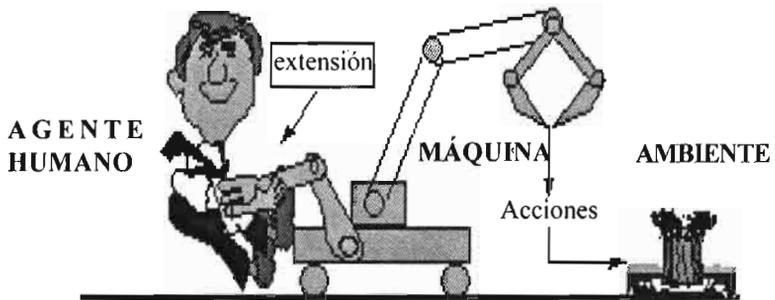


Ilustración 2.5. Acoplamiento hombre-máquina

Mecanismo como Agente de Dominio

Los agentes pueden ser clasificados con base en la propiedad de inteligencia. Para ser inteligente se requiere mostrar características de racionalidad y autonomía.

Retomando lo anterior, podemos considerar máquinas cuya inteligencia depende del acoplamiento con el ser humano, carentes de racionalidad o autonomía. En el problema que se presenta para que los estudiantes resuelvan en este proyecto, se considera un sistema acoplado hombre - máquina que debe producir alguna acción sobre un objeto estático contenido en el entorno.

El dominio de conocimiento está constituido por la estructuración de una máquina, su acople al ser humano y la realización de una función de traslación de un objeto de una posición a otra en el entorno.

PROBLEMA 9: RAZONAMIENTO SOBRE MECANISMOS.

¿Cuáles son las propiedades estructurales del agente (mecanismo) para trasladar un objeto estático, contenido en un ambiente, de una posición "A" sobre un contenedor "X" a una posición "B" sobre un contenedor "Y"?

Tanto las posiciones como los contenedores son definidos en el ambiente computarizado. Para construir la solución del problema, el sujeto abstrae la estructura del agente de su imagen gráfica, la cual funciona como un elemento portador de información.

Características del problema

1. El modelo está conformado por un agente no racional (mecanismo), acoplable a un agente racional a través de sus efectores y un ambiente constituido por un objeto estático y un soporte donde descansa la totalidad del peso del objeto y de los agentes mismos.
2. Tanto los agentes como el objeto satisfacen la relación contenido-contenedor con respecto a su soporte. El contenedor es considerado, en nuestro caso, como un elemento superficial sobre el cual van soportados objetos que denominamos contenidos.

Los soportes estructurales del mecanismo y del objeto se pueden considerar como contenedores en la medida en que hay una correspondencia entre la forma de la superficie que soporta y la forma del objeto soportado. Una cavidad cilíndrica, una superficie horizontal o un plano inclinado pueden, de alguna manera, cumplir la función de contenedores. En la Ilustración 2.6 se muestran diferentes relaciones entre contenedor y contenido.

Metodología para la descripción de mecanismos

Se puede hacer análisis de una máquina usando los términos relativos de bastidor y mecanismo. Una máquina se puede ver como compuesta de un bastidor y un mecanismo. Un conjunto A de partes de una máquina con respecto a otro conjunto B de partes de la

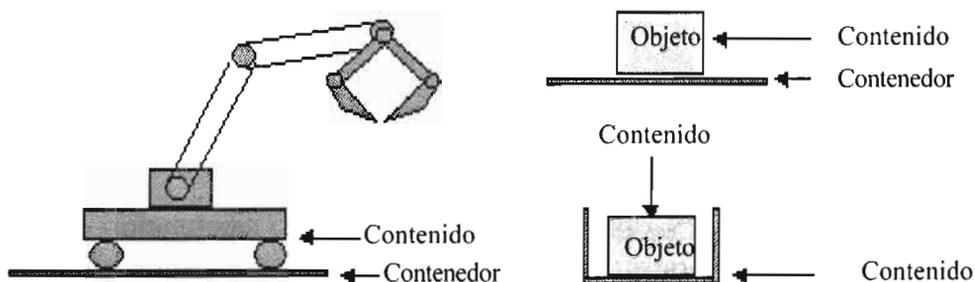


Ilustración 2.6. Relación contenido-contenedor

misma máquina cumple la función de bastidor si A sirve de soporte a B. Tanto A como B se comportan como sistemas integrados en sí, que se acoplan mediante un elemento estructural que denominamos articulación.

El bastidor está directamente vinculado al contenedor, pero, forma parte de la máquina. En un análisis de acoplamiento secuencial de partes, iniciando en el contenedor, las piezas que componen el conjunto anterior cumplen la función de bastidor para la pieza siguiente y el nuevo conjunto, a su vez, sirve de bastidor a la siguiente pieza hasta obtener el mecanismo terminado. En el ejemplo de la Ilustración 2.7, el bastidor está inicialmente contenido en la superficie que lo soporta (contenedor); este nuevo sistema, en la segunda etapa, es bastidor para un mecanismo subsecuente y, al tenerse acoplada la siguiente parte, a su vez sostiene el siguiente elemento nuevo, hasta terminar el ensamblaje del sistema. Es decir, la relación bastidor-mecanismo se redefine en la medida en que se integra la máquina.

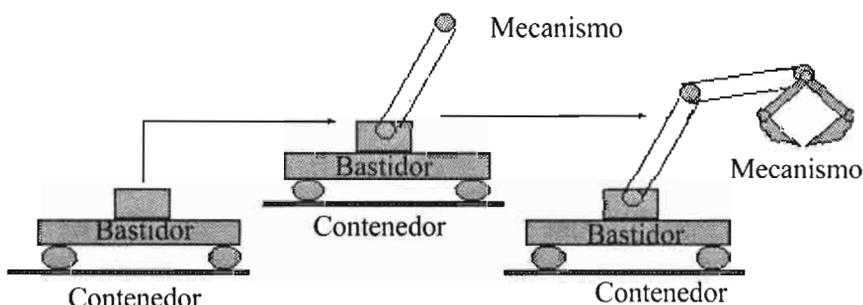


Ilustración 2.7. Subsistema conformado por bastidor y mecanismo

Metodología para la Descripción de la función de un Mecanismo

El mecanismo (agente) es funcional y estructuralmente un sistema que genera cambios en las propiedades de un objeto estático contenido en un ambiente. Estructuralmente un mecanismo, puede estar conformado por tres elementos que lo llevan a ser funcional: El primero es un bastidor que cumple la función de soporte, el segundo un punto de articulación que funciona como elemento estructural y un tercer elemento es un generador de movimiento que dinamiza el mecanismo. Con la composición y función del mecanismo se genera el cambio de posición del objeto. La Ilustración 2.8 muestra la composición de esta estructura.

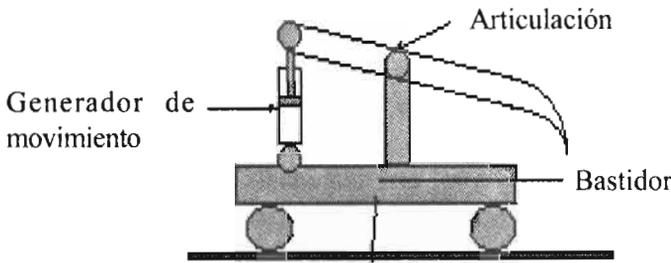


Ilustración 2.8. Estructura de un mecanismo

Un objeto se integra a un mecanismo (agente) a través de un sistema de agarre. Esto permite ver una nueva estructura en la cual el objeto está soportado por un punto de articulación al mecanismo (Ilustración 2.9).

Entorno del Objeto

El cambio de posición del objeto por acción del mecanismo define dos partes en el entorno sobre las cuales el objeto cambia sus propiedades. La una, con una tendencia horizontal en la cual el objeto puede anclarse y la otra, entorno de elevación, donde el objeto queda

suspendido en un elemento intermedio (estiba) que funciona como un soporte de enganche, sin contacto directo con la superficie horizontal.

Cuando la acción sobre el objeto se realiza en el entorno de elevación, el acoplamiento del objeto al mecanismo se hace a través de un sistema de agarre de mordaza, gancho o polea.

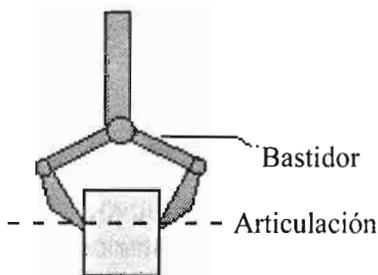


Ilustración 2.9. Estructura no funcional

Si el objeto descansa en una plataforma (estiba), el peso del objeto es compartido entre la superficie y el elemento intermedio. Si el tipo de movimiento del objeto no requiere perder contacto con el soporte, el esfuerzo del mecanismo es compartido con el soporte y el agarre podría constituirse de uñas o elevadores.

En conclusión, el diseño de un ambiente para solución de problemas gráficos sobre mecanismos nos lleva a considerar variables como: tipos de mecanismos, formas de agarre para sujeción del objeto y entornos con contacto superficial y sin éste.

Tipos de Razonamiento **Razonamiento Cualitativo**

Desde el punto de vista del diseño de mecanismos se ha considerado el análisis cualitativo como un elemento que permite ver el comportamiento del sujeto que soluciona problemas relacionados

con la construcción gráfica de mecanismos a partir de la identificación de patrones estructurales de sistemas, compuestos por contenedores y contenidos. El análisis cualitativo se ocupa por identificar la variación de las propiedades estructurales del mecanismo (agente activo) por parte del sujeto. La acción del mecanismo se concreta en generar cambios en algunas propiedades del objeto (agente pasivo), tales como: posición y desplazamiento, determinantes para la formulación del problema. El problema presentado requiere del usuario este tipo de razonamiento.

Razonamiento Cuantitativo

Con relación al análisis cuantitativo, teniendo en cuenta la misma construcción del mecanismo anterior, podríamos llevar al sujeto a calcular el desplazamiento de los objetos, el ángulo de giro de los dispositivos que componen el mecanismo, el rozamiento del objeto con el contenedor, las esfuerzos compartidos por mecanismo - contenedor, etc.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

1. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo se centra en el estudio de estrategias de solución de problemas. Un estudio previo se encontró (Maldonado y Andrade, 1996) que los juicios de metamemoria estaban relacionados con la activación de estrategias de solución de problemas. Esto hace pensar que los estudiantes cuando tienen activadores de juicios de metamemoria desarrollan más problemas que aquellos que no los tienen. Por otra parte, se analiza, si la escogencia de estrategias de solución de problemas incide en la variedad de estrategias. Finalmente, interesa estudiar la relación entre uso de estrategias fuertes y la transferencia de estas estrategias a otros problemas.

En la determinación de los activadores de juicios de metamemoria se sigue el modelo de Nelson y Narens (1990), como se presentó en el Capítulo I. Un activador de juicio de metamemoria es una condición antecedente a una ejecución, por ejemplo, una pregunta, o una decisión sobre condiciones de tiempo o de oportunidades de respuesta que inducen al estudiante a realizar valoraciones a futuras respuestas o de respuestas previas.

Siguiendo el citado modelo, los activadores a los que nos referimos están relacionados con juicios a cerca de la facilidad de aprendizaje, emitidos previamente a la adquisición de un aprendizaje (EOL =

easy of learning); juicios acerca del aprendizaje y que se emiten durante o después de un aprendizaje o de ejecución futura de ese aprendizaje (JOL = judgments of learning); juicios sobre ítems que no se recuerdan en el momento y que valoran si se tienen o no aprendizajes que ya se aprendieron o se están aprendiendo (FOK = feeling-of-knowledge).

Los intereses de la investigación se resumen en las siguientes preguntas:

1. ¿Existe diferencia significativa en la cantidad de problemas resueltos por unidad de tiempo entre un grupo de estudiantes que usan un ambiente activador de juicios metacognitivos sobre memoria y otro que usa un ambiente no activador de estos juicios?.
2. ¿Existen diferencias en cuanto a cantidad de estrategias usadas por un grupo que es entrenado en un ambiente que exige escogencia de estrategias con respecto a otro grupo que no tiene esa experiencia de aprendizaje?.
3. ¿Existen diferencias significativas en pruebas de generalización entre estudiantes que desarrollan estrategias fuertes de solución de problemas y aquellos que no desarrollan estas estrategias?.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO:

Como propósito general de esta investigación se busca establecer la relación entre la autoevaluación como proceso activador de la metamemoria y el desarrollo de estrategias de solución de problemas de orden espacial.

Específicamente interesa:

- ✓ Analizar el impacto de ambientes computacionales cuyo dominio es el razonamiento espacial y que propician juicios acerca de la facilidad, la adquisición y la sensación de aprendizaje (metamemoria) sobre el desarrollo de habilidades de razonamiento espacial.

- ✓ Analizar el impacto sobre el desarrollo de habilidades para solucionar problemas de orden espacial de un ambiente computacional que estimula la escogencia de estrategias previamente a la solución de problemas presentados por el mismo sistema.

El proceso de investigación se organizó alrededor de tres hipótesis generales, las cuales se desglosaron en hipótesis más específicas, teniendo en cuenta las posibilidades de observación y medida que proveen los ambientes diseñados con el propósito de hacer su contrastación.

Las **hipótesis** formuladas al inicio del proyecto proveen que:

H1.- Los estudiantes que hacen juicios sobre metamemoria activan sus estrategias de solución consolidadas previamente, mejorando su efectividad en la solución de los problemas. Por tanto, **habrá diferencia significativa en la cantidad de problemas resueltos por unidad de tiempo entre un grupo de estudiantes que usan un ambiente activador de juicios metacognitivos sobre memoria y otro que usa un ambiente no activador de estos juicios.**

H2.- La estimulación de escogencia de estrategias previamente a la solución de problemas forma nuevas estrategias de solución. En consecuencia, **habrá diferencias entre la cantidad de estrategias usadas por un grupo que es entrenado en un ambiente que exige escogencia de estrategias con respecto a otro grupo que no tiene esa experiencia de aprendizaje.**

H3.- La utilización de estrategias fuertes de solución de problemas permite al estudiante elaborar conocimiento que es independiente del contexto en que se adquirió. En consecuencia, **se hallarán diferencias significativas en pruebas de generalización entre estudiantes que desarrollan estrategias fuertes de solución de problemas y aquellos que no desarrollan estas estrategias.**

3. ESTRUCTURA GENERAL DEL AMBIENTE EXPERIMENTAL

Esta investigación combina dos metodologías:

La primera se caracteriza por el uso del *Modelo experimental estadístico*: se evalúa el impacto de los procedimientos experimentales sobre los sujetos y se hacen inferencias sobre la población. La segunda utiliza un análisis de protocolos que permiten simular el proceso de solución de los problemas por parte de cada sujeto.

Se diseñaron cuatro versiones de software: una primera presenta de manera simple los problemas para resolver; la segunda, incluye un mecanismo activador de juicios de metamemoria; la tercera incorpora un mecanismo activador de selección de estrategias de solución y la cuarta versión retoma tanto el mecanismo activador de metamemoria como el de selección de estrategias de solución.

Las cuatro versiones de software determinan cuatro condiciones experimentales para un diseño factorial dos por dos, como se representa en la siguiente tabla:

| | CON ACTIVADOR DE METAMEMORIA | SIN ACTIVADOR DE METAMEMORIA |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| CON ESCOGENCIA DE ESTRATEGIAS | GRUPO - 1 | GRUPO - 2 |
| SIN ESCOGENCIA DE ESTRATEGIAS | GRUPO - 3 | GRUPO - 4 |

TABLA 3.1. cuatro condiciones experimentales para un diseño factorial dos por dos

Los Módulos. Se desarrollaron nueve programas de computador. A cada uno de estos programas se les denominó módulos. La for-

ma de presentación son nueve juegos de descubrimiento. Una vez encontrada la solución, el sujeto puede reducir el error a niveles muy cercanos a cero. Los nueve juegos fueron organizados en un paquete que permitía acceso secuencial y controlado por el computador a través de un menú. La siguiente es la secuencia de presentación de los problemas para ser resueltos:

- Juego 1. Líneas en Equilibrio
- Juego 2. Líneas al Azar
- Juego 3. Puntos en Equilibrio
- Juego 4. Puntos al Azar
- Juego 5. Rompecabezas de Piezas Ensamblables
- Juego 6: Rompecabezas Vega JG
- Juego 7: Posición de un Observador
- Juego 8: Laboratorio de Color
- Juego 9: Razonamiento sobre Mecanismos

Variantes de los módulos. Los juegos 1 a 5 están estructurados según el esquema de la tabla 3.1. El juego 6 no tiene activadores de juicios de metamemoria ni sugiere estrategias; esto se hace para comparar los cuatro grupos que han tenido historias experimentales diferentes. Los juegos 7, 8 y 9 tienen una **forma A de entrenamiento** y otra **B de generalización**; donde la forma B es una variante del juego que no considera activadores ni estrategias. Igual que en el caso del juego 6, la función de la forma B es la evaluación de transferencia de estrategias de acuerdo al historial experimental previo de los sujetos.

Niveles de aprendizaje. Los sujetos enfrentaron la solución de cada juego tres veces: la primera se considera como etapa de descubrimiento; la segunda de consolidación y la tercera, la etapa de dominio. Esta estructura permite la interpretación discriminada de los datos y el impacto de las variables independientes según el nivel de aprendizaje.

Frente a la primera hipótesis, el conjunto de los módulos permite analizar si globalmente la hipótesis se cumple y considerar la sucesión de módulos como replicaciones sucesivas del mismo experimento para lograr un análisis más fino de la información.

De igual manera se puede contrastar los grupos que tienen escogencia de estrategia con los que no, tomando como indicador la cantidad de estrategias usadas. Se hace un análisis global y comparaciones de grano fino por módulo, resaltando las variaciones debidas a la clase de problema. Para lograr este propósito, a cada uno de los módulos se le programó un sistema de seguimiento a los sujetos con base en la identificación de operadores, operandos y transiciones de estado. El computador hace seguimiento al sujeto y genera un protocolo ejecutable que permite al investigador replicar el proceso seguido por cada sujeto.

Se decidió por esta forma de protocolos y no por los protocolos de información verbal dada la facilidad para la recolección e interpretación de la información y la consistencia con los procesos de solución de problemas. Siguiendo los planteamientos de Fagin et al. (1995) el protocolo es una descripción de las acciones que un agente toma en función de estados locales. El protocolo como tal se expresa en un programa ejecutable.

En un tercer nivel el computador genera un reporte estructurado que permite identificar las estrategias seguidas. Con base en esta información los investigadores identifican estrategias y las clasifican como fuertes o débiles. Una estrategia fuerte reduce sistemáticamente la entropía hasta llevar a la solución del problema. Una estrategia débil, resuelve eventualmente el problema o no lo resuelve. A partir de la secuencia de módulos, se analiza la generalización de módulo a módulo para identificar si la existencia de estrategias fuertes en un sujeto incide en su nivel de generalización.

El sistema tiene programadas las siguientes decisiones frente a las acciones registradas del usuario:

- Si el usuario hace click fuera del área sensible, le envía un mensaje de tipo texto indicándole la zona de trabajo.
- Si el número de clicks es igual al número máximo de jugadas permitido, da por terminada la sesión actual y abre paso a la siguiente sesión sobre el mismo problema.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS

Ambiente de programación. Los módulos se realizaron en el lenguaje OpenScript de Toolbook 4.0 CBT Edition¹. Para el desarrollo del experimento se usaron computadores Pentium de 133 Mhz y pantallas SVGA configurados en color real.

4.1. Juego 1. Líneas en Equilibrio

El ambiente textual, Permite dar orientaciones de tipo texto a través de campos al usuario y cumple las siguientes funciones:

- * Presentar al usuario el problema y la regla de juego (Ilustración 3.1). " Busque cuatro líneas en equilibrio" Haga click en dos puntos por donde piensa que pasa la línea. El computador le informará sobre la distancia y dirección de los puntos que usted dibujó en relación con la línea de equilibrio más próxima. Hay una regleta que puede activar haciendo click sobre ella.
- * Dar información al usuario sobre la distancia del click con respecto al objetivo en dos formas posibles: numérico - el cual señala las distancias de los dos clicks a la recta más próxima en números - o cualitativo - presenta las posiciones de los dos clicks en términos de muy frío, frío, tibio, caliente y lo hallaste -.

¹ ToolBook es software registrado por Asymetrix Corporation.

Activadores de Juicios de Metamemoria

La variable independiente como activador de juicios de metamemoria se define operacionalmente a través de un conjunto de datos obtenidos por el computador, como respuesta a las siguientes preguntas:

- “ Calcule cuántos intentos necesita para resolver el problema; evalúe de 1-10.
- “ Qué tan seguro está de haber aprendido a resolver el problema; evalúe de 1-10.

Cada vez que inicia una serie se le plantean las dos preguntas al sujeto.

Estrategias Sugeridas

Las estrategias sugeridas a los sujetos para la exploración y que se orientan a reducir el espacio del problema en la búsqueda de la solución se formularon a partir del análisis de protocolos de sujetos que resolvieron el mismo problema en otra plataforma para otra investigación (Maldonado y Andrade 1996) y que se presentan a continuación:

1. Partición del área en cuadrantes
2. Partición diagonal del área.
3. Exploración de puntos en los vértices y centro.
4. Tomar un punto al azar y reducir la distancia en una dirección.
5. Tomar un punto y girar alrededor de éste.

Seguimiento y Registro

El sistema programa un número de intentos y registra los siguientes datos:

- El acumulado de intentos hasta un límite (50 clicks).
- La posición (coordenadas) de cada click.
- Los patrones de secuencia de clicks que puede ser usados para identificar estrategias.
- Si halla o no la solución.
- Si el usuario sale del programa sin terminar la solución del problema.

La solución al problema está basada en el concepto de equilibrio geométrico planteado por Wong.

4.2. Juego 2. Líneas al azar

El problema consiste en encontrar un segmento de línea que el computador dibuja y ubica en un sitio seleccionado de manera aleatoria dentro de un cuadrado. El sujeto dispone de información sobre la inclinación de las líneas ocultas y las distancias de los dos clicks a la línea oculta (Ilustración 3.2).

Los activadores de juicios de metamemoria son los mismos que para el juego 1.

Estrategias Sugeridas

Para sugerir las estrategias al grupo experimental se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Ubicación de dos puntos en cualquier sitio del área de trabajo.
- Evaluación de las distancias de los dos puntos a la línea oculta.
- Memorización de la ubicación de los puntos y los valores de distancia.

- Reducción de las distancias a cero en la pareja de puntos siguiente.

Seguimiento y Registro

El sistema programa un número de intentos y registra los siguientes datos:

- El acumulado de intentos hasta un límite.
- La posición (coordenadas) de cada click
- Los patrones de secuencia de clicks que puede ser usados para identificar estrategias.
- Si halla o no la solución.
- Si el usuario sale del programa sin terminar la solución del problema.

4.3. Juego 3. Agujeros en Equilibrio.-

El problema consiste en hallar círculos - agujeros negros - ocultos en un plano bidimensional, los cuales están ubicados en las zonas de equilibrio del cuadrado expresadas como componentes de la estructura inducida de Arnheim.

En el primer nivel de juego debe encontrar un punto. Luego dos y finalmente tres. Como información el usuario tiene un campo que le permite ver la distancia del click con relación al agujero más cercano, ya sea en forma cualitativa o cuantitativa, como se explicó anteriormente (Ilustración 3.3).

Los activadores de juicios de metamemoria son los mismos que para el juego 1.

Estrategias Sugeridas

Para sugerir las estrategias al grupo experimental se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Ubicación de un punto en cualquier sitio del área de trabajo.
- Evaluación de la distancia del punto al punto oculto.
- Memorización de la ubicación del punto y los valores de distancia.
- Reducción de la distancias a cero en el punto siguiente.
- Representación imaginaria de un agujero en equilibrio.

Seguimiento y Registro

El sistema registra los mismos componentes de los juegos anteriores.

4.4. Juego 4 . Agujeros al Azar.-

Encontrar un círculo ubicado aleatoriamente por el computador en el área de trabajo. El usuario puede orientarse con la información que le va suministrando el sistema sobre la distancia (Ilustración 3.3).

Los activadores de juicios de metamemoria son los mismos que para el juego 1 y el registro contiene los mismos ítems que el juego 3.

Las estrategias son las mismas del juego anterior, pero teniendo en cuenta que el círculo puede o no estar en equilibrio.

Los diagramas 3.1 y 3.2 representan la secuencia de estados para una estrategia fuerte en el tema del equilibrio, juegos 1 a 6.

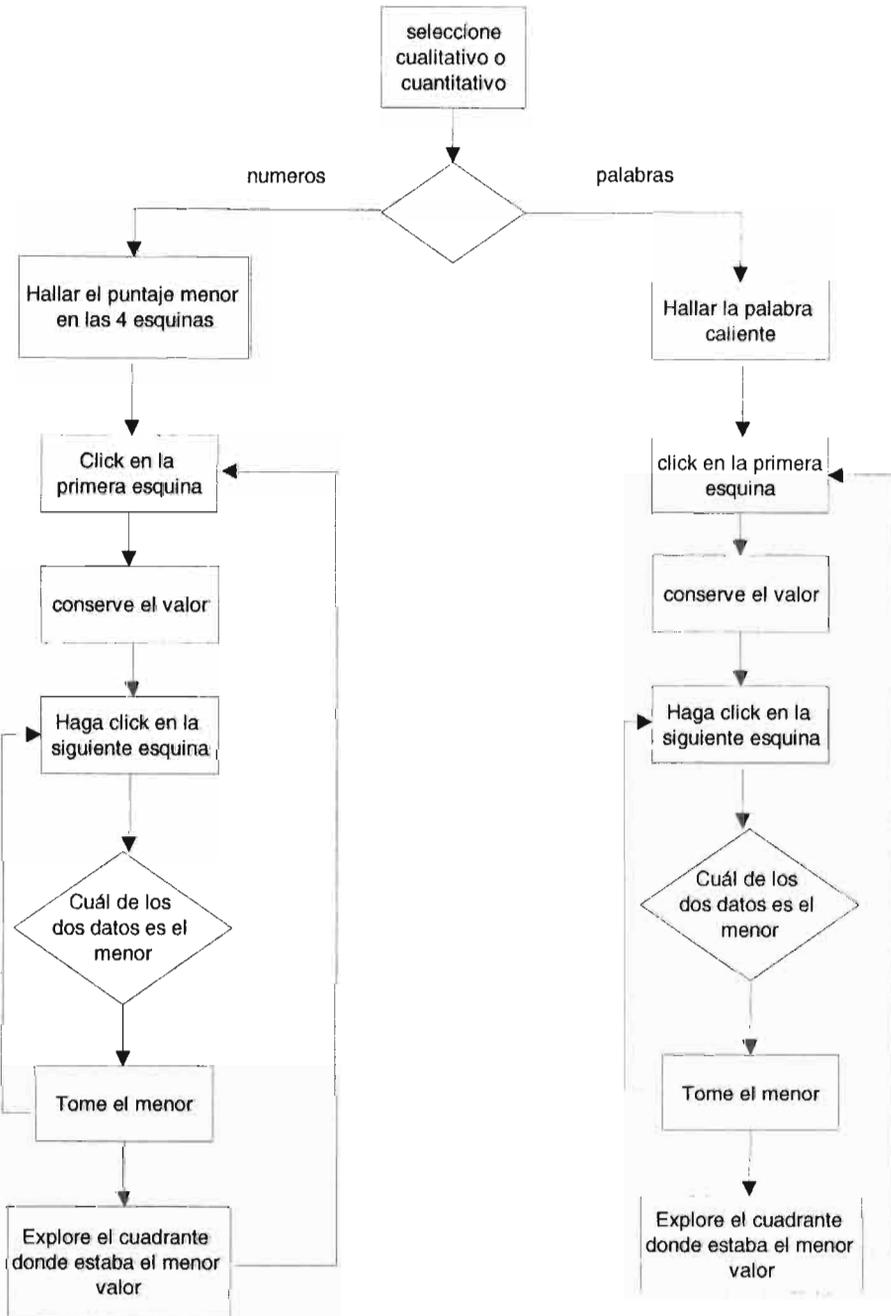


Diagrama 3.1. Estrategia fuerte líneas en equilibrio.

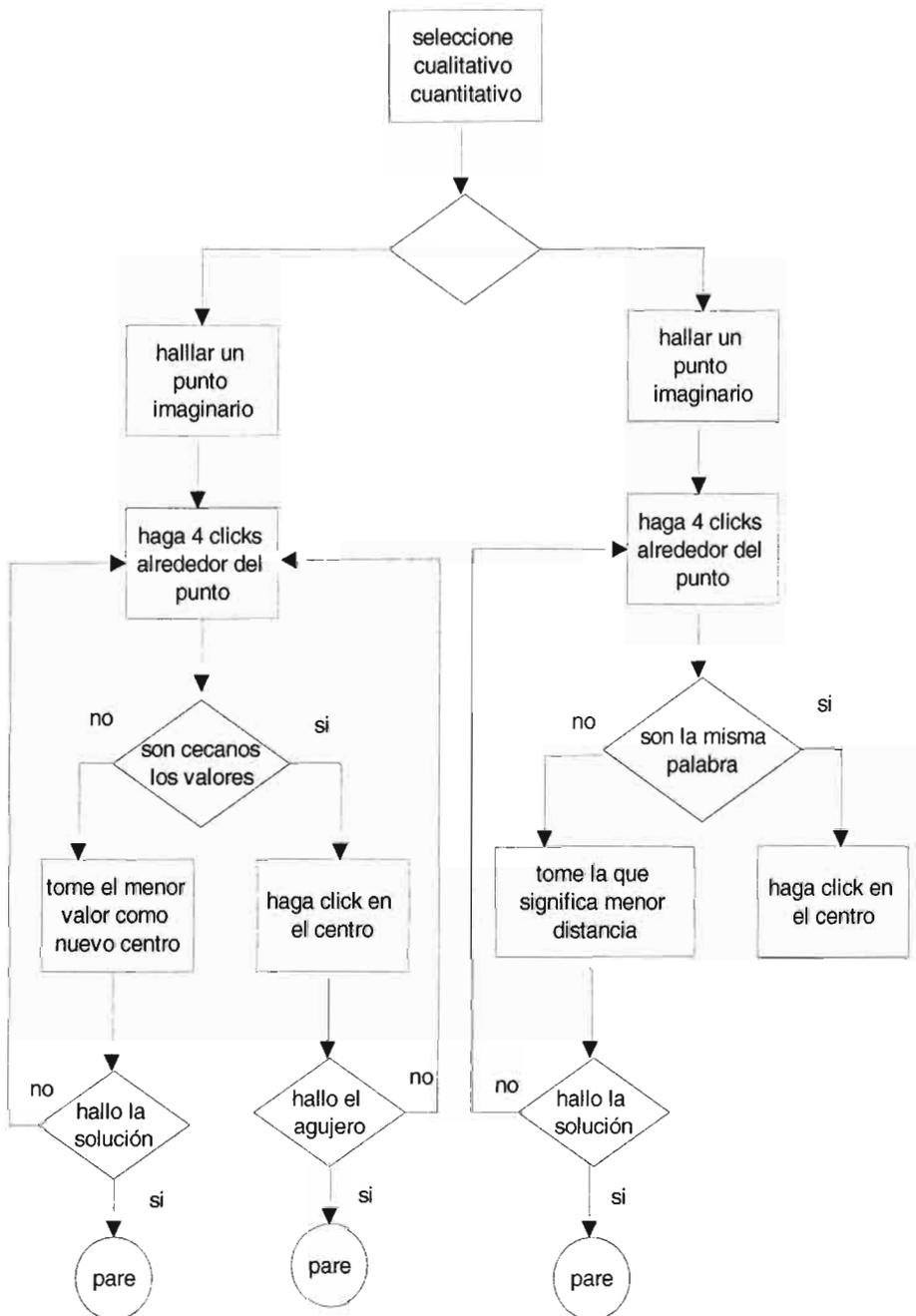


Diagrama 3.2. Estrategia fuerte agujeros en equilibrio.

4.5. Juego 5. Rompecabezas de Piezas Ensamblables

Armar el rompecabezas que devela la estructura inducida de Arnheim. Cuando el usuario haya solucionado el rompecabezas puede acceder a información contenida en cada una de las partes que componen la estructura (Ilustración 3.4).

Seguimiento y Registro

El sistema programa un número de intentos y registra los siguientes datos:

- El acumulado de intentos hasta un límite.
- El número de la ficha que mueve.
- El punto de partida de la ficha.
- Las coordenadas del sitio donde la ubica.
- Los vértices del cuadrado cuando corresponde a la ficha.
- Si halla o no la solución.
- Si el usuario sale del programa sin terminar la solución del problema.

4.6. Juego 6: Rompecabezas Vega JG

El problema consiste en armar el rompecabezas que representa una de las obras de Vasarely (Ilustración 3.5).

El usuario debe organizar las fichas (ocho) desplazando una de ellas al lugar vacío. El sujeto cuenta con un barra de ayuda que

tiene tres menús: juego; nivel y ayuda. En el primero, o sea juego, se plantean las opciones de organizar o desorganizar la estructura. El segundo, nivel, presenta tres escalas: principiante, intermedio y avanzado. Cada una de ellas organiza el juego en las siguientes presentaciones: una matriz de tres por tres; una de cuatro por cuatro y una de cinco por cinco respectivamente. Cuando el usuario ha solucionado el rompecabezas, el programa le presenta un cuadro que contiene la relación de los mejores puntajes de juego, y le asigna el puesto correspondiente, que está dado por la cantidad de movimientos necesarios para organizar la estructura.

Al ingresar al programa el sistema le presenta al usuario la estructura organizada de la obra Vega JG. Pasado un minuto el programa desorganiza las fichas para iniciar el juego.

El juego no explícita estrategias ni juicios de metamemoria, pues, con éste se evalúa la generalización de estrategias adquiridas en los módulos 1 a 5, de los cuatro grupos según su historial previo en las condiciones experimentales.

Seguimiento y Registro

El sistema registra los siguientes datos:

- La organización al azar que el computador hace de las fichas.
- El número de la ficha que mueve.
- Las coordenadas del punto de partida y del sitio donde la ubica.
- Si halla o no la solución.

4.7. Juego 7: Posición de un Observador

Hallar la posición del observador que tiene la visión representada en las ventanas 2 y 3 (Ilustración 3.7).

Regla de Juego.

Haga click en la posición desde la cual un observador en la ventana 1 tiene las mismas imágenes de los segmentos amarillo y verde en las ventanas 2 y 3. Encuentre la posición desde la cual el observador tiene las imágenes de los segmentos diferenciados con los colores azul y naranja de la ventana 1. Tome como referencia las posiciones de los mismos segmentos señaladas en las ventanas 2 y 3".

El juego busca plantear en el sujeto diferentes representaciones mentales con respecto a la percepción relacionada con la posición y la dirección. Se presenta en dos variantes A y B que fueron resueltas en secuencia por cada sujeto.

Rasgos de la variante A

Se organiza a través de cuatro alternativas que el sujeto, de acuerdo con la organización prevista de los grupos de experimentación, debe desarrollar: la primera presenta el juego, sin ningún condicionante; la segunda alternativa integra la opción de juicios de metamemoria basados en el cálculo del tiempo probable para resolver el problema; la tercera requiere que el sujeto elija una de tres estrategias y la cuarta integra tanto los juicios de metamemoria como las estrategias.

En la primera pantalla, el usuario cuenta con una ubicación en el campo de trabajo a través del nombre POSICIÓN Y DIRECCIÓN EN LA PERCEPCIÓN VISUAL (Ilustración 3.6). La segunda pantalla presenta la descripción del juego: componentes, menú y la condición sobre la cual se calcula el puntaje obtenido en cada una de las posibilidades de juego realizadas (Ilustración 3.7).

El sujeto cuenta con dos botones: de ayuda y estrategias. En el denominado botón de ayuda encuentra tres posibilidades de apoyo para el análisis y la interpretación: **simulación; explicación y cancelar.**

Al activar el botón de **simulación** el sujeto tiene la oportunidad de visualizar la representación del problema en su estado inicial y los que conllevan a la solución del problema o estado final. Con el botón **Explicación** logra identificar los elementos y comprender las operaciones en las que interviene cada uno de éstos.

Cuando activa el botón **Estrategias** se encuentra con una condición necesaria para la iniciación del juego, la escogencia o selección de una estrategia después de haber leído y analizado las tres alternativas presentadas.

En la pantalla de **Juego** el sujeto puede utilizar dos clases de menú; uno de barras y otro de botones con los cuales puede visualizar algunas características de los componentes del juego y adaptar el ambiente a su mejor estructura de comprensión: **Estrategia;** con el cual puede dejar visible la escogida; **Problema;** se lee el problema y la regla de juego; **Inicio De Juego:** Mediante click ubica al azar los dos segmentos (visibles) y el observador representado por una elipse en forma oculta. Mediante este mismo evento en los visores dos y tres se muestran las imágenes perceptivas del observador junto con sus ángulos visuales; **Ventana 1,** y estado final **Ventanas 2 Y 3;** **Objetos:** posibilita trabajar con objetos opacos o transparentes; **Dirección;** permite diferentes formas de presentación del estado final del problema utilizando como variante la dirección: hacia arriba, hacia abajo, hacia la derecha, hacia la izquierda; **Posición:** presenta regla y coordenadas como indicadores de posición; y **Zoom** permite tres alternativas de tamaño relativo que muestran el estado final del problema: 50%, 75%, 100%; los botones referentes a la **Simulación y Explicación** le dan la oportunidad de visualizar nuevamente la estructura del juego; **Reloj:** muestra o no el conteo del tiempo.

Rasgos de la variante B.

La variante B no dispone ni de activadores de juicio de metamemoria ni de sugerencia de estrategias; tampoco cuenta con los ángulos visores de orientación. Se considera una forma más abstracta del problema.

Estrategias Sugeridas

Las estrategias sugeridas al grupo experimental se basaron en los siguientes criterios

- Comprensión del problema a través de la lectura de éste y de las reglas del juego.
- Exploración de las ayudas y componentes del juego.
- Representación mental de la posición y orientación del observador: hipótesis.
- Configuración de las ventanas 2 y 3 para obtener un buen feedback.
- Ejecución de la prueba de hipótesis.

Seguimiento y Registro

El sistema registra los siguientes datos:

- tiempo de inicio
- la navegación realizada a través de las ayudas
- estrategia seleccionada
- tiempo como activador
- coordenadas que indican la posición de cada click en el campo de trabajo
- número de eventos
- tiempo neto de juego
- tiempo de ayuda
- tiempo total
- tiempo en la estrategia seleccionada
- si halla o no la solución.

1. Leer problema y reglas.
2. Observar simulación.
3. Identificar elementos.
4. Identificar operaciones.
5. Explor opacos y transparentes.
6. Explora zoom (Escala).
7. Observa la dirección de los segmentos.
8. Observala regla.
9. Explora la coordenadas.
10. Explora el reloj.
11. Click en la zona de juego
12. Resuelve el problema.

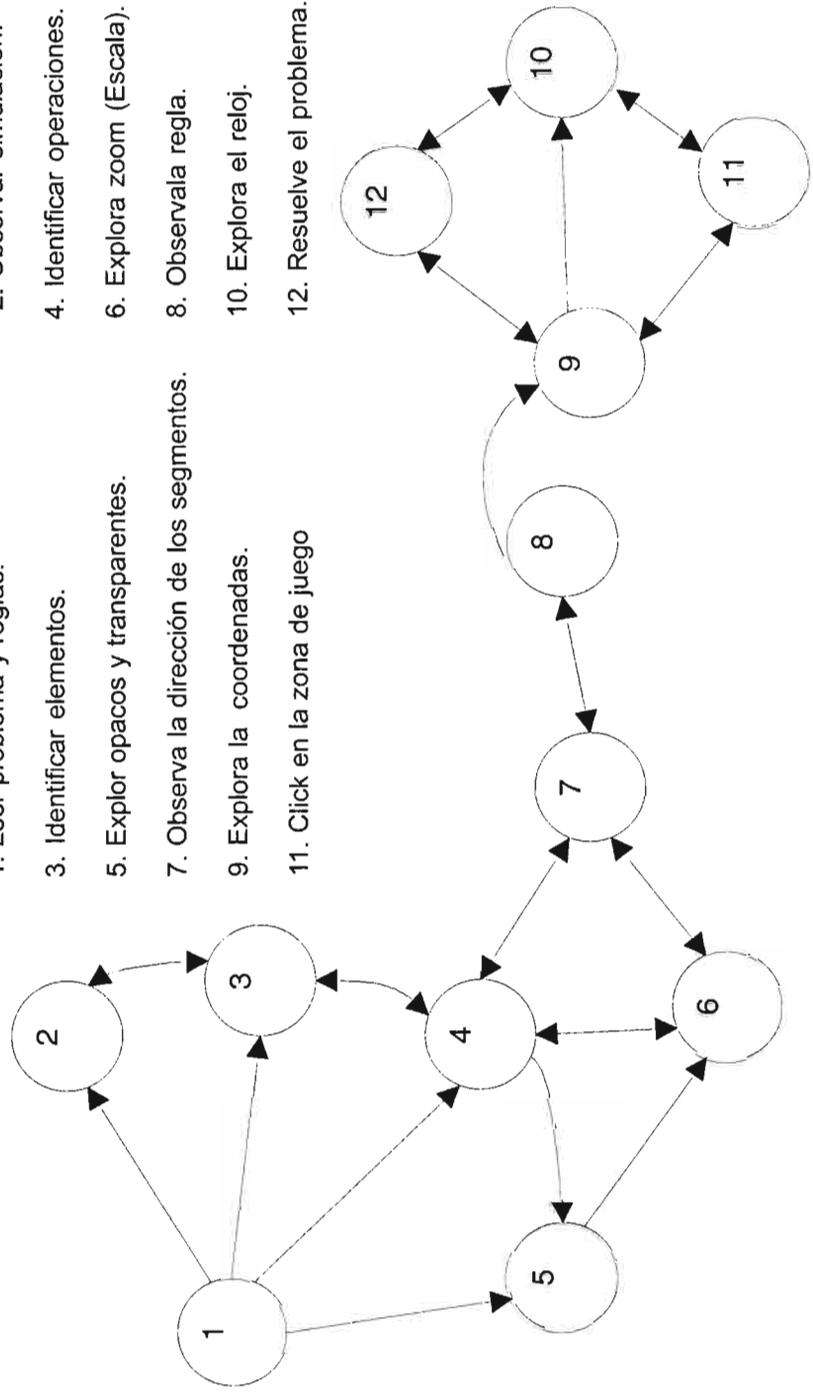


Diagrama 3.3. Estrategia fuerte posición y dirección.

4.8. Juego 8: Laboratorio de Color

El problema consiste en colorear una estructura hasta obtener la sensación de volumen (Ilustración 3.8).

En las primeras pantallas se esbozan algunas consideraciones sobre la teoría del color. Igualmente se presenta un aparte de la biografía de Vasarely, autor de la obra Vega - JG.

El juego busca plantearle al sujeto que a través del manejo del color se puede transformar la percepción de la forma. Se presenta en dos variantes A y B que fueron resueltas en secuencia por cada sujeto.

Rasgos de la variante A

El ambiente está conformado por diferentes alternativas en el cual la obra mencionada se toma como componente estructural para transformar el color con el fin de obtener el resultado planteado por Vasarely, «el maestro del engaña ojo»: llegar a una sensación de volumen combinando colores.

Los colores se obtienen con base en una de las siguientes estructuras:

- La combinación de los colores aditivos primarios (rojo, verde y azul), conocida como sistema RGB.
- El ajuste de las dimensiones de tonalidad, luminosidad y saturación del color, conocida como sistema HLS.
- Selección de colores de una paleta predefinida.

Las estructuras que se plantean están conformadas por 15 grupos de figuras concéntricas (Ilustración 3.9 y 3.10). El jugador puede escoger el porcentaje de grupos que desea colorear (25, 50, 75 o 100 por ciento) y la zona de este porcentaje (intercalado, centro o extremo de la estructura).

El problema se resuelve cuando se colorean los quince grupos y la secuencia de los valores de color registrados por el computador

guarden una misma tendencia para todo el conjunto (ascendente o descendente). Para cada uno de los grupos el computador calcula la suma de los tres componentes (HLS o RGB) y compara los valores de cada grupo con los de sus adyacentes para definir si la secuencia es ascendente o descendente.

Si la tendencia construida es constante el computador informa sobre el éxito en la solución, de lo contrario señala equivocación.

Condiciones experimentales

La primera condición sólo muestra la estructura de la obra, dando al jugador la posibilidad de escoger:

1. La paleta de colores (predefinida, HLS, RGB)
2. El porcentaje de área para colorear (25, 50, 75, 100)
3. Ubicación de la zona a colorear (intercalado, centro, afuera).

El puntaje se asigna teniendo en cuenta si solucionó el problema.

La **segunda condición** exige al jugador, además de las tres decisiones anteriores, los juicios de metamemoria a partir de las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántos intentos requiere para resolver el problema?
2. ¿Cuánto tiempo requiere para resolver el problema?

El puntaje se asigna con la solución del problema y la concordancia de los resultados con los juicios de metamemoria.

La **condición tres** exige al jugador, además de las tres decisiones de la condición 1 la elección de una de dos estrategias de solución sugeridas por el computador.

La condición cuatro requiere del jugador la utilización de estrategias y activadores de juicios de metamemoria.

Estrategias Sugeridas

Los criterios tenidos en cuenta para la formulación de las estrategias sugeridas (Diagrama 3.4.) son:

1. Comprensión del problema a través de la lectura de éste y de las reglas del juego.
2. Exploración de las ayudas y componentes del juego.
3. Gradación de la cantidad de área a colorear.
4. Mantener la tendencia ascendente o descendente mediante la comparación de los valores de color de cada uno de los grupos.
5. Problema resuelto

Rasgos de la variante B

En esta opción no se plantean ni juicios ni estrategias y se da un cambio de forma en los objetos de los grupos a colorear y se introduce un fondo cuyo color varía al azar. En este modulo se evalúa la generalización de los aprendizajes obtenidos por todos los sujetos en la variante A del juego.

Seguimiento y Registro

El sistema registra los siguientes datos:

- Tiempo de inicio
- Estrategia seleccionada
- Juicios de metamemoria seleccionados
- Grupo seleccionado y valor del color asignado
- Tiempo de lectura de las ayudas
- Tiempo de lectura de las estrategias
- Tiempo neto de juego
- Tiempo total
- Si halla o no la solución.

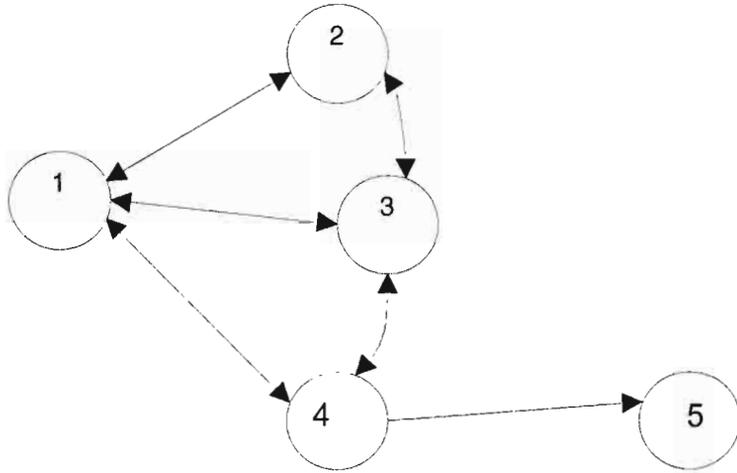


Diagrama 3.4. Estrategia fuerte módulo de color.

4.9. Juego 9: Razonamiento sobre Mecanismos

El problema consiste en ensamblar un mecanismo que transporte un objeto de forma y posición específica a otra posición meta.

El problema está definido en un contexto de diseño mecánico. El ambiente de la tarea está constituido por la estructura de una máquina en un modelo de rompecabezas, donde los componentes (piezas) son elementos estáticos que pueden ser desplazados por el sujeto para armarla. Un conjunto de reglas indican cómo jugar.

El modelo consiste en una representación gráfica declarativa de un sistema de grúa estático en un entorno conformado por tres objetos y un trailer. La grúa está conformada por un bastidor, ubicado en un entorno de trabajo, y un grupo de partes ubicadas en un almacén. Cerca al bastidor hay tres objetos con formas diferentes. El bastidor posee dos puntos estructurales sobre los cuales el sujeto puede ensamblar las partes de la máquina (Ilustración 3.11).

En el almacén se pueden adquirir todas las piezas que permiten armar tres modelos de máquina. Un computador muestra el nombre y el costo de cada pieza (Ilustración 3.12).

Existe un centro de servicios que le permite al usuario obtener asesoría. Aquí se puede ver un modelo de animación que corresponde a la aplicación de la pieza y una descripción textual de su función (Ilustración 3.13).

En la parte inferior izquierda de la pantalla aparece un botón rotulado con inicio, el cual muestra en los siguientes términos la definición del problema: «Uno de los tres objetos debe ser llevado al trailer. Para lograr este propósito, construya el mecanismo adecuado para mover el objeto» y otro, que presenta las reglas del juego (Ilustración 3.11).

Variante A.

Una vez conocido el problema, el sujeto debe escoger uno de los objetos. La forma del objeto le exige representarse un modelo mental de mecanismo que debe construir para trasladarlo. En el almacén encuentra las piezas necesarias para su construcción. Este proceso lo realiza seleccionando una a una las piezas y teniendo en cuenta los componentes que caracterizan cada una de las siguientes opciones: a) trabajar con juicios de metamemoria que implica administrar un presupuesto para comprar piezas y servicios; b) con estrategias exige la selección de una de las tres opciones que se le presentan y buscar la solución siguiendo la seleccionada; c) con estrategias y juicios de metamemoria, situación en la que debe incorporar decisiones sobre presupuesto y selección de estrategias; d) sin estrategias ni juicios.

El usuario puede obtener información sobre cada pieza, con costo para la opción a) y c) y sin ningún valor para las otras opciones. Una vez adquirida una pieza, tiene la posibilidad de ensamblarla en los puntos estructurales del bastidor, o devolverla al almacén con costo o sin él según el caso.

El juego lo realiza un sólo sujeto, es decir es un juego sin contendor con información completa. El estado inicial muestra los puntos estructurales, el enunciado del problema y los objetos que se van a mover y en el estado final la máquina construida que deposita el objeto en el trailer.

Juicios de Metamemoria

El ambiente de la tarea que lleva incluido un factor de costo respuesta, mediante el presupuesto asignado, induce al solucionador a valorar las estrategias de solución del problema antes de seleccionarlas y a monitorear el proceso de solución.

Las instrucciones se especifican de la siguiente manera:

Calcule el costo de inversión para construir la máquina. Teniendo en cuenta el presupuesto asignado de acuerdo con las siguientes reglas:

Primera: Adquirir la pieza significa en esta opción comprarla en el valor asignado

Segunda: Hacer uso de la ayuda o contar con asesoría tiene un costo de US. \$ 5 por cada pieza consultada.

Tercera: Devolver una pieza implica retornar el valor de la pieza devuelta menos US \$5

Estrategias

Los siguientes eventos sirven de base para la construcción de las estrategias (Diagrama 3.5):

- 1.- Leer el problema y consultar reglas de juego
- 2.- Seleccionar un objeto del problema
- 3.- Ir al almacén
- 4.- Seleccionar una pieza
- 5.- Cambiar pieza
- 6.- Adquirir información técnica

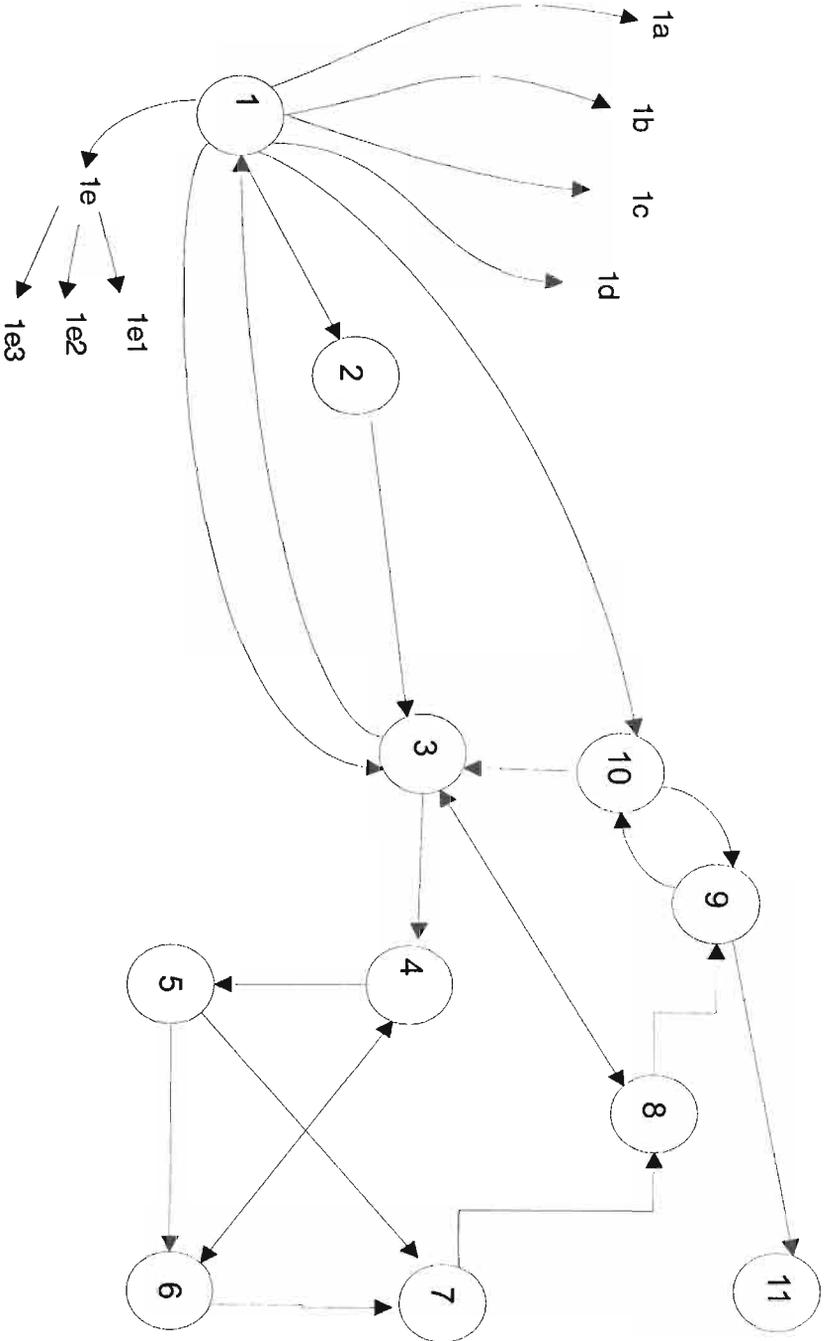


Diagrama 3.5. Estrategia fuerte módulo de Máquina

- 7.- Adquirir la pieza
- 8.- Ir a la sección de ensamble
- 9.- Probar la pieza en un punto estructural del bastidor
- 10 - Devolver la pieza
- 11.- Problema resuelto.

Este conjunto de eventos se combinan de acuerdo con heurísticas entendidas como la posibilidad de optimizar el espacio de búsqueda sin garantizar la solución del problema. La construcción de una estrategia fuerte que para esta metáfora debe estar basada sobre la compra y no sobre la prueba debe tener en cuenta las relaciones expresadas en el gráfico 3.5. y organizadas en las tres secuencias de eventos planteadas para cada una de las estrategias

Variante B

Se toma un objeto de forma y posición diferentes al de la variante A y se excluyen los activadores de juicio de metamemoria y las sugerencias de estrategias. Este juego se toma como prueba de generalización de la variante A para todos los sujetos.

5. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de referencia para realizar el experimento estuvo constituida por estudiantes de educación media (grados 10 y 11). El trabajo se desarrolló en dos etapas: una de pilotaje en la cual se identificaron problemas relacionados con el ambiente de trabajo; y una segunda de experimentación válida en la cual se tomaron los datos de la investigación.

Para la etapa de pilotaje se solicitó la colaboración de un colegio oficial del Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá, Colegio Distrital Bravo Páez. El estudio del software se consideró una actividad complementaria del área de Tecnología e Informática. Se dispuso

de un aula con 20 computadores con las especificaciones previstas para el trabajo. Los investigadores acompañaron a los estudiantes en las sesiones de estudio, registrando las dificultades observadas tanto a nivel del desempeño del software como en la interacción de los usuarios y el tiempo promedio requerido para cada módulo. Después de la sesión se hicieron entrevistas con los estudiantes para oír observaciones tanto sobre el software como sobre la temática y su motivación por la actividad. Con base en esta información se hicieron los ajustes correspondientes.

La etapa experimental se desarrolló en el Instituto Pedagógico Nacional, colegio anexo a la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá. Se solicitó la colaboración al Departamento de Tecnología y el estudio del software se incluyó como una actividad complementaria en el área de Tecnología e Informática.

Los nombres de 150 estudiantes de ambos sexos fueron asignados aleatoriamente a una de las cuatro condiciones experimentales consideradas en la tabla 3.1. y organizados en 7 grupos de 20 ó 21. Cada uno de los grupos estuvo compuesto por estudiantes de grados 10 y 11 en proporciones equivalentes. Con base en esta distribución se organizó un cronograma.

El primer grupo estudió el software durante un día con sesiones de descanso elegidas libremente por el usuario. Nuevamente se hizo un registro del tiempo promedio y se observó la motivación y dedicación al estudio de los módulos. Los datos del primer grupo se excluyeron del análisis y se consideraron etapa de pilotaje. Con base en esta información, se organizó la experiencia para los demás grupos en dos sesiones: la primera incluyó los módulos del 1 al 6 y la segunda del 7 al 9; cada sesión se desarrolló en dos mañanas con un día intermedio entre sesiones. No se estableció límite de tiempo para la actividad, no se dio calificación y la asistencia fue voluntaria.

A los estudiantes se les presentó la actividad como importante para desarrollar habilidades de razonamiento y exploración, componentes cognitivos importantes para el aprendizaje del diseño, la inge-

niería y el arte. Se les solicitó trabajar individualmente, en silencio y por el interés de desarrollar sus propias habilidades.

Para el experimento se contó con laboratorio de 25 computadores multimedia con audífonos que podían ser usados para oír música ambiental, a opción del estudiante. La disposición de los equipos es circular, alrededor de los muros del aula. El software fue preinstalado y probado previamente a la experiencia con el primer grupo y se constató su buen funcionamiento antes de iniciar las sesiones con los demás grupos. Se contó con silletería ergonómica y mesas individuales con espacio suficiente para manipular teclado y mouse y colocar material para tomar notas. La iluminación estaba compuesta por luz natural amortiguada por cortinas en tela transparente y por lámparas fluorescentes. El laboratorio estuvo dispuesto exclusivamente para la investigación, sin interferencia de otras actividades.

Durante las sesiones los investigadores estuvieron atentos a atender dificultades en el manejo del software, administración de horarios o en aspectos logísticos complementarios.

Los datos de los sujetos que interrumpieron alguna sesión sin terminarla o aquellos que tuvieron alteraciones en su registro por factores técnicos, como interrupción de fluido eléctrico, fueron eliminados. La Tabla 3.2 muestra la distribución de sujetos por módulos y condiciones de control, una vez descontada la mortalidad experimental.

| Módulos \ C. Experimental | A | B | C | D | TOTAL |
|------------------------------|----|----|----|----|-------|
| 1 | 33 | 26 | 36 | 28 | 123 |
| 2 | 29 | 23 | 24 | 25 | 101 |
| 3 | 25 | 18 | 18 | 19 | 80 |
| 4 | 35 | 29 | 35 | 29 | 128 |
| 5 | 33 | 29 | 33 | 27 | 122 |
| 6 | 29 | 24 | 27 | 25 | 105 |
| 7A | 19 | 17 | 16 | 15 | 67 |
| 7B | 19 | 17 | 16 | 15 | 67 |
| 8A | 32 | 30 | 31 | 25 | 118 |
| 8B | 32 | 30 | 31 | 25 | 118 |
| 9A | 25 | 26 | 28 | 22 | 101 |
| 9B | 25 | 26 | 28 | 22 | 101 |

Tabla 3.2. Distribución de sujetos por módulos y condiciones de control

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

1. INFLUENCIA DE LOS ACTIVADORES DE JUICIOS DE METAMEMORIA Y DE LA SUGERENCIA DE ESTRATEGIAS SOBRE LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

En este trabajo se pregunta si existe diferencia significativa en la cantidad de problemas resueltos por unidad de tiempo entre un grupo de estudiantes que usan un ambiente activador de juicios metacognitivos sobre memoria y otro que usa un ambiente no activador de estos juicios, cuando se combina con la elección de estrategias sugeridas.

La estructura de esta pregunta llevó a la elección de un diseño factorial de dos dimensiones, cada una de las cuales asume dos valores.

| | | |
|--------------------------------|-------------|---------------------|
| Juicios Estrategias | No | Sí |
| No | Control | Juicios |
| Sí | Estrategias | Juicios/Estrategias |

La respuesta a esta pregunta, como se expresó en el Capítulo III, se hace teniendo en cuenta tres momentos en el proceso de solución de los problemas:

1. **Descubrimiento.** En esta etapa se espera un nivel alto de entropía, pues, se ponen a prueba aprendizajes previos y se desarrollan nuevos.
2. **Consolidación 1.** Al iniciar esta etapa, el estudiante ya ha resuelto una vez el problema y tiene alguna estrategia en su memoria de largo plazo. En esta etapa es lógico esperar una reducción del nivel de entropía y en consecuencia desarrollar una búsqueda de solución más productiva.
3. **Consolidación 2.** A esta etapa el solucionador llega con el interés de mostrar destreza para afrontar el problema. Las estrategias de solución están almacenadas en memoria de largo plazo y se puede esperar una activación más rápida y un nivel de error menor.

Indicadores de evaluación: Los indicadores para responder a la pregunta se tomaron con base en dos dimensiones del proceso de solución de los problemas: la cantidad de trabajo y la cantidad de tiempo invertido por los sujetos en resolver el problema.

El concepto de trabajo se observa a través de la cantidad de veces que usa un operador para generar transiciones de estado. Como los juegos utilizados para el experimento están dirigidos por clics al mouse, éstos se tomaron como base para definir la unidad de trabajo a la que denominamos evento de solución. Los eventos exitosos son aquellos que generan transiciones de estado que acercan al estado final o solución. La solución a un problema se logra con base en un conjunto de eventos exitosos que varía de acuerdo al problema.

Como **unidad de tiempo** se tomó el segundo. Las características individuales de los estudiantes pueden suponer una distribución del tiempo en el manejo de operadores y en otras actividades que globalmente denominamos actividades de planeación de la solu-

ción. Teniendo en cuenta que las actividades de planeación son discriminadas de manera más genérica que los eventos de solución, se desarrollaron tres conceptos con base en los cuales se puede dar una descripción suficiente del proceso de aprendizaje de solución de problemas.

Eficacia: se entiende como la relación entre cantidad de eventos de solución exitosos sobre el total eventos.

$$\text{Eficacia} = \text{Exitos} / \text{total de eventos}$$

Eficiencia: se entiende como la relación entre cantidad de eventos exitosos sobre la cantidad de tiempo.

$$\text{Eficiencia} = \text{Exitos} / \text{tiempo}$$

Rendimiento: es la eficacia por unidad de tiempo. Este concepto integra los dos en un mismo constructo.

$$\text{Rendimiento} = \text{Eficacia} / \text{tiempo}$$

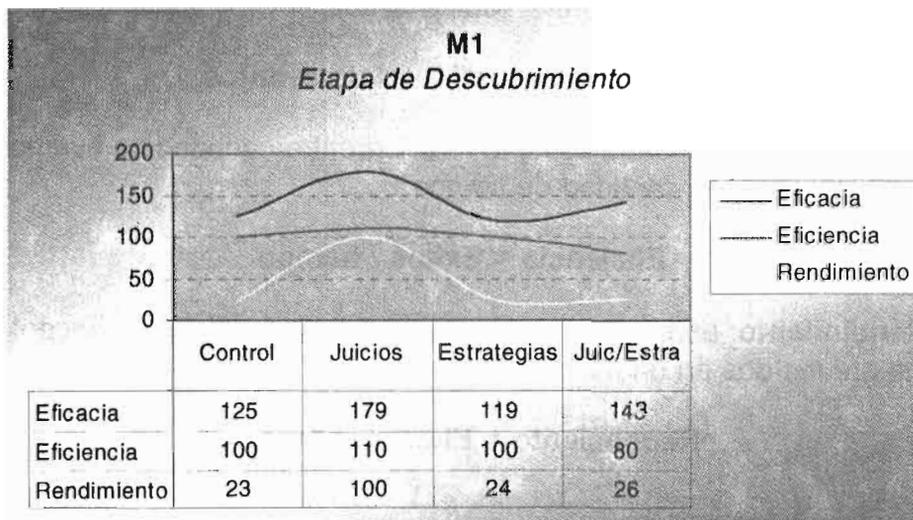
MODULO 1: Líneas en equilibrio

1. Etapa de descubrimiento.

La gráfica M1 Etapa de Descubrimiento muestra las medias de la eficacia para los cuatro grupos. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=1.354$; $\alpha=0.2611$). El valor máximo es 0.179 y el mínimo 0.119 que corresponden a Juicios y a Estrategias. Esto significa que hubo un mínimo de 82.2% de intentos de solución fallidos y un máximo de 88.1%.

En la misma Gráfica M1, se muestran en paralelo los puntajes para Eficiencia. La correlación entre eficacia y eficiencia es de 0.4462

mostrando independencia entre los dos factores. Al igual que para el factor Eficacia, el análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=0.513$ y $\alpha=0.6745$). El valor máximo es 0.110 y el mínimo 0.080 que corresponden a Juicios y a Juicios/Estrategias. La curva para eficiencia es más plana que para eficacia, lo cual muestra que es menos afectada por los procedimientos.



El rendimiento como variable dependiente es una síntesis del efecto combinado de las variables eficacia y eficiencia. Los resultados **no muestran diferencias significativas** en esta etapa ($F=1.215$; $\alpha=0.3084$). En su conjunto el factor donde se notan mejor las variaciones debidas a los procedimientos es la eficacia que muestra el mayor valor para la F (relación entre varianza sistemática con respecto a la varianza de error).

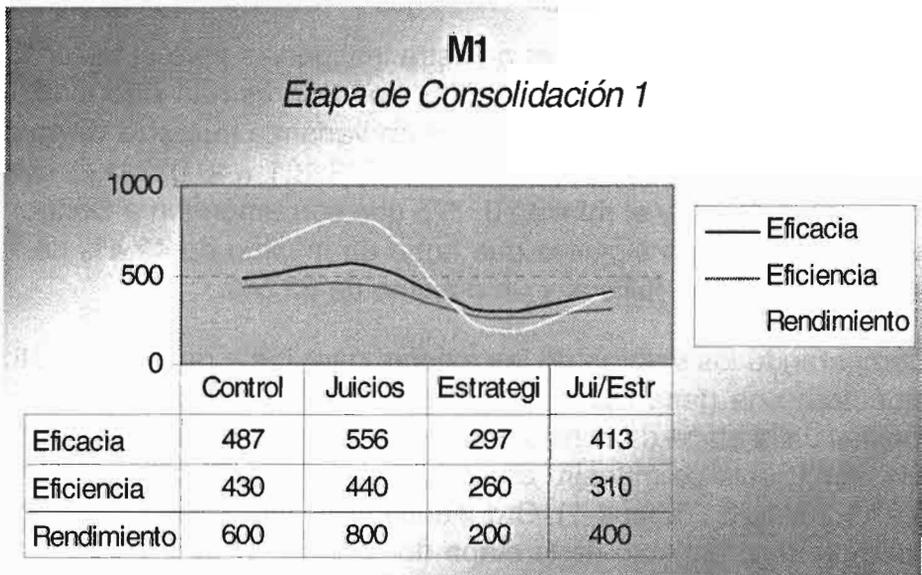
2. Etapa de Consolidación 1

La gráfica del mismo nombre muestra las medias de Eficacia por grupo: 487, 556, 297, 413. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=4.563$; $\alpha=0.0049$). El valor máximo

es 0. 556 y el mínimo 0. 297 que corresponden a Juicios y a Estrategias, al igual que en la Etapa de Descubrimiento. Esto significa que hubo un mínimo de 44.4% de intentos de solución fallidos y un máximo de 70.3%.

Comparando los valores de las medias para cada grupo, los datos muestran una ganancia en eficacia que obtenemos al dividir las medias de la etapa de consolidación I por las de la etapa de descubrimiento; esto se muestra en factores de multiplicación así: 3.8, 3.10, 1.92, 2.88 (Tabla 4-1A). Ordenados de mayor a menor por cantidad de mejoramiento de la etapa de descubrimiento a la de consolidación I se obtiene la siguiente jerarquía: Control, Juicios, Juicios/ Estrategias, Estrategias.

El análisis factorial de varianza **muestra diferencias significativas** entre los siguientes grupos: Control versus Estrategias (prueba de Fisher OLSD =0.141) y Juicios versus Estrategias (prueba de Fisher OLSD=0.146 y Scheffe F-test=3.984). Los grupos que tuvieron estrategias tuvieron los multiplicadores de crecimiento más bajos, lo cual se puede relacionar con la ampliación de las diferencias entre el primero y el segundo momento.



La Eficiencia como indicador conserva el mismo nivel de correlación con Eficacia (0.44). Las diferencias entre los grupos son significativas ($F=2.724$; $\alpha=.0483$). El análisis factorial de varianza muestra diferencias significativas entre los siguientes grupos: Control versus Estrategias (prueba de Fisher OLSD =0.141) y Juicios versus Estrategias (prueba de Fisher OLSD=0.14), resultados similares a los obtenidos para el factor Eficacia, pero con un nivel menor de sensibilidad, pues, no sobrepasa los criterios de la prueba de Scheffe.

Los análisis estadísticos muestran que la condición de Estrategias genera una menor Eficacia y Eficiencia en esta etapa. La combinación de Juicios con Estrategias, aunque los resultados no son conclusivos, muestra un nivel inferior frente a las condiciones de Control y Juicios.

Los anteriores resultados son reflejados de manera integrada en el rendimiento como factor síntesis de las dos variables anteriores ($F=3.696$; $\alpha=.0143$).

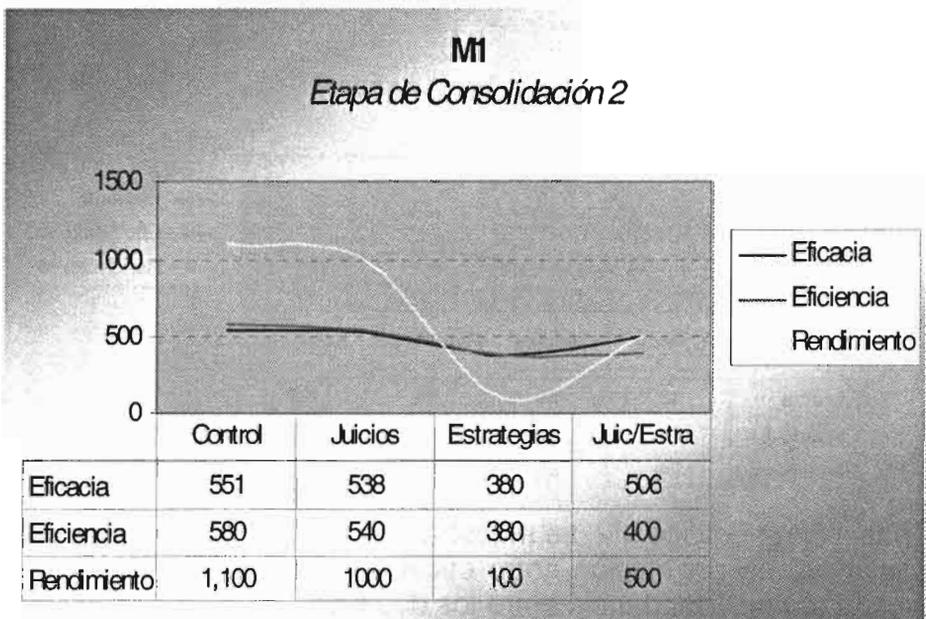
3. Etapa de Consolidación 2

La gráfica del mismo nombre muestra las medias para el factor Eficacia por grupo: 576, 541, 375, 506. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=3.121$; $\alpha=0.0294$). El valor máximo es 0. 576 y el mínimo 0. 375 que corresponden a Control y a Estrategias. Esto significa que hubo un mínimo de 42.4% de intentos de solución fallidos y un máximo de 62.5%.

Comparando los valores de las medias para cada grupo, los datos muestran una ganancia en eficacia que obtenemos al dividir las medias de la etapa de consolidación 2 por las de la etapa de consolidación 1; esto se muestra en factores de multiplicación así: 1.18, 0.97, 1.26, 1.22 (Tabla 4-1). Ordenados de mayor a menor por cantidad de mejoramiento de la etapa de consolidación 1 a la de con-

solidación 2 se obtiene la siguiente jerarquía: Estrategias, Juicios/ Estrategias, Control, Juicios.

El análisis factorial de varianza **muestra diferencias significativas** entre los siguientes grupos: Control versus Estrategias (prueba de Fisher OLSD =0.14 y Scheffe F-test=2.711) y Juicios versus Estrategias (prueba de Fisher OLSD=0.148). Los grupos que trabajaron con estrategias tuvieron los multiplicadores de crecimiento más altos, aunque similares al del grupo control. La tasa de cambio disminuyó en comparación con la transición Descubrimiento -Consolidación I.

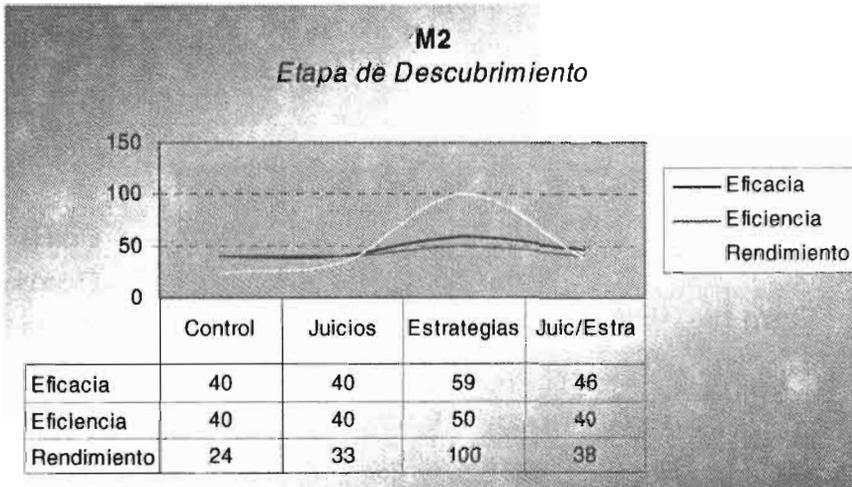


Las diferencias entre los grupos para la variable Eficiencia no es significativa ($F=1.76; \alpha=0.1598$). Sí lo son con respecto a la variable rendimiento ($F=7.995; \alpha=0.0001$), donde se muestra que el Grupo Control y el Grupo Juicios son estadísticamente iguales, pero diferentes con respecto al Grupo Estrategias (Fisher PLS=0.005 y Sheffe F-Test=6.469 y 4.789) y el Grupo Estrategias es diferente también con respecto al Grupo Juicios/Estrategias (Fisher PLSD=0.005).

MODULO 2 Líneas al Azar

1. Etapa de descubrimiento

La gráfica Etapa de Descubrimiento muestra las medias de la eficacia para los cuatro grupos. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=0.272$; $\alpha=0.8455$). El valor máximo es 0.059 y el mínimo 0.040 que corresponden a Estrategias, por un lado, y a Juicios y Control, por el otro. Esto significa que hubo un mínimo de 94.1% de intentos de solución fallidos y un máximo de 96%.

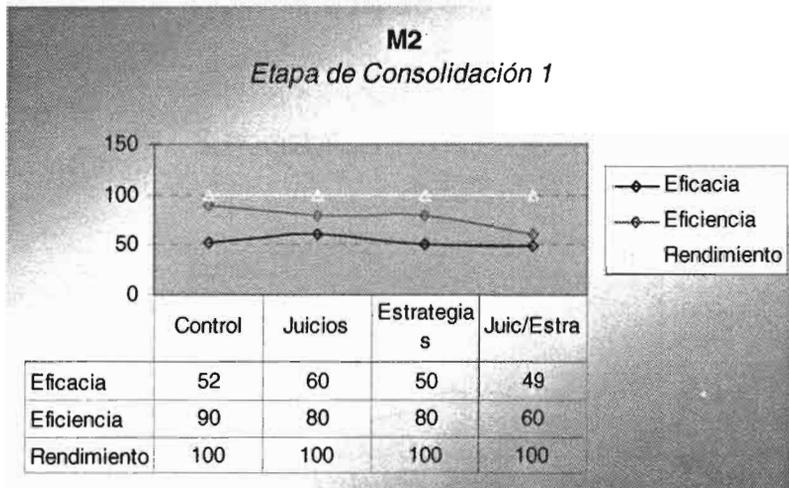


En la misma Gráfica M2, se muestran en paralelo los puntajes para Eficiencia. La correlación entre eficacia y eficiencia es de 0.3214 mostrando independencia entre los dos factores. Al igual que para el factor Eficacia, el análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=0.245$ y $\alpha=0.8644$). El valor máximo es 0.005 y el mínimo 0.004 que corresponden a Juicios y a Juicios/Estrategias.

Los resultados sobre Rendimiento, como es de esperarse, **no muestran diferencias significativas** en esta etapa ($F=0.582$; $\alpha=0.6283$). En esta etapa los valores de las variables dependientes son muy bajos con entropía muy alta, lo cual muestra un nivel muy bajo de relación con las variables independientes.

2. Etapa de Consolidación 1

La gráfica del mismo nombre muestra las medias de Eficacia por grupo: 0.052, 0.060, 0.050, 0.049. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=0.134$; $\alpha=0.94$). El valor máximo es 0.060 y el mínimo 0.049 que corresponden a Juicios y a Juicios/Estrategias, al igual que en la Etapa de Descubrimiento. Esto significa que hubo un mínimo de 94% de intentos de solución fallidos y un máximo de 95.56%.

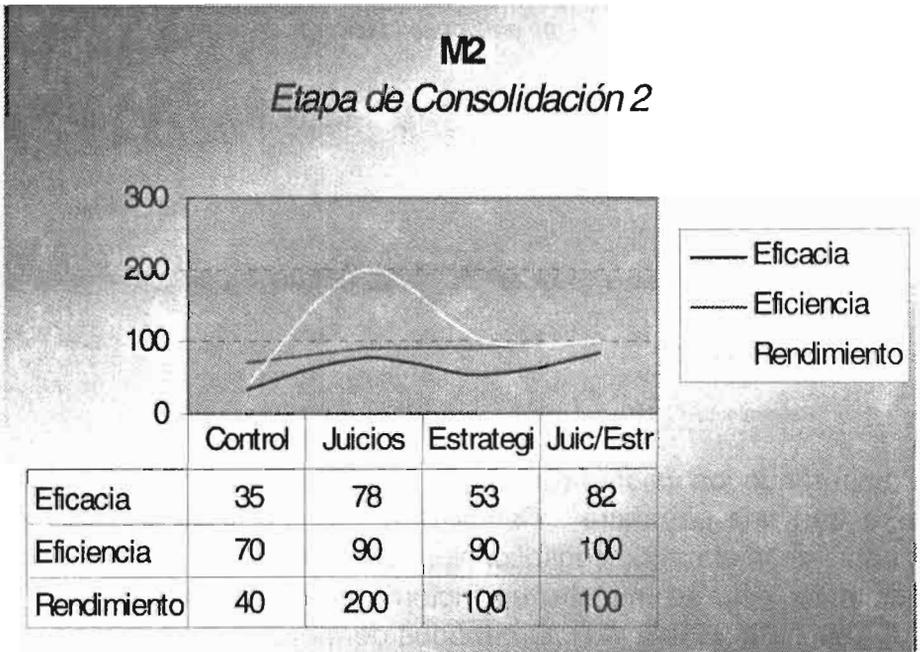


Comparando los valores de las medias para cada grupo, los datos muestran una ganancia en eficacia que obtenemos al dividir las medias de la etapa de consolidación I por las de la etapa de descubrimiento; esto se muestra en factores de multiplicación así: 1.3, 1.5, 0.89, 1.06 (Tabla 4-1). Ordenados de mayor a menor por cantidad de mejoramiento de la etapa de descubrimiento a la de consolidación I se obtiene la siguiente jerarquía: Juicios, Control, Juicios/Estrategias, Estrategias.

Tampoco en la Eficiencia como variable dependiente se encuentran diferencias significativas ($F=0.672$; $\alpha=0.5718$). De lógica tampoco se encuentran diferencias tomando como variable dependiente el Rendimiento, pues, es un constructo compuesto de Eficacia y Eficiencia.

3. Etapa de Consolidación 2

La gráfica del mismo nombre muestra las medias para el factor Eficacia por grupo: 0.035, 0.078, 0.053, 0.082. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza no muestra diferencias significativas para el conjunto de estos valores ($F=1.818$; $\alpha=0.1506$), pero sí para el grupo control comparado con el grupo que tiene Juicios y Estrategias (Fisher=0.045). El valor máximo es 0.082 y el mínimo 0.035 que corresponden a Control y a Estrategias. Esto significa que hubo un mínimo de 91.8% de intentos de solución fallidos y un máximo de 96.5%.



Comparando los valores de las medias para cada grupo, los datos muestran una ganancia en eficacia que obtenemos al dividir las medias de la etapa de consolidación 2 por las de la etapa de consolidación 1; esto se muestra en factores de multiplicación así: 0.67, 1.3, 1.06, 1.67 (Tabla 4-2A). Ordenados de mayor a menor por cantidad de mejoramiento de la etapa de consolidación 1 a la de consolidación 2 se obtiene la siguiente jerarquía: Juicios/Estrategias, Juicios, Estrategias y Control.

Comparando los dos módulos se encuentra en primer lugar una diferencia notoria entre los valores de la variable dependiente Eficacia. En efecto en el segundo problema la eficacia es en promedio 6.85 veces. Los factores de aprendizaje entre la etapa de Descubrimiento - Consolidación 1 (Aprendizaje 1 en la Tabla 4-1A), son de 2.92 en promedio para el primer problema y de 1.57 para el segundo y para la etapa de Consolidación 1 - Consolidación 2 (Aprendizaje 2 en la Tabla 4-1A) son de 1.18 para el primer problema y de 1.17 para el segundo. Estos valores en su conjunto pueden tomarse como indicadores del grado de dificultad de los problemas, lo cual hace ver al segundo problema como más difícil que el primero y que los sujetos lograron menos dominio del problema en el segundo caso que en el primero. Al igual que en el primer módulo, las diferencias entre grupos se hacen notar a medida que se avanza en el aprendizaje, siendo los grupos que tienen juicios los de mayor eficacia relativa en etapas de aprendizaje.

Tampoco en esta etapa hubo diferencias significativas entre los grupos tomando como variables dependientes la Eficiencia y el Rendimiento. En consecuencia la variable Eficacia se muestra más sensible al efecto de las variables independientes.

La comparación de los dos primeros módulos en cuanto a la variable Eficiencia muestra los resultados resumidos en la tabla 4-1B. El nivel de dificultad es mayor en el caso del segundo problema que muestra índices de eficiencia significativamente más bajos que para el primero. El ritmo de cambio expresado por el factor de multiplicación o aprendizaje en el paso de la primera etapa a la segunda es superior en el primer problema que en el segundo; los índices alcanzados en eficiencia para el segundo problema en la etapa de Consolidación -2 son inferiores a los obtenidos en el primer problema en la etapa de Descubrimiento.

| Grupos | Control | | Juicios | | Estrategias | | Juicios/Estrategias | |
|------------------------|---------|-------|---------|-------|-------------|--------|---------------------|---------|
| | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 |
| Módulos | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 |
| Descubrimiento | 0.125 | 0.040 | 0.179 | 0.040 | 0.119 | 0.059 | 0.143 | 0.046 |
| Consolidación I | 0.487 | 0.052 | 0.556 | 0.060 | 0.297 | 0.050 | 0.413 | 0.049 |
| Consolidación 2 | 0.576 | 0.035 | 0.541 | 0.078 | 0.375 | 0.053 | 0.506 | 0.082 |
| Aprendizaje-1 | 289,6 | 30 | 210,6 | 50 | 149,5 | -15,25 | 188,81 | 6,52 |
| Aprendizaje-2 | 18,27 | -32,6 | -2,69 | 30 | 26,262 | 6 | 22,5181 | 67,3469 |

Tabla 4-1A. Medias de Eficacia y factores de cambio (aprendizaje) para las dos transiciones de estado: Descubrimiento-Consolidación I y Consolidación I-Consolidación 2 en el Módulos 1 y 2

| Grupos | Control | | Juicios | | Estrategias | | Juicios/Estrategias | |
|------------------------|---------|-------|---------|-------|-------------|-------|---------------------|-------|
| | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 |
| Módulos | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 | M-1 | M-2 |
| Descubrimiento | 0.01 | 0.004 | 0.011 | 0.004 | 0.01 | 0.005 | 0.008 | 0.004 |
| Consolidación I | 0.043 | 0.009 | 0.044 | 0.008 | 0.026 | 0.008 | 0.031 | 0.006 |
| Consolidación 2 | 0.058 | 0.007 | 0.054 | 0.009 | 0.038 | 0.009 | 0.04 | 0.01 |
| Aprendizaje-1 | 330 | 125 | 300 | 100 | 160 | 60 | 287,5 | 50 |
| Aprendizaje-2 | 34,88 | -22,2 | 22,72 | 12,5 | 46,153 | 12,5 | 29,03 | 66,66 |

Tabla 4-1B. Medias de Eficiencia y factores de cambio (aprendizaje) para las dos transiciones de estado: Descubrimiento-Consolidación I y Consolidación I-Consolidación 2 en el Módulos 1 y 2

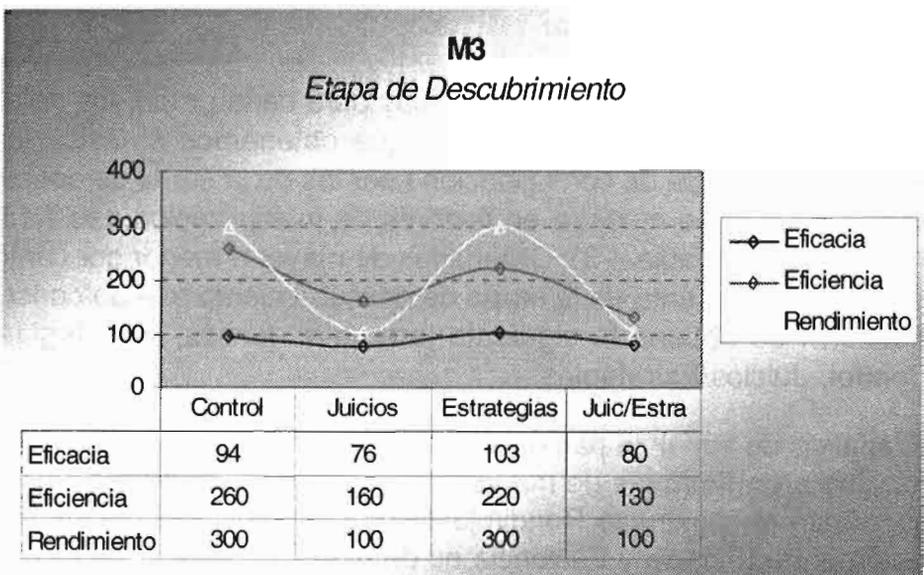
MODULO 3 Agujeros en Equilibrio

1. Etapa de descubrimiento

La gráfica Etapa de Descubrimiento muestra las medias de la eficacia para los cuatro grupos. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=0.399$; $\alpha=0.75$). El valor máximo es 0.103 y el mínimo 0.076 que corresponden a Juicios y a Juicios/Estrategias. Esto significa que hubo un mínimo de 89.7% de intentos de solución fallidos y un máximo de 92.4%.

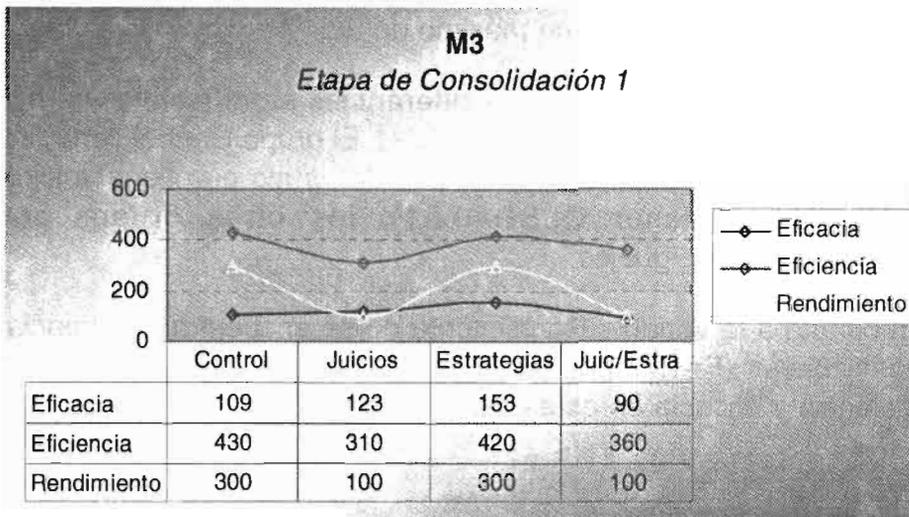
El análisis de Varianza **muestra diferencias significativas** para la variable Eficiencia ($F=2.705$; $\alpha=0.0527$). El grupo Control tiene una media significativamente superior a la del grupo que tiene Juicios/Estrategias (Fisher OLSD=0.01); los otros grupos son estadísticamente iguales.

En cuanto a la variable Rendimiento no se encuentran diferencias significativas ($F=1.764$; $\alpha=0.1629$). El factor de correlación entre eficiencia y eficacia en esta etapa es de 0.09.



2. Etapa de Consolidación 1

La gráfica del mismo nombre muestra las medias de Eficacia por grupo: 0.109, 0.123, 0.153, 0.090. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=0.653$; $\alpha=0.58$). El valor máximo es 0.153 y el mínimo 0.090 que corresponden a Juicios y a Juicios/Estrategias, al igual que en la Etapa de Desubrimiento. Esto significa que hubo un mínimo de 84.7% de intentos de solución fallidos y un máximo de 91%.

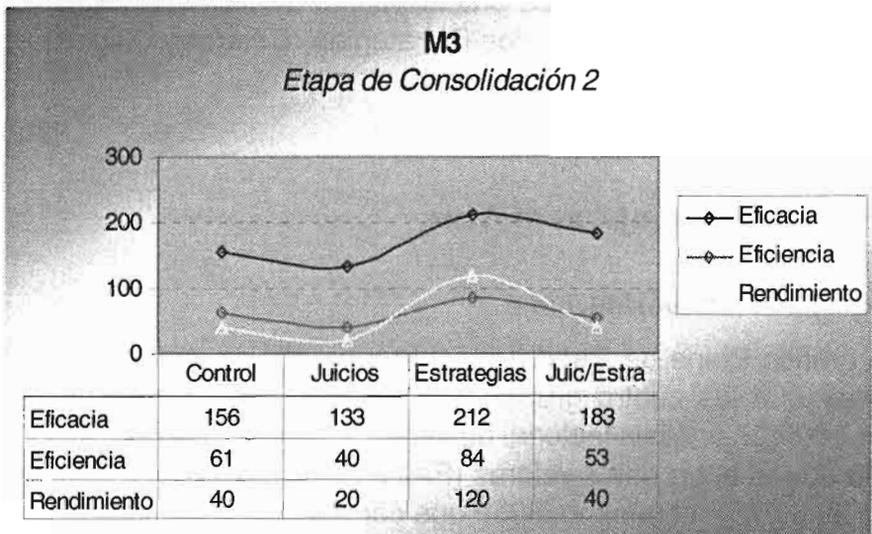


Comparando los valores de las medias para cada grupo, los datos muestran una ganancia en eficacia que obtenemos al dividir las medias de la etapa de consolidación I por las de la etapa de descubrimiento; esto se muestra en factores de multiplicación así: **1.15, 1.62, 1.5, 1.13** (Tabla 4-3). Ordenados de mayor a menor por cantidad de mejoramiento de la etapa de descubrimiento a la de consolidación I se obtiene la siguiente jerarquía: Juicios, Estrategias, Control, Juicios/Estrategias.

El análisis de varianza para la variable Eficiencia **no muestra diferencias significativas** de manera global ($F=1.112$; $\alpha=0.35$). Tampoco para el constructo Rendimiento ($F=0.496$; $\alpha=0.68$). La correlación entre Eficacia y Eficiencia es de 0.36.

3. Etapa de Consolidación 2

La gráfica del mismo nombre muestra las medias para el factor Eficacia por grupo: 0.156, 0.133, 0.212, 0.183. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** para el conjunto de estos valores ($F=0.745$; $\alpha=0.51$). El valor máximo es 0.212 y el mínimo 0.133 que corresponden a Estrategias y Juicios. Esto significa que hubo un mínimo de 68.8% de intentos de solución fallidos y un máximo de 86.7%.



Comparando los valores de las medias para cada grupo, los datos muestran una ganancia en eficacia que obtenemos al dividir las medias de la etapa de consolidación 2 por las de la etapa de consolidación I; esto se muestra en factores de multiplicación así: 1.43, 1.08, 1.38, 2.03 (Tabla 4-3). Ordenados de mayor a menor por cantidad de mejoramiento de la etapa de consolidación I a la de consolidación 2 se obtiene la siguiente jerarquía: Juicios - Estrategias, Control, Estrategias y Juicios.

Tomando como variable dependiente la Eficiencia el análisis de varianza **no muestra diferencias significativas** en su conjunto ($F=2.19$; $\alpha=0.09$), aunque la prueba de Fisher LSD (0.035) muestra

que el grupo con Estrategias tiene un nivel de Eficiencia significativamente superior al de Juicios. El siguiente es el orden de los puntajes de mayor a menor: Estrategias, Juicios-Estrategias, Control y Juicios.

La correlación entre Eficacia y Eficiencia es de 0.68 y los resultados sobre rendimiento, como es de esperarse tampoco arrojan diferencias significativas ($F=1.123$; $\alpha=0.34$).

El factor de aprendizaje es mayor en esta etapa para los grupos que tienen estrategias y su ordenamiento de mayor a menor es el siguiente: Estrategias, Juicios-Estrategias, Control y Juicios.

MODULO 4 Agujeros al Azar

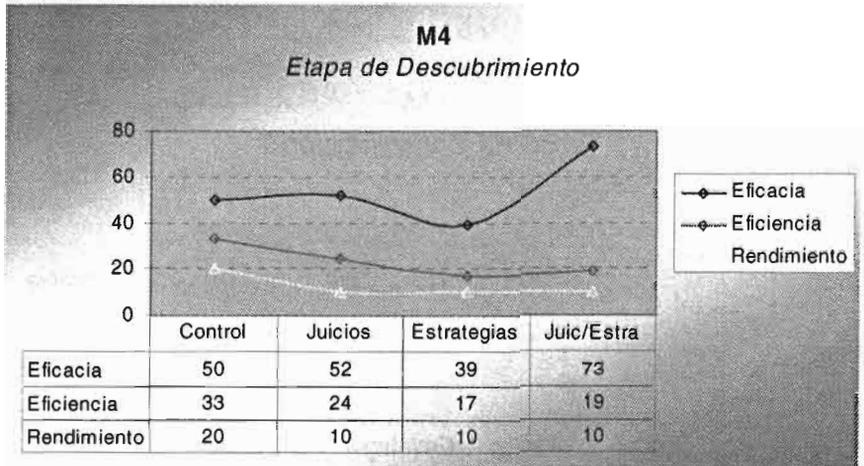
1. Etapa de descubrimiento

La gráfica Etapa de Descubrimiento muestra las medias de la Eficacia para los cuatro grupos. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=2.999$; $\alpha=0.0339$). El valor máximo es 0.073 y el mínimo 0.039 que corresponden a Juicios-Estrategias y Estrategias. Esto significa que hubo un mínimo de 92.7% de intentos de solución fallidos y un máximo de 96.1%.

El grupo que tuvo tanto activadores de Juicios de metamemoria como elección de Estrategias tuvo un promedio significativamente superior a los otros tres (Fisher PLSD=0.23).

El análisis de varianza tomando como variable dependiente la Eficiencia **muestra diferencias significativas** entre los grupos ($F=7.252$; $\alpha=0.0002$). El grupo Control tiene una media superior a la del grupo Juicios (Fisher PLSD=0.007), a la del grupo con Estrategias (Fisher=0.007; Scheffe F-Test =6.232) y a la del grupo con Juicios/Estrategias (Fisher=0.008; Scheffe F-Test =4.338).

La correlación entre los factores Eficacia y Eficiencia es de 0.177 y el análisis sobre el constructo rendimiento en su conjunto **muestra diferencias significativas** entre las medias de los grupos ($F=3.436$; $\alpha=0.0196$). El grupo control tiene una media superior a la del grupo con selección de Estrategias (Fisher PLSD=0.001 y Scheffe F-Test=3.408). El resto de comparaciones no arrojan diferencias significativas.



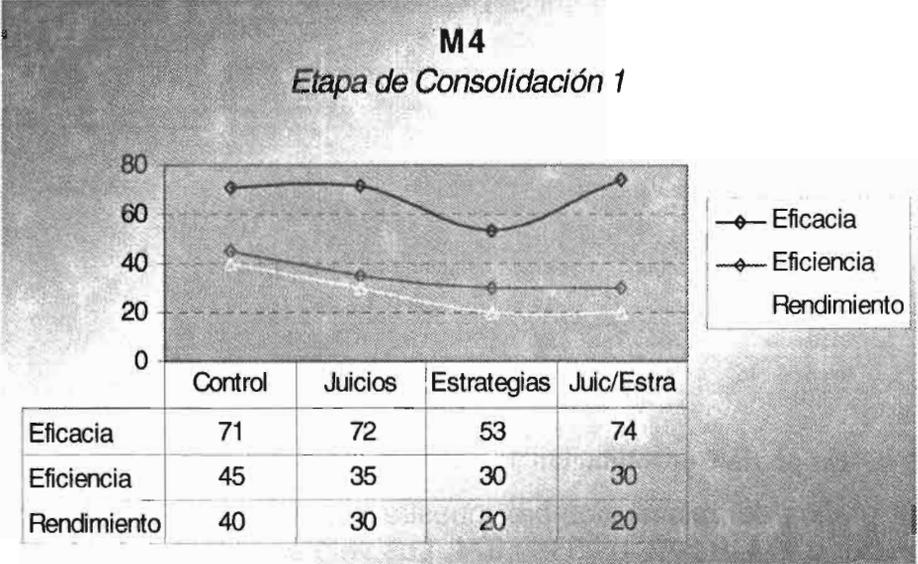
2. Etapa de Consolidación 1

La gráfica del mismo nombre muestra las medias de Eficacia por grupo: 0.071, 0.072, 0.053, 0.074. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=1.271$; $\alpha=0.2882$). El valor máximo es 0.074 y el mínimo 0.053 que corresponden a Juicio-Estrategias y a Estrategias. Esto significa que hubo un mínimo de 92.6% de intentos de solución fallidos y un máximo de 94.5%.

Comparando los valores de las medias para cada grupo, los datos muestran una ganancia en eficacia que obtenemos al dividir las medias de la etapa de consolidación I por las de la etapa de descubrimiento; esto se muestra en factores de multiplicación así: 1.15, 1.62, 1.5, 1.13 (Tabla 4-2A). Ordenados de mayor a menor por cantidad de mejoramiento de la etapa de descubrimiento a la de consolidación I se obtiene la siguiente jerarquía: Juicios, Estrategias, Control, Juicios/Estrategias.

El análisis de varianza con relación a la Eficiencia **muestra diferencias significativas** entre las medias de los grupos ($F=3.257$; $\alpha=0.0245$). El grupo Control es superior al grupo de Estrategias y al grupo con Juicios /Estrategias (Fisher PLSD=0.011).

La correlación entre Eficacia y Eficiencia es de 0.356. El análisis de varianza sobre el factor Rendimiento como integración de los dos anteriores no muestra diferencias significativas entre las medias de los grupos ($F=1.584$; $\alpha=0.1975$).

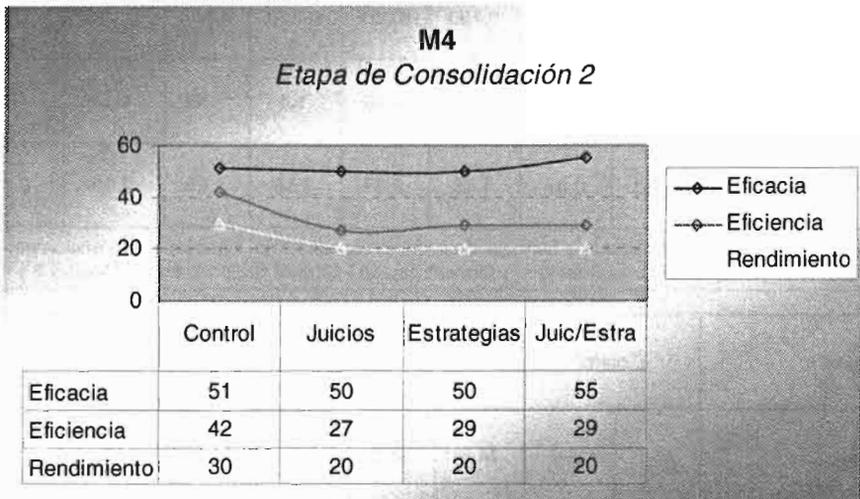


3. Etapa de Consolidación 2

La gráfica del mismo nombre muestra las medias para el factor Eficacia por grupo: 0.059, 0.053, 0.068, 0.063. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** para el conjunto de estos valores ($F=0.976$; $\alpha=0.4061$). El valor máximo es 0.068 y el mínimo 0.053 que corresponden a Estrategias y a Juicios. Esto significa que hubo un mínimo de 93.2% de intentos de solución fallidos y un máximo de 94.7%.

Comparando los valores de las medias para cada grupo, los datos muestran una ganancia en eficacia que obtenemos al dividir las

medias de la etapa de consolidación 2 por las de la etapa de consolidación I; esto se muestra en factores de multiplicación así: 0.97, 0.73, 1.28 , 0.75 (Tabla 4-2A). Ordenados de mayor a menor por cantidad de mejoramiento de la etapa de consolidación I a la de consolidación 2 se obtiene la siguiente jerarquía: Estrategias, Control, Juicios-Estrategias y Juicios. Es de notar que con excepción del grupo Estrategias en esta etapa los grupos no mostraron tendencias a mejorar y hay un leve descenso en eficacia para los grupos con Juicios y con Juicios -Estrategias.



El análisis de varianza para la variable eficiencia **muestra diferencias significativas** entre las medias de los grupos ($F=3.524$; $\alpha=0.0168$). El grupo Control tiene una media superior al grupo Juicios (Fisher PLSD=0.009) y el grupo Estrategias puntúa más alto que el grupo Juicios (Fisher PLSD=0.009 y Scheffe F-Test=3.449). Los factores de aprendizaje en la transición de la Etapa de Consolidación I a la de Consolidación dos son: 0.91, 0.88, 1.5, 1.3. (Tabla 4-2B). Los grupos Control y Juicios tuvieron desmejoramiento en tanto que los de Estrategias y Juicios con Estrategias tienen un incremento relativo en Eficiencia.

La correlación entre Eficacia y Eficiencia es de 0.135 y los resultados sobre Rendimiento no muestran diferencias significativas ($F=1.729$; $\alpha=0.164$). Sin embargo el grupo Juicios muestra diferencias significativas con respecto al grupo Estrategias (Fisher=0.001).

| Grupos | Control | | Juicios | | Estrategias | | Juicios/Estrategias | |
|-----------------|---------|-------|---------|-------|-------------|-------|---------------------|-------|
| | M-3 | M-4 | M-3 | M-4 | M-3 | M-4 | M-3 | M-4 |
| Módulos | | | | | | | | |
| Descubrimiento | 0.094 | 0.05 | 0.076 | 0.052 | 0.102 | 0.039 | 0.080 | 0.073 |
| Consolidación 1 | 0.109 | 0.071 | 0.123 | 0.072 | 0.153 | 0.053 | 0.090 | 0.074 |
| Consolidación 2 | 0.156 | 0.059 | 0.133 | 0.053 | 0.212 | 0.068 | 0.183 | 0.063 |
| Aprendizaje-1 | 1.16 | 1.44 | 1.62 | 1.38 | 1.5 | 1.35 | 1.13 | 1.01 |
| Aprendizaje-2 | 1.43 | 0.97 | 1.08 | 0.73 | 1.38 | 1.28 | 2.03 | 0.85 |

Tabla 4-2A. Medias de Eficacia y factores de cambio (aprendizaje) para las dos transiciones de estado: Descubrimiento-Consolidación 1 y Consolidación 1-Consolidación 2 en el Módulos 3 y 4

| Grupos | Control | | Juicios | | Estrategias | | Juicios/Estrategias | |
|-----------------|---------|-------|---------|-------|-------------|-------|---------------------|-------|
| | M-3 | M-4 | M-3 | M-4 | M-3 | M-4 | M-3 | M-4 |
| Módulos | | | | | | | | |
| Descubrimiento | 0.026 | 0.033 | 0.016 | 0.024 | 0.022 | 0.017 | 0.013 | 0.018 |
| Consolidación 1 | 0.043 | 0.045 | 0.031 | 0.035 | 0.042 | 0.03 | 0.036 | 0.03 |
| Consolidación 2 | 0.061 | 0.041 | 0.040 | 0.031 | 0.084 | 0.045 | 0.053 | 0.039 |
| Aprendizaje-1 | 1.65 | 1.33 | 1.93 | 1.45 | 1.91 | 1.76 | 2.77 | 1.66 |
| Aprendizaje-2 | 1.41 | 0.91 | 1.29 | 0.88 | 2 | 1.5 | 1.47 | 1.3 |

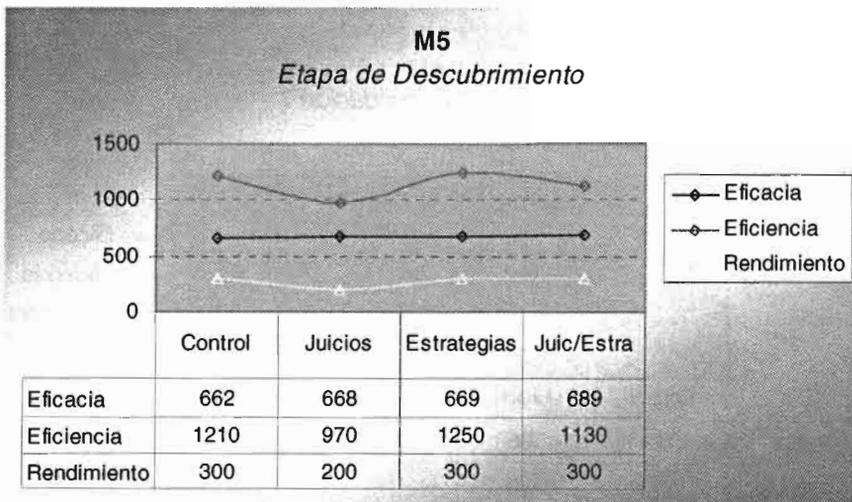
Tabla 4-2B. Medias de Eficiencia y factores de cambio (aprendizaje) para las dos transiciones de estado: Descubrimiento-Consolidación 1 y Consolidación 1-Consolidación 2 en el Módulos 3 y 4

MODULO 5 Rompecabezas Arnheim

1. Etapa de descubrimiento

La gráfica Etapa de Descubrimiento muestra las medias de la eficacia para los cuatro grupos. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=0.729$; $\alpha=0.5367$). El valor máximo es 0.689 y el mínimo 0.662 que corresponden a Control y a Juicios -Estrategias. Esto significa que hubo un mínimo de 31.1% de intentos de solución fallidos y un máximo de 33.8%.

El análisis de varianza de Eficiencia **muestra diferencias significativas** entre las medias de los grupos ($F=3.564$; $\alpha=0.0164$). El grupo Control tiene una media superior al grupo Juicios (Fisher PLSD=0.019) y el grupo con Estrategias es superior al de Juicios (Fisher PLSD=0.018; Scheffe F-Test=3.149). El grupo con Juicios/Estrategias tiene el segundo puntaje de menor a menor, después del grupo Juicios.

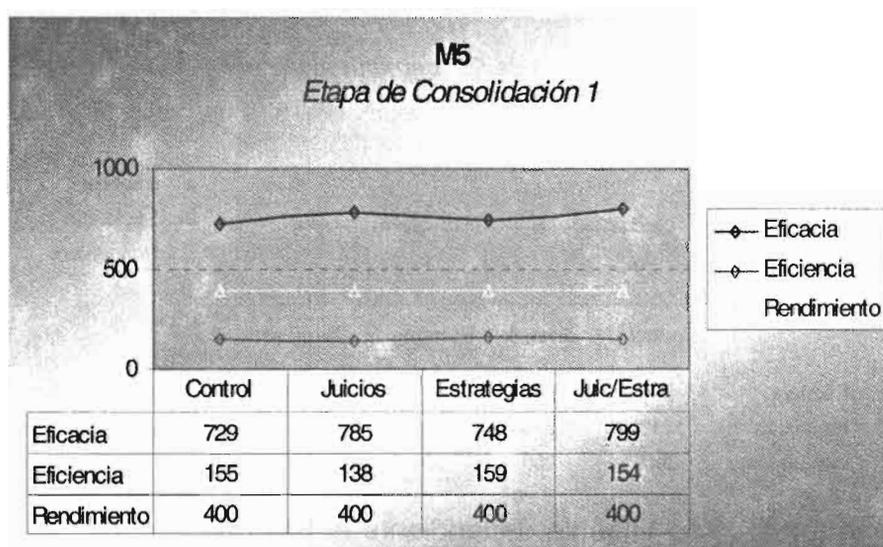


Si se toma como variable dependiente el Rendimiento, **no se encuentran diferencias significativas** entre las medias de manera global ($F=1.931$; $\alpha=0.1284$). Sin embargo, se encuentran diferencias entre el grupo que tiene Juicios y los demás grupos (Fisher PLSD=0.001). La correlación entre Eficacia y Eficiencia es de 0,149769.

2. Etapa de Consolidación 1

La gráfica del mismo nombre muestra las medias de Eficacia por grupo: 0.729, 0.785, 0.748, 0.799. El análisis factorial de varianza **muestra diferencias significativas** entre estos valores ($F=3.091$; $\alpha=0.0299$). El valor máximo es 0.799 y el mínimo 0.729 que corresponden a Juicio-Estrategias y a Control. Esto significa que hubo un mínimo de 20.1% de intentos de solución fallidos y un máximo de 27.1%.

Comparando los valores de las medias para cada grupo, los datos muestran una ganancia en eficacia que obtenemos al dividir las medias de la etapa de consolidación I por las de la etapa de descubrimiento; esto se muestra en factores de multiplicación así: 1.101, 1.14, 1.11, 1.16 (Tabla 4-3). Ordenados de mayor a menor por cantidad de mejoramiento de la etapa de descubrimiento a la de consolidación I se obtiene la siguiente jerarquía: Juicios - Estrategias, Juicios, Estrategias y Control.



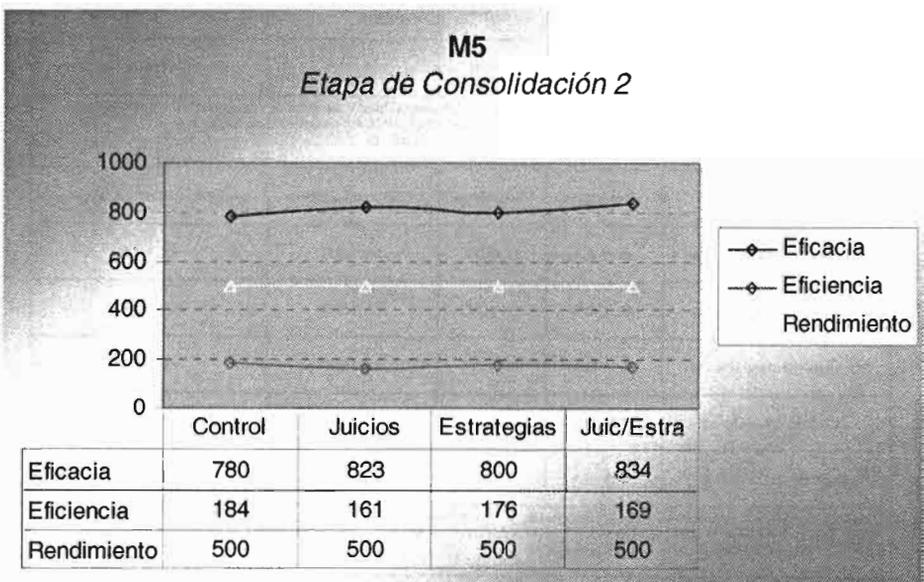
El grupo Control es significativamente del grupo con Juicios (Fisher PLSD=0.05) y también el grupo Control frente al grupo que usa tanto Juicios como Estrategias (Fisher PLSD=0.052).

El análisis de varianza tomando Eficiencia como variable dependiente **no muestra diferencias significativas** entre los grupos en su conjunto ($F=1.669$; $\alpha=0.1776$). Sin embargo, el grupo Juicios frente al grupo Estrategias se muestra significativamente menor (Fisher PLSD=0.02).

El efecto combinado de las dos variables anteriores en la variable Rendimiento, no muestra diferencias significativas ($F=0.76$; $\alpha=0.5188$). La correlación entre Eficacia y Eficiencia es de 0,070756.

3. Etapa de Consolidación 2

La gráfica del mismo nombre muestra las medias para el factor Eficacia por grupo: **0.780, 0.823, 0.800, 0.834**. Los valores han sido multiplicados por 1000. El análisis factorial de varianza **no muestra diferencias significativas** para el conjunto de estos valores ($F=1.581$; $\alpha=0.1978$). El valor máximo es 0.834 y el mínimo 0.780 que corresponden al Grupo Control y al grupo con Juiciosy Estrategias. Esto significa que hubo un mínimo de 16.4% de intentos de solución fallidos y un máximo de 22%.



Comparando los valores de las medias para cada grupo, los datos muestran una ganancia en eficacia que obtenemos al dividir las medias de la etapa de consolidación 2 por las de la etapa de consolidación 1; esto se muestra en factores de multiplicación así: 1.06, 1.04, 1.06, 1.04 (Tabla 4-3). Ordenados de mayor a menor por cantidad de mejoramiento de la etapa de consolidación 1 a la de consolidación 2 se obtiene la siguiente jerarquía: los grupos Control y Estrategias tienen el multiplicador más alto y Juicios y Juicios - Estrategias tienen el más bajo; pero la diferencia es apenas de 2 centésimas.

El análisis de varianza para Eficiencia **no muestra diferencias significativas** ($F=1.382$; $\alpha=0.2517$). Tampoco sobre la variable Rendimiento ($F=0.403$; $\alpha=0.7514$). La correlación entre las variables Eficiencia y Eficiencia es 0.094.

| Grupos | Control | Juicios | Estrategias | Juicios/Estrategias |
|-----------------|---------|---------|-------------|---------------------|
| Descubrimiento | 0.662 | 0.688 | 0.669 | 0.689 |
| Consolidación 1 | 0.729 | 0.785 | 0.748 | 0.799 |
| Consolidación 2 | 0.78 | 0.823 | 0.800 | 0.834 |
| Aprendizaje-1 | 1.101 | 1.14 | 1.11 | 1.16 |
| Aprendizaje-2 | 1.06 | 1.04 | 1.06 | 1.04 |

Tabla 4-3A. Medias de Eficiencia y factores de cambio (aprendizaje) para las dos transiciones de estado: Descubrimiento-Consolidación 1 y Consolidación 1-Consolidación 2 en el Módulo 5

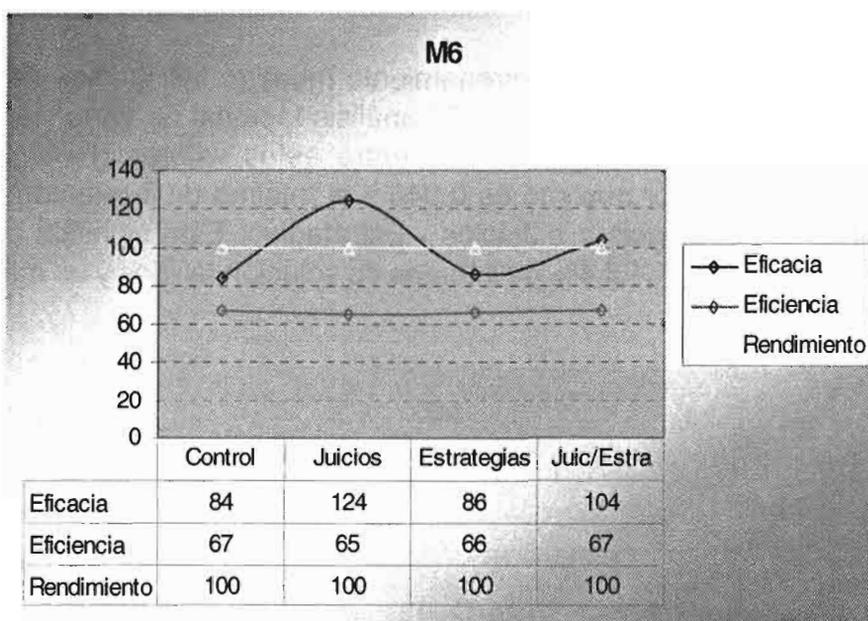
| Grupos | Control | Juicios | Estrategias | Juicios/Estrategias |
|-----------------|---------|---------|-------------|---------------------|
| Descubrimiento | 0.121 | 0.097 | 0.125 | 0.113 |
| Consolidación 1 | 0.155 | 0.138 | 0.159 | 0.154 |
| Consolidación 2 | 0.184 | 0.161 | 0.176 | 0.169 |
| Aprendizaje-1 | 28.01 | 42.21 | 42,5 | 36.28 |
| Aprendizaje-2 | 18.71 | 16.67 | 10.69 | 9.74 |

Tabla 4-3B. Medias de Eficacia y factores de cambio (aprendizaje) para las dos transiciones de estado: Descubrimiento-Consolidación 1 y Consolidación 1-Consolidación 2 en el Módulo 5

MODULO 6 Rompecabezas Vasarely

Este módulo se presentó una sola vez a los estudiantes, es decir, que corresponde a la etapa de descubrimiento de los módulos anteriores.

El análisis de varianza tomando como variable dependiente Eficacia no muestra diferencias significativas entre los grupos ($F=1.473$; $\alpha=0.226$). El valor máximo (0.124) corresponde al grupo Juicios y el mínimo (0.084) al grupo Control.



El análisis de varianza sobre Eficiencia tampoco muestra diferencias significativas entre los grupos ($F=0.014$; $\alpha=0.9977$). Las diferencias entre grupos son muy leves se deben casi en su totalidad a factores aleatorios.

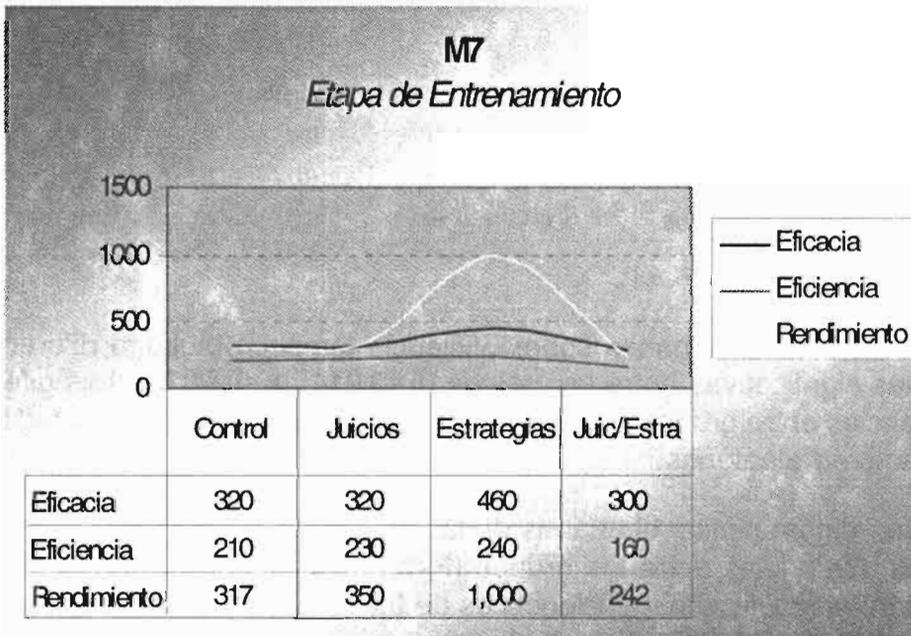
De manera similar el análisis de la variable Rendimiento no muestra diferencias entre los grupos ($F=0.201$; $\alpha=0.8957$). La correlación entre Eficacia y Eficiencia es de 0,617796, mostrando un nivel de asociación relativamente fuerte.

MODULO 7 Posición y Dirección

Este módulo se desarrolla en dos momentos uno que se considera de entrenamiento y uno segundo que se considera de generalización. El grupo tuvo un nivel de mortalidad experimental en esta etapa que obliga a tomar estos datos a nivel de estudio piloto. En efecto los grupos de Juicios, Estrategias y Juicios-Estrategias tuvieron una reducción de más del 50% por factores incontrolables en el momento del experimento.

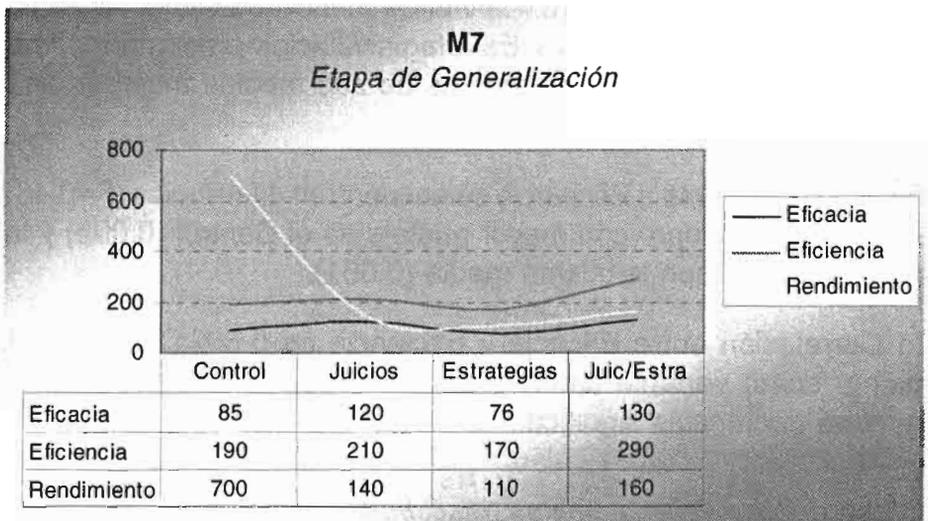
1. Entrenamiento

La gráfica M 7 Etapa de Entrenamiento muestra las medias de la eficacia para los cuatro grupos. El análisis factorial de varianza no muestra diferencias significativas entre estos valores ($F=0.725$; $\alpha=0.5411$). El valor máximo es 0.046 y el mínimo 0.03 que corresponden a Estrategias y a Juicios - Estrategias. Esto significa que hubo un mínimo de 95,4% de intentos de solución fallidos y un máximo de 97%.



En la misma Gráfica M7, se muestran en paralelo los puntajes para Eficiencia. Al igual que para el factor Eficacia, el análisis factorial de varianza no muestra diferencias significativas entre estos valores ($F=0.365$ y $\alpha=0.7786$). El valor máximo es 0.024 y el mínimo 0.016 que corresponden a Estrategias y a Juicios-Estrategias, al igual que para la variable eficacia.

El rendimiento como variable dependiente es una síntesis del efecto combinado de las variables eficacia y eficiencia. La correlación entre eficacia y eficiencia es de 0,617796, mostrando un nivel relativamente alto de asociación entre los dos factores. Los resultados tampoco muestran diferencias significativas en esta etapa ($F=0.604$; $\alpha=0.6153$).



1. Generalización

El análisis factorial de varianza para Eficacia muestra una $F = .199$ y $\alpha=0.8966$; por tanto se observan resultados muy similares para los cuatro grupos. El puntaje mínimo (0.076) corresponde al grupo Estrategias y el máximo (0.13) al grupo Juicios - Estrategias.

El mismo análisis para la variable Eficiencia da una $F=0.23$ y un $\alpha=0.8753$, por tanto no es significativa como criterio de diferenciación estadística. El grupo de mayor puntaje es Juicios y Estrategias (0.029) y el menor, el grupo Estrategias (0.017), al igual que para el análisis de Eficacia.

El nivel de correlación entre Eficacia y Eficiencia es de 0,879844, indicando un alto asociación entre las dos. En consecuencia tampoco se notan diferencias con respecto a rendimiento ($F=0.23$; $\alpha=0.8753$).

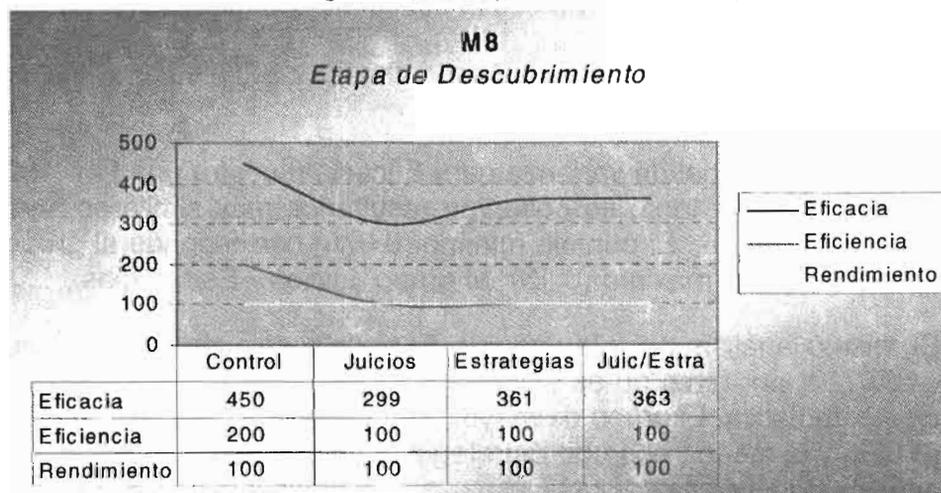
Módulo 8. Laboratorio de Color

1. Etapa de descubrimiento.

El análisis de varianza para esta etapa para la variable Eficacia no muestra diferencias significativas ($F=0.896$; $\alpha=0.4469$). El grupo de mayor puntaje es Control (0.45) y el de menor (0.299) el de juicios, Los grupos de Estrategias y Estrategias/Juicios presentan valores muy parecidos, estando los valores de sus medias muy cercanas 0.361 y 0.363.

Tampoco en cuanto a Eficiencia se encuentran diferencias ($F=0.487$; $\alpha=0.6932$). El grupo con mayor puntaje es el Control (0.002) y los otros grupos tienen la misma media (0.001).

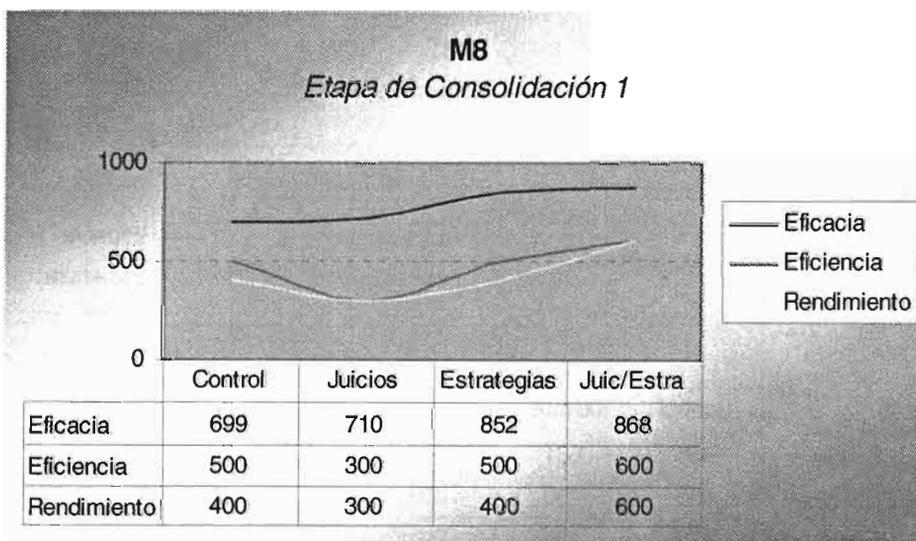
La Correlación entre Eficacia y Eficiencia es 0,602176. El rendimiento como variable síntesis entre las dos anteriores tampoco muestra diferencias significativas ($F=0.85$; $\alpha=0.968$).



2. Etapa de consolidación 1

En esta etapa se incrementa la proporción de varianza sistemática o atribuible al factor grupos sin llegar a ser significativa ($F=1.806$; $\alpha=0.1519$). El grupo con mayor puntaje, en contraste con la etapa anterior es el de Juicios-Estrategias y el de menor puntaje el de Control (0.699).

El análisis de Eficiencia muestra también un incremento en varianza sistemática sin llegar a ser significativa en términos de diferencias de medias ($F=1.958$; $\alpha=0.1262$). La media más alta (0.006) corresponde al grupo Estrategias-Juicios, igual que para Eficacia, pero el de menor puntaje es el de Juicios (0.003) a diferencia del análisis de Eficacia. El grupo con Juicios-Estrategias se muestra significativamente diferente con respecto al grupo Juicios (Fisher PLSD=0.002).



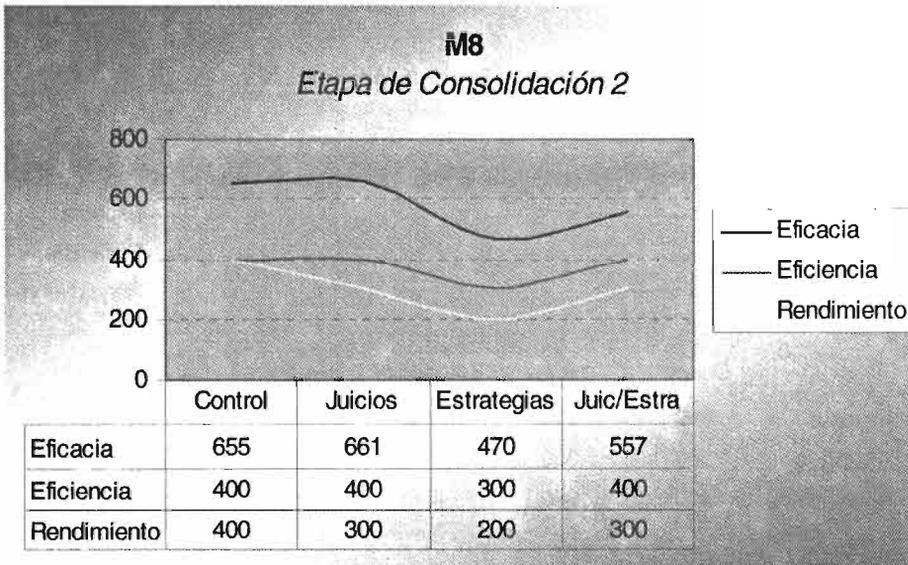
La correlación entre Eficiencia y Eficacia es de 0.339889, mostrando una independencia relativa entre los dos factores. El análisis de rendimiento tampoco muestra diferencias significativas para el conjunto ($F=1.665$; $\alpha=0.1804$), pero el grupo Juicios-Estrategias se muestra significativamente superior al grupo Juicios (Fisher PLSD=0.002).

3. Etapa de consolidación 2

En esta etapa hay un decremento en la proporción de varianza sistemática ($F=1.039$; $\alpha=0.3793$). El grupo con mayor puntaje, en contraste con la etapa anterior) es el de Juicios y el de menor puntaje el de Estrategias (0.47).

El análisis de Eficiencia muestra también un decremento notorio en varianza sistemática con respecto a la etapa anterior ($F=0.708$; $\alpha=0.5495$). La media más alta (0.004) corresponde a los grupos Control, Juicios, Estrategias/Juicios, y el de menor puntaje es el de Estrategias (0.003) como en Eficacia.

La correlación entre Eficiencia y Eficacia es de 0,512656, mostrando una interdependencia relativa entre los dos factores. El análisis de rendimiento tampoco muestra diferencias significativas para el conjunto ($F=0.617$; $\alpha=0.6056$).

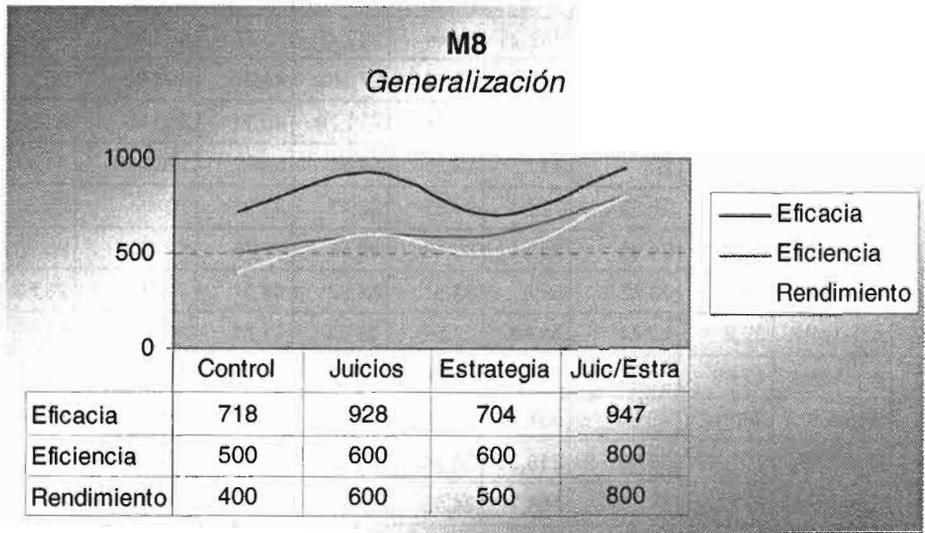


4. Etapa de Generalización.

Se introduce una variante del juego de entrenamiento.

La varianza sistemática correspondiente a la variable Eficacia se incrementa de manera notoria en esta etapa ($F=5.528$; $\alpha= 0.0016$).

La media mayor corresponde al grupo Juicios-Estrategias (0.947), muy cercana al nivel de dominio (error de 5.3%) y el de menor puntaje al de Estrategias (0.704) con un error promedio de 29,6%. Las comparaciones ortogonales muestran al Grupo Juicios como significativamente superior al Control y al de Estrategias. También el de Juicios-Estrategias es significativamente superior en puntajes promedios de Eficacia frente a los grupos Control y Estrategias. Estrategias es equivalente a Control y Juicios a Juicios-Estrategias.



Las diferencias tomando como variable dependiente la Eficiencia son menores con respecto a Eficacia, y no significativas en su conjunto ($F=2.561$; $\alpha=0.06$). La media mayor corresponde al grupo Juicios-Estrategias y el menor al grupo Control. Los grupos Juicios y Estrategias tienen la misma media. Las comparaciones independientes muestran que el grupo Juicios-Estrategias es superior a los otros grupos (Fisher PLSD=0.002).

La correlación entre Eficacia y Eficiencia es de 0.132496, mostrando independencia entre las dos. El análisis de rendimiento muestra diferencias significativas para el conjunto ($F=3.43$; $\alpha=0.0205$). El grupo Juicios-Estrategias es superior a los grupos Control y Estrategias (Fisher PLSD=0.002; Scheffe F-Test=2.897)

2. ANALISIS GLOBAL

| GRUPO | | CONTROL | | JUICIOS | | ESTRATEGIAS | | JUIC/ESTRA | |
|-------------------------|------------|----------|---------|----------|---------|-------------|---------|------------|---------|
| MODULO | | Tiempo | Eventos | Tiempo | Eventos | Tiempo | Eventos | Tiempo | Eventos |
| M 1-1 | LineEquil1 | 850,3 | 60,77 | 897,09 | 63,59 | 1136,35 | 97,61 | 1233,91 | 63,08 |
| M 1-2 | LineEquil2 | 161,34 | 13,65 | 251,13 | 15,68 | 334,38 | 30,13 | 308,62 | 22,25 |
| M 1-3 | LineEquil3 | 141,29 | 12,27 | 165,68 | 10,95 | 174,8 | 17,61 | 161,83 | 11,33 |
| M 2-1 | LineAzar1 | 626,79 | 61,2 | 659,21 | 54,84 | 562,47 | 60,57 | 475,81 | 41,77 |
| M 2-2 | LineAzar2 | 341,21 | 47,16 | 450,05 | 35,42 | 270,64 | 44,26 | 404,82 | 56 |
| M 2-3 | LineAzar3 | 271,91 | 43,58 | 296,1 | 35,68 | 231,79 | 40,21 | 200,45 | 33,95 |
| M 3-1 | AguEquil1 | 56,25 | 22 | 71,37 | 17,25 | 61,81 | 13,62 | 105,43 | 21,12 |
| M 3-2 | AguEquil2 | 57,8 | 26,85 | 72,81 | 24,87 | 60,43 | 24,93 | 70 | 26,31 |
| M 3-3 | AguEquil3 | 54,4 | 24,95 | 83,31 | 30,43 | 58,62 | 27,75 | 69,75 | 26,68 |
| M 4-1 | AguAzar1 | 49 | 33,75 | 54,3 | 33,57 | 84,82 | 44,37 | 76,46 | 26,53 |
| M 4-2 | AguAzar2 | 32,2 | 20,41 | 38,88 | 22,07 | 48,44 | 31,51 | 39,23 | 19,61 |
| M 4-3 | AguAzar3 | 22,63 | 30,36 | 24,63 | 36,36 | 20,84 | 28,44 | 19,21 | 29,66 |
| M 5-1 | RomArmh1 | 260,12 | 42,84 | 307,79 | 41,27 | 240,14 | 42,44 | 284,54 | 41,38 |
| M 5-2 | RomArmh2 | 201,32 | 39,09 | 216,38 | 36,34 | 187,09 | 37,97 | 191,23 | 35,46 |
| M 5-3 | RomArmh3 | 172,35 | 36,48 | 188,1 | 34,58 | 165,41 | 35,7 | 176,23 | 34,11 |
| M 6 | RomVasar | 198,12 | 146,65 | 181,52 | 103,12 | 195,5 | 164,4 | 191,13 | 127,6 |
| M 7-1 | PosicEntr. | 236,35 | 183,55 | 287,84 | 243,84 | 245,75 | 124,06 | 346,5 | 225,75 |
| M 7-2 | PosicGener | 138,4 | 101,15 | 178,23 | 72,46 | 264,87 | 106,75 | 290,25 | 124,5 |
| M 8-1 | Color1 | 942,17 | 2,82 | 1367,-04 | 2,82 | 1047,4 | 3,22 | 991,31 | 2,89 |
| M 8-2 | Color2 | 470,28 | 2 | 646,3 | 1,87 | 363,77 | 1,36 | 264,1 | 1,42 |
| M 8-3 | Color3 | 558,53 | 2,53 | 516,13 | 2,35 | 754,13 | 3 | 534,95 | 2,79 |
| M 8-4 | Color4 | 325,64 | 1,93 | 200,39 | 1,17 | 265,81 | 1,9 | 156,94 | 1,1 |
| Promedio Total (Segund) | | 280,38-2 | 43,454 | 325,1-95 | 41,842 | 307,966 | 44,628 | 299,66 | 44,332 |
| PromedioTotal (minutos) | | 102,80-7 | | 119,2-38 | | 112,921 | | 109,87 | 16,255 |

Tabla 4-4. Promedios de tiempo y eventos por juego según condiciones experimentales

3. RELACION ENTRE ESTRATEGIAS FUERTES Y TRANSFERENCIA DE ESTRATEGIAS.

Esta investigación se pregunta si existen diferencias significativas en pruebas de generalización entre estudiantes que desarrollan estrategias fuertes de solución de problemas y aquellos que no desarrollan estas estrategias.

Inicialmente se pensó que la utilización de estrategias fuertes de solución de problemas permite al estudiante elaborar conocimiento que es independiente del contexto en que se adquirió y que, en consecuencia, se hallarán diferencias significativas en pruebas de generalización entre estudiantes que desarrollan estrategias fuertes de solución de problemas y aquellos que no desarrollan estas estrategias.

En principio, la definición de Eficacia se refiere a la proporción de intentos exitosos sobre la cantidad total de eventos de solución. Desde esa perspectiva la fuerza de la estrategia es proporcional a la Eficacia y habrá transferencia de estrategias en la medida en que haya una fuerte correlación entre la eficacia en una etapa anterior y la eficacia en una etapa siguiente.

La fuerza de la estrategia se puede medir también por el nivel de eficiencia, ésta considera el tiempo requerido para alcanzar las soluciones. En este caso, la correlación entre resultados en un problema previo que el estudiante aprendió y el resultado en la etapa de descubrimiento de un problema subsiguiente puede medir la generalización.

Se toma, entonces, las variables eficacia y la eficiencia - medidas en las etapas de Descubrimiento, Consolidación 1 y Consolidación 2 - como predictores de las mismas variables en un problema nuevo en etapa de Descubrimiento. Se tomó esta etapa para hacer la prueba en razón de que la solución del problema depende en mayor medida de los aprendizajes previos que del entrenamiento adquirido a través de sucesivas soluciones, en contraposición a las etapas de consolidación 1 y 2.

La variable grupos también se tomó como predictor para identificar el efecto de las condiciones experimentales sobre la misma generalización, lo cual puede tomarse como complemento al análisis factorial de varianza desarrollado en este mismo capítulo.

Las parejas de juegos seleccionados para la prueba están representados en la tabla 4.5.

| PREDICTOR | PREDICCIÓN |
|---|--------------------------|
| Líneas en equilibrio | Líneas al azar |
| Líneas en equilibrio | Agujeros en equilibrio |
| Agujeros en equilibrio | Agujeros al azar |
| Rompecabezas de Arheim | Rompecabezas de Vasarely |
| Color Entrenamiento | Color generalización |
| Tabla 4-5 Parejas de juegos seleccionados para realizar la prueba de generalización y transferencia de estrategias. | |

3.1. Líneas en Equilibrio frente a líneas al azar

3.1.1. Evaluación de Eficacia

Los predictores son: EficacLinEq1= Eficacia en Etapa de Descubrimiento para Líneas en Equilibrio; EficacLinEq2= Eficacia en Etapa de Consolidación I para Líneas en Equilibrio; EficacLinEq3= Eficacia en Etapa de Descubrimiento 2 para Líneas en Equilibrio y Grupos= Control, Juicios, Estrategias y Juicios-Estrategias.

Matriz de Correlación para Eficacia de Líneas en equilibrio

| | EficaLin | EficaLin | EficaLin | Grupo |
|--------------|----------|----------|----------|-------|
| EficacLinEq1 | 1 | | | |
| EficacLinEq2 | -.043 | 1 | | |
| EficacLinEq3 | -.133 | .223 | 1 | |
| Grupo | .612 | -.196 | -.037 | 1 |

La matriz de correlación muestra el grado de independencia entre las variables independientes. Cabe notar la fuerte asociación entre Grupos y EficLinEq1.

Regresión Múltiple: Eficacia Lineas Azar1 4 x variables

| DF: | R: | R-Squard | Adj. R- | Std. Error: |
|-----|------|----------|---------|-------------|
| 88 | .165 | .027 | -.019 | .122 |

Analysis of variance

| Source | DF: | Sum | Mean | F-test: |
|-----------|-----|-------|------|---------|
| REGRESION | 4 | .035 | .009 | .586 |
| RESIDUAL | 84 | 1.244 | .015 | P=.6734 |
| TOTAL | 88 | 1.279 | | |

Residual Information Table

| SS[e(i)-e(i-1)]: | e = 0: | e < 0: | Dw test |
|------------------|--------|--------|---------|
| 2.504 | 33 | 56 | 2.012 |

Regresión Múltiple Eficacia Lineas Azar1 4 x variables

Beta Coefficient

| Parameter | Value: | Std: | Std Valuer: | t- | Probability |
|------------|--------|------|-------------|-------|-------------|
| INTERCEPT | .131 | | | | |
| Grupos | .011 | .017 | .091 | .639 | .5246 |
| EficLinEq1 | -.004 | .003 | -.19 | 1.338 | .1846 |
| EficLinEq2 | -.025 | .051 | -.056 | .497 | .6205 |
| EficLinEq3 | .001 | .04 | .004 | .035 | .9725 |

Los coeficientes beta son pequeños y carecen de significación. La relación con un valor-t mayor que 1 se da para la Eficacia en la Etapa de Descubrimiento de líneas en equilibrio, sin que sobrepase el nivel mínimo de significación.

Regresión Múltiple Eficacia Líneas en equilibrio sobre Líneas al azar

Confidence Intervals and Partial F Table

| Parameter | 95% Lower: | 95% Upper: | 90% Lower: | 90% Upper: | Partial F: |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INTERCEPT | | | | | |
| Grupos | -.023 | .045 | -.018 | .04 | .408 |
| EficaLinEqu1 | -.011 | .002 | -.01 | .001 | 1.789 |
| EficaLinEqu2 | -.126 | .075 | -.109 | .059 | .247 |
| EficaLinEqu3 | -.078 | .081 | -.065 | .068 | .001 |

Es de notar el nivel mínimo de relación entre Eficacia en la etapa de Consolidación 2 y la variable dependiente y el hecho de que a medida que se avanza en el nivel de aprendizaje del primer juego, se pierda el valor predictivo de la eficacia sobre la misma variable en el juego de líneas al azar.

3.1.2. Evaluación sobre la Eficiencia

EficiLinEq1, EficiLinEq2 y EficiLinEq3 corresponden a Eficiencia del módulo Líneas en Equilibrio en las etapas de Descubrimiento, Consolidación 1 y Consolidación 2. Grupos corresponde a las cuatro condiciones experimentales: Control, Juicios, Estrategias y Juicios con Estrategias.

El nivel de interdependencia de los predictores se muestra en la matriz de correlaciones. Las variables muestran un nivel relativamente alto de correlación.

Matriz de Correlación para Eficiencia Líneas en equilibrio

| | Grupos | EficiLineq1 | EficiLineq2 | EficiLineq3 |
|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|
| Grupos | 1 | | | |
| EficiLineq1 | .529 | 1 | | |
| EficiLineq2 | -.234 | .05 | 1 | |
| EficiLineq3 | .632 | .463 | .019 | 1 |

La tabla de regresión muestra un nivel de significación bastante alto, lo cual muestra que los predictores son responsables de una proporción significativa de la varianza de la variable dependiente. Los indicadores de R-cuadrado, F y el valor asociado al error alfa muestran la fuerza predictiva de las variables independientes.

Regresión Múltiple: Eficiencia Líneas Azar1 4 x variables

| DF: | R: | R-Squard | Adj. R- | Std. Error: |
|-----|------|----------|---------|-------------|
| 88 | .517 | .267 | .232 | .008 |

Analysis of variance

| Source | DF: | Sum Squares: | Mean Squared | F-test: |
|-----------|-----|--------------|--------------|---------|
| REGRESION | 4 | .002 | .001 | .586 |
| RESIDUAL | 84 | .006 | 6.550E-5 | P=.0001 |
| TOTAL | 88 | .008 | | |

Residual Information Table

| SS[e(i)-e(i-1): | e = 0: | e < 0: | DW test: |
|-----------------|--------|--------|----------|
| .012 | 36 | 53 | 2.194 |

La tabla de valores para los coeficientes Beta muestra un nivel significativo de relación de la eficiencia en la etapa de Descubrimiento del módulo de Líneas en Equilibrio con la etapa de Descubrimiento del Módulo de líneas al azar.

Regresión Múltiple Eficiencia Líneas en equilibrio sobre líneas al azar

Beta Coefficient

| Parameter | Value: | Std: | Std Valuer: | t- | Probability |
|-------------|--------|------|-------------|-------|-------------|
| INTERCEPT | .013 | | | | |
| Grupos | -.002 | .001 | -.258 | 1.826 | .0715 |
| EficilinEq1 | .164 | .032 | .58 | 5.603 | .0001 |
| EficilinEq2 | .012 | .033 | .036 | .357 | .7222 |
| EficilinEq3 | -.009 | .005 | -.237 | 1.836 | .0699 |

Es de notar que la variable Grupos y la Variable Eficiencia en la etapa de Consolidación 2 del módulo de Líneas en Equilibrio muestran un nivel de relación cercana al parámetro de probabilidad de error de 0.05. Es también de notar el valor negativo de estos valores, lo cual indicaría que valores altos en la Eficiencia en el nivel más avanzado de Líneas en equilibrio correlaciona negativamente con la eficiencia en la etapa exploratoria del módulo de Líneas al Azar.

La proporción de varianza sistemática explicada por los predictores se hace más evidente en la tabla de intervalos de confianza y de valores F parciales. Esta tabla muestra un peso substancial atribuible a la Eficiencia en la Etapa exploratoria del primer módulo frente a la Eficiencia en la etapa exploratoria del segundo. También se evidencia el peso de la Eficiencia en la tercera etapa del primer módulo con su valor negativo.

Regresión Múltiple Eficiencia Líneas en equilibrio sobre Líneas al azar

Confidence Intervals and Partial F Table

| Parameter | 95% Lower: | 95% Upper: | 90% Lower: | 90% Upper: | Partial F: |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INTERCEPT | | | | | |
| Grupos | -.003 | .001 | -.003 | 3.197E-4 | 1.827 |
| EficiLinEqu1 | -.099 | .218 | .109 | .209 | 27.668 |
| EficiLinEqu2 | -.012 | .054 | -.007 | .049 | 1.553 |
| EficiLinEqu3 | -.02 | -.002 | -.019 | -.003 | 5.858 |

3.2. Análisis de Regresión de Líneas en Equilibrio sobre Agujeros en Equilibrio.

3.2.1. Evaluación sobre la variable Eficacia

Los resultados globales son similares a los obtenidos para Líneas en Equilibrio frente a Líneas al azar. La proporción de varianza sistemática explicada por los predictores es mínima.

Regresión Múltiple: Eficacia Líneas en Equilibrio sobre Agujeros en Equilibrio

| DF: | R: | R-Squard | Adj. R- | Std. Error: |
|-----|------|----------|---------|-------------|
| 55 | .155 | .024 | -.053 | .083 |

Analysis of variance

| Source | DF: | Sum Squares: | Mean Squared | F-test: |
|-----------|-----|--------------|--------------|---------|
| REGRESION | 4 | .009 | .002 | .314 |
| RESIDUAL | 51 | .35 | .007 | P=.8672 |
| TOTAL | 55 | .358 | | |

Residual Information Table

| SS[e(i)-e(i-1)]: | e 0: | e < 0: | DW test: |
|------------------|------|--------|----------|
| .658 | 18 | 38 | 1.882 |

Los valores de los coeficientes Beta tienen un nivel de significación muy bajo.

Regresión Múltiple Eficacia Líneas en equilibrio sobre Agujeros en Equilibrio

Beta Coefficient Table

| Parameter | Value: | Std: | Std Valuer: | t- | Probability |
|-------------|--------|------|-------------|------|-------------|
| INTERCEPT | .114 | | | | |
| Grupos | -.106 | .143 | -.104 | .745 | .4598 |
| EficalinEq1 | -.001 | .038 | -.005 | .037 | .971 |
| EficalinEq2 | .011 | .048 | .033 | .223 | .8245 |
| EficalinEq3 | -.006 | .01 | -.094 | .642 | .5236 |

Los valores para F parciales son también bajos muestran un peso mayor de factores aleatorios en contraste con la influencia de los predictores.

Multiple Regression Eficacia Líneas Equilibrio sobre Agujeros Equilibrio

Confidence Intervals and Partial F Table

| Parameter | 95% Lower: | 95% Upper: | 90% Lower: | 90% Upper: | Partial F: |
|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INTERCEPT | | | | | |
| Grupos | -.393 | .18 | -.346 | .133 | .555 |
| Efical.inEqu1 | -.077 | .074 | -.065 | .062 | .001 |
| Efical.inEqu2 | -.086 | .107 | -.07 | .091 | .05 |
| Efical.inEqu3 | -.027 | .014 | -.023 | .01 | .412 |

3.2.2. Evaluación sobre la variable Eficiencia

De manera similar al anterior, el conjunto de las predicciones del modelo es significativo y la F para el conjunto es relativamente grande.

Regresión Múltiple: Eficiencia Líneas en Equilibrio sobre Agujeros en Equilibrio

| DF: | R: | R-Squard | Adj. R- | Std. Error: |
|-----|------|----------|---------|-------------|
| 55 | .498 | .248 | .189 | .009 |

Analysis of variance

| Source | DF: | Sum Squares: | Mean Squared | F-test: |
|-----------|-----|--------------|--------------|---------|
| REGRESION | 4 | .001 | 3.615E-4 | 4.214 |
| RESIDUAL | 51 | .004 | 8.579E-5 | P=.005 |
| TOTAL | 55 | .006 | | |

Residual Information Table

| SS[e(i)-e(i-1)]: | e = 0: | e < 0: | DW test: |
|------------------|--------|--------|----------|
| .009 | 18 | 38 | 1.983 |

La tabla de coeficientes beta muestra un nivel de significación alto para la relación entre la variable grupos y la variable Eficiencia del módulo de agujeros en Equilibrio, no así para las otras variables.

Regresión Múltiple Eficiencia Líneas en equilibrio sobre Agujeros en Equilibrio

Beta Coefficient Table

| Parameter | Value: | Std: | Std Value: | t- | Probability |
|-------------|--------|------|------------|-------|-------------|
| INTERCEPT | .021 | | | | |
| Grupos | -.003 | .001 | -.381 | 3.001 | .0042 |
| EficiLinEq1 | .153 | .198 | .101 | .775 | .4417 |
| EficiLinEq2 | .033 | .058 | .081 | .573 | .5691 |
| EficiLinEq3 | .038 | .04 | .139 | .949 | .3471 |

La tabla de F parciales muestra una proporción sustancial de la varianza sistemática asociada a la variable grupos, pero valores bajos para las otras variables.

Regresión Múltiple Eficiencia Líneas Equilibrio sobre Agujeros Equilibrio

Confidence Intervals and Partial F Table

| Parameter | 95% Lower: | 95% Upper: | 90% Lower: | 90% Upper: | Partial F: |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INTERCEPT | | | | | |
| Grupos | -.006 | -.001 | -.005 | -.001 | 9.008 |
| EficiLinEq1 | -.243 | .55 | -.178 | .484 | .601 |
| EficiLinEq2 | -.083 | .15 | -.064 | .13 | .328 |
| EficiLinEq3 | -.043 | .119 | -.029 | .106 | .901 |

3.3. Análisis de Regresión de Agujeros en Equilibrio sobre Agujeros al Azar.

3.3.1. Análisis de Eficacia

La matriz de correlación muestra independencia entre los predictores, pues, los valores son bajos.

Matriz de Correlación para Eficacia de Agujeros en equilibrio

| | Grupos | Efcaageq1 | Efcaageq2 | Efcaageq3 |
|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|
| Grupos | 1 | | | |
| Efcaageq1 | -.055 | 1 | | |
| Efcaageq2 | -.029 | -.077 | 1 | |
| Efcaageq3 | .094 | .02 | -.037 | 1 |

La tabla de regresión muestra un nivel más alto de varianza sistemática explicada por los predictores, pero no llega al nivel mínimo de significación de 0.05.

Regresión Múltiple: Eficacia Agujeros en Equilibrio sobre Agujeros al Azar

| DF: | R: | R-Squard | Adj. R- | Std. Error: |
|-----|------|----------|---------|-------------|
| 65 | .334 | .112 | .053 | .046 |

Analysis of variance

| Source | DF: | Sum Squares: | Mean Squared | F-test: |
|-----------|-----|--------------|--------------|---------|
| REGRESION | 4 | .016 | .004 | 1.917 |
| RESIDUAL | 61 | .126 | .002 | P=.119 |
| TOTAL | 65 | .142 | | |

Residual Information Table

| SS[e(i)-e(i-1)]: | e 0: | e < 0: | DW test: |
|------------------|------|--------|----------|
| .219 | .31 | .35 | 1.734 |

La tabla de coeficientes beta muestra una relación fuerte entre la Eficacia en la Etapa de Consolidación 2 en Agujeros en Equilibrio como predictor y la Eficacia en la etapa de Descubrimiento de Agujeros al Azar y su signo es negativo.

Regresión Múltiple Eficacia Agujeros en Equilibrio sobre Agujeros Azar

Beta Coefficient Table

| Parameter | Value: | Std: | Std Value: | t- | Probability |
|------------|--------|------|------------|-------|-------------|
| INTERCEPT | .054 | | | | |
| Grupos | .008 | .005 | .205 | 1.69 | .0961 |
| EficaAgeq1 | -.022 | .073 | -.037 | .306 | .7606 |
| EficaAgeq2 | -.039 | .044 | -.108 | .892 | .3759 |
| EficaAgeq3 | -.075 | .035 | -.258 | 2.126 | .0376 |

La tabla de valores F parciales muestra una proporción notoria de varianza sistemática asociada a la variable grupos y otra, aún mayor para la variable Eficacia en etapa de Consolidación 2 de Agujeros en Equilibrio.

Regresión Múltiple Eficacia Agujeros Equilibrio sobre Agujeros Azar

Confidence Intervals and Partial F Table

| Parameter | 95% Lower: | 95% Upper: | 90% Lower: | 90% Upper: | Partial F: |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INTERCEPT | | | | | |
| Grupos | -.002 | .018 | 9.819E-5 | .017 | 2.857 |
| EficaAgEq1 | -.168 | .123 | -.144 | .099 | .094 |
| EficaAgEq2 | -.126 | .048 | -.112 | .034 | .796 |
| EficaAgEq3 | -.146 | -.004 | -.134 | -.016 | 4.52 |

3.3.2. Análisis de Eficiencia

La matriz de correlaciones muestra niveles de interdependencia más altos entre los predictores que para la eficacia.

Matriz de Correlación para Eficiencia de Agujeros en equilibrio

| | Grupos | Eficiageq1 | Eficiageq2 | Eficiageq3 |
|------------|--------|------------|------------|------------|
| Grupos | 1 | | | |
| Eficiageq1 | -.308 | 1 | | |
| Eficiageq2 | -.051 | .296 | 1 | |
| Eficiageq3 | .039 | .233 | .243 | 1 |

La tabla de Análisis de varianza muestra, para el conjunto, una proporción de varianza explicada que sobrepasa los niveles mínimos de significación.

Regresión Múltiple: Eficiencia Agujeros en Equilibrio sobre Agujeros al Azar

DF: R: R-Squard Adj. R- Std. Error:

| | | | | |
|----|------|------|------|------|
| 65 | .462 | .213 | .161 | .011 |
|----|------|------|------|------|

Analysis of variance

Source DF: Sum Squares: Mean Squared F-test:

| | | | | |
|-----------|----|------|----------|--------|
| REGRESION | 4 | .002 | .001 | 4.129 |
| RESIDUAL | 61 | .008 | 1.230E-4 | P=.005 |
| TOTAL | 65 | .01 | | |

Residual Information Table

SS[e(i)-e(i-1)]: e 0: e < 0: DW test:

| | | | |
|------|----|----|-------|
| .016 | 28 | 38 | 2.176 |
|------|----|----|-------|

La tabla de coeficientes Beta muestra un nivel significativo con signo negativo del predictor grupos y significativo con signo positivo para la Eficiencia en la Etapa de Descubrimiento de Agujeros en Equilibrio. Los otros dos predictores no sobrepasan los niveles mínimos de significación.

Regresión Múltiple Eficiencia Agujeros en Equilibrio Agujeros Azar

Beta Coefficient Table

| Parameter | Value: | Std: | Std Value: | t- | Probability |
|------------|--------|------|------------|-------|-------------|
| INTERCEPT | .026 | | | | |
| Grupos | -.003 | .001 | -.257 | 2.14 | .0363 |
| EficaAgEq1 | .265 | .106 | .32 | 2.508 | .0148 |
| EficaAgEq2 | -.033 | .071 | -.056 | .46 | .6473 |
| EficaAgEq3 | -.029 | .028 | -.125 | 1.046 | .2998 |

La tabla de F parciales muestra que el predictor más fuerte es la Eficiencia en Etapa de Descubrimiento del módulo de Agujeros en equilibrio, seguido por el predictor Grupos.

Regresión Múltiple Eficiencia Agujeros Equilibrio sobre Agujeros Azar

Confidence Intervals and Partial F Table

| Parameter | 95% Lower: | 95% Upper: | 90% Lower: | 90% Upper: | Partial F: |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INTERCEPT | | | | | |
| Grupos | -.005 | -1.7774E-4 | -.005 | -.001 | 4.581 |
| EficaAgEq1 | .054 | .477 | .089 | .442 | 6.288 |
| EficaAgEq2 | .176 | .11 | .152 | .086 | .211 |
| EficaAgEq3 | | | | | |

3.4. Análisis de Regresión de Color Entrenamiento sobre Color Generalización

3.4.1. Análisis de Eficacia

La matriz de correlaciones muestra la variable Eficiencia para la Etapa de Descubrimiento de Entrenamiento como independiente de los otros predictores y los otros tres con niveles superiores pero no significativos de relación.

Matriz de Correlación para Eficacia en Color entrenamiento

| | Eficaco1 | Eficaco2 | Eficaco3 | Grupos |
|----------|----------|----------|----------|--------|
| Eficaco1 | 1 | | | |
| Eficaco2 | .096 | 1 | | |
| Eficaco3 | .071 | .119 | 1 | |
| Grupos | -.082 | .224 | -.132 | 1 |

La tabla de regresión muestra una F relativamente grande sin que llegue a superar el nivel mínimo de significación.

Regresión Múltiple: Eficacia Color Entrenamiento sobre Color Generalización

| DF: | R: | R-Squard | Adj. R- | Std. Error: |
|-----|------|----------|---------|-------------|
| 91 | .305 | .093 | .051 | .276 |

Analysis of variance

| Source | DF: | Sum Squares: | Mean Squared | F-test: |
|-----------|-----|--------------|--------------|---------|
| REGRESION | 4 | .687.327 | .17 | 2.223 |
| RESIDUAL | 87 | 6.648 | .076 | P=..073 |
| TOTAL | 91 | | | |

Residual Information Table

| SS[e(i)-e(i-1)]: | e = 0: | e < 0: | DW test: |
|------------------|--------|--------|----------|
| 12.341 | 63 | 29 | 1.856 |

La tabla de coeficientes Beta muestra que Grupos y Eficacia en Etapa de Consolidación 2 son predictores fuertemente vinculados a la variable dependiente, siendo la segunda variable la de mayor valor. El signo de los coeficientes es positivo.

Regresión Múltiple Eficacia Color Entrenamiento sobre Color Generalización

Beta Coefficient Table

| Parameter | Value: | Std: | Std Value: | t- | Probability |
|-----------|--------|------|------------|-------|-------------|
| INTERCEPT | .551 | | | | |
| Grupos | -.012 | .088 | -.014 | .137 | .8915 |
| EficaCol1 | -.021 | .093 | -.024 | .227 | .8212 |
| EficaCol2 | .164 | .069 | .248 | 2.374 | .0198 |
| EficaCol3 | .056 | .027 | .221 | 2.069 | .0415 |

La tabla de F parciales muestra una proporción alta de varianza asociada en primer lugar a la Eficacia en la Etapa de Consolidación 2 de Entrenamiento y otra con la variable grupo.

Regresión Múltiple Eficacia Color Entrenamiento sobre Color Generalización

Confidence Intervals and Partial F Table

| Parameter | 95% Lower: | 95% Upper: | 90% Lower: | 90% Upper: | Partial F: |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INTERCEPT | | | | | |
| EficaCol1 | -.187 | .163 | -.159 | .134 | .019 |
| EficaCol2 | -.207 | .165 | -.177 | .134 | .051 |
| EficaCol3 | .027 | .301 | .049 | .279 | 5.635 |
| Grupos | .002 | .109 | .011 | .101 | 4.28 |

3.4.2. Análisis de Eficiencia.

Los coeficientes de correlación son pequeños indicando independencia relativa entre las variables independientes.

Matriz de Correlación para Eficiencia en Color entrenamiento

| Grupos | Eficio1 | Eficio2 | Eficio3 |
|---------|---------|---------|---------|
| Grupos | 1 | | |
| Eficio1 | .001 | 1 | |
| Eficio2 | .097 | .272 | 1 |
| Eficio3 | -.076 | .152 | .077 |

La tabla de Análisis de Varianza muestra un nivel alto de varianza explicada por los predictores y que supera los niveles mínimos de significación.

Regresión Múltiple: Eficiencia Color Entrenamiento sobre Color Generalización

| DF: | R: | R-Squard | Adj. R- | Std. Error: |
|-----|------|----------|---------|-------------|
| 91 | .331 | .11 | .069 | .004 |

Analysis of variance

| Source | DF: | Sum Squares: | Mean Squared | F-test: |
|-----------|-----|--------------|--------------|---------|
| REGRESION | 4 | 1.548E-4 | 3.870E-5 | 2.682 |
| RESIDUAL | 87 | .001 | 1.443E-5 | P=.0367 |
| TOTAL | 91 | .001 | | |

Residual Information Table

| SS[e(i)-e(i-1)]: | e 0: | e < 0: | DW test: |
|------------------|------|--------|----------|
| .003 | 42 | 50 | 1.996 |

La tabla de coeficientes Beta a la variable grupos como significativamente relacionada con la variable dependiente. Las otras variables no superan el nivel mínimo de significación, aunque la eficiencia en la etapa de Consolidación 1 esté cercana al límite.

Regresión Múltiple Eficiencia Color Entrenamiento sobre Color Generalización

Beta Coefficient Table

| Parameter | Value: | Std: | Std Valuer: | t- | Probability |
|-----------|--------|----------|-------------|-------|-------------|
| INTERCEPT | .003 | | | | |
| Grupos | .001 | 3.574E-4 | .224 | 2.192 | .0311 |
| EficiCol1 | -.175 | .288 | -.065 | .609 | .5441 |
| EficiCol2 | .208 | .111 | .198 | 1.87 | .0649 |
| EficiCol3 | .154 | .118 | .134 | 1.306 | .1951 |

Las proporciones de varianza sistemática asociada a los predictores confirman la relación para grupos y Eficiencia en Etapa de Consolidación 1 y muestra una cantidad notoria en la eficiencia para la Etapa de Consolidación 2.

Regresión Múltiple Eficiencia Color Entrenamiento sobre Color Generalización

Confidence Intervals and Partial F Table

| Parameter | 95% Lower: | 95% Upper: | 90% Lower: | 90% Upper: | Partial F: |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INTERCEPT | | | | | |
| Grupos | 7.283E-5 | .001 | 1.890E-4 | .001 | 4.803 |
| EficiCol1 | -.748 | .397 | -.654 | .304 | .371 |
| EficiCol2 | -.013 | .428 | .023 | .392 | 3.496 |
| EficiCol3 | -.08 | .387 | -.042 | .349 | 1.704 |

3.5. Análisis de Regresión de Rompecabezas Arnheim sobre Rompecabezas Vasarely.

3.5.1. Análisis de Eficacia

La matriz de correlaciones muestra niveles de correlación relativamente baja, por debajo de niveles de significación, lo cual muestra independencia para el conjunto de los predictores.

La tabla de Análisis de varianza muestra una proporción de varianza sistemática relacionada con los predictores bastante baja y no significativa estadísticamente.

Matriz de Correlación para Eficacia en Rompecabezas Arnheim

| | Grupos | EfcaArh1 | EfcaArh2 | EfcaArh3 |
|----------|--------|----------|----------|----------|
| Grupos | 1 | | | |
| EfcaArh1 | .11 | 1 | | |
| EfcaArh2 | .219 | .279 | 1 | |
| EfcaArh3 | .18 | .328 | .46 | 1 |

La tabla de análisis de varianza muestra que los predictores en su conjunto están relacionados significativamente con la variable dependiente.

Regresión Múltiple: Eficacia Rompecabezas Arnheim

| DF: | R: | R-Squard | Adj. R- | Std. Error: |
|-----|------|----------|---------|-------------|
| 97 | .089 | .008 | -.035 | .086 |

Analysis of variance

| Source | DF: | Sum Squares: | Mean Squared | F-test: |
|-----------|-----|--------------|--------------|---------|
| REGRESION | 4 | .005 | .001 | .187 |
| RESIDUAL | 93 | .683 | .007 | P=.9447 |
| TOTAL | 97 | .689 | | |

Residual Information Table

| SS[e(i)-e(i-1)]: | e > 0: | e < 0: | DW test: |
|------------------|--------|--------|----------|
| 1.519 | 33 | 65 | 2.223 |

Regresión Múltiple Eficacia Rompecabezas Arnheim sobre Rompecabezas Vasarely

Beta Coefficient Table

| Parameter | Value: | Std: | Std Valuer: | t- | Probability |
|-----------|--------|------|-------------|------|-------------|
| INTERCEPT | .051 | | | | |
| Grupos | .002 | .008 | .025 | .232 | .8168 |
| EfcaArh1 | .059 | .108 | .061 | .549 | .5846 |
| EfcaArh2 | -.037 | .098 | -.045 | .382 | .7035 |
| EfcaArh3 | .043 | .096 | .054 | .451 | .653 |

3.5.2. Análisis de Eficiencia.

La matriz de correlaciones muestra valores relativamente altos para algunas variables y bajo para otras. La Eficiencia para las etapas de Descubrimiento y Consolidación 1 se muestran independientes de la variable Grupos. Las otras tienen un nivel relativamente alto de interdependencia.

Matriz de Correlación para Eficiencia en Rompecabezas Arnheim

| | Grupos | EficiArh1 | EficiArh2 | EficiArh3 |
|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|
| Grupos | 1 | | | |
| EficiArh1 | .013 | 1 | | |
| EficiArh2 | .051 | .465 | 1 | |
| EficiArh3 | -.088 | .396 | .678 | 1 |

La tabla de coeficientes Beta muestra un nivel alto de relación entre la Eficiencia en la etapa de Descubrimiento del Rompecabezas de Arnheim con respecto a la eficiencia en a la eficiencia en la etapa de Descubrimiento del rompecabezas Vasarely. Las otras variables no actúan como predictores fuertes de la variable dependiente.

Regresión Múltiple Eficiencia Rompecabezas Arnheim sobre Rompecabezas Vasarely

Beta Coefficient Table

| Parameter | Value: | Std: | Std Value: | t- | Probability |
|-----------|--------|------|------------|-------|-------------|
| INTERCEPT | .013 | | | | |
| Grupos | .001 | .005 | .029 | .293 | .77 |
| EficiArh1 | .568 | .156 | .399 | 3.635 | .0005 |
| EficiArh2 | -.102 | .181 | -.078 | .564 | .5742 |
| EficiArh3 | -.001 | .14 | -.001 | .008 | .9934 |

Regresión Múltiple: Eficiencia Rompecabezas Arnheim

| DF: | R: | R-Squard | Adj. R- | Std. Error: |
|-----|-----|----------|---------|-------------|
| 97 | .37 | .137 | .1 | .05 |

Analysis of variance

| Source | DF: | Sum Squares: | Mean Squared | F-test: |
|-----------|-----|--------------|--------------|---------|
| REGRESION | 4 | .037 | .009 | 3.682 |
| RESIDUAL | 93 | .234 | .003 | P=.0079 |
| TOTAL | 97 | .271 | | |

Residual Information Table

| SS[e(i)-e(i-1)]: | e = 0: | e < 0: | DW test: |
|------------------|--------|--------|----------|
| .56 | 40 | 58 | 2.392 |

La tabla de F parciales muestra una proporción significativa de varianza explicada por la Eficiencia en la etapa de Descubrimiento del rompecabezas de Arnheim frente a la misma etapa en el Rompecabezas Vasarely.

Regresión Múltiple Eficiencia Rompecabezas Arnheim sobre Rompecabezas Vasarely

Confidence Intervals and Partial F Table

| Parameter | 95% Lower: | 95% Upper: | 90% Lower: | 90% Upper: | Partial F: |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| INTERCEPT | | | | | |
| Grupos | -.008 | .01 | -.006 | .009 | .086 |
| EficiArh1 | .258 | .879 | .309 | .828 | 13.212 |
| EficiArh2 | -.462 | .258 | -.403 | .199 | .318 |
| EficiArh3 | -.278 | .276 | -.233 | .231 | 6.797E- |

CAPÍTULO V

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS CUANTITATIVOS

1. INFLUENCIA DE LOS ACTIVADORES DE JUICIOS DE METAMEMORIA Y DE LAS SUGERENCIAS DE ESTRATEGIAS SOBRE LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

1.1. Líneas en equilibrio.

1.1.1. Etapa de Descubrimiento.

Los cuatro grupos desarrollan habilidades similares tanto para Eficacia, como para Eficiencia y Rendimiento. Sin embargo, aunque estadísticamente las diferencias entre grupos no sean significativas, en el caso de la Eficacia y el Rendimiento, la varianza sistemática es mayor que la varianza de error. Los grupos Juicios y Juicios - Estrategias puntúan más alto que los otros en Eficacia. El grupo que tiene solo Juicios muestra los mejores resultados tomando en cuenta las tres variables.

Es de notar que el grupo que usa sólo Estrategias tiene los puntajes más bajos. Si se comparan los grupos por el tiempo total invertido, el grupo de Juicios y Estrategias y el de Estrategias son los de puntajes superiores. Paralelamente, si se mira el total de trabajo -eventos- el grupo que más invierte en la solución del problema es el de Estrategias (Tabla 4.4).

Teniendo en cuenta que en esta etapa los sujetos no conocen el juego, podríamos lanzar la hipótesis de que los juicios actúan como agentes catalizadores para el desarrollo de la Eficacia y del Rendimiento y que las Estrategias presentan una sobrecarga a la memoria de trabajo, ya que los sujetos deben distribuir su tiempo entre la comprensión de las Estrategias y la dinámica del juego y que, posiblemente, mientras no se tengan una mínima comprensión del juego, las Estrategias no pueden cumplir su papel.

La Eficiencia en esta primera etapa no es un factor diferenciante, lo cual es de esperarse si se tiene en cuenta que los sujetos no han consolidado reglas de producción y, por tanto, la velocidad de ejecución no es objeto de desarrollo.

1.1.2. Etapa de Consolidación 1

Al llegar a esta etapa los sujetos han tenido la experiencia de haber resuelto el juego una vez. Esta experiencia aún no está consolidada, por lo cual es poco probable que las sugerencias sobre Estrategias puedan ser comprendidas.

Los grupos difieren significativamente en las tres variables. El grupo Juicios muestra los mayores puntajes y el de Estrategias, los menores. Esto confirmaría la hipótesis de que los Activadores de Juicios de Metamemoria en esta etapa actúan como catalizadores del aprendizaje y las Estrategias como elementos que aún sobrecargan la memoria de trabajo y que las sugerencias de Estrategias no son efectivas en esta etapa.

La anterior consideración es reforzada por la constatación de los niveles de cambio entre la primera y la segunda etapas. En efecto, el grupo Juicios tiene un porcentaje de cambio mayor que el de Estrategias y el de Juicios combinado con Estrategias. El hecho de que los resultados del grupo que usa Juicios y Estrategias tengan los resultados intermedios da apoyo a la interpretación de que los Juicios Ac-

túan como catalizadores y las Estrategias inicialmente como elementos que sobrecargan la memoria de trabajo.

Consideración especial merece el grupo Control, el cual tiene una tasa de aprendizaje relativo superior a la de los otros grupos, aunque el nivel alcanzado no es superior al de Juicios. Este hecho se puede explicar teniendo en cuenta que en la medida que se eleva el nivel de aprendizaje la curva del mismo se suaviza. En efecto este grupo parte, en esta etapa, de un nivel inferior al de Juicios y éste posiblemente comienza a tener un incremento más pequeño por el nivel logrado.

1.1.3. Etapa de consolidación 2

En la variable Eficacia los grupos son estadísticamente diferentes. El grupo Control iguala al grupo Juicios y éste no muestra cambios con respecto a la etapa anterior. Es decir, que el grupo Juicios logra su nivel máximo de desarrollo - asíntota de la curva de aprendizaje - y probablemente también el de Control.

Los dos grupos anteriores difieren significativamente del grupo que usa sólo estrategias que presenta los menores valores, y el grupo que combina estrategias y juicios tiene un puntaje intermedio. En cuanto a la tasa de aprendizaje relativo el porcentaje de cambio es mayor para el grupo de Estrategias, seguido por los del grupo de Estrategias - Juicios combinados, mostrando una etapa más inestable de aprendizaje. En esta etapa del juego los participantes que emplean estrategias registran un cambio superior posiblemente porque se halla en el nivel más bajo en la curva de aprendizaje.

En la variable Eficiencia los grupos son estadísticamente iguales, aunque la varianza sistemática es mayor que la varianza de error. Los grupos Control y Juicios tienen puntajes superiores y los que usan estrategias son equivalentes presentando los menores puntajes. En la tasa de aprendizaje relativo el grupo de estrategias duplica en porcentaje de ganancia al de Juicios. La cantidad de cambio del grupo Estrategias de la etapa de consolidación I a la II es muy superior a la de los grupos de Juicios y Control. Este hecho puede explicarse por la evolución de la curva de aprendizaje, pero también es probable la

afirmación de que las estrategias empiezan a tener efecto en una etapa tardía. Esto hace más probable nuestra afirmación de que en las etapas iniciales los sujetos que reciben sugerencia de estrategias distribuyen su esfuerzo entre la comprensión de la dinámica del juego y de las estrategias. Mas aún podría hipotetizarse que las estrategias sólo tienen efecto cuando se ha desarrollado suficiente experiencia con el juego.

La variable Rendimiento confirma lo expuesto anteriormente, ya que, el grupo de Estrategias presenta la puntuación más baja en contraste con los grupos de Juicios y Control, en tanto el grupo de Juicios - Estrategias presenta un valor intermedio. El efecto inicial de las Sugerencias de Estrategias y el efecto catalizador de los Juicios de Metamemoria es una explicación plausible al hecho de que los puntajes del grupo que combina tanto Activadores de Juicios de Metamemoria como Sugerencias de Estrategias ocupe en las tres etapas un lugar intermedio entre el grupo con sólo sugerencias de Estrategias y el grupo con sólo activadores de Juicios de metamemoria.

1.2. Líneas al azar.

1.2.1. Etapa de Descubrimiento.

Este problema puede verse como equivalente al primero con una variante: la posición de la línea oculta no es fija; el computador la ubica seleccionando dos puntos de manera aleatoria. En el primero se trataba de hallar cuatro líneas y en éste una sola. La instrucción en el primero introducía la expresión "líneas en equilibrio", en el segundo caso la línea podía tener cualquier posición y dirección. Estructuralmente el problema de las líneas al azar puede verse como una abstracción del problema más particular de líneas en equilibrio. El sujeto debe manejar los conceptos de inclinación de línea, distancia de un punto a una línea y acercamiento de puntos - clics del "mouse" - a la línea oculta, ajuste de la inclinación de una línea imaginaria que pasa por dos puntos - clics de mouse dados por el sujeto- con la inclinación de una línea oculta. Al suprimir el concepto de "equilibrio" - abstracción de esta dimensión- se puede evidenciar si los sujetos aprendieron a usar los indicadores de inclinación, distancia, acerca-

miento y ajuste de inclinación y, por tanto, evaluar la generalización de estos conceptos.

Si se tiene en cuenta que el promedio más alto en eficacia es de 0.082 y de 0.1 en eficiencia en contraste con 0.551 y 0.580 en el primer juego, se concluye que el segundo juego fue mucho más difícil de resolver que el primero y que el nivel de dominio alcanzado es bastante bajo.

Los resultados en la etapa de descubrimiento no muestran diferencias significativas y la varianza sistemática es baja comparada con la varianza de error para las tres variables dependientes. Esta es una situación similar a la de la Etapa de descubrimiento del primer problema.

Haciendo la salvedad de que las diferencias no son significativas cabe notar que el grupo con Estrategias, que antes presentaba los puntaje más bajos, ahora presenta la media más alta (casi el 50% de la media de los grupos con Juicios y Control), con una desviación estándar mayor que la de los otros grupos (0.116 frente a 0.042 -Control- 0.056 -Juicios- y 0.067 para Juicios/Estrategias, para Eficacia). Para Rendimiento, este dato es más notorio: 100 contra 24, 33 y 38. El grupo con Juicios - Estrategias continúa en el nivel intermedio, en tanto que los grupos Control y Juicios tienen resultados muy similares. Estos datos permiten aventurar la hipótesis de que las Estrategias pueden actuar positivamente para facilitar la generalización. Esto podrá someterse a prueba en las siguientes etapas.

1.2.2. Etapa de Consolidación 1.

Las diferencias entre los grupos en esta etapa no son significativas y la proporción de varianza sistemática disminuye con relación a la etapa de descubrimiento. Si comparamos la evolución de los cuatro grupos en cuanto a Eficacia, notamos que Juicios presenta la tasa de cambio más alta (50%) frente al de Estrategias que tiene un leve descenso (-15%). El grupo que combina Activadores de Juicios con sugerencia de Estrategias tiene el puntaje más bajo.

Si miramos la eficiencia, la varianza sistemática es mayor que para eficacia. Los grupos Juicios y Estrategias tienen la misma media, Control el mayor puntaje y Juicios - Estrategias el menor.

En el rendimiento los cuatro grupos presentan la misma media, es decir, que las diferencias en Eficacia y Eficiencia se compensan al integrarse en este concepto. Al igual que en el primer problema, los juicios de metamemoria actúan como catalizadores del cambio, pues, el grupo Juicios tiene la tasa más alta de aprendizaje (50% en eficacia). Al igual que para el primer problema el impacto de los juicios es mayor para Eficacia que para Eficiencia. Los sujetos se preocupan por resolver el problema, no por resolverlo en poco tiempo; razón por la cual el Grupo Control tiene el mayor incremento en eficiencia.

1.2.3. Etapa de consolidación 2.

La evolución de los grupos muestra un incremento sistemático en los indicadores de Eficacia y Eficiencia para los grupos que tienen Activadores de Juicios de Metamemoria en las tres etapas, no así para el grupo con sólo Estrategias y el grupo Control. El grupo Con Juicios y Estrategias llega a ser diferente al grupo Control en cuanto a Eficacia. En estos términos se confirmaría la tesis del papel catalizador de los Activadores de Juicios de Metamemoria, no así de la función de transferencia de las sugerencias de Estrategias.

En conjunto, el grupo con Estrategias estabiliza su nivel de eficacia desde la primera etapa alrededor del 0,05. Los grupos Juicios y Juicios/Estrategias tienen un crecimiento sostenido en las tres etapas. Esto permite pensar que los que usan Estrategias consolidan su nivel de rendimiento desde el primer juego. El papel de los Activadores de Juicios se muestra como una fuerza motivacional sostenida; directamente, actúa sobre la eficacia - predicción de intentos de solución - e indirectamente sobre la eficiencia -optimización del tiempo. Esto se puede notar en un uso consistente de menor cantidad de trabajo - menor número de eventos - por los grupos que tienen activadores de juicios de metamemoria, igual que en el primer problema (Tabla 4-4).

1.3. Agujeros en equilibrio.

El juego está relacionado con los dos anteriores. Tiene menos elementos, por cuanto solo considera un punto -agujero- oculto, un “clic de mouse” y la distancia entre estos dos. En otros términos el problema es más sencillo. El jugador puede generalizar el manejo de la distancia como indicador de la proximidad a la solución. Puede verse, entonces, como un componente del problema anterior. También es de notar que el concepto de equilibrio se vuelve a introducir, como se había hecho en el primer juego.

En los problemas anteriores el juego consistía en encontrar unas líneas a partir de una pareja de puntos que realizaba el jugador -par de clics-, en este juego el fin es encontrar un punto - clic-, la relación existente entre los tres juegos es que el punto es el componente de las líneas. Este juego abstrae el concepto de línea y se queda con el concepto de punto.

1.3.1. Etapa de descubrimiento

Nuevamente los grupos Control y con Estrategias inician con los puntajes más altos. La suposición de que la sugerencia de estrategias ayudaría la generalización se debilita al observar que el comportamiento del grupo control es similar en la etapa de descubrimiento. Una interpretación plausible del resultado de una mayor eficiencia, estadísticamente significativa del grupo control frente a los grupos que usan Juicios es que éstos están más dedicados a la eficacia que a la eficiencia, es decir a evitar cometer errores que a ahorrar tiempo. Esta afirmación cobra mayor fuerza al observar cómo en la variable Rendimiento los grupos con Juicios se igualan por un lado, y los que no usan Juicios, se igualan en el otro extremo.

1.3.2. Etapa de consolidación 1

La varianza sistemática se incrementa sin superar el nivel de significación mínimo.

El mayor nivel de aprendizaje relativo de la etapa anterior a ésta corresponde al Grupo Juicios y con una leve diferencia el Grupo Estrategias, en contraste con el grupo control. Este hecho vuelve a dar fuerza a la hipótesis de que la Sugerencia de Estrategias ayuda a la generalización.

El nivel de eficiencia para Juicios es el menor, en contraste con el grupo Control, lo cual se puede asociar con el tipo de Juicio, directamente asociado con la Eficacia.

1.3.3. Etapa de Consolidación 2

El hecho de que los grupos que tuvieron sugerencias de Estrategias tengan el mayor porcentaje de aprendizaje y que el grupo Estrategias sea significativamente superior al de Juicios es indicativo de una mayor generalización, posiblemente acompañada de asociaciones que permiten optimizar los procesos de solución del problema.

Los resultados experimentales pueden sustentar la tesis de que las sugerencias de estrategias operan después de una experiencia previa que permita decodificar plenamente su significado.

1.4. Agujeros al Azar

La relación entre el juego 1 y el 2 es similar a la del 3 y el 4. Este juego es similar al anterior, sólo que se elimina el concepto de equilibrio. Los puntos son ubicados por el computador de manera aleatoria y debe orientarse por los indicadores de distancia del clic generado por el usuario. En este sentido, la generalización sobre el concepto de equilibrio generaría obstáculo cognitivo en la solución y la generalización sobre distancia y acercamiento, éxito en la solución.

1.4.1 Etapa de Descubrimiento

Para la variable Eficacia los grupos muestran diferencias significativas, siendo los mejores puntajes los del grupo Juicios/Estrategias y los más bajos los del grupo Estrategias, Los grupos de Juicios y el de Control presentan puntajes intermedios. Aquí los valores de los grupos que utilizan juicios reafirman nuestra hipótesis de que los Activadores de Juicios de Metamemoria se comportan como catalizadores del aprendizaje. A pesar de la similitud del juego anterior con éste, existen variantes en el juego que aumentan la dificultad de comprensión del mismo y es necesario que los sujetos vuelvan a distribuir su tiempo entre la comprensión del ambiente del juego y la estrategia.

En la variable de Eficiencia los grupos son diferentes estadísticamente. Los valores más altos corresponden al grupo Control y los más bajos corresponden al grupo Estrategias.

Los sujetos con activadores de juicios de metamemoria se preocupan más por la cantidad de trabajo invertido que por el tiempo empleado en la solución del juego, esta es una razón por la cual los sujetos presentan mejores resultados en eficacia que para la eficiencia. Por otra parte, el procesamiento de las Estrategias sugeridas disminuye la eficiencia. Por los resultados tenidos hasta ahora se encuentra que la sugerencia de Estrategias actúa tardíamente, en comparación con los Juicios.

La variable rendimiento como síntesis de las dos anteriores confirma las observaciones anteriores.

1.4.2. Etapa de consolidación 1

Habida cuenta de que no hay diferencias significativas entre los grupos en cuanto a eficacia, hay que notar que éstos alcanzan valores muy similares con excepción del grupo Estrategias que se ubica en un nivel equivalente al de la etapa de descubrimiento de los grupos

Juicios y Control. La combinación de Juicios/Estrategias mantiene los valores más altos para eficacia en comparación con los otros grupos. El análisis de ganancia relativa de aprendizaje muestra un incremento similar para los grupos de control y juicios en tanto que el grupo Juicios/Estrategias mantiene el mismo nivel de la etapa anterior.

En la variable eficiencia el grupo control presenta los valores más altos, significativamente superiores a la de los dos grupos que usan estrategias, que presentan un mismo nivel de eficiencia. Por el tipo mismo de activador de juicio de metamemoria los sujetos que lo emplean se preocupan más por el número de eventos que se requieren para resolver el problema que por el tiempo empleado, también, por tal razón aquellos que no emplean juicios son más veloces, pero menos eficaces. El procesamiento de la estrategia incide en el incremento del tiempo necesario para llegar a la solución del problema.

1.4.3. Etapa de consolidación 2

En cuanto a Eficacia el grupo de Estrategias presenta una ganancia de aprendizaje, en tanto que los otros grupos no presentan incremento. Una explicación plausible es que el grupo está en una etapa de evolución tardía en tanto, los otros grupos logran su nivel de estabilidad, en efecto los tres grupos presentan oscilaciones en su nivel de aprendizaje comparado con el nivel anterior.

En cuanto a eficiencia, el grupo Estrategias alcanza los valores más altos y los de juicios los más bajos. La sugerencia de estrategias se asocia con un nivel mayor de eficiencia en comparación con los juicios, lo cual reafirma nuestro planteamiento que el uso de Estrategias es efectivo en etapas avanzadas de la resolución de problemas.

El análisis de rendimiento muestra la independencia relativa de la Eficacia y la Eficiencia que en este caso se equilibran reduciendo las diferencias entre grupos.

En conjunto el cuarto juego en relación con el tercero muestra un nivel de dificultad creciente que al igual que en la relación del segundo con el primero se puede atribuir a la introducción del factor azar para la ubicación de la solución de los problemas. Se observa una evolución hasta un punto de estabilidad en la tercera etapa.

El efecto de las estrategias tiene un efecto tardío sobre el proceso de aprendizaje y los activadores de juicios de metamemoria mantienen su papel de catalizadores en el mismo.

1.5. Rompecabezas de Arnheim.

Si bien conceptualmente este juego involucra los conceptos de equilibrio presentes en los juegos de líneas en equilibrio y puntos en equilibrio, hace abstracción de conceptos como distancia e inclinación. El tipo de razonamiento es predominante perceptivo: ver formas como incompletas y decidir sobre la parte que pueden completar la forma. Por tanto, es razonable esperar que los sujetos estén familiarizados con los conceptos de líneas y puntos de equilibrio en la pantalla y con base en este conocimiento desarrollen habilidad para hacer ensamblaje de figuras.

1.5.1. Etapa de Descubrimiento.

Los grupos son estadísticamente iguales y la varianza sistemática menor que la varianza de error. El grupo que combina Juicios y Estrategias presenta una media con un 5% más alta en comparación con el grupo control que presenta los valores más bajos.

Los sujetos en esta etapa muestran un desarrollo de eficacia muy superior a la lograda en la etapa de Consolidación 2 de los juegos anteriores (0.66 en etapa de Descubrimiento frente a 0.55 del primer juego en la etapa de Consolidación 2). El juego, en consecuencia se

puede tomar como más fácil, con base en este indicador y la base de partida es mucho más alta que en los juegos anteriores.

Para la variable eficiencia se muestra que los grupos son diferentes estadísticamente y los valores más altos corresponden a Estrategias y los más bajos corresponden a Juicios. Las sugerencias sobre Estrategias generan diferencias en las medias de Eficiencia. Esto confirma nuestra interpretación de que cuando los sujetos tienen niveles suficientes de experiencia significativa se benefician de esta condición en contraste con juegos donde la línea de partida es muy baja. Por otra parte, el grupo con Activadores de Juicios de Metamemoria que tuvo un promedio igual al de Estrategias en Eficacia, obtiene el puntaje más bajo en Eficiencia. Lo observado estadísticamente da más fuerza a nuestra afirmación de que los sujetos que emplean Activadores de Juicios de Metamemoria, consistentes en hacer predicciones sobre la cantidad de trabajo, gastan más tiempo por éxito, ya que su interés se centra en gastar el menor número de intentos en la resolución del problema. En este nivel esta diferencia es tan fuerte que se refleja en la variable Rendimiento que integra las dos anteriores. Esta interpretación es consistente con el hecho de que los resultados para el grupo que combina las dos variables independientes se ubique en un punto intermedio.

1.5.2. Etapa de consolidación 1

Los grupos son estadísticamente diferentes, los valores más altos corresponden a Juicios/Estrategias y los más bajos a Control. En esta etapa los jugadores que usan Activadores de Juicios de Metamemoria tienen una ganancia en aprendizaje relativo superior a los que utilizan estrategias y al grupo de control, mostrando una mayor inclinación a evitar errores.

Analizando la variable Eficiencia los grupos no presentan diferencias significativas, El grupo con estrategias presenta el valor más alto y el de juicios el más bajo. En esta etapa los sujetos ya comprenden el

ambiente del juego y las indicaciones de la estrategia lo que les agiliza el trabajo. Cobra fuerza la explicación de que los Activadores de Juicios basados en eventos hacen que los sujetos sean más eficaces con independencia del factor tiempo.

Para la variable rendimiento la media para los cuatro grupos es la misma lo que indica que se ha alcanzado un gran dominio del juego y la eficacia y la eficiencia tienden a estabilizarse y equilibrarse en este constructo.

1.5.3. Etapa de Consolidación 2

El nivel de desempeño tiende a estabilizarse. Aunque las diferencias entre los grupos no son significativas todavía la varianza sistemática es mayor que la de error. Las tendencias en las diferencias son las mismas que la etapa anterior. Los cuatro grupos presentan ganancia en aprendizaje, siendo igual en los grupos de Estrategia y Control y mayor que la ganancia de los grupos Juicios y Juicios/Estrategias que es la misma. Es decir, que la velocidad de cambio es mayor en los grupos con Activadores de Juicios de Metamemoria. Por el desarrollo mismo de la curva de aprendizaje que se acerca a una etapa de Dominio del Juego, las diferencias en resultados tienden a ser muy pequeñas.

1.6. Rompecabezas Vasarely

Al igual que en el juego anterior, se pone en juego la percepción de una figura a partir de sus partes para lograr una síntesis. Los conceptos de equilibrio se relacionan con los de la forma y el color. Este juego se pensó como una generalización del anterior con una variante: en lugar de trabajar con ensamblaje simple, se requiere hacer deslizamiento de fichas desplazando otras para buscar el camino de solución. El árbol de búsqueda de este tipo de problemas ha sido objeto de análisis en el contexto de la Inteligencia Artificial (Russell y Norvig, 1996). Es importante anotar que en este juego las variables inde-

pendientes Activadores de Juicios de Metamemoria y Sugerencias de Estrategias no se presentan a los grupos, por tanto, todos los grupos están en iguales condiciones y sólo difieren en las experiencias previas.

La única variable sobre la cual se observa una varianza sistemática mayor que la de error es la Eficacia. En Eficiencia y Rendimiento los grupos no muestran diferencia alguna. Aunque las diferencias no son significativas las medias de los grupos que previamente tuvieron Activadores de Juicios de Metamemoria tienen las más altas. Dado que el nivel de dificultad del juego se mostró mucho mayor que para el Problema 5, podría decirse que el nivel de base difícilmente refleja el impacto de las variables y formularse la hipótesis de que la experiencia previa y en períodos prolongados con Activadores de Juicios de Metamemoria tiene mayor impacto a largo plazo que las sugerencias de estrategias.

1.7. Laboratorio de color.

El tipo de razonamiento para este módulo es predominante perceptivo: ver estructuras y decidir sobre la combinación de colores que puede crear la sensación de la forma requerida por el sistema. Por tanto, es razonable esperar que los sujetos presenten cambios en sus procesos de aprendizaje ya que se enfrentan un elemento nuevo: el procesamiento del Color.

En este módulo se introduce una variante al Activador de Juicios de Metamemoria: se presentan juicios de predicción de tiempo empleado para resolver el problema combinados con los anteriores predictores de número de eventos. En este sentido los Activadores se espera que incidan tanto en la Eficacia como en la Eficiencia.

1.7.1. Etapa de Descubrimiento.

Los grupos son estadísticamente diferentes: el grupo con mayores puntajes es Control y el menor Juicios. La comprensión y manejo del

tiempo combinado con los eventos puede añadir un grado más de exigencia a la solución del juego. Esta misma idea se puede adicionar a la explicación de la eficiencia en esta etapa, que presenta los valores más altos para el grupo Control con una media de 200 sobre los otros grupos que presentan la misma media 100. El grupo control que no tiene la exigencia de predecir eventos y tiempo ni las sugerencias de estrategias posiblemente actúa más concentrado en el problema como tal. Se sigue confirmando que la sugerencia de estrategias no cumple con su papel en etapas tempranas del Juego.

Para la variable rendimiento los cuatro grupos presentan la misma media y la correlación entre las dos variables independientes es alta. Este fenómeno puede ser explicado por la naturaleza del Juicio de Metamemoria que para dos grupos exige predicción de eventos y tiempo.

1.7.2. Etapa de Consolidación 1

En esta etapa del juego los grupos no se muestran estadísticamente diferentes para la Eficacia, pero la varianza sistemática es mayor que la varianza de error, lo cual permite ver las tendencias en la evolución del proceso. El grupo de Juicios/Estrategias es el que presenta el mayor puntaje y el de Control el más bajo. La explicación más plausible es que las dos variables independientes actuaron como catalizadores del aprendizaje y la combinación de las dos - que se muestra en el grupo Juicios/Estrategias - actúa integrando las fuerzas de estas dos variables. Adicionalmente hay que anotar que en estas condiciones el factor Sugerencia de Estrategias tiene la mayor fuerza. Esto reafirma las nociones planteadas en una hipótesis anterior: las estrategias cumplen con su papel en etapas del juego en las que los sujetos ya comprenden el ambiente y las sugerencias de estrategias. Igual explicación se puede atribuir a los sujetos que utilizan Juicios, ya que, deben comprender la implicación de los dos tipos de Juicios.

En la eficiencia la varianza sistemática es mayor que la varianza de error, sin llegar a ser significativa en su conjunto, pero los valores del grupo de Juicios - Estrategias es significativamente superior al de Juicios. Esto muestra que la introducción del tiempo dentro del activador de Juicio de Metamemoria no actuó en el mejoramiento de los puntajes de Eficiencia. La Eficiencia es una variable que se maneja en función del tiempo y los sujetos han manejado en los juegos anteriores indicadores de Juicios de Metamemoria basados en eventos, el aprendizaje de estos ha sido efectivo haciendo que los resultados muestren que los sujetos que emplean Juicios sean más eficaces, pero, a su vez son menos eficientes, tendencia que sigue prevaleciendo. Los indicadores de Juicios de Metamemoria basados en el tiempo, solo entran en escena a partir de este juego y su aplicación y entendimiento son aún tempranas en esta etapa del juego.

Frente al Rendimiento nuevamente el grupo Juicios/Estrategias sigue siendo superior a los demás y significativamente diferente del de Juicios. La correlación comparada con la etapa anterior disminuye, lo cual muestra una tendencia de desarrollo independiente de las variables Eficacia y Eficiencia.

La ganancia en la tasa de aprendizaje, arroja los siguientes resultados control 55,33 es el grupo que presenta la tasa más baja y los demás grupos presentan una tasa de aprendizaje muy parecida para la eficacia de 137 Juicios, 136 para estrategias y 139 para Juicios/Estrategias, Mostrando que fueron los grupos con más aprovechamiento.

1.7.3. Etapa de Consolidación 2

Para la Eficacia se presenta una baja en la varianza sistemática en comparación con el juego anterior, mostrando más la incidencia de la evolución de los grupos. En esta etapa el grupo de Juicios presenta los puntajes máximos y el de Estrategias los mínimos. Los sujetos que emplearon Juicios presentan desde el primer grupo un incremen-

to en la Eficacia, El grupo de Estrategias que ya había alcanzado su máximo de eficacia en el juego empieza a presentar fluctuaciones por efectos de la curva típica de aprendizaje.

La tasa de aprendizaje muestra una caída siendo mínima para control y juicios con un 6 % y drástica para Estrategias (-44%) y Juicios/Estrategias (-35%) lo que afirma que el aprendizaje máximo se había alcanzado en la etapa anterior siendo más evidente para los dos últimos grupos.

En la Eficiencia los grupos Control, Juicios y Juicios/Estrategias presentan la misma media que es superior a la que presenta el grupo de Estrategias, una explicación plausible de este fenómeno es que el grupo de Estrategias ya había alcanzado el máximo de aprendizaje en etapas anteriores y por tal razón ya empieza a presentar fluctuaciones.

La tasa de aprendizaje en cuanto a Eficiencia muestra que el grupo de Juicios continua su aprendizaje ya que la tasa es positiva en tanto que para los otros grupos se presentan tasas negativas, siendo más fuerte para el grupo Estrategias, el cual había alcanzado su grado máximo de aprendizaje en etapas anteriores y ahora sus valores presentan fluctuaciones típicas.

1.7.4. Etapa de generalización

Es de notar que en esta etapa se suprimen las variables independientes, de tal manera que los sujetos sólo difieren en las condiciones previas de entrenamiento.

Para la Eficacia la varianza sistemática se incrementa notoriamente (5.528), mostrando la diferencias significativas entre los grupos. Los valores máximos los presenta el grupo de Juicios/Estrategias y los mínimos los presentan los grupos Control y Estrategias, resultados muy consistentes con las etapas de Consolidación I y Consolidación 2. Según estos resultados los grupos que tienen Activadores de Jui-

cios de Metamemoria tienen mayor generalización de estrategias efectivas para solución de problemas, pues tanto el grupo con Juicios/Estrategias - que logra niveles de dominio - como el de solo Juicios muestran diferencias significativas con los otros dos.

La variable Eficiencia no presenta diferencias significativas entre los grupos, Control, Juicios y Estrategias, pero sí para la combinación de Juicios - Estrategias. Esto muestra que la dimensión temporal del activador actúa en menor grado que la de los eventos y que en la dimensión tiempo, la combinación de las dos variables genera mayor efectos en generalización.

Los Juicios de Metamemoria inciden actúan como catalizadores de los procesos de aprendizaje a partir de la segunda sesión, etapa intermedia.

Las estrategias actúan a partir de niveles de dominio mínimos y en una etapa más tardía que los juicios de metamemoria.

2. TRANSFERENCIA DE ESTRATEGIAS.

En una investigación previa (Maldonado y Andrade, 1996) se encontró que la precisión de la autoevaluación expresada a través de Juicios de Metamemoria correlacionada con la retención de conceptos dentro de un mismo contexto y que la misma es un activador poderoso de estrategias de solución de problemas y que los estudiantes más exitosos evalúan sus estrategias de búsqueda. Este hallazgo sugirió la hipótesis de que los estudiantes con estrategias de búsqueda consolidadas generalizan más fácilmente el aprendizaje entre contextos diferentes. El diseño del presente trabajo provee un conjunto de escenarios diferentes entre sí y al mismo tiempo relacionados y sobre los cuales se pueden probar estrategias comunes, las cuales son efectivas para resolver parejas de problemas.

La hipótesis dio lugar a la configuración de un modelo teórico en el cual los constructos Eficacia y Eficiencia en un problema particular se

explican por los mismos indicadores y las condiciones experimentales de los grupos en etapas previas. Definimos la transferencia de estrategias por el coeficiente Beta de la regresión de los factores Grupos y Eficacia o Eficiencia en las etapas Descubrimiento, Consolidación 1 y Consolidación 2 sobre la Eficacia y la Eficiencia en la Etapa de Descubrimiento de un problema subsiguiente.

La selección de la variable dependiente se hace en razón de que en esta etapa se refleja con mayor fuerza las estrategias adquiridas en etapas anteriores, no así en las siguientes, en las cuales el sujeto ha construido nuevas estrategias y ha de-sechado antiguas que no se muestran promisorias.

El modelo anterior quiere decir que si existen estrategias efectivas - fuertes- generalizadas, éstas deben asegurar un éxito similar en dos problemas: uno de entrenamiento y otro de generalización y en consecuencia, se deben reflejar en la varianza compartida de las variables independientes y la dependiente (coeficiente Beta y F parcial).

La introducción de la variable grupos, en nuestra concepción es importante, pues establece un segundo nivel de análisis de las condiciones experimentales. Tratamos de responder a una pregunta complementaria a las tres hipótesis consideradas en esta investigación, a saber: si existe influencia sobre la generalización de estrategias de las condiciones de entrenamiento previo. Dicho de otra manera, si las condiciones de Activadores de Juicios de Metamemoria y Sugerencias de Estrategias influyen en la posibilidad de consolidación de estrategias fuertes.

A continuación hacemos una discusión de los resultados por cada una de las parejas de problemas seleccionadas para luego terminar en una conclusión general sobre este tema.

2.1. Líneas en Equilibrio sobre Líneas al Azar

Los dos juegos pueden ser resueltos con una estrategia común: ajuste de inclinación de la línea y ajuste de la distancia de los dos puntos

dibujados con respecto a la línea oculta. Los sujetos fracasan si, en el segundo juego, piensan que están en lugares fijos y tienen las mismas inclinaciones que en el juego anterior.

2.1.1. Eficacia

La correlación significativa ($p=0.05$) entre la variable Grupo y Eficacia en la Etapa de Entrenamiento y entre Eficacia en la Etapa de Consolidación 1 y la Eficacia en la Etapa de Consolidación 2 reflejan, por un lado, la influencia de las condiciones experimentales, y por otra, la evolución gradual de los procesos de aprendizaje.

La prueba no refleja de manera contundente generalización de estrategias. Sin embargo, la F parcial muestra una proporción no despreciable de varianza sistemática generada por la variable Eficacia en Etapa de Descubrimiento.

2.1.2. Eficiencia

El hecho de que las tendencias se conserven tanto en la tabla de correlaciones como en las tablas de regresión muestra que la Eficiencia es una variable más sensible que la Eficacia. El coeficiente Beta significativo para la relación entre las dos etapas de Descubrimiento puede interpretarse como indicador de transferencia de estrategias. Es decir que los sujetos que tuvieron estrategias exitosas en la primera etapa del primer juego, las vuelven a activar al iniciar la exploración del segundo.

La proporción de varianza sistemática asociada con la Eficiencia en Etapa de Consolidación 2 y su signo negativo es una insinuación de influencia negativa de aprendizajes específicos del primer problema, lo cual confirma la tesis de que los aprendizajes previos - preconceptos - pueden influir de manera negativa para la solución de problemas nuevos.

2.2. Líneas en Equilibrio sobre Agujeros en Equilibrio

La ubicación de los agujeros, nuevamente en este juego obedece al concepto de equilibrio, de tal manera que bien sea guiándose por este concepto o bien por el de distancia-acercamiento se puede resolver el problema. La estrategia generalizada puede ser común a Líneas en Equilibrio, Líneas al azar y Agujeros en Equilibrio o a Líneas en Equilibrio y Agujeros en Equilibrio.

Es de notar que los sujetos enfrentan el problema de los Agujeros en Equilibrio después de haber resuelto los dos problemas de líneas.

2.2.1. Eficacia

La prueba del modelo en este caso muestra tendencias muy similares a las la proyección de Líneas en Equilibrio sobre Líneas al Azar, pero más atenuadas, de tal manera que la tabla de F parcial no muestra valores enteros para la F.

2.2.2. Eficiencia

Los resultados muestran un efecto muy notorio del predictor grupos sobre la variable dependiente y no hay valor explicativo atribuible a los otros predictores. El valor negativo del Coeficiente Beta - el orden de los grupos es Control, Juicios, Estrategias, Juicios y Estrategias- está mostrando que los grupos Control y Juicios están más relacionados con la generalización que aquellos que tienen sugerencias de estrategias, tendencia que se muestra en el primer análisis, sin llegar a ser significativa como sucede en esta comparación.

2.3. Agujeros en Equilibrio sobre Agujeros al Azar

La estrategia generalizable entre estos dos juegos implica que se abstraiga el concepto de equilibrio y se centre en el concepto de distancia - acercamiento.

2.3.1. Eficacia

La independencia entre los predictores mostrada por una baja correlación - no significativa - da garantía a las conclusiones derivables del modelo teórico.

En conjunto la regresión no es significativa, pero sí lo es el Coeficiente Beta que muestra la relación de la Eficacia en la Etapa de Consolidación 2 con la variable dependiente y existe una proporción notoria, pero no significativa de varianza explicada por el predictor Grupos. El signo de los coeficientes confirma observaciones anteriores que muestran los niveles de aprendizaje de la Etapa de Consolidación 2 como negativamente relacionados con la generalización lo cual reafirma la tesis de la influencia de los preconceptos: los mayores niveles de aprendizaje específico en la solución de un problema establecen obstáculos cognitivos iniciales para etapa de generalización del siguiente problema. En términos de Pirolli y Recker (1994) el componente de producciones viejas se convierte en un obstáculo cognitivo que el sujeto debe ajustar si quiere resolver problemas nuevos

2.3.2. Eficiencia

Los valores más altos de correlación muy posiblemente están relacionados con la sensibilidad del constructo Eficiencia, en contraste con la Eficacia. Por otra parte tanto el conjunto de la regresión como los Coeficientes Beta asociados con Grupos y Eficiencia en el Módulo de Descubrimiento de Agujeros en Equilibrio muestran que estos factores explican la Eficiencia en la Etapa de Descubrimiento del Juego de Agujeros al Azar. Se confirma por tanto la influencia de las condiciones experimentales en el sentido de que los grupos Control y Con Activadores de Juicios de Metamemoria generalizan más que los que tienen Sugerencias de Estrategias y que existen estrategias comunes a las etapas de Descubrimiento, como se observó en la relación entre Líneas en Equilibrio y Líneas al Azar.

2.4. Color Entrenamiento sobre Color Generalización

Los dos juegos difieren en la forma de los componentes que conforman la figura a colorear. La estrategia de graduación de componentes es generalizable a los dos juegos, de tal manera que los resuelve a los dos. El nivel de aprendizaje logrado es muy alto comparado con el de los otros juegos y en contraste con juegos como Línes al Azar, Agujeros en Equilibrio y Agujeros al Azar.

2.4.1. Eficacia

Por el nivel avanzado de dominio sobre los problemas, la Eficacia refleja niveles de varianza sistemática cercanos al nivel de significación. En contraste con los otros juegos, las variables Grupos y Eficiencia en la Etapa de Consolidación 2 son predictores fuertes de la variable dependiente y su valencia es positiva. Esto muestra un nivel alto de generalización de la última etapa del primer juego con respecto al segundo y que la Sugerencia de Estrategias cumplió un efecto positivo en este caso.

2.4.2. Eficiencia

Nuevamente la variable Grupos se muestra muy correlacionada con la variable dependiente, mostrando que las condiciones experimentales están relacionadas con la generalización de estrategias de búsqueda en la solución de problemas. La dirección de la relación muestra que en problemas muy similares la sugerencia de estrategias ayuda a la generalización. Esta interpretación se puede complementar por el hecho de que haya una relación no significativa pero notoria de la eficacia en Etapas de consolidación con la etapa de descubrimiento de la generalización del juego.

2.5. Rompecabezas Arnheim sobre Rompecabezas Vasarely

Si bien en este juego, no se puede considerar una estrategia estrictamente común para resolver, si hay componentes comunes que facilitan la orientación de la búsqueda en los dos juegos. Se introduce esta comparación para valorar esta condición de generalización parcial.

2.5.1. Eficacia

La variable eficacia no refleja tendencia alguna de los predictores, lo cual se explica por la sensibilidad de este constructo. Esto muestra que es más exigente el criterio de lograr soluciones disminuyendo los errores que el de lograr una solución en el menor tiempo.

2.5.3. Eficiencia

En contraste con la Eficacia en la Eficiencia sí se refleja el valor predictivo de las variables independientes. La varianza explicada se asocia casi en su totalidad con la eficiencia en la primera Etapa o de descubrimiento, mostrando que sí existen estrategias que se activan en etapas iniciales de búsqueda y que facilitan el aprendizaje en contraste con los aprendizajes logrados en las etapas más avanzadas.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS CUALITATIVO

Con el propósito de ahondar en la comprensión de procesos se desarrolló un programa que simula las operaciones realizadas por cada sujeto en la solución de los problemas. Para los módulos Mecanismos y Posición y Dirección se seleccionó una submuestra de acuerdo a las condiciones experimentales y se hizo el análisis de procedimientos seguidos por los sujetos.

Un objetivo central de este análisis es la identificación de estrategias fuertes seguidas por los sujetos en cada juego. La categoría de fuerte en este caso se refiere a la potencia de la estrategia para generar soluciones al problema que enfrenta.

1. CATEGORIZACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS PROPUESTAS PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA “ MECANISMOS”

1.1. CARACTERIZACIÓN GRUPO A

Este grupo resolvió el problema sin contar con estrategias ni juicios. La estructura del ambiente de la tarea y las estrategias caracterizadas como fuertes y seguidas para la solución del problema permiten hacer las siguientes inferencias:

- Para 7 de 20 sujetos la máquina es una estructura conformada por brazos.
- 3 sujetos del grupo seleccionado desarrollaron la misma estrategia con piezas que cumplen funciones de agarre y enganche. Las observaciones nos permite inferir que para ellos la máquina es un mecanismo de enganche.
- Para 4 sujetos, la máquina consiste en un sistema de poleas y brazos.
- Los 6 restantes, consideraron la máquina como una unidad que combina piezas de soporte (brazos) y piezas que generan movimiento (cilindros hidráulicos).

En general, los sujetos del grupo A que no contaban con juicios de metamemoria ni estrategias, solucionaron el problema a partir de las señaladas en la tabla 6.1.

1.2. CARACTERIZACIÓN GRUPO B

Para este problema el juicio se elaboró a partir de la metáfora de compra. Los elementos que se podían adquirir fueron: información técnica como elemento de ayuda y piezas básicas para construir uno de tres modelos de máquina. Este proceso tenía como indicadores de pérdida la devolución de piezas al almacén y como ganancia la precisión en la selección de piezas que son de la máquina. Se trataba de armar el mecanismo con el menor costo posible; el sujeto contaba con un valor para administrar de \$ 1.000.000. En esta condición del software el activador de juicio de metamemoria induce a observar los efectos de las decisiones sobre el presupuesto. En otros términos cada decisión podía afectar el presupuesto, la evolución de éste no restringía el uso del tiempo ni el número de eventos a utilizar en la búsqueda de la solución.

El análisis de protocolos nos permite hacer las siguientes anotaciones:

| ESTRATEGIA SEGUIDA POR EL SUJETO | CARACTERIZACION DE LA ESTRATEGIA | EVENTOS FUERTES DE LA ESTRATEGIA | CONCEPCION DE MAQUINA POR EL SUJETO |
|---|--|---|---|
| Comparación de piezas almacén | Comparación de la forma de una pieza con respecto a otra | Clic en la pieza patrón, clic en la pieza a comparar | ESTRUCTURA CONFORMADA POR BRAZOS Y MECANISMOS DE ENGANCHE |
| Acumulación de información para comprar pieza | Consulta ayuda de la pieza seleccionada | Clic para seleccionar pieza; clic para acceder a la información técnica | |
| Verificación de las piezas componentes de la máquina | Comprar el mayor número de piezas y verificar si son o no de la máquina | Clic en la pieza y Clic en el botón devolución | |
| Ensamblaje de piezas en los puntos estructurales | Comprar, desplazar y probar la pieza en cada uno de los puntos estructurales | Clic en la pieza a comprar, Clic sostenido para desplazar la pieza, y soltar la pieza en el punto de articulación para probarla. | |
| Identificación del objeto a desplazar y estructuración mental del modelo de máquina | Compara los objetos a desplazar y toma la decisión del mecanismo a construir | Desplaza el cursor sobre los objetos. Clic en las reglas del juego. Clic en el objeto seleccionado. Clic en piezas que corresponden al mecanismo Clic sostenido para desplazar y probar las piezas en los puntos estructurales. | |
| Ensamblaje de dos tipos de piezas; las de soporte y movimiento | Ubica en forma intercalada una pieza de soporte y una de movimiento | Clic para seleccionar pieza de soporte. Clic sostenido para ubicarla en el punto estructural. Clic para seleccionar pieza de movimiento y colocarlo en el punto definido. | ESTRUCTURA CONFORMADA POR ELEMENTOS PREVIOS MANEJADOS POR LOS SUJETOS: BRAZOS Y POLEAS. ESTRUCTURA CONFORMADA POR PIEZAS DE SOPORTE Y PIEZAS QUE GENERAN MOVIMIENTO. |

Tabla 6.1. - Estrategias desarrolladas por los sujetos del grupo A

- 6 sujetos no tomaron el juicio de metamemoria como elemento condicionador de la creación de un modelo de solución. En efecto, para ellos no fue significativo contar con la administración de recursos y no se evidencia control alguno sobre las decisiones que tomaron para la construcción de la máquina.
- Un grupo conformado por 7 sujetos, identificó plenamente los componentes del problema. El juicio de metamemoria influyó en el manejo que le dieron a cada uno de los elementos constitutivos de la solución: adquisición de información, compra de piezas y devolución de piezas. Para estos sujetos su concepción de máquina se fue consolidando en la medida en que afinaban el espacio del problema, reduciendo el número de eventos utilizados en la aplicación de la estrategia de trabajo creada por ellos.
- Para los 7 sujetos restantes, la concepción de máquina se construyó a partir de la información sobre funciones de cada una de las piezas seleccionadas y del análisis de la posición en el sistema conformado por el bastidor y su estructura.

En general, los sujetos del grupo B que contaban con juicios de metamemoria desarrollaron procesos de construcción de estrategias más finas y exigentes en el manejo del número operadores y operandos utilizados, al igual que en la apropiación de la información básica para la construcción y entendimiento de las funciones de la máquina que debían construir.

1.3. CARACTERIZACIÓN GRUPO C

Los elementos de análisis para cada una de las tres estrategias que libremente los sujetos podían escoger para solucionar el problema se basan en:

- ◆ primera: la forma y estructura del conjunto de la máquina
- ◆ segunda: la identificación de funciones, forma y posición de las partes de la máquina
- ◆ tercera: la representación gráfica que el sujeto hace del mecanismo que va a construir.

| ESTRATEGIA SEGUIDA POR EL SUJETO | CARACTERIZACION DE LA ESTRATEGIA | JUICIO DE METAMEMORIA | EVENTOS FUERTES DE LA ESTRATEGIA | CONCEPCION DE MAQUINA POR EL SUJETO |
|--|--|---|---|---|
| Identificación del objeto a desplazar y estructuración mental del modelo de máquina | Compara los objetos a desplazar y toma la decisión de las piezas que considera son de la máquina. | No afectó ninguna de las decisiones tomadas por los sujetos en la construcción de la solución del problema. | Desplaza el cursor sobre los objetos. Clic en las reglas del juego. Clic en el objeto seleccionado. Clic en piezas que corresponden al mecanismo. Clic sostenido para desplazar y probar las piezas en los puntos estructurales. | NO CONSOLIDA UNA ESTRUCTURA CLARA DE LA MÁQUINA QUE DEBE CONSTRUIR |
| Relaciona la forma del objeto a movilizar y la pieza de la máquina necesaria para sujetarlo. | Prueba en los puntos estructurales la pieza seleccionada para sujetar el objeto. Intercala otras piezas y sigue probando la funcionalidad con la primera pieza. | El juicio influyo notoriamente en las decisiones de los sujetos con respecto a: manejo de información. (Invirtió en ayuda 20.000) compra de piezas (gastó 345.000 devolución de éstas (30.000). Finalmente obtuvo ganancia por valor de 605.000 | Clic en la pieza de sujeción. Clic en una segunda pieza. Clic sostenido para armar las dos piezas en los puntos estructurales. Clic sostenido para intercalar una nueva pieza. Clic sostenido para probar la pieza de sujeción seleccionada. | AFINA SU PROPIA CONCEPCIÓN DE MÁQUINA A PARTIR DE LA ÚLTIMA PIEZA CONSIDERADA ESTADO FINAL DEL PROBLEMA |
| Identifica los puntos estructurales del bastidor y mentalmente las relaciona con las piezas que considera son del mecanismo. | Desarrolla un plan de ensamble a partir de la identificación del bastidor y el señalamiento sin selección de las piezas que considera debe adquirir. Consulta información sin costo antes de la compra de cada pieza | Para estos sujetos el juicio exigió la priorización del factor de compra de piezas, donde invirtió el dinero gastado. | Clic en el objeto a movilizar. Señalar con el cursor las piezas que compraría. Clic para ir al sitio de ensamble. Identifica con el cursor los puntos estructurales. Clic en la pieza a comprar. Clic en ayuda para obtener información de la pieza seleccionada. Clic para adquirir la pieza. Clic sostenido para ubicar la pieza. | CONSTRUYE UNA CONCEPCION DE MAQUINA A PARTIR DE LA INFORMACION DE CADA UNA DE LAS PIEZAS |

Tabla 6.2. - Estrategias desarrolladas por los sujetos del grupo B

Las estrategias planteadas a los sujetos permitían trazar un camino a seguir en la construcción de la representación del espacio del problema. Los sujetos contaban con tres posibilidades que podían seleccionar libremente en cada uno de los juegos que debían realizar. La estructura en forma de texto se presentaba en tres momentos: el primero como un factor de selección obligada al ingreso del juego; el segundo como elemento de consulta libre antes de adquirir las piezas y el tercero como secuencia de pasos.

Los sujetos objeto de experimentación se organizaron en tres grupos:

- El primero, compuesto por 6 sujetos, presenta un comportamiento de selección consistente en sostener una misma estrategia en dos juegos y alternar con otra. Estos sujetos seleccionaron la estrategia a partir de la ubicación de los componentes básicos de la máquina y lograron identificar su evento relevante. En el cuadro síntesis se evidencia que no siguieron la secuencia expresada en la estrategia seleccionada y que centraron su actividad en repetir uno solo evento, a partir del cual construyeron su propia secuencia de pasos.
- El segundo grupo de 7 sujetos se caracterizó por seleccionar las tres estrategias en forma ordenada, es decir, para el primer juego la primera estrategia, para el segundo la dos y para el tercero la tres. El optar por una u otra no garantizó una evolución significativa en el seguimiento de su aplicación, al contrario, se evidencia una utilización indiscriminada de algunos eventos tomados de cada una de ellas.
- El tercer grupo conformado por 8 sujetos trabajó con una sola opción: la estrategia 1. La repetición de la lectura de la misma hizo que los sujetos consolidaran la aplicación de varios de los eventos sugeridos, situación que refleja la evolución en la concepción de máquina.

En este grupo se evidenció dificultad en el manejo del vocabulario y comprensión de los textos de cada una de las tres opciones de estrategias presentadas. Aparentemente la sugerencia de estrategias aumenta la complejidad del problema, pero a medida que se avanza en la apropiación y conocimiento de la misma, los sujetos

encuentran en ella un apoyo fundamental para el logro del objetivo planteado.

| SELECCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS | CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRATEGIA | ESTRATEGIA SEGUIDA POR EL SUJETO | EVENTOS FUERTES DE LA ESTRATEGIA* | CONCEPCION DE MAQUINA DEL SUJETO |
|--|---|---|--|---|
| 6 SUJETOS Desarrollaron la siguiente secuencia de utilización de estrategias: | | | | |
| Para el primer juego seleccionaron la estrategia 1 basados en la forma de la máquina. | Identificación de la información sin costo. Adquisición de las piezas de acuerdo con la forma del objeto | Adquirir todas las piezas del almacén. Probar las piezas de soporte. | Tomar una pieza como punto de referencia | Trata de consolidar una concepción de máquina como una estructura de brazos Identifica movimiento y soporte de las piezas. |
| En el segundo juego toma la estrategia tres. | Estructuración plan de ensamblaje. Utilización de la opción devolución. | Ubicar una pieza para tomarla como punto de referencia de otras semejantes | Tomar el botón devolución | |
| En el tercer juego intentan nuevamente con la primera estrategia | Identificación de las piezas a través del manejo de la ayuda y utilización de la opción devolución | Acentúa el manejo de la información para adquirir las piezas | Selecciona una pieza y verifica la información con el botón de información técnica | |
| TABLA 6.3A. Determina el camino de solución . Aquí el sujeto entiende el problema y la solución. | | | | |

| SELECCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS | CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRATEGIA | ESTRATEGIA SEGUIDA POR EL SUJETO | EVENTOS FUERTES DE LA ESTRATEGIA* | CONCEPCIÓN DE MÁQUINA DEL SUJETO |
|--|---|--|--|---|
| 7 SUJETOS avanzan en la solución del problema de acuerdo con la utilización de la siguiente orden de estrategias: | | | | |
| Primer juego, seleccionaron la estrategia 1 basados en el manejo de la información. | Conocimiento de la información a partir del botón ayuda. Organización de las piezas seleccionadas a partir del objeto a mover | Selección de la pieza y conocimiento de la información técnica. Realiza plan de ensamblaje a partir del botón devolución. Ensambla piezas de soporte y las combina con las de movimiento. | Selección de las piezas propias de la máquina a partir del botón evolución. | Maneja el concepto de máquina como un sistema compuesto por elementos de soporte y dinámicos. |
| Segundo juego, estrategia utilizada la número 2, basada en la forma de las piezas finales de la máquina y la del objeto a movilizar. | Identificación y reconocimiento de la forma del objeto. Selección de piezas que permitan el agarre del objeto. Identificación de la utilidad del botón devolución | Busca ensamblar las piezas por fuera de los puntos estructurales. Prueba las piezas cuya función es la de agarre del objeto. Ubica el espacio de construcción de la máquina a partir del sitio donde está ubicado el objeto. | Identificación del botón ayuda y el manejo de la información antes de adquirir la pieza seleccionada | Proyecta dos concepciones de máquina: la primera basada en la integración del objeto a movilizar la cuerda y las piezas de agarre; en la segunda toma los elementos anteriores pero los ubica en el bastidor como punto estructural para lograr movimiento. |
| Para el tercer intento selecciona la estrategia 3, fundamentada en la prueba de la pieza en los puntos estructurales del bastidor | Identificación de las piezas a través del manejo de la ayuda y utilización de la opción devolución. | Probar cada pieza en todos los puntos estructurales posibles hasta lograr su ubicación. De lo contrario devolvía la pieza al almacén y las siguientes las adquiría consultando ayuda | Probar cada pieza en los puntos estructurales | Trato de consolidar el concepto de sistema de movimiento y enganche |
| 8 SUJETOS determinaron trabajar los tres juegos con la misma estrategia, se analiza con la primera | Forma y estructura de la máquina | Recorrieron todas las veces los puntos estructurales del bastidor y de ellas mismas tratando de ensamblarlas de acuerdo con la forma | Clasificar las piezas de la máquina a través del botón devolución | El modelo de máquina lo consolidan a partir de la concepción de enganche del objeto |

Tabla 6.3b - Estrategias desarrolladas por los sujetos del grupo C

El grupo no avanzó en la construcción de estrategias nuevas caracterizadas como fuertes y se limitó hacer una replica de los eventos considerados en las estrategias sugeridas. Se puede inferir que las sugerencias de estrategias actuaron como ordenadores de los procesos de búsqueda de solución y no restringieron la construcción de sus propias estrategias.

En la tabla 6.3. se relaciona el comportamiento del grupo que resolvió el problema incluyendo juicios de metamemoria

1.4. CARACTERIZACIÓN GRUPO D

En este grupo se conjugan sugerencias de estrategias y activadores de juicios de metamemoria. La intención es comprobar la influencia combinada de estos dos componentes en los procesos de resolución de problemas.

Para el análisis de esta condición, al igual que para el grupo B, se organizaron tres grupos de la siguiente forma: un primer grupo que trabaja con la misma estrategia en tres juegos; un segundo que soluciona dos juegos con la misma estrategia y el tercer juego con una estrategia diferente; el tercer grupo maneja tres estrategias diferentes.

La tabla 6.4. sintetiza el comportamiento de los sujetos - 20 en total- en los tres grupos referidos anteriormente.

Es importante resaltar que los sujetos que escogieron estrategias diferentes no se diferencian de los que escogieron una sola estrategia. La evidencia de la relación entre sugerencia de estrategia y activador de juicio de metamemoria se puede ver a través de las tres fases del aprendizaje: Descubrimiento, Consolidación1 y Consolidación 2.

En la etapa de Descubrimiento los sujetos marcaron una de las tres estrategias planteadas y no tuvieron en cuenta el control sobre el gasto para la construcción de la máquina. Su nivel de conocimiento fue muy bajo evidenciado por la lectura rápida del problema y la no-utilización de la ayuda.

Durante la Consolidación 1, es decir, en el segundo juego, los sujetos percibieron y apropiaron alguna información básica tomada de la estrategia seleccionada o de los ejemplos de ayuda. Aquí parece que se mantiene un nivel de conocimiento tomado de la experiencia anterior que le permite controlar mejor el manejo de la inversión en la búsqueda de la solución.

Finalmente en la etapa de Consolidación 2, se da una búsqueda de un diseño pertinente para la solución. Los sujetos aplican la estrategia seleccionada y controlan el manejo de la inversión.

| CARACTERIZACIÓN DE LOS JUICIOS DE METAMEMORIA Y DE LAS ESTRATEGIAS | RELACION ENTRE LOS JUICIOS Y LOS EVENTOS DE LA ESTRATEGIA | INFLUENCIA DE LAS ESTRATEGIAS EN LOS JUICIOS DE METAMEMORIA | VALORACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO |
|--|---|---|--|
| Etapa de Descubrimiento | | | |
| <p>El juicio de metamemoria en el primer juego refleja un alto nivel de conocimiento del problema.</p> <p>La estrategia seleccionada es la 2, fundamentada en el manejo de la forma de las piezas y el objeto a movilizar.</p> | <p>Explora todos los componentes del ambiente. Evalúa la pertenencia de la pieza con el botón devolución. Prueba todos los puntos estructurales.</p> <p>Con relación al juicio gasta un 61% del total del presupuesto. Se evidencia un control y regulación en la transferencia del conocimiento.</p> | <p>No se evidencia una relación sino un manejo independiente de cada uno de estos factores</p> | <p>Generaliza el éxito logrado con la posición de una pieza y lo pretende transferir a todas las piezas de la misma forma. Avanza en el conocimiento y manejo a partir de la evaluación de la pertenencia o no de las piezas: Indica un alto nivel de predicción</p> |
| Etapa de Consolidación 1 | | | |
| <p>Toma la segunda con el mismo criterio de selección</p> | <p>Proyecta una retención del conocimiento de los eventos exitosos en un 80% del total de las piezas a ubicar. Controla el gasto y reduce la inversión en un 70% a partir de seleccionar con mayor precisión las piezas propias de la máquina. Se presenta una mayor precisión sobre la predicción del conocimiento de la estructura de la máquina.</p> | <p>La estrategia consolida algunos eventos exitosos de ubicación de las piezas en la estructura. Se presenta una correlación entre los juicios y estrategias a partir de la retención de información sobre la solución del problema.</p> | <p>Afianza su nivel de predicción sobre el manejo de la forma y ubicación de las piezas en la estructura.</p> |
| Etapa de Consolidación 2 | | | |
| <p>Acentúa su criterio de selección para seleccionar la segunda estrategia.</p> | <p>Recupera en un 100% la información exitosa sobre las piezas y su estructura. La inversión para la construcción de la solución la reduce al mínimo costo.</p> | <p>Aplica su conocimiento en la construcción del mecanismo exigido como solución.</p> <p>Selecciona con seguridad el proceso de búsqueda de las piezas y su ubicación. Se evidencia confianza en la construcción de la solución del problema.</p> | <p>Reafirma su conocimiento a partir de la secuenciación de los eventos exitosos exigidos para la construcción de la máquina.</p> |
| Tabla 6.4. - Relación entre Juicios de Metamemoria y Estrategias desarrolladas por los sujetos del grupo D | | | |

1.5. GENERALIZACIÓN.

La consolidación de estrategias puede verse como un proceso en el cual se pone en ejercicio la capacidad de analizar y sintetizar los procesos de pensamiento.

La experiencia ganada por el sujeto a través de resolver un problema en varias oportunidades, hace que evolucione su representación – espacio del problema. Frente a problemas nuevos, el sujeto genera representaciones para las cuales evalúa la validez de las estrategias aplicadas a problemas anteriores.

Factores como el tiempo, número de eventos, control en la inversión, número de ensayos efectivos y equivocados, son referentes para inferir el nivel de generalización expresado en las reglas de producción.

Los sujetos seleccionados para realizar el análisis de generalización son los mismos 20 sujetos que se venían estudiando durante el proceso referenciado en las tablas anteriores. La organización de los datos se hace teniendo en cuenta la siguiente condición: sujetos que no fueron entrenados con escogencia de estrategias y sujetos que tuvieron esa experiencia de aprendizaje.

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La tabla 6.7 presenta una síntesis sobre el comportamiento de los sujetos que contaron con experiencias previas orientadas por estrategias que podían seguir para solucionar el problema y los que no tuvieron esa posibilidad. La forma de organización de la información de los 20 sujetos de cada uno de los grupos se realizó así: grupo A en contraste con el grupo B y grupo C con el D.

Es importante tener en cuenta que todos los sujetos de los grupos contaban con una prueba de generalización, donde tenían la posibilidad de demostrar la transferencia o creación de nuevas estrategias y evidenciar las diferencias significativas logradas cuando usaban estrategias fuertes.

| CARACTERIZACION DE SUS PROPIAS ESTRATEGIAS | TIEMPO GLOBAL UTILIZADO | CARACTERIZACION DE LOS EVENTOS EXITOSOS |
|--|---|---|
| Selección de la estrategia por la forma de la pieza. | Entre 200 y 400 segundos se encuentran 6 sujetos. | Para el modelo de máquina de mordazas la mayoría de los eventos están orientados a manejar aguilones. El promedio de eventos para lograr ubicar con éxito una pieza es de 37. |
| Estructuración de la estrategia a partir de la compra total de las piezas y clasificación de las que corresponden a la máquina. | Entre 400 y 600 segundos se incluyen 7 sujetos. | El modelo de máquina construido es la de gancho. La mayoría de los movimientos se hacen sobre las poleas. La ubicación de una pieza con éxito es de 58 eventos en promedio. |
| Estructuración de un modelo mental de la máquina a partir de la forma del objeto a movilizar. | Entre 600 y 700 segundos se ubican 4 sujetos. | Para el modelo de elevador un alto número de eventos se orientó a colocar la uña. El promedio para ubicar las piezas fue de 58 eventos. |
| Identificación de las funciones de las piezas a partir del manejo de la ayuda textual y gráfica. Planeación de un sistema de ensamble. | Entre 700 y 800 están 3 sujetos | Estos sujetos trabajaron con el modelo de máquina de mordazas. La mayoría de los eventos se orientaron a manejar el aguilón y el cilindro hidráulico. El número de eventos promedio se dio en 68 eventos. |
| Tabla 6.5. Sujetos que no contaron con escogencia de estrategias en el proceso de descubrimiento | | |

| CARACTERIZACION DE ESTRATEGIAS FUERTES | MODELO DE MAQUINAS | ESTRATEGIAS-UTILIZADAS | TRANSFERIDAS | TIEMPO GLOBAL UTILIZADO | CARACTERIZACION EVENTOS EXITOSOS |
|---|--|------------------------|-------------------|-------------------------|--|
| <p>Modelo mental: forma y clasificación de las piezas</p> <p>Manejo de información</p> <p>Acoplar piezas</p> <p>Devolver de piezas</p> | Tres sujetos tomaron las poleas como modelo para la generalización | 1,2,2 | 2 | 524 | Promedio 58 eventos para logra la ubicación de la primera pieza en su lugar |
| <p>Manejo de información</p> <p>Adquisición de piezas por la forma del objeto</p> <p>Probar la pertenencia de las piezas</p> <p>Modelo mental: plan de ensamblaje</p> | <p>Cuatro sujetos tomaron el elevador para la generalización.</p> <p>Dos la realizaron con el modelo de mordaza y uno con poleas</p> | 1,1,1 | 1 | 851 | Promedio 75 eventos para obtener el primer resultado exitoso en la solución. |
| No se sigue una estrategia se combinan elementos de las tres en distinto orden y sin ninguna secuencia. | En esta situación cuatro sujetos toman como modelo de generalización la mordaza y el elevador | 1,3,2 ó 1,2, 3 | Evento devolución | 557 | Promedio 65 eventos |
| <p>Modelo mental: forma y clasificación de las piezas</p> <p>Manejo de información</p> <p>Acoplar piezas</p> <p>Devolución de piezas</p> | Seis sujetos consideraron el elevador como elemento de generalización. | 2,2,2 | 2 | 735 | Promedio 61 eventos se necesitaron para lograr el primer éxito en la ubicación de una pieza. |

Tabla 6.6. Sujetos que contaron con escogencia de estrategias en el proceso de descubrimiento

| ESTRATEGIAS APRENDIDAS QUE FUERON TRANSFERIDAS (producciones viejas) | ESTRATEGIAS NUEVAS QUE DAN ORIGEN A AJUSTES EN EL PROCESO DE SOLUCIÓN (Producciones nuevas) | ESTRATEGIAS ORIENTADAS A FUNCIONES COMPLEMENTARIAS NO RELACIONADAS CON LA SOLUCION (Otras producciones) | COMENTARIOS |
|---|---|---|--|
| Construcción de modelo mental: forma objeto a movilizar y mecanismo a construir | Identificación de las piezas de soporte y movimiento | Construcción de sistemas de enlace entre piezas diferentes pero complementarias. | Las nuevas producciones las realiza a partir del segundo juego |

Tabla 6.7a. Grupo 1 sin estrategias ni juicios

| ESTRATEGIAS APRENDIDAS QUE FUERON TRANSFERIDAS (producciones viejas) | ESTRATEGIAS NUEVAS QUE DAN ORIGEN A AJUSTES EN EL PROCESO DE SOLUCIÓN (Producciones nuevas) | ESTRATEGIAS ORIENTADAS A FUNCIONES COMPLEMENTARIAS NO RELACIONADAS CON LA SOLUCION (Otras producciones) | COMENTARIOS |
|--|--|---|--|
| <p>Construcción de modelo mental: forma y clasificación de las piezas.</p> <p>Manejo de la información para la adquisición de las piezas.</p> <p>Estructuración de un plan de ensamble</p> | <p>Valoración de la información en términos de costo.</p> <p>Identificación de los componentes del juego.</p> <p>Identificación del fenómeno de pertenencia o no de la pieza a la máquina.</p> | <p>Estructuración y elaboración de un plan de inversión.</p> | <p>Las nuevas producciones las incorpora a partir del primer juego</p> |

Tabla 6.7b. Grupo 2 con estrategias y juicios

Para explicar la transferencia de estrategias o de aprendizajes se tomó como indicadores de contrastación el tiempo global utilizado para la solución y el número de clics exitosos que utilizó para ubicar una pieza en el punto estructural correcto –eficiencia-.

| GRUPO | No. DE JUEGO | TIEMPO UTILIZADO | No. CLICS PARA CADA EXITO |
|-----------------|----------------|------------------|---------------------------|
| SIN ESTRATEGIAS | PRIMERO | 549 | 106 |
| | SEGUNDO | 654 | 25 |
| | TERCERO | 703 | 22 |
| | GENERALIZACION | 543 | 55 |

Tabla 6.8a. Indicadores de generalización para grupos sin sugerencia de estrategias

| GRUPO | No. DE JUEGO | TIEMPO UTILIZADO | No. CLICS PARA CADA EXITO |
|-----------------|----------------|------------------|---------------------------|
| SIN ESTRATEGIAS | PRIMERO | 962 | 127 |
| | SEGUNDO | 1084 | 27 |
| | TERCERO | 1166 | 19 |
| | GENERALIZACION | 667 | 65 |

Tabla 6.8b. Indicadores de generalización para grupos con sugerencia de estrategias

La lectura y análisis de los datos nos permite plantear las siguientes comprensiones:

Los sujetos del grupo que no contaron con estrategias ni con juicios de metamemoria en primera instancia exploraron al azar las diferentes piezas de ensamblaje. No revisaron la ayuda como punto de orientación para el proceso de búsqueda de solución. El modelo de máquina que lograron conceptualizar no fue muy diferente al que los sujetos tenían antes de enfrentar el problema. Su representación después de resolver los tres primeros juegos los llevó a ver la máquina solamente como una estructura con brazos.

En el grupo B, que a diferencia del anterior contó con activadores de juicios de metamemoria, los datos posibilitan ver con claridad que en una primera instancia los juicios no fueron tenidos en cuenta en las decisiones de los eventos que pretendían desarrollar los sujetos. En los dos juegos siguientes ya se nota conciencia de la existencia de estos juicios como procesos reguladores y se muestra una mejor planeación y dosificación de eventos. Conceptualmente, a diferencia del anterior, afinan la concepción de máquina a partir de la consulta de información técnica de las piezas y forman la idea de máquina como una estructura de agarre.

Estos dos grupos en la etapa de generalización caracterizada en las Tablas 6.7a. y 6.8a. nos permiten inferir que:

- Las estrategias que construían los sujetos de los grupos A y B estaban centradas en la forma de las piezas y en la compra de todas ellas. Con respecto al tiempo, los datos reflejan preocupación por la eficiencia, es decir, importaba gastar menos tiempo en los eventos sin contar con la planeación del éxito del procedimiento.
- Las nuevas producciones aparecen a partir del segundo juego a través de la clasificación entre piezas de movimiento y de soporte. Las producciones viejas se reflejaron en la repetición de los eventos para comprar la totalidad de las piezas sin criterio.

Las tablas 6.7b y 6.8b muestran los datos correspondientes a los grupos C y D, a partir de los cuales hacemos las siguientes inferencias:

- En los primeros juegos es notoria la dificultad para seguir los procedimientos exigidos por la estrategia seleccionada. Estos se combinan con otros eventos que en ocasiones pertenecen a estrategias no seleccionadas. En cuanto a la concepción de máquina en el primer juego no se presentan diferencias con respecto a las de los grupos anteriores.

- En el segundo y el tercer juego los sujetos aprenden a seguir secuencias de eventos y logran desarrollar en forma más estricta la estrategia seleccionada. Con respecto a la construcción del concepto de máquina éste se amplía: entienden que existen varios tipos de máquina que cumplen funciones diferentes. Este resultado lo alcanzan después de identificar las formas de los objetos que se deben transportar.
- En la etapa de generalización estos sujetos logran identificar que es más exitoso trabajar con la misma estrategia con la cual realizaron los primeros juegos e identifican los eventos fuertes que transfieren. El concepto de máquina se construye identificando elementos de soporte y dinámicos que se enlazan para generar un primer mecanismo que se repite – a manera de subestructura - a medida que se avanza en la solución.
- Los sujetos del grupo D demostraron en el primer juego una gran dificultad para articular los juicios de metamemoria con las estrategias. En el segundo y tercer juego logran una primera aproximación de relación entre estos dos elementos sobre la base de la retención de información, llegando a establecer una regularidad entre la estrategia seleccionada y el nivel de conocimiento reflejado en el manejo del juicio. La consolidación del modelo de máquina lo estructuran desde el inicio del juego: establecen una relación sistemática entre adquisición de información y compra de las piezas.

Los grupos C y D en la etapa de generalización utilizan como punto de referencia constante la información textual o gráfica, tomándola como ejemplos de contrastación para la decisión que iban a tomar. Generan un plan de ensamblaje a partir de relacionar los escenarios de: selección de objetos; almacén y sitio de ensamble. Es evidente que para este grupo las producciones viejas se convierten en puntos de apoyo para lograr la construcción de producciones nuevas y resolver el problema. Con respecto al tiempo se debe resaltar que éste se incrementa considerablemente, pero, se mantiene constante el número de eventos para lograr cada éxito.

Las situaciones referidas anteriormente nos permiten esbozar algunas conclusiones sobre si existen diferencias significativas de los sujetos que lograron solucionar problemas a partir de optar por estrategias planteadas y los que no; de otra parte nos interesa explicar la diferenciación en términos del número de estrategias usadas y transferidas en las mismas situaciones descritas. Al respecto podemos afirmar las siguientes consideraciones:

1. - Si entendemos los modelos como diseños y cuando son mentales los consideramos como elementos orientadores o dificultadores de la comprensión del problema, podemos afirmar que: los sujetos que se enfrentaron únicamente con su propio modelo mental de máquina a resolver el problema presentaron una confrontación entre el modelo diseñado en el ambiente computacional y su propio modelo mental. Esta situación inhabilitó el avance en el proceso de comprensión, impidiéndolo un razonamiento basado en reglas de producción que lo llevara a la solución del problema.

2. La sugerencia de estrategia es un procedimiento diseñado para ayudar a realizar un determinado fin, sin contar con que garantice el éxito – un tipo de heurística - .Se proyecta como una posibilidad de organización del pensamiento. Los grupos que contaron con la posibilidad de optar por una de las tres estrategias y de valorar su propio nivel de conocimiento hicieron uso consistente de la información textual y gráfica del ambiente de la tarea para mejorar la representación del problema.

3. Con respecto a la transferencia de estrategias y a la utilización de éstas, se evidencia que los sujetos que siguieron consistentemente las sugerencias crearon con facilidad estrategias nuevas y fueron coherentes en el planeamiento de los procedimientos a utilizar para encontrar la solución, además logran mejorar los niveles de comprensión y utilización de todos los componentes del escenario experimental presentado.

2. ANALISIS DE LOS COMPORTAMIENTOS PRESENTADOS POR LOS SUJETOS DE LOS DIFERENTES GRUPOS EN EL MÓDULO DE POSICIÓN Y DIRECCIÓN

Este módulo está orientado a desarrollar habilidades de razonamiento espacial. Siguiendo a Hernández, (1995), se precisan tres componentes básicos para que un sujeto realice orientación: un objeto a orientar; un objeto de referencia y un punto de vista del observador.

Los sujetos que se tomaron para desarrollar esta experiencia se organizaron también en cuatro grupos: Un grupo denominado de control, se identifica como A; el B corresponde a los sujetos con activadores de juicios de metamemoria; el C tenía sugerencias de estrategias y el D combina activadores y sugerencias de estrategias. Es importante resaltar que todos los grupos contaban con tres juegos secuenciales y uno de generalización, en el cual se suprimen los ángulos visuales. El problema se configura en forma aleatoria cada vez que el usuario reinicie el juego.

El objetivo del análisis es inferir y predecir los modelos mentales que el sujeto pretendía estructurar con relación a la orientación y posición del observador, en un espacio bidimensional con un ambiente computacional.

2.1. CARACTERIZACIÓN GRUPO A

Este grupo conformado por 10 sujetos que no contaban con activadores de juicios de metamemoria ni sugerencia de estrategias, presenta las siguientes situaciones: los sujetos en el primer juego desarrollan exploraciones al azar, sin contar con la

estructuración de estrategias fuertes que logren la solución del problema. La eficacia y la eficiencia calculadas muestran valores relativamente bajos. En el segundo juego los sujetos se aproximan a manejar la orientación como marco de referencia para estructurar una estrategia. Los indicadores de eficacia y eficiencia son bajos. En el tercer juego se evidencia una mejor comprensión del problema dado que logran incorporar el tamaño como punto de contraste entre los elementos que deben relacionar. Los valores de eficacia y eficiencia se incrementan como aparecen en la tabla 6.9b.

En la etapa de generalización los sujetos muestran una gran dificultad en la comprensión del problema, situación que se ve reflejada en la imposibilidad de transferir algunos procedimientos exitosos de los juegos anteriores y en la dificultad para establecer una relación entre tiempo, eventos y éxitos, lo cual se refleja en un nivel bajo de eficacia y eficiencia.

Las afirmaciones anteriores se sustentan en los datos registrados en los cuadros 9.a y 9.b. Los sujetos en las etapas de descubrimiento y consolidación demuestran un progreso en la comprensión del problema. En la etapa de generalización regresan a los niveles de las etapas anteriores. Con respecto a las estrategias, los usuarios lograron consolidar algunos eventos pero predomina el trabajo al azar.

| Juegos | Descripción espacial | Relación entre posición y dirección | INFERENCIAS |
|------------------|--|--|---|
| Descubrimiento | Exploran las diferentes zonas de trabajo sin ninguna regularidad | No logran articular estos componentes como elementos orientadores al proceso de solución | No integraron a la solución del problema el manejo de la información. El vocabulario no era de su conocimiento. Los elementos componentes del problema no se tomaron como indicadores que facilitaban la comprensión de este. |
| Consolidación I | Determinan como zona de búsqueda el frente con sus variaciones: frente izquierda y frente derecha. | Se aproximan a manejarlos como orientadores en la determinación de la zona de ubicación del observador | Delimitan una zona como espacio de búsqueda Incorporan algunos componentes del problema como puntos de apoyo para configurar un ambiente que les facilita la comprensión del problema |
| Consolidación II | Identifican además de las anteriores las zonas de ubicación atrás izquierda y atrás derecha | Determinan igualar la posición de un segmento relacionándolo con el estado final del problema. | Comparan la posición y el tamaño de un segmento de la zona de trabajo con respecto a su equivalente ubicado en una de las ventanas que representan el estado final del problema. |
| Generalización | Logran integrar en forma alterna pero sin ningún orden todas las zonas como puntos de ubicación del observador | Transforman el tamaño de los indicadores del estado final del problema como puntos de referencia para precisar la ubicación del observador | Incluyen la escala como alternativa que les permite ver en diferentes tamaños la representación del estado objetivo del problema. |

Cuadro 6.9.a.- Caracterización del grupo A

| Juegos | Tiempo global | No. ensayos | Eficacia | Eficiencia |
|-----------------|---------------|-------------|--|--|
| Descubrimiento | 398 | 121 | 1/121 = .008 baja alto nivel de dificultad | 1/398 = .0025 baja gran cantidad de tiempo por éxito |
| Consolidación 1 | 205 | 80 | 1/80 = .012 baja reduce el nivel de dificultad | 1/205 = .0049. baja menor cantidad de tiempo por éxito |
| Consolidación 2 | 150 | 41 | 1/41 = .02 baja reduce aún más el nivel de dificultad | 1/150 = .006 baja disminuye el tiempo por evento |
| Generalización | 143 | 38 | 1/38 = .026 baja continúa la reducción del nivel de dificultad | 1/143 = .007 baja continúa disminuyendo el tiempo por evento |

Cuadro 6.9b. Relación entre eficacia y eficiencia. Grupo A

2.2. CARACTERIZACIÓN GRUPO B

| Juegos | Descripción Espacial | Juicios Metamemoria | Inferencias |
|------------------|---|---|---|
| Descubrimiento | Exploración periférica formando un círculo imaginario alrededor de los objetos. | Incorporan el tiempo como un activador en la búsqueda de la solución | Compiten contra el tiempo situación que los lleva a realizar una búsqueda no sistemática |
| Consolidación I | Determinan la zona de búsqueda tomando como puntos de referencia la distancia. Realizan la búsqueda explorando la zona frontal derecha e izquierda. | Toman el tiempo utilizado en el primer juego como parámetro para fijar el tiempo en el nuevo juego sin tener en cuenta sus niveles de comprensión del problema. | No logran establecer una relación entre el tiempo previsto y los niveles de manejo del problema. |
| Consolidación II | Delimitan el área de búsqueda. Explora las zonas inferior izquierda y derecha tomando como modelo la configuración de uno de los indicadores objeto del problema. | Toman como evaluador de su conocimiento el tiempo máximo previsto. | Tratan de relacionar el manejo del problema con el tiempo como indicador de logro. |
| Generalización | Ubican la zona de búsqueda a partir de identificar componentes básicos de orientación y posición dados por la ayuda. Optan por explorar la zona frontal y sus adyacentes. | No tenían la posibilidad de determinar la cantidad de tiempo a utilizar. Se calcula solamente el real. | Se transfirió el tiempo como elemento regulador de las decisiones con respecto a la búsqueda de la solución |

Tabla 6.10a.- Caracterización del grupo B

El grupo B que debía incorporar en la representación del problema un mecanismo activador de juicios de metamemoria, representado en la cantidad de tiempo a utilizar para resolverlo, expresa los siguientes comportamientos: en el primer juego, prevén la mayor cantidad de tiempo posible de lo que se infiere que su cálculo no está basado en entender que el tiempo se toma como un criterio para evaluar el conocimiento que poseen sobre el problema; esta situación se comprueba en la diferencia existente entre la cantidad de tiempo previsto y utilizado. Datos indicados en los Tablas 6.10a. y 6.10b.

| Juegos | No. ensayos | Juicios | | | Eficacia | Eficiencia |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|------------|---|--|
| | | Tiempo previsto | Tiempo real | Diferencia | | |
| Descubrimiento | 80 | 523 | 453 | 60 | 1/80 = .0125 baja muestra un alto nivel de dificultad | 1/453 = .0022 baja utiliza mucho tiempo para lograr un éxito |
| Consolidación 1 | 195 | 368 | 543 | 175 | 1/195 = .0051 baja aumenta considerablemente el nivel de dificultad | 1/543 = .0018 baja utiliza mucho tiempo para lograr un éxito |
| Consolidación 2 | 80 | 446 | 143 | 303 | 1/80 = .0125 baja muestra un alto nivel de dificultad | 1/143 = .0069 baja utiliza menor tiempo para lograr un éxito |
| Generalización | 78 | 0 | 186 | | 1/78 = .013 bajo muestra un alto nivel de dificultad | 1/186 = .0053 baja incrementa el tiempo para lograr un éxito |

Tabla 6.10b.- Relación entre eficacia y eficiencia. Grupo B

CAPÍTULO VII

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

1. Resumen de especificaciones metodológicas

El presente trabajo se centra en el estudio del efecto de los activadores de juicios de metamemoria y la sugerencia de estrategias en el desarrollo de habilidades de razonamiento espacial.

Se escogieron como variables dependientes la Eficacia y la Eficiencia, las cuales se integran en el constructo Rendimiento. La primera se define como la relación entre eventos exitosos y el total de eventos invertidos en la solución de un problema y la segunda como la relación entre eventos exitosos y la cantidad de tiempo requerido para resolverlo. Para responder a la pregunta cuánto rinde por unidad de tiempo se introdujo el concepto de Rendimiento definido como la eficacia dividida por la cantidad de tiempo. Al integrar eficacia y tiempo se tiene un concepto que integra la Eficacia con la Eficiencia.

En el aprendizaje de los juegos se consideraron tres etapas con el propósito de hacer más transparente el desarrollo de las habilidades de solución de los problemas, en coherencia con la evolución de la curva de aprendizaje (Gráfica 7.1). En efecto, los estudios clásicos de la psicología muestran un mejoramiento más acelerado en los inicios y una aceleración menos acentuada al final de un proceso (Restle y Greeno, 1970). En juegos de descubrimiento como los considerados aquí la primera experiencia exitosa tiene un alto costo en esfuerzo y tiempo y en las siguientes estos factores tien-

den a disminuir. El análisis hecho permite hacer el contraste de estas etapas, así como valorar el impacto de las variables independientes en momentos diferentes de la maduración del proceso de aprendizaje.

El registro y admisión de sujetos, el control de secuencia, la administración de variables independientes y la recolección y codificación de datos estuvieron a cargo de un programa de computador desarrollado en el lenguaje OpenScript de Toolbook CBT versión 4.0¹.

150 estudiantes de décimo y undécimo grado de educación vocacional del Instituto Pedagógico Nacional anexo a la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá fueron asignados de manera aleatoria a las cuatro condiciones experimentales y desarrollaron las sesiones de aprendizaje en dos jornadas de 6 horas con un intermedio de dos días entre sesión. Los juegos desarrollados para esta investigación, en un total de nueve, fueron presentados así: En la primera jornada estudiaron los primeros seis y en la segunda los tres últimos. A final de cada juego los estudiantes podían tomar descanso si lo deseaban. Los sujetos dispusieron del tiempo que cada uno requirió para la solución de cada problema.

Se contó con la colaboración de los profesores de la Institución, a los cuales se les dio a conocer el software y los objetivos del proyecto de investigación. A los alumnos se les presentó el estudio de estos juegos como una actividad complementaria a la asignatura de formación en tecnología y se les hizo una introducción donde se les mostró la importancia de la temática en la formación de habilidades de razonamiento espacial y sus aplicaciones en el diseño. También se les explicaron los procedimientos para desarrollar las sesiones de trabajo.

El programa de computador genera un registro de eventos y tiempo, con base en los cuales calcula la Eficacia, Eficiencia y Rendi-

¹ ToolBook tiene propiedad registrada por Aymetrix Corporation

miento, y un protocolo en forma de programa ejecutable – simulador - que permite seleccionar cualquier sujeto y replicar todo el proceso seguido por él en la solución del problema. Estos datos alimentan dos tratamientos: uno cuantitativo y otro cualitativo.

El análisis cuantitativo se desarrolló a partir de los datos obtenidos de la aplicación de siete juegos que se presentaron a los sujetos siguiendo la misma secuencia. Se obtuvo, en consecuencia, un sistema de replicaciones sistemáticas que trata, por un lado, de tener una muestra de sesiones suficientemente largas de aprendizaje y, por otro, de observar el efecto de parámetros que pueden condicionar la influencia de las variables estudiadas.

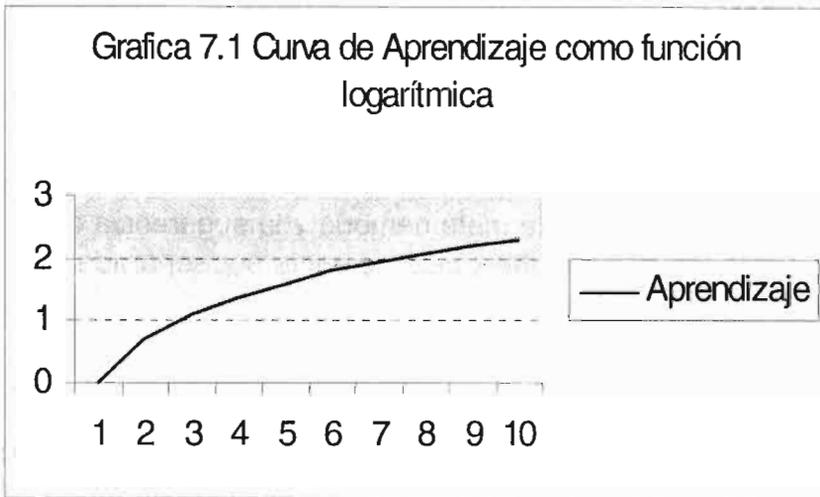
En el análisis cuantitativo se aplicaron dos métodos estadísticos: un análisis factorial de varianza para evaluar el efecto de los activadores de juicios de metamemoria y la sugerencia de estrategias sobre las tres variables dependientes por separado y un análisis de regresión múltiple para evaluar la generalización de estrategias entre parejas de juegos.

El análisis cualitativo se hace con base en la ejecución de los simuladores para un número más limitado de sujetos en dos de los nueve juegos. Este análisis hace una descripción a profundidad de los mismos aspectos estudiados de manera global por los modelos estadísticos y, por tanto, cumplen la función de incrementar la comprensión del fenómeno estudiado y aumentar las posibilidades de explicación.

2. Conclusiones

2.1. Evolución de la curva de aprendizaje

La Gráfica 7.1 ilustra una concepción de curva de aprendizaje que se ajusta a una función logarítmica. El eje X representa los ensayos y el eje Y los resultados de aprendizaje. Si tomamos dos ensayos en secuencia se muestra que el anterior tiene más impacto que el siguiente sobre la variable dependiente, es decir, es una función de aceleración negativa (Restle y Greeno, 1970).

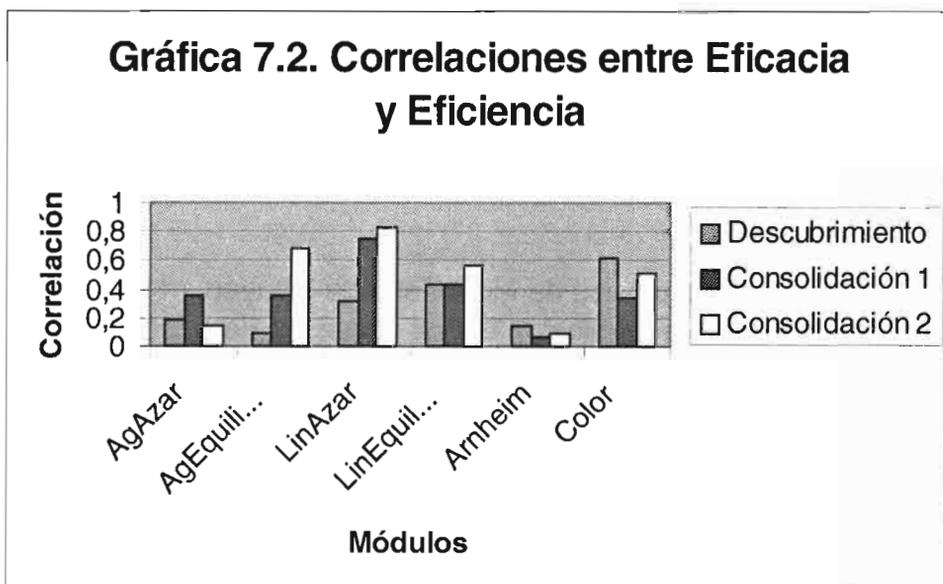


Los datos son consistentes con las investigaciones hechas sobre modelos de aprendizaje y permiten una mejor comprensión de los hallazgos de investigación sobre aprendizaje autodirigido y metacognición. Sobre la base del nivel de la etapa de descubrimiento se puede predecir un incremento en los valores de las variables dependientes en la etapa de Consolidación 1. Sin embargo, si se toma la etapa de Consolidación 1 y se relaciona con la de Consolidación 2 este incremento tiende a ser menor que el primero. Los incrementos en sesiones avanzadas tenderán a mejorar en niveles muy pequeños sin que los sujetos lleguen a suprimir totalmente la probabilidad de error, lo cual puede explicar la observación eventual de puntajes decrecientes con respecto a sesiones previas y la formación de niveles fluctuantes.

2.2. Dinámica de las variables dependientes.

La evolución de los datos a través de las tres etapas - Descubrimiento, Consolidación 1 y Consolidación 2 - es consistente con la evolución de una curva de aprendizaje y se encuentra que el impacto sobre la eficacia, eficiencia y rendimiento de la etapa de descubrimiento es mayor que la etapa de consolidación 1 y ésta aporta más que la de consolidación 2.

La selección de las variables Eficacia y Eficiencia permite observar aspectos complementarios en el desarrollo de los procesos de aprendizaje. Estas dos variables tienden a mostrar niveles de interdependencia en etapas avanzadas del aprendizaje que se pueden observar por la tendencia al incremento en los niveles de correlación (Gráfica 7.2). La tendencia inicial de los sujetos es preocuparse por resolver el problema sin importar el tiempo. Este hecho explica que el impacto se refleje en primera instancia sobre la eficacia y que la eficiencia se afecte posteriormente. Una preocupación temprana por la eficiencia no parece natural y cuando esto sucede se observa desorganización en los procesos de búsqueda que puede tomarse como indicador de la aparición de efectos motivacionales negativos para el éxito en la solución del problema.



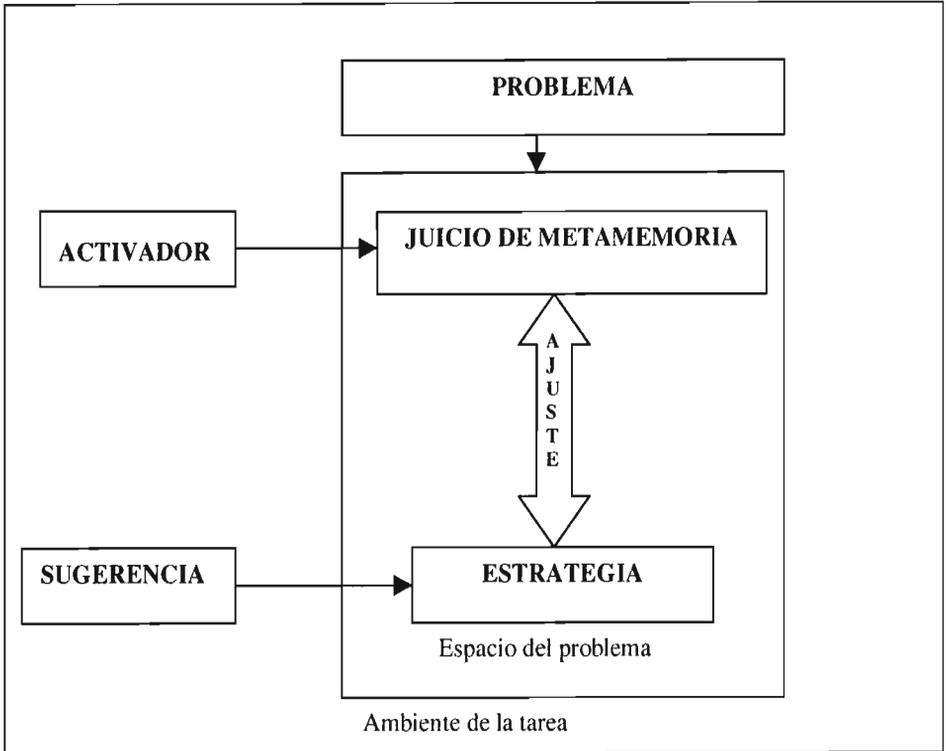
Cuando los estudiantes logran establecer pautas de búsqueda conducentes a la solución, aparece influencia de las variables independientes sobre la eficiencia – forma de economía de tiempo en el aprendizaje -. El hallazgo de que la eficiencia refleja con mayor sensibilidad la generalización puede indicar que los procedimientos de búsqueda en problemas nuevos son de tipo heurístico, es decir, que el estudiante desarrolla estrategias que le permiten reducir el espacio del problema a límites manejables lo cual incide en primera instancia en una menor cantidad de tiempo. La eficacia es una variable menos sensible y muestra un nivel más alto de exigencia. En otros términos, la exigencia de evitar errores es más alta que la de economizar tiempo.

2.3. Papel de los activadores de juicios de metamemoria y de las sugerencias de estrategias

La presente investigación muestra que tanto los activadores de juicios de metamemoria como las sugerencias de estrategias tienden a ser más efectivos después de alguna experiencia de base en la solución de los problemas, resultados que son coherentes con los hallazgos de investigación previa (ver cap. I) que muestran que los estudiantes novicios en una materia tienen menor nivel de metacognición. Se puede afirmar que el papel de las dos variables se incrementa con el avance en la curva del aprendizaje, pero, también que otras condiciones de entrenamiento – caso del grupo control - pueden tener efectos similares en etapas avanzadas del entrenamiento.

Los Activadores de Juicios de Metamemoria influyen en una etapa más temprana en la regulación de los procesos de búsqueda que las sugerencias de estrategias, las cuales actúan en etapas más tardías y cuando los sujetos han sobrepasado la etapa de descubrimiento.

La combinación de activadores de juicios y estrategias genera un efecto de interacción positivo que hace que a través de las diferen-



Gráfica 7.3 Papel de los Activadores de Juicios de Metamemoria y las sugerencias de estrategias en la solución de problemas

tes etapas el grupo que combina los dos factores tiende a tener puntajes entre intermedio y alto.

Los anteriores hallazgos pueden explicarse mediante el modelo que se expresa en la Gráfica 7.3. La presentación del problema del juego, los activadores de juicios de metamemoria y las sugerencias de estrategias se ubican en el ambiente de la tarea, el cual es externo al sujeto. El juicio de metamemoria y las estrategias que el sujeto pone en ejecución forman parte del espacio del problema, el cual es interno al proceso cognitivo del sujeto.

Los juicios de metamemoria añaden al problema un componente motivacional que consiste en lograr la solución en un número de intentos o en un tiempo previsto o en demostrarse a sí mismo si la

valoración de dificultad expresada en su juicio es acertada. La emisión del juicio se convierte en punto de referencia para estructurar la búsqueda de solución. Se puede considerar como el punto de equilibrio en un sistema de regulación homeostático. Si bien este proceso es interno al sujeto, los activadores constituyen un canal de comunicación con el ambiente externo al sujeto a través del cual los agentes “educativos” pueden influir en el desarrollo metacognitivo y, por tanto, en la evolución de la autonomía motivacional.

A partir de la emisión del juicio de metamemoria, el sujeto activa las estrategias que tiene almacenadas en su memoria de largo plazo trayéndolas a su memoria de trabajo. Selecciona la mejor, dentro de las aprendidas. La estrategia seleccionada es sometida a prueba en la solución del problema. Los datos cualitativos muestran que algunos sujetos proceden a descartar las estrategias que no generan solución, pero otros continúan probando y las descartan sólo después de varias pruebas. La cantidad de estrategias disponibles en memoria de largo plazo condiciona la actividad de elegir y probar. Sujetos con muy pocas opciones gastan sus esfuerzos de solución probando reiteradamente muy pocas estrategias, eventualmente una sola.

Las sugerencias de estrategias para ser tomadas en cuenta por los sujetos que deben pasar por dos etapas: la asimilación y almacenamiento en memoria de largo plazo y segundo la puesta a prueba.

Los datos de esta investigación muestran que las sugerencias de estrategias operan después de un tiempo de exploración y conocimiento del juego. Siguiendo el modelo, este hecho se puede explicar con base en las dos etapas que se acaban de expresar y en relación con el ciclo de regulación homeostática generado por el juicio de metamemoria.

Es predecible que los sujetos trabajen en el primer momento con las estrategias almacenadas en memoria de largo plazo y que luego traten de incorporar nuevas estrategias. También es previsible que cuando se cuenta con el sistema de regulación generado por

los juicios de metamemoria la incorporación de estrategias nuevas se realice en etapas más tempranas que cuando no se emiten estos juicios.

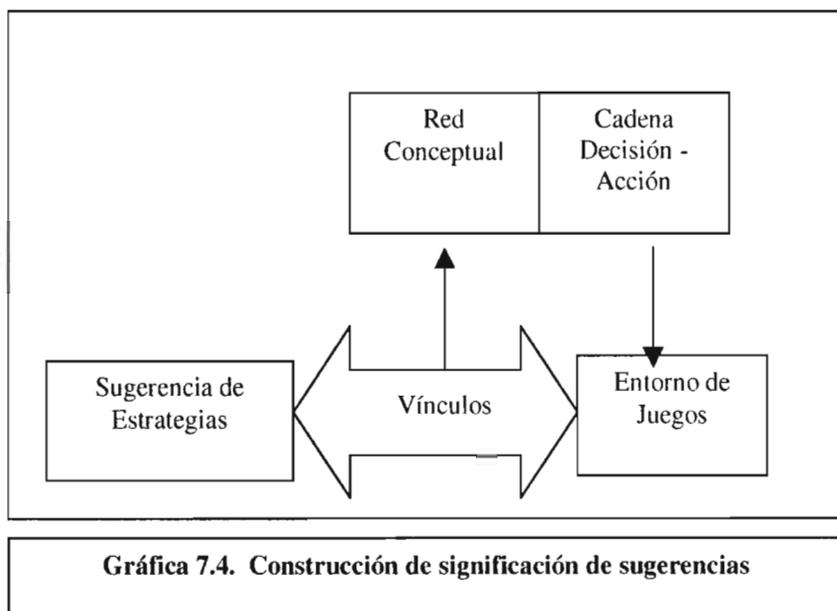
Una interpretación complementaria al fenómeno de incorporación de estrategias sugeridas proviene del modelo expresado por Pirolli (1991). Según este modelo, el sujeto procedería, en primera instancia, a probar las producciones viejas y luego a generar producciones nuevas teniendo en cuenta su historial de errores sobre el problema. Las sugerencias de estrategias se convierten en una fuente de información para construir nuevas producciones.

La presentación de sugerencias de estrategias, al comenzar el juego y dentro de este marco, se convierte en una limitante para su efectividad. Es predecible que un sistema adaptativo que opere con un modelo de usuario y active las sugerencias cuando el sujeto las requiera sea más productivo.

La incorporación de estrategias sugeridas puede ser explicado por un esquema como el presentado en la Gráfica 7.4., el cual complementa el presentado en la Gráfica 7.3. La decodificación de las expresiones textuales se hace en la medida en que se descubren vínculos entre el código de la sugerencia y el comportamiento del entorno del juego y da como resultado redes de conceptos que alimentan la cadena de decisiones - acciones orientadas a resolver el problema -. A su vez, ésta genera progreso en la identificación de vínculos entre sugerencias y entorno y en la consolidación de la red conceptual y define el nivel de significación dado por el sujeto a las sugerencias en cada etapa del proceso.

Lo propio de la sugerencia de estrategias es que puede o no ser tomada en cuenta en las decisiones y su significado puede quedar congelado en cualquier etapa. Las condiciones motivacionales juegan aquí un papel importante. Por esta razón cuando el sujeto hace un juicio de metamemoria es más probable que tenga presente la estrategia o que cuando haya probado las estrategias que tiene en su memoria, una sugerencia tenga una oportunidad propicia para

ser tomada en cuenta. En esta interpretación, el juicio de metamemoria y el error actúan de manera conjunta en la producción de un sistema motivacional. El hallazgo en el análisis cualitativo del módulo de



posición y dirección que utilizó activadores de juicios de metamemoria basados en el tiempo permite entender que cuando éstos se introducen en etapas tempranas del desarrollo del aprendizaje generan desorganización en el proceso de búsqueda de solución, en contraposición a los juicios basados en eventos. Este fenómeno se puede explicar en el marco del modelo presentado en razón de que en las primeras etapas el sujeto no ha consolidado pautas de solución efectivas, el sujeto reduce prematuramente el tiempo requerido para construir su red conceptual. Los errores, al incrementar el tiempo de solución en contra de la expectativa del sujeto, generan una especie de ansiedad reflejada en búsquedas aleatorias y de manera indirecta en incremento del tiempo. En consecuencia, la introducción de juicios de metamemoria basados en tiempo debe realizarse en etapas intermedias, una vez se haya consolidado un nivel mínimo de eficacia. Posteriores investigaciones podrían desarrollar criterios para sustentar esta decisión.

2.4. Relación entre estrategias fuertes y generalización

Los resultados sobre estrategias fuertes y su generalización encontrados en este estudio se pueden resumir en las siguientes aseveraciones:

- La variable grupos es un predictor fuerte en procesos de generalización. Los grupos que combinan juicios y estrategias tienden a desarrollar mayores niveles de generalización.
- La generalización en juegos difíciles se hace entre estrategias que se han probado en etapa de descubrimiento.
- La generalización entre etapas avanzadas de un juego –Consolidación 2 – y el inicio de uno siguiente – descubrimiento – se presenta cuando los juegos son muy similares y coincide la última estrategia ejercitada con la estrategia fuerte para el siguiente juego; en otros casos la correlación de este factor es negativa mostrando dificultad para la generalización.
- Cuando se desarrollan niveles altos de rendimiento en un juego y se enfrenta uno nuevo que no es posible de resolver con la estrategia prevaleciente en el primer juego, el nuevo aprendizaje se torna más difícil.

El esquema desarrollado previamente puede dar base para interpretar la observación de que la combinación de juicios y estrategias sea productivo en términos de generalización entre juegos en los cuales se logró un nivel de dominio mediano o superior. El sistema de autorregulación derivado de los juicios de metamemoria y los errores motiva al estudiante a probar tanto estrategias – producciones - viejas como sugeridas, dando como resultado un enriquecimiento de su red conceptual y desarrollo de habilidades para validar estrategias en situaciones nuevas. Postman y Schwartz (1970) encontraron resultados similares en la memorización de listas donde el método de entrenamiento y el tipo de materiales mostraron una relación significativa con la generalización de la estrategia de aprendizaje.

La transferencia entre etapas de descubrimiento en juegos difíciles se puede explicar en términos de que los sujetos no han logrado

consolidar estrategias nuevas y evaluarlas como productivas y continúan trabajando con estrategias muy generales de búsqueda que tienen efecto similar en los dos juegos y quienes no tienen esas estrategias tienen resultados igualmente deficientes.

El hallazgo de resultados de transferencia alta cuando se centra la solución del primer problema en una estrategia válida para el segundo se puede explicar porque la última estrategia probada como muy exitosa en el juego anterior se convierte en la primera estrategia utilizada para enfrentar el nuevo juego. Si la estructura del juego hace que esta estrategia sea nuevamente exitosa, la transferencia es alta y positiva; de lo contrario gastará esfuerzo proporcional a su seguridad en refutarla, lo cual se muestra en el valor negativo de la correlación. Schoenfeld (1979) desarrolló un experimento en el cual el aprendizaje de heurísticas en problemas anteriores y comunes para nuevos problemas genera altos niveles de transferencia.

2.5. Relación entre nivel de abstracción y dificultad

Los problemas para esta investigación se refieren al razonamiento espacial en ambientes gráficos y difieren en complejidad. El problema de Agujeros al Azar tiene un componente menos en su estructura que el problema de Agujeros en Equilibrio. El problema de Líneas al Azar posee uno menos que el de Líneas en Equilibrio. El concepto de línea incluye el concepto de punto. Los datos empíricos muestran que los sujetos tuvieron más dificultad resolviendo Agujeros al Azar que Agujeros en Equilibrio; Líneas al Azar que Líneas en Equilibrio y además, costó más trabajo resolver los problemas sobre Agujeros que sobre Líneas. En consecuencia se puede afirmar que los problemas más abstractos son los más difíciles de resolver. Los datos muestran que el fenómeno de la complejidad no está asociado con el fenómeno de la dificultad, es decir, que un problema complejo no es necesariamente un problema difícil. El mejor indicador de la dificultad es el índice de eficacia por cuanto está indicando la proporción de intentos fallidos o exitosos en la solución del problema (Gráfico 7.5)

Aunque no podríamos, en el contexto de esta investigación, probar que el problema del rompecabezas de Arnheim sea más fácil por ser menos abstracto, pues se podría explicar también con base en el entrenamiento sobre puntos y líneas en equilibrio, tampoco se puede descartar como explicación. El trabajo sobre lo abstracto y lo concreto es potencialmente relevante en la pedagogía por cuanto puede tener repercusiones en la estructuración de los ambientes de aprendizaje y en la secuenciación misma de las experiencias que potencien generalización.

La afirmación en pedagogía de que se debe enseñar partiendo de lo simple para llegar a lo complejo, eventualmente puede ser productiva si la estrategia exitosa en el último problema corresponde a una estrategia exitosa en el siguiente; pero, no necesariamente esta forma de proceder es la más fácil para el aprendiz.

2.6. Importancia de los juegos de descubrimiento en el aprendizaje autónomo

Ausubel, Novack y Hanesian (1973) distinguen en el aprendizaje significativo el aprendizaje por descubrimiento dirigido y el autónomo. Consideran que el dirigido tiene que ver con la posibilidad de brindar orientaciones a los sujetos para que logren el desarrollo de los procedimientos para la solución del problema. Contrario, el autónomo considera que los sujetos serán los encargados de explorar y construir las relaciones necesarias que los lleve a la interpretación y manejo de las situaciones exitosas, para avanzar en la identificación de las posibles soluciones a los problemas planteados.

La totalidad de los problemas que resolvieron los sujetos corresponden a estas dos categorías, clarificando que los sujetos en la condición de dirección siempre contaron con la libertad de tomar las sugerencias de estrategias o de construir unas propias.

Los ambientes de descubrimiento son fundamentales en la formación de la autonomía del aprendizaje en contraposición a los ambientes ricos en orientaciones y explicaciones, por cuanto debe

someter sistemáticamente a prueba lo que tiene en memoria de largo plazo y construir o incrementar nuevos conceptos y estrategias que enriquezcan su conocimiento previo, mediante una serie de decisiones que están solamente bajo su control. Las mismas sugerencias que pueden recibir en el ambiente de descubrimiento tienen condiciones de contrastación que disminuyen el potencial de autoridad inherente a las comunicaciones codificadas orales o escritas. En la medida que se incrementan las instrucciones y se disminuye la actividad de búsqueda o de exploración del entorno, los sujetos dedican más tiempo a interpretar y seguir instrucciones que a conocer el ambiente y valorar su propia actividad de búsqueda.

Dada la relevancia que en Pedagogía tienen el caracterizar diferentes ambientes para desarrollar aprendizajes y teniendo en cuenta la importancia de contar con el tipo de conocimiento que se quiere fundamentar para lograr procesos de aprendizaje significativo en los sujetos, surge un nuevo problema de investigación basado en la relación entre los ambientes de descubrimiento con los ambientes de explicación textual u oral y su repercusión en la formación de habilidades metacognitivas.

2.7. Los simuladores y estudio de procesos en el aprendizaje

Contrastar las limitaciones y ventajas de los simuladores frente al análisis de protocolos verbales.

En esta investigación se entiende por protocolo la descripción de las acciones que un agente puede tomar en función de sus estados actuales en un proceso de resolución de problema (Fagin et. al., 1995) Este protocolo fue elaborado por el computador como programa ejecutable que permite replicar el proceso de solución de problemas de cada sujeto. Se desarrolló como una alternativa al análisis de protocolos de reportes verbales utilizados en otras investigaciones (Ericson, K. V. & Simon, H., 1980).

Esta versión digital de protocolos – simuladores - permite además de la replica de procesos, aplicar técnicas computacionales para exploración de datos y tomar secuencias que pueden ser analizadas de diferentes maneras. La identificación, seguimiento y orientación de los procesos de aprendizaje es una meta propuesta pero no alcanzada en la Pedagogía Contemporánea. Los simuladores contribuyen al logro de este propósito, compitiendo con alternativas analógicas como es el caso del vídeo o la grabación de audio.

En contraste con el análisis de protocolos verbales se gana en precisión fiabilidad y versatilidad de la información, pero se pierde la riqueza de expresión verbal que puede reflejar dimensiones importantes del proceso de razonamiento de los sujetos. Pero vale reconocer que los registros hechos son válidos en cuanto reflejan la transición de estados en la solución del problema.

Por la economía de esfuerzos para obtener un programa debido a la automatización del mismo pueden ser útiles en actividades de formación de profesores y para que los mismos sujetos los utilicen en el ajuste de sus estrategias. Surgen dos problemas de investigación relacionados: la incidencia del uso de simuladores en la formación de habilidades metacognitivas – desarrollo de estrategias de solución de problemas - y el valor didáctico para el desarrollo de habilidades de identificación, seguimiento y orientación de procesos en formación de docentes.

3. Proyecciones y Limitaciones

El análisis y la discusión de los resultados de la presente investigación dejan abiertos interrogantes que motivan investigaciones ulteriores.

La contrastación del efecto de los *activadores de juicios de metamemoria basados en tiempo frente a los basados en eventos*

teniendo en cuenta la evolución de la curva de aprendizaje puede dar criterios para orientar el diseño de sistemas adaptativos.

Aparentemente las sugerencias de estrategias serían más productivas cuando el sujeto ya ha probado las estrategias que tiene almacenadas en memoria de largo plazo, por lo cual sería de importancia comparar la efectividad de estrategias sugeridas al iniciar la solución del problema con estrategias que se activan cuando se pueda inferir que ha validado estrategias no productivas que trae de su experiencia anterior.

Especial interés merece la utilización de simuladores para la replicación, descripción, análisis y optimización de procesos de solución de problemas. Estos dispositivos se complementan tanto con los análisis estadísticos como con los análisis de protocolos de informes verbales. Su proyección, además de la utilidad que le da directamente el investigador, se perfila tanto para el entrenamiento de profesores, los cuales pueden utilizar estos dispositivos para aprender sobre los procesos seguidos por los estudiantes y por expertos y así orientar su actividad pedagógica, como para los mismos estudiantes, quienes los pueden utilizar para revisar y optimizar sus propias estrategias de solución de problemas. Por tanto, se pueden orientar investigaciones sobre la formación de profesores en la regulación de procesos en sus estudiantes, sobre el impacto de los simuladores en el desarrollo metacognitivo en condiciones de estudio individual autodirigido y en su aporte para la organización de entornos donde los estudiantes compartan sus propias experiencias construyendo modelos específicos de aprendizaje colaborativo orientados al desarrollo de la metacognición.

La experiencia de descubrimiento desarrollada en las plataformas intencionalmente redujo la información textual al mínimo, motivados por experiencias anteriores en las cuales se encontró una reducción notoria de la actividad de búsqueda cuando los estudiantes enfrentaban problemas textuales (Maldonado y Andrade, 1996). Sin embargo el valor de la información textual es muy importante

como forma de economía del aprendizaje e inserción cultural. El texto puede enriquecer la significación de los aprendizajes estableciendo nuevas relaciones, razón por la cual sería de gran valor estudiar la integración de información textual a los juegos de descubrimiento para mejorar la relación pedagógica teoría - práctica.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, B. A. & ARMOUR-THOMAS, E. (1993). Construct Validation of Metacognition. **Journal of Psychology**, 127, 203-211.
- ANDERSON, J. R et al. (1989). A theory of the origins of human knowledge. **Artificial Intelligence**, 40, 313-351.
- ARHEIM, R. (1997). **Arte y percepción visual**. Alianza Editorial, Madrid, Primera Edición, 1971.
- ATKISON, R.C. (1997a). Ingredients for a theory of instruction. **American Psychologist**, 27, 921-931.
- ATKISON, R.C. (1997b). Optimizing the learning of a second language vocabulary. **Journal of Experimental Psychology**, 96 (1), 124-129.
- AUSUBEL, D.P., NOVACK, J. Y HANESIAN, H. (1973) **Educational Psychology**. New York: Holt, Rinehart & Wiston.
- BALSON, P.M., MANNING, D., EBNER, D.G., and BROOKS, F.R. (1984/85). Instructor - Controlled versus student-controlled training in a videodisc-based paramedical program. **Journal of Educational Technology Systems**, 13 (2), 123-130.
- BERRY, S. y MARTIN, J. (1994). **Diseño y color**. Editorial Blume, Barcelona.

- BORKOUSKI, J.G. (1985). Signs of Intelligence: Strategy Generalization and Metacognition. In S.R. Yussen (Editor): **The Growth of reflection in Children** (p.p. 105-140). New York: Academic Press.
- BRIGGS, L. J. (1968) **Sequencing of Instruction in Relation to Hierarchies of Competence**. American Institutes for Research, Pittsburgh. PA.
- BROWN, A. L. (1978). Knowing When, Where and How to Remember: A Problem of Metacognition. In Glaser, R. (De.). **Advances in Instructional psychology**. (p.p. 367-406). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- BUNDERSON, C.V. (1976). **TICCIT courseware development report**. Paper presented at the meeting of the American Educational Research Association. San Francisco, april 1976.
- CARDELLE-ELAWAR, M. (1995). Effect of Metacognitive Instruction on Low Achievers in Mathematics Problems. **Teaching Education** 11, 81-95.
- CAVE, K. et al (1994). The Representation of Location in Visual Images. **Cognitive Psychology**, 26. 1-32.
- CHI, M.T.H., BASSOCK, M., LEWIS, M. W., REIMANN, P. and GLASER, R. (1989). Self-Explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. **Cognitive Science**, 13, 145-182.
- CLEMENTS, D. H., & NASTASI, B. K. (1990). Dynamic approach to measurement of children's metacomponential functioning. **Intelligence**, 14, 109-125.
- CONSUEGRA, D. (1992). **En busca del cuadrado**. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

- CURTIN, C.M.N, DAWSON, C.L.,PROVENZANO, N., and COOPER, P. (1976) The PLAATO System: using the computer to teach Russian. **Slavic and East European Journal**, 20.
- DANIELS, M. C.; ALZATE R., G. y BLACKBOURN, J. (1988). Ley de Fomento a la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico -Ponencias en la Cámara de Representantes. **Ciencia, Tecnología y Desarrollo**, 12 (1-4),13-24.
- DAVIDSON, Janet E.; DEUSER, Rebeca & STERNBERG, Robert J. (1994): The Role of Metacognition in Problem Solving. In: Metcalfe, Jane and Shimamura, Arthur P. (Eds.). *Metacognition*. Cambridge, MA: The MIT Press. 207-226.
- DAVIDSON, Janet E.; & STERNBERG, Robert J. (1986): The Role of Insight In Intellectual Giftedness. **Gifted Child Quarterly**, 28. p.p. 58-64.
- DERRY, S. J.; and MURPHY, D. A. (1986). Designing Systems that Train Learning Ability: from Theory to Practice. **Review of Educational Research**, 56 (1), 1-39.
- DIXON, R. A., & HULTSCH, D. F. (1983). Structure and development of metamemory in adulthood. **Journal of Gerontology**, 38, 682-688.
- DOYLE, J. (1983). What is rational psychology? Toward a modern mental philosophy. *AI Magazine*, 4(3): 50-53.
- EMMER, M. (1993). **The visual mind: art and mathematics**. Cambridge, Massachusetts: the MIT Press.
- ERICSON, K. V. & SIMON, H. (1980) *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*. Cambridge, MA: MIT Press. Revised Edition 1993.
- FAGIN, R., HALPERN, J, MOSES, Y. and VARDI, M.Y. (1995). **Reasoning About Knowledge**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

- FARAH, M.J. (1985). Is Visual Imagery Real and Visual? Overlooked evidence from neuropsychology. **Psychological Review**, 95. 307-317.
- FAURE, E. (1972). International Commission on the Development of Education. **Learning to be: The World of Education Today and Tomorrow**. Paris: UNESCO.
- FAUST, G. W. (1974), Design strategy and the TICCIT system. **View Pints**, 50,91-101.
- FAYYAD, U.M. et al. (1996). **Advances in Knowledge Discovery and Data Mining**. Cambridge, MA: AAI Press /The MIT Press.
- FISHER, M.D., BLAACKWELL, L.R., GARCIA, A.B. and GREENE, J.C. (1975). Effects of student control and choice on engagement in a CAI arithmetic task in a low -income school. **Journal of Educational Psychology**, 67(6), 776-783.
- FLAVELL, J. H. & WELLMAN, H. M. (1977). Metamemory. In KAIL, R. V. & HAGEN, J.W. (Eds.). **Perspectives on the Development of Memory and Cognition**. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- FLAVELL, J. H. (1981). Cognitive Monitoring. In DICKSON, W.P. (De.). **Children's oral Communication Skills**. New York: Academic Press.
- FONSECA, D. **La Bauhaus**. Editorial Dedalo, Madrid.
- FRANKS, J. J. VYE, N.J. AUBLE, P.M. MESZYNSKI, K.J. PERFETTO, G.A. BRANSFROD, J.D. STEIN, B.S. AND LITTELEFIELD, J. (1982). Learning from Explicit versus Implicit Text. **Journal of Experiment Psychology**, General, 111, 414-422.

- GAGNÉ, R. (1977). **The Conditions of Learning** (3rd ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- GAGNÉ, R. and Briggs, L.J. (1979). **Principles of Instructional Design**. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- GAGNÉ, R. M. (1985). **The Conditions of Learning and a Theory of Instruction**. New York, N.Y.: Holt, Rinehart and Winston (fourth edition).
- GAGNÉ, R. M. and White, R. T. (1978). Memory Structures and Learning Outcomes. **Review of Educational Research**, 48(2), 187-222.
- GARHART, C., and HANNAFFIN, M. (1986). The accuracy of cognitive monitoring during computer-based instruction, **Journal of Computer -based instruction**, 13(3), 88-93.
- GARNER, Howard. (1994). **Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias Múltiples**. Editorial, Mexico, Fondo de Cultura Económica.
- GARDNER, R. (1988). Verbal report data on cognitive and metacognitive strategies. In C. E. Weinstein, E. T. Goetz, & P. A. Alexander, (Eds.), **Learning and Study Strategies: Issues in Assessment, instruction, and evaluation**. (Pp.63-76). San Diego, CA.
- GARDNER, R., & REIS, R. (1981). Monitoring and resolving comprehension obstacles: An investigation of spontaneous text lookbacks among upper-grade good and poor comprehenders. **Reading Research Quarterly**, 16, 569-582.
- GARRAT, 1990. FAYYAD, U. M., PIATETSKY-SHAPIRO, G. And SMYTH, P. (1997) From Data Mining to Knowledge Discovery: An Overview. In FAYYAD, U. M., PIATETSKY-SHAPIRO, G. , SMYTH, P. And UTHURUSAMY Editors: **Advances in Knowledge Discovery an Data Mining**. Cambridge, Massachussetts: AAAI press/ the MIT Press. Pgs 1-34.

- GARRAT, B. (1990). **Creating a Learning Organization: A Guide to Leadership, Learning & Development**. Cambridge, England: Director Books.
- GAY, G. (1985). Interaction of learner control and prior conceptual understanding in computer - assisted video instruction. Doctoral Dissertation, Cornell University. **Dissertation Abstracts International** 46 (10), 2969, Order No. DA8516973.
- GAY, G. (1986). Interaction of Learner control and prior understanding in computer - assisted video instruction. **Journal Of Educational Psychology**, 78 (3), 225 -227.
- GLASGOW, J. & PAPADIAS, D. (1992). Computational Imagery. In **Diagrammatic Reasoning**. GLASGOW, J. ; NARAYANAN, N. H. And Chandrasekaran. (Edit) 1995. Cambridge, MA: AAAI Press /The MIT Press. p.p. 435 –480.
- GOEL, V. & PIROLI, P.(1992). Structure of Design Problem Spaces. **Cognitive Science**, Vol 16, No 3, Jul.- Sep. pp. 395 - 429.
- GOETZFRIED, L. & HANNAFFIN, M. J. (1985). The Effect of the Locus of CAI Control Strategies on the Learning of Mathematics Ruler. **American Educational Research Journal**, 22 (2), 273-278.
- GREENO, J. G. (1980). Indefinite goals in well-structured problems. **Psychological Review**, 83, 479-491.
- HARNIAK, E.; RIESBECK, C.; MCDERMOTT, D. & MEEHAN, J. (1987). **Artificial intelligence programming**. Lawrence Erlbaum Associates, Potomac, Maryland, second edition.
- HAYES, J. R., & FLOWERS, L. S. (1983). Uncovering cognitive processes in writing: An introduction to protocol analysis. In P. Mosenthal, L Tamor, & S. A. Walmsley (Eds.), **Research on Writing: Principles and Methods** (pp. 207-220). New York: Longman.

- HEGARTY, M.(1995). Mental Animation. In **Diagrammatic Reasoning**. GLASGOW, J.; NARAYANAN, N. H. And Chandrasekaran. (Edit) Cambridge, MA: AAAI Press /The MIT Press. p.p. 535 – 575.
- HERNANDEZ, D. (1995). **Qualitative Representation of Spatial Knowledge**. New York : Springer-Verlang.
- HOLTZMAN, s. (1994). **Digital Mantras: the languages of abstract and virtual worlds**. Cambridge, Massachussets: The MIT Press.
- HONNEF, K. and WARHOL(1991). **El arte como negocio**. Editorial Benedickt Taschen.
- HOWARD-ROSE, D., & WINNE, P. H. (1993). Measuring component and sets of cognitive processes in self-regulated learning. **Journal of Educational Psychology**, 85, 591-604.
- JAUSOVEC, N. (1994). CAN GIFTEDNTSS BE TAUGHT?. **Roeper Review**, 16, 210-214.
- JOHANSEN, K.J. and TENNYSON, R.D.(1983). Effect of adaptative advisement of perception in learner-controlled, computer-based instruction using a rule - learning task. **Educational and Comunication Technology Journal**, 31(4), 226-236.
- KANDINSKY, W. **Cursos de la Bauhaus**. Editorial Alianza. Version castellana de Esther Salanen.
- KANDINSKY, W. (1910). **El gran libro del Color**. Editorial Blume, Milanesat, 21-23, Barcelona 1982.
- KANDINSKY, W. (1979). **Point and Line to Plane**. Trans. H. Dearstyne and Ribay. New York: Dover.
- KANFER, F. H. y PHILIPS, J. S.(1970). **Learning Foundations of behavior therapy**. New York: John Reley and Sons.

- KINTSCH, W. (1986). Learning from text. **Cognition and Instruction**, 3, 87-108.
- KOSSLYN, S.M. (1987). Seeing and Imagining in the Cerebral Hemispheres: A Computational Approach. **Psychological Review**, 94.p.p. 148-175.
- KOTOSKY, K. HAYES, J.R., & SIMON, H.A. (1985) Why Are Some Problems Hard? Evidence from the Tower of Hanoi. **Cognitive Psychology**, 17, 248-294.
- LAHEY, G. F. , CRAWFORD, A.M. and HURLOCK, R.E.(1975). **Use of an interactive general - purpose computer terminal to simulate training equipment operation**. San Diego, Caa. : Navy Personnel Research and Development Center. Report TR - 76-19. November 1975.
- LUHMANN, N. (1997). **Sociedad y Sistema: la ambición de la teoría**. Barcelona: Ediciones Paidós.
- MALDONADO G., L. F. (1989). The Effect on Performance and Learner-Sequencing Decisions of Instructional Curriculum Maps in a Hypertext Environment. Doctoral Dissertation, Florida State University. **Dissertation Abstracts International**.
- MALDONADO G., L.F. y ANDRADE L., EDGAR. (1996). **Ambiente computarizado para el aprendizaje autodirigido del diseño-ACA2**_ Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, Proyecto de Investigación convenio Colciencias UPN.
- MALDONADO, L. F., MONROY, L.B., CARRILLO y TERRERO, A. (1977). **Diseño y Comparación de Cuatro Métodos de Enseñanza en un Curso Introductorio de Psicología del Aprendizaje**. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- MALDONADO, L.F. Y SEQUEDA, M. (1974). **Duración y Eficiencia de la Conducta de Estudio en el Aprendizaje e Matemáticas a Nivel de Cuarto Grado de Primaria**. Tesis de Magister. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

- MANDINACH, E. B. (1984). The role of strategy planning and self-regulation in learning an intellectual computer game. Doctoral Dissertation, Stanford University. **Dissertation Abstracts International** 45(6). 1693-A.
- MARKMAN, E. M. (1977). Realizing you don't understand: Elementary school children's awareness of inconsistencies. **Child Development**, 50, 643-655.
- McCORMICK, R; MURPHY, P.; HENNESSY, S. (1994). Problem-Solving Processes in Technology Education: A Pilot Study. En: **International Journal of Technology and Design Education**. Vol.4 No 1, pp 5-34.
- METCALFE, J. & SHIMAMURA, A. P. (1994, Eds). **Metacognition**. Cambridge, MA: The MIT Press. Preface.
- MILHEIM, W. & AZBELL, J. (1988). How Past Research on learner Control Can Aid in the Design of Interactive Video Materials. **Association for Educational Communications and Technology. National Conference**, New Orleans.
- MINSHKIN, M., UNGERLEIDER, L.G. and MACKO, K.A. (1983). Object vision and spatial vision: two cortical pathways. **Trends in Neuroscience**, 6, 414 - 417.
- MURANI, B. **Cómo nacen los objetos?** Editorial Gustavo Gili S.A Barcelona 1983.
- ANDERSON, J. R et al. (1989). A theory of the origins of human knowledge. **Artificial Intelligence**, 40, 313-351.
- NELSON T. O., & NARENS, L. (1990). Metamemory: A Theoretical Framework and new Findings. In METCALFE, J. & SHIMAMURA, A. P. (Eds). **Metacognition**. Cambridge, MA: The MIT Press. Preface.

- NEWELL, A. & SIMON, H. A. (1972). **Human Problem Solving**. Englewood Cliffs, NJ: Pentice Hall.
- NEWKIRK, R.L. (1973). A comparison of learner control and machine control strategies for computer-assisted instruction. **Programmed Learning and Educational Technology**, 10(2), 82-91.
- OSBORNE, JASON (1998). **The State of Metacognitive Measurement**. State University of New York at Buffalo. E-mail: josborne@acsu.buffalo.edu.
- OSMAN, M. E. AND HANNAFIN, M.J. (1992) Metacognition Research and theory : Analysis and implication for instructional design. Educational Tchnology, **Research and Discussion**, 40, 83-99.
- OTERO, J.CAMPANARIO J.M. & HOPIKINS, K.D. (1992). The Relationship Between Academic Achivement and Metacognitive Comprehension Monitoring Ability of Spanish Secondary School Students. Educational and **Psychological Measurement**, 52, 419-430.
- PARIS, S.G. (1991) Assesement and remediation of Metacognitive Aspects of Children's Reading Comprehension. **Topics of Language Discourse**, 12, 32-50.
- PEA, R.D. & HAWKING, (1987). Children's Planning Process in a Chore - Scheduling Task. In FRIEDMAN, S.L., SCHOLNICK, E.K., & COCKING, R.R. (Eds). **Blueprints for Thinking: the Role of Planning in Psichological Development**. New York: Cambrige University Analogies. **Child Development**, 51, 28-38.
- PIROLI, P. (1991). Efects of examples and their explanation in lesson of recursion: A production system analysis. **Cognition and Instrucction**, 8, 207-259.

- PIROLI, P. y RECKER, M. (1994). Learning Strategies and Transfer in the Domain of Programming. **Cognition and Instruction**, 3, 235, 275.
- POSTMAN, L. and SCHATZ, M. (1970). **Verbal Learning and Memory**. Penguin Books. 286-301.
- PRESSLEY, M, BORKOUSKI, J.E Y SCHNEIDER, W. (1987) Cognitive Strategies: Good Strategies Use Coordinate Metacognition and Knowledge. In R. Vasta and G. Whitehurst (Editors) **Annals of Child Development**, V. 4, 89-129. Greenwich, CT: JAI Press.
- RAM, A. AND COX, M.T.(1995). **Introspective Reasoning Using Meta- Explanations for Multistrategy Learning**. In Ram, Ashwin and Leake, David B. (Editors): **Goal Driven Learning**. Cambridge, Massachusetts: The Mit Press.
- RESTLE, F. And GREENO, J.G. (1970). **Introduction to Mathematical Psychology**. Reading, Massachusetts: Addison – Wesley Publishing Company.
- RICH, E. & KNIGHT, K. (1994). **Inteligencia Artificial**. Santafé de Bogotá. McGrawHill, Segunda Edición. Traducción del original Inglés Artificial Intelligence.
- RUSELL, S & NORVIG P. (1996). **Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno**. México: Prentice Hall. Traducido del Inglés: Artificial intelligence, a modern approach.
- SACKS, O. **Un antropólogo en Marte**. Editorial Norma, S.A. 1997.
- SCHEFFLER, I (1986). Computers at schools?. **Teachers College Record**, 87 (4), 513-528.
- SCHOENFELD, A. H. Explicit heuristic training as a variable in problem-solving performances. **Journal for Research in Mathematics Education**, 1979, 10, 173-187.

- SEIDEL, R.J. (1975). **Learner Control of instructional Sequencing within and Adaptive tutorial CAI environment** (HumPRO Tech. Rep. 75-7). Alexandria, Va,: Human Resources research Organization. June 1975.
- SHEPARD, R.N. and COOPER,L.A. (1982). **Mental images and their transformations**. Cambridge, MA: MIT Press.
- SIMON, H. A. (1981). **The Sciences of the Artificial**. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, second edition.
- SINGLE, M. K. y ANDERSSON J. R. (1989). **Transfer of Cognitive Skill**. Cambridge, M A: Harvard University Press.
- SOLSO, R.L., (1994). **Cognition and the Visual Arts**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- STENBERG, R.J. (1984). Toward Triarchic Theory of Human Intelligence. **The brain an Behavioral Sciences**, 7, 2-69-315.
- STENBERG, E.R., & NIGRO, G. (1980). Development Patterns in the Solution of Verbal Processes. **Journal of Experimental Child Psychology**, 27, 159-223.
- STENBERG, E.R., & RIFKIN, B. (1979). The Development of Analogical Reasoning Processes. **Journal of Experimental Child Psychology**, 27, 195-232.
- TENNYSON (1981),R.D. Use of adaptive information for advisement in lerning concepts and rules using computer-assisted instruction. **American Educational research Journal**, 18 (4), 425-438.
- TENNYSON ET AL. (1980),Instructional Control Strategies and content structure as design variables in concept acquisition using computer-based instruction. **Journal of Educational Psychology**, 72(4), 525-532.

- TOBIAS, S., & EVERSON, H. (1996). **Development and evaluation of an objective measure of metacognition**. Eric Document ED 383725.
- TOFFLER, A. (1970). **Learning for Tomorrow**. New York: Random House.
- VADHAN, V. & STANDER, P. (1994). Metacognitive ability and test performance among college students. **The Journal of Psychology**, 128, 307-309.
- VAN DIJK, T. and KINTSCH, W. 1983. **Strategies of Discourse Comprehension**. New York: Academic.
- VANLEUVAN, P., & WANG, M. C. (1997). An analysis of students' self-monitoring in first and second grade classrooms. **Journal of Educational Research**, 90, 132-143.
- WANG, M.C. HAERTL, C. D. WALBERG, H.J. (1990). What Influences Learning? A content Analysis of Review literature. **Journal Educational Research**, 84, 30 -43.
- WELSH, M. C. (1991). Rule guided behavior and self-monitoring on the Tower of Hanoi disk-transfer task. **Cognitive Development**, 6, 59-76.
- WHITLOCK, L.R. (1976). Interactive test construction and administration in the generative exam system. **Dissertation Abstracts International**, 37, 5215-B.
- WIIG, K.M. (1994) Learning Organizations in the Knowledge Society: Practical Perspectives on Knowledge and Knowledge Transfers. In **Proceedings of the Thirty- Fifth International ADCIS Conference**. Pg 221- 228.
- WONG, Wicius (1985). **Fundamentos del Diseño Bi-tri-dimensional**. Gustavo Gilli.

- WONG, Wucius (1997). **Fundamentos del Diseño**. Gustavo Gilli. Segunda edición. Traducción del original: Principles of Form and Design. Edit. Van Nostrand Reinhold, 1993.
- WORDEN, P.E. (1983). Memory strategy Instruction with the Learning Disabled. In M. pressley I.J. Leving (Editors). Cognitive strategy Research: **Psychological Fondations** (p.p. 129-153). New York Springer - Verlag.
- WYDRA, F. (1980). **Learner-Controlled Instruction**. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- XIA, XIADONG AND YEUNG, DID- YAN (1995). **A Leraning Model for the Selection of Problem- Solving Strategies in Continuous Physical Systems**. In Ram, Ashwin and Leake, David B. (Editors): Goal Driven Learning. Cambridge, Massachusetts: The Mit Press.

ANEXOS

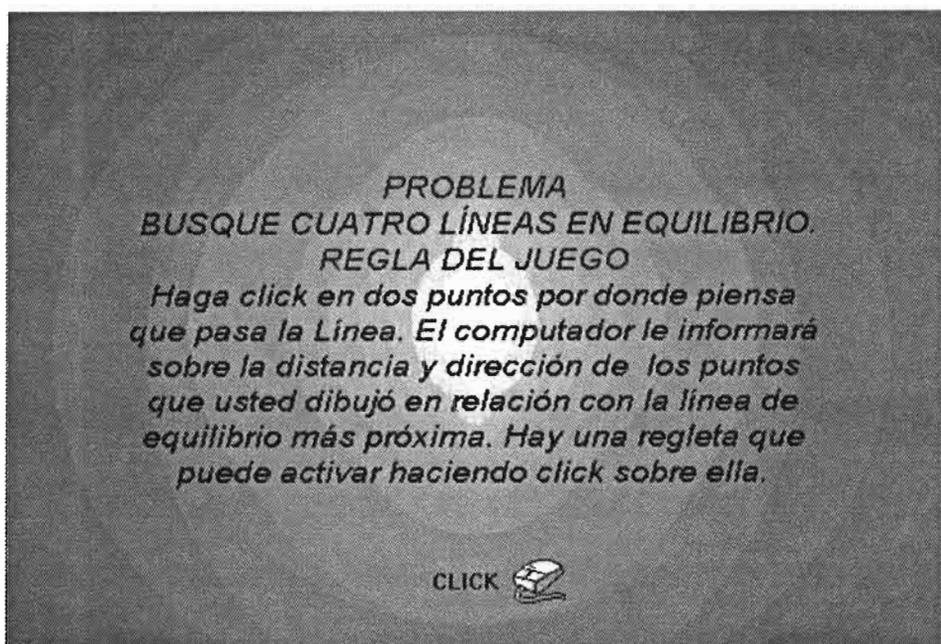


Ilustración 3.1. Líneas en equilibrio

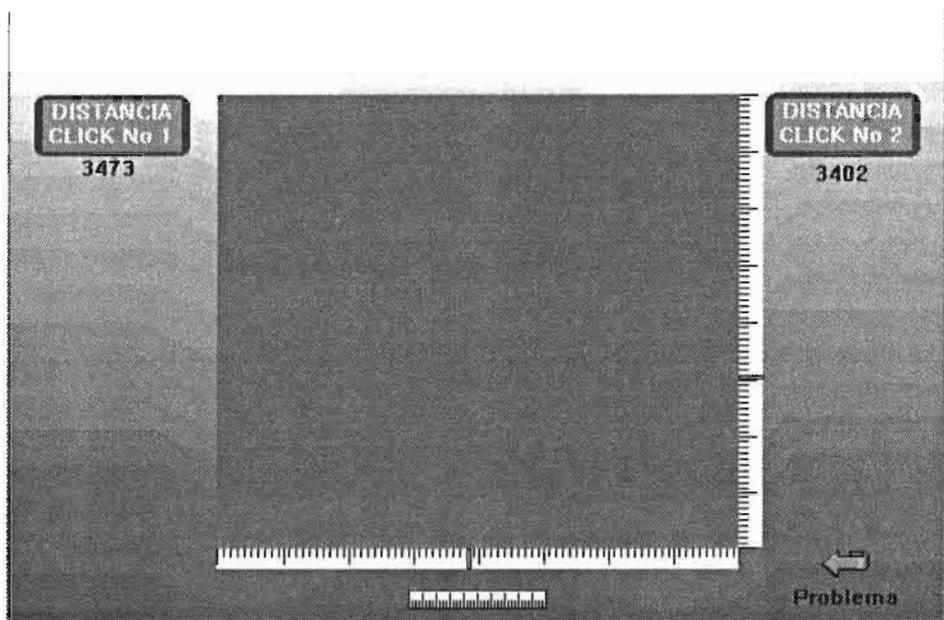


Ilustración 3.2. Líneas al azar

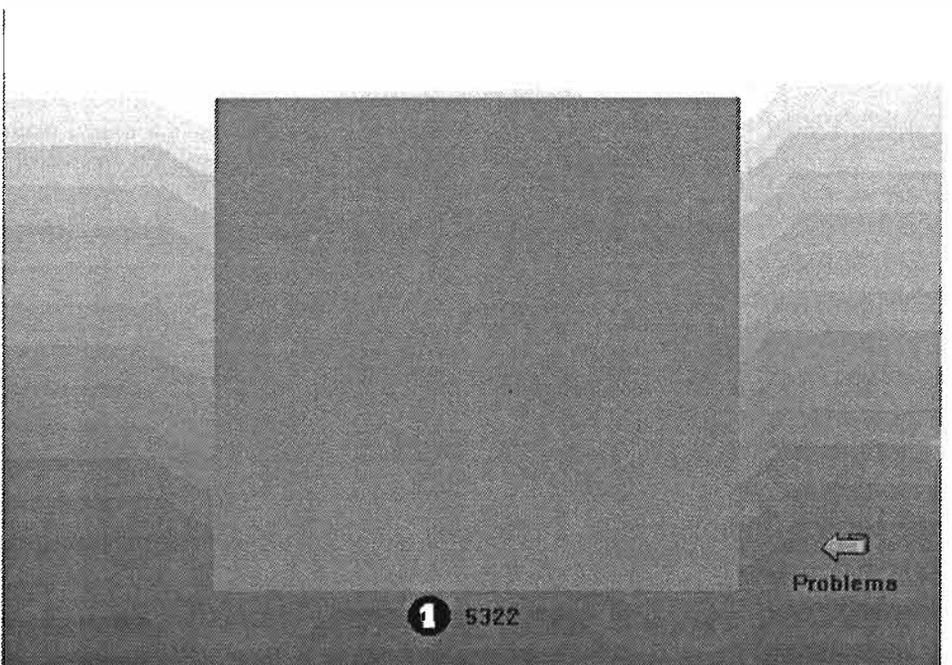
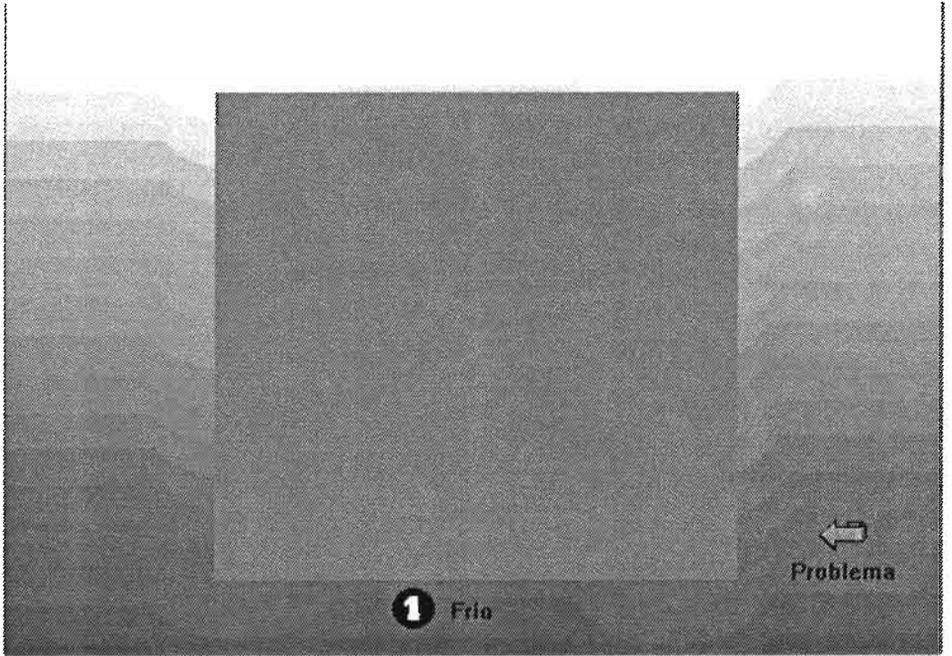


Ilustración 3.3. Agujeros en equilibrio

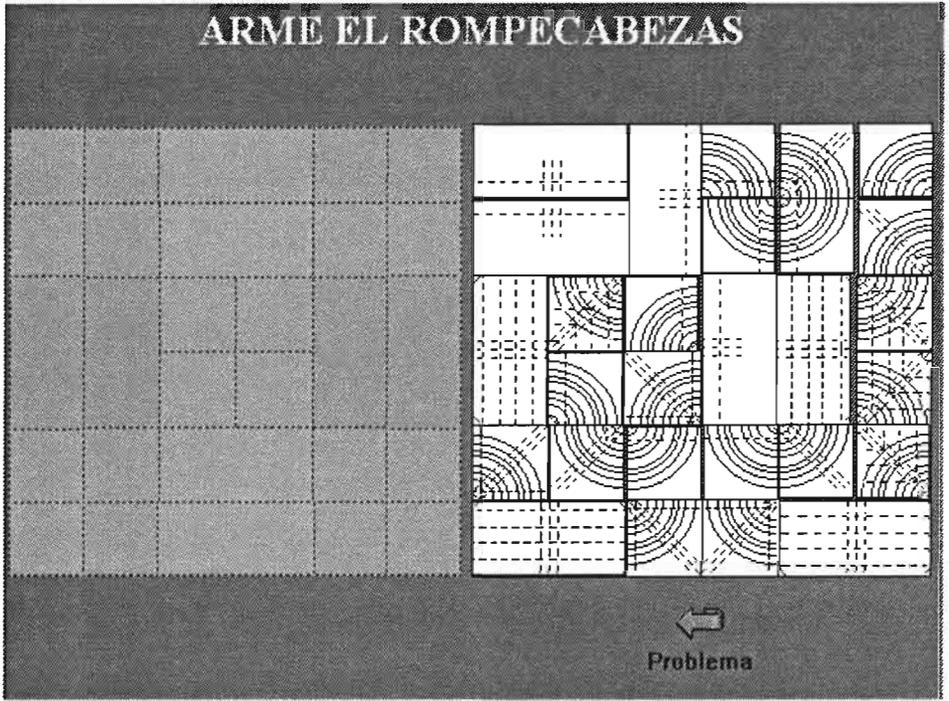


Ilustración 3.4. Rompecabezas de piezas ensamblables

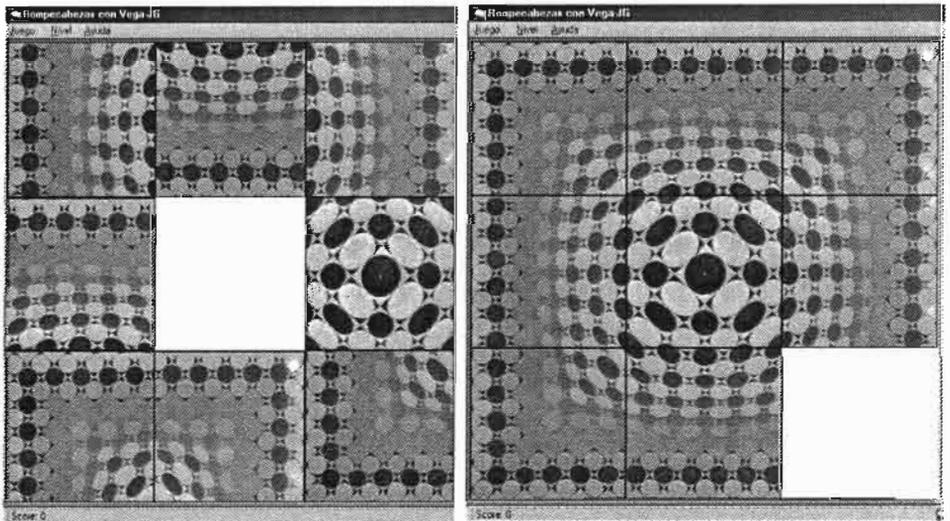


Ilustración 3.5. Rompecabezas Vega JG

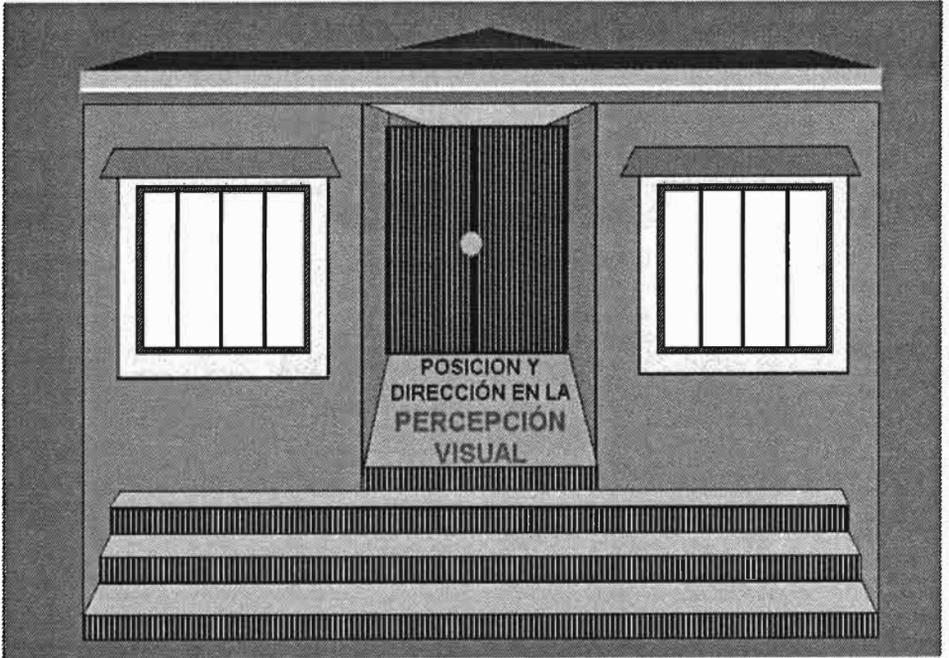


Ilustración 3.7. Posición y dirección en la percepción visual.

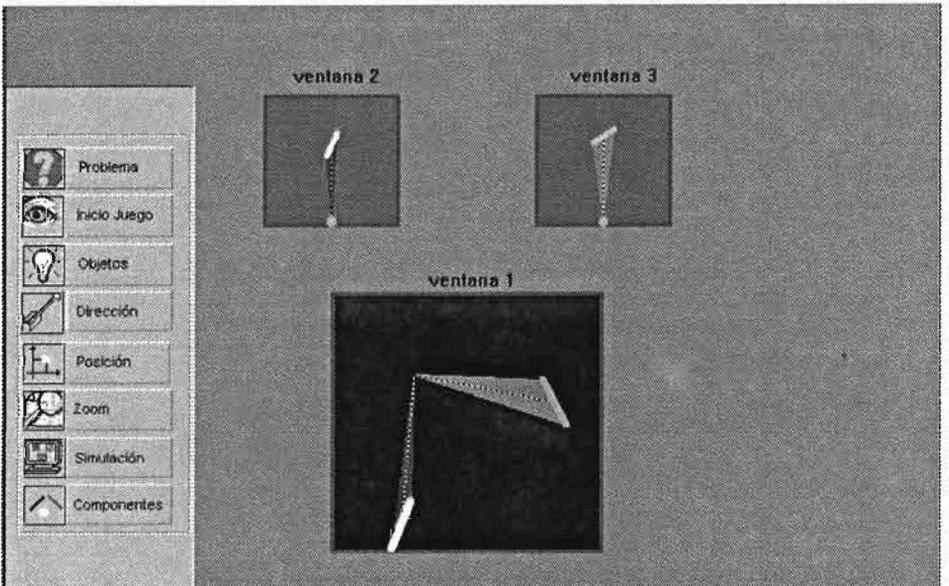


Ilustración 3.7. Posición y dirección.

Problema
colorear la estructura que
está en blanco, hasta
completar la sensación de
volumen

Continuar

| Asignación de colores | |
|-----------------------|------------|
| Centro | |
| Grupo 2 | |
| Grupo 3 | |
| Grupo 4 | |
| Grupo 5 | 60,78,60 |
| Grupo 6 | 80,78,80 |
| Grupo 7 | 90,78,90 |
| Grupo 8 | 100,78,100 |
| Grupo 9 | 110,78,110 |
| Grupo 10 | 130,78,130 |
| Grupo 11 | 140,78,140 |
| Grupo 12 | 150,78,150 |
| Grupo 13 | 160,78,160 |
| Grupo 14 | 180,78,180 |
| Grupo 15 | 190,78,190 |

Estrategia Problema

Ilustración 3.8. Laboratorio de Color (El problema)

| Asignación de colores | |
|-----------------------|-------------|
| Centro | 225,0,244 |
| Grupo 2 | 225,21,244 |
| Grupo 3 | 225,28,244 |
| Grupo 4 | 225,36,244 |
| Grupo 5 | 225,48,244 |
| Grupo 6 | 225,61,244 |
| Grupo 7 | 225,72,244 |
| Grupo 8 | 225,96,244 |
| Grupo 9 | 225,111,244 |
| Grupo 10 | 225,133,244 |
| Grupo 11 | 225,144,244 |
| Grupo 12 | 224,150,244 |
| Grupo 13 | 224,160,244 |
| Grupo 14 | 224,180,244 |
| Grupo 15 | 224,190,244 |

Problema

Ilustración 3.9. Laboratorio de Color (Forma irregular)

| Asignación de colores | |
|-----------------------|----------------------|
| Centro | <input type="text"/> |
| Grupo 2 | <input type="text"/> |
| Grupo 3 | <input type="text"/> |
| Grupo 4 | <input type="text"/> |
| Grupo 5 | <input type="text"/> |
| Grupo 6 | <input type="text"/> |
| Grupo 7 | <input type="text"/> |
| Grupo 8 | <input type="text"/> |
| Grupo 9 | <input type="text"/> |
| Grupo 10 | <input type="text"/> |
| Grupo 11 | <input type="text"/> |
| Grupo 12 | 61,64,40 |
| Grupo 13 | 61,64,35 |
| Grupo 14 | 61,64,30 |
| Grupo 15 | 61,64,25 |

Problema

Ilustración 3.10. Laboratorio de Color (Forma regular)



Ilustración 3.11. Razonamiento sobre mecanismos (Presentación del problema)

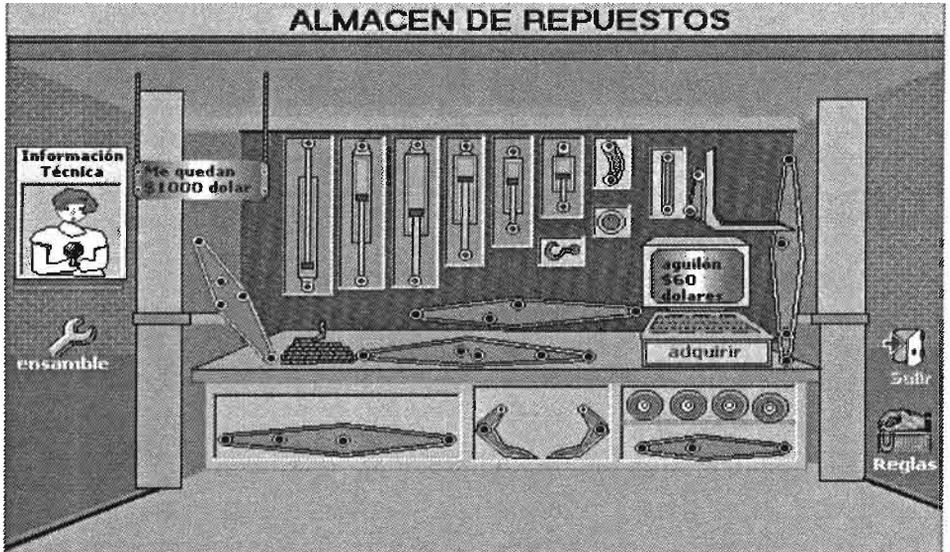


Ilustración 3.12. Razonamiento sobre mecanismos (El almacén)

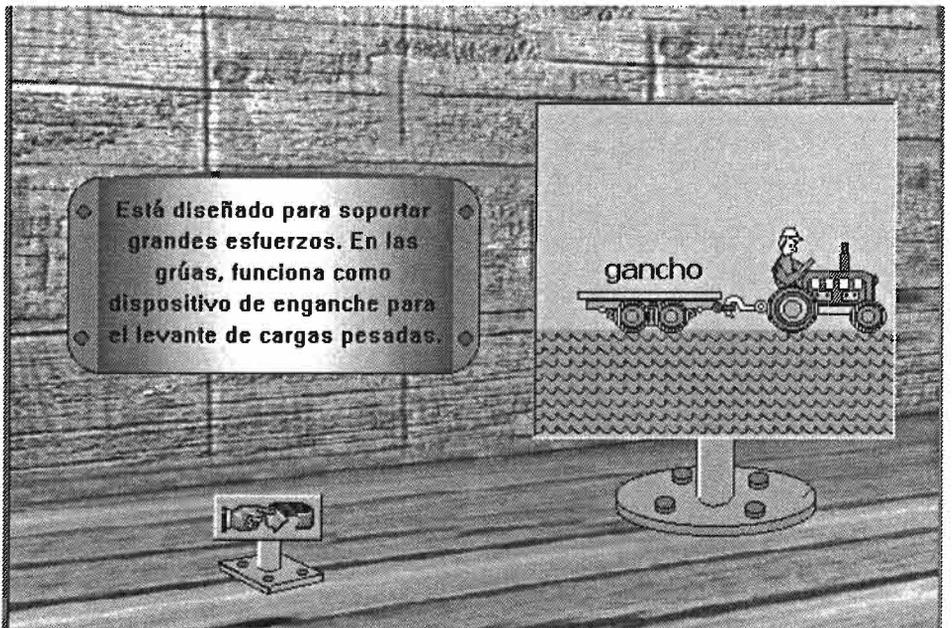


Ilustración 3.13. Razonamiento sobre mecanismos (El Centro de información técnica)

ESPECIFICACIONES PARA USO DEL SOFTWARE

RAZONAMIENTO ESPACIAL PARA EL DESARROLLO DE LA CAPACIDAD DE DISEÑO, APOYADO POR COMPUTADOR.

Es un ambiente Lúdico desarrollado en nueve programas de computador. A cada uno de éstos se les denominó módulos. La forma de presentación son nueve juegos de descubrimiento organizados en un paquete que permite acceso secuencial a través de un menú.

La siguiente es la secuencia de los problemas:

- * Juego 1. Líneas en Equilibrio.
- * Juego 2. Líneas al Azar.
- * Juego 3. Puntos en Equilibrio.
- * Juego 4. Puntos al Azar.
- * Juego 5. Rompecabezas de Piezas Ensamblables.
- * Juego 6: Rompecabezas Vega J.G.
- * Juego 7: Posición de un Observador.
- * Juego 8: Laboratorio de Color.
- * Juego 9: Razonamiento sobre Mecanismos.

Los juegos del 1 al 4 presentan problemas sobre equilibrio y dirección, el 5 y el 6 sobre equilibrio y forma, el 7 sobre posición y dirección, el 8 incorpora los elementos ya planteados y el factor color, y el último introduce el razonamiento sobre mecanismos.

REQUISITOS DEL SISTEMA

- * Windows 3.1, Windows 95 o posterior
- * Procesador Pentium (se recomienda 33 o más Mhz)
- * 1 MB de espacio libre en el disco duro para la instalación mínima que requiere el uso constante del CD (recomendada). La instalación completa requiere un espacio mínimo de 20 MB en el disco duro.
- * Mínimo 16 MB de memoria RAM.
- * Monitor configurado a 800 x 600 pixeles como mínimo y color de alta densidad (16 bits) o color verdadero (24 bits)
- * Unidad de CD-ROM de 8x o superior.
- * Tarjeta de sonido compatible con Windows.

INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN

El programa se puede utilizar en dos formas:

Instalación Mínima: Deposita en su disco duro los archivos de control del sistema y de seguimiento de Usuario, y requiere del uso continuo del CD. No requiere seguir instrucciones.

Instalación Completa: Copia en un subdirectorío del disco duro elegido los archivos de juego. Introduzca el CD y siga estos pasos:

1. Seleccione Ejecutar en el menú Inicio y teclee d:\setup\setup
La letra d representa la unidad de CD, en caso de que esta no lo sea digite la letra necesaria.
2. Siga las instrucciones en pantalla para instalar el programa.
3. Tras la instalación, encontrará el icono de ACA3 en Inicio / Programas / ACA3 / aca3.
4. Retire el CD y Active el icono de ACA3 y empiece a jugar.

SOLUCION DE PROBLEMAS EN WINDOWS

- No hay suficiente espacio en el disco duro para Instalar ACA3:
Libere para la instalación mínima por lo menos 2 MB
- El programa ha sido interrumpido por un mensaje de error:
Limpie el CD (con un producto destinado para tal fin)
- No hay sonido:
En el panel de control seleccione sonido y aumente el volumen.
Desactive la opción silenciar
Consulte los manuales de la tarjeta de sonido y siga las indicaciones.
- El programa muestra el mensaje de error de configuración del monitor:
Active la opción configuración del monitor del panel de configuración, y seleccione para color 16 o 24 bits y la resolución mínima de 800 por 600 pixeles.
- Aparecen errores inexplicables:
Actualice el controlador de pantalla.
Cierre otros programas que se estén ejecutando.

Para obtener asistencia técnica sobre problemas del programa,
póngase en contacto al número telefónico 3473560 ext. 240.

El libro **Metacognición y Razonamiento Espacial en Juegos de Computador**, surge del interés por encontrar caminos para entender y propiciar el aprendizaje autónomo en las generaciones de la sociedad del conocimiento.

El lector encontrará una integración de Arte Op, imaginería computacional y animación mental como acercamiento a la comprensión de los procesos de razonamiento espacial en el diseño gráfico. Nueve juegos basados en computador constituyen el escenario para el estudio del razonamiento espacial, objeto de esta investigación.

Se muestra la aplicación sistemática de técnicas relacionadas con el estudio de agentes inteligentes al análisis de procesos de búsqueda y aprendizaje en juegos de descubrimiento para aportar a la construcción de una pedagogía científica en el formato de una pedagogía computacional.

Se evidencia la convergencia de tendencias avanzadas de investigación en la construcción de ambientes propicios para el aprendizaje y se fortalece así la función del pedagogo como ingeniero social centrado en el desarrollo de la inteligencia de las nuevas generaciones.



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL**



Instituto

**PARA LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA
Y EL DESARROLLO PEDAGÓGICO**

ALCALDÍA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ

ISBN 958-20-0528-9



9 789582 005283