

67



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

## SISTEMA EXPERTO TUTORIAL EN COGENERACION DE ENERGIA

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
*INGENIERA EN COMPUTACION*  
P R E S E N T A N  
*CAROLINA DE LA PAZ ALVA*  
*JULIA ALCANTARA ZAVALA*

DIRECTOR DE TESIS: DR. FELIPE LARA ROSANO



MEXICO, D. F.

1994

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## LA PRESENTE ESTA DEDICADA

A MIS PADRES, cuyo apoyo y comprensión han hecho posible el cumplimiento de mis mas grandes anhelos.

A MIS HERMANOS, que me han proporcionado su ayuda en todo momento.

A MI FAMILIA, en general, que me ha motivado a continuar con mi superación.

A MIS AMIGOS, que me han brindado una amistad invaluable, sin la cual no hubiera podido seguir adelante.

A MIS PROFESORES, cuya enseñanza fue mas allá de las aulas, siendo un ejemplo de profesionalismo y de comportamiento a seguir.

A LA FACULTAD DE INGENIERIA, fuente de excelentes ingenieros, en particular, cuya estancia ha quedado como un recuerdo inborrable, y, en general, a las instituciones que hicieron posible que la educación que he recibido no haya sido en vano.

AUN A AQUELLOS que escapan a mi mente, a todas aquellas personas que colaboraron no sólo en la realización de esta tesis, sino también en mi formación como profesionista y más aún, como ser humano.

Carolina De la Paz Alva.

**AGRADEZCO:**

*A mis padres: Eva y Arturo,*

Por todo el amor, confianza y apoyo que me han brindado siempre.

Gracias por concederme la dicha de haber llegado a culminar el presente trabajo que es de ustedes y para ustedes.  
**LOS AMO.**

*A mis hermanos: Mary, Arturo, Eva y Virginia.*

Por el apoyo y la gran paciencia que me tuvieron a lo largo de tantos años de estudio, les dedico el presente trabajo esperando llegue a ser un ejemplo del inicio de un gran futuro.

*A mis compañeros y amigos:*

Caro, Rosalba, Nicolas, Dolores, Felicitas, Rebe y en especial al Dr. Felipe Lara.

# SISTEMA EXPERTO TUTORIAL EN COGENERACION DE ENERGIA.

## INDICE

### CAPITULO 1 *INTRODUCCION*

Antecedentes .....	1
Alcances .....	2

### CAPITULO 2 *SISTEMAS DE COGENERACION DE ENERGIA*

Introducción .....	6
Definición de Sistemas de Cogeneración .....	7
Clasificación de los Diferentes Sistemas de Cogeneración.....	8
Selección de Sistemas de Cogeneración.....	10
Características de Equipo Típico para Cogeneración .....	11
Características Económicas de los Sistemas de Cogeneración.....	12
Evaluación de Proyectos de Cogeneración .....	13

### CAPITULO 3 *INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS*

#### *INTELIGENCIA ARTIFICIAL*

Reseña Histórica .....	16
¿Qué es la Inteligencia Artificial?.....	17

Campo de Estudio.....	17
Lenguajes y Herramientas de la Inteligencia Artificial .....	19
<i>SISTEMAS EXPERTOS</i> .....	20
¿Qué son los Sistemas Expertos?.....	21
Tipos de Sistemas Expertos .....	23
Arquitectura de un Sistema Experto.....	26
Mecanismos de Razonamiento .....	27
<i>SISTEMAS EXPERTOS TUTORIALES</i> .....	35
Tipos de Sistemas Expertos Tutoriales.....	37
Desarrollo de los Sistemas Expertos Tutoriales .....	39

## **CAPITULO 4**

### ***SISTEMA EXPERTO TUTORIAL EN COGENERACION DE ENERGIA.***

<i>INTRODUCCION</i> .....	43
Definición del Problema .....	44
Posibles Soluciones.....	44
¿Por qué un Sistema Experto?.....	45
Selección del Shell de desarrollo .....	46
Requerimientos técnicos del Sistema Experto.....	50
<i>ANALISIS DEL SISTEMA</i>	
Análisis y Formulación del Problema .....	51
Estructura General del Sistema.....	53
<i>DESARROLLO DEL SISTEMA</i> .....	63
Funciones y Estructura de Objetos por Módulos .....	64
<i>VALIDACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA</i> .....	81

**CAPITULO 5**  
**CONCLUSIONES**

Conclusiones.....	84
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>86</b>
APENDICE A.....	88
APENDICE B.....	91
APENDICE C.....	93
APENDICE D.....	99
APENDICE E.....	102
APENDICE F.....	105

## CAPITULO 1 INTRODUCCION

### **ANTECEDENTES.**

Hacia finales de 1989 se inicia, en la Coordinación de Sistemas del Instituto de Ingeniería, el programa denominado Sistemas Expertos Aplicados a la Ingeniería bajo la dirección del Dr. Felipe Lara Rosano. Inicialmente orientado a la Ingeniería Industrial, pronto fue ampliado para involucrar a otros investigadores y estudiantes de licenciatura de ingeniería civil, de computación y de posgrado en diferentes áreas. El objetivo primordial del proyecto es el de desarrollar Sistemas Expertos que tengan alguna aplicación práctica para resolver problemas concretos que se presenten en diferentes ramas de la ingeniería.

Los siguientes sistemas son ejemplos de lo que se ha venido desarrollando en el Laboratorio de Inteligencia Artificial del Instituto de Ingeniería:

- **SEILUM.** Sistema Experto para Iluminación Industrial. Este sistema experto es aplicable tanto para evaluar instalaciones de iluminación existentes, como el diseño de instalaciones nuevas y puede utilizarlo un usuario no necesariamente especializado en el diseño de sistemas de iluminación.

- **CALDERA1.** Sistema Experto para el Ahorro Energético en Calderas. Sus objetivos están enfocados a: el rendimiento de una caldera, mantenimiento y operación adecuados y al diagnóstico de fallas.

- **CALIDAD1.** Sistema Experto Asesor en Gráficas de Control. Su objetivo es asesorar en la elección de la gráfica de control apropiada a cada proceso de producción. Explica y aclara conceptos básicos, hasta conceptos específicos de cada gráfica, así como fórmulas.

- **SEGEO.** Sistema Experto en la Exploración Geométrica en el Valle de México. El objetivo principal es servir como asesor en la programación de la exploración geotécnica necesaria para la construcción de cimentaciones en el D.F., atendiendo a los requisitos del Reglamento de Construcción y el conocimientos experto acumulado en la práctica; además, se prevé que en etapas subsecuentes, éste pueda interactuar con sistemas relacionados con estudios geotécnicos.

- **SEOV.** Sistema Experto en Orientación Vocacional. Tiene como objetivo apoyar a las actividades de la Dirección General de Orientación Vocacional (DGOV) en preparatorias de la UNAM con lo cual alumnos de preparatoria pueden ayudarse y resolver su problema de orientación vocacional. El sistema aplica un cuestionario de



intereses, uno de aptitudes y un inventario de personalidad. Los califica y en base a los resultados hace un análisis de comparación (de manera gráfica), entre el perfil del alumno y el de la carrera que se esté analizando.

- **TUTEX.** Sistema Tutorial en el Uso de Explosivos. Su objetivo es cubrir los requerimientos del conocimiento necesario para manejar explosivos con los mejores rendimientos usados en la industria, apoyando de esta manera la ingeniería civil y minera.

- **SETNBD.** Sistema Experto Tutorial en Normalización de Base de Datos. El sistema tiene como objetivo presentar el conocimiento de la teoría de normalización de una base de datos por medio de tres formas normales y evaluar al usuario para reafirmar el conocimiento obtenido.

- **SISTEMAS TUTORIALES EN COGENERACION DE ENERGIA:** En éste sistema se emplean técnicas de multimedia que apoyan a la capacitación en el diseño y evaluación de sistemas de cogeneración de energía.

### ***ALCANCE DE LA TESIS***

Un sistema experto tutorial es un programa de computadora que con base en conocimientos pedagógicos y técnicas didácticas apropiadas, un usuario (alumno) adquiere un conjunto de conocimientos sobre un dominio o especialidad específicos, tomando en cuenta, tanto su estado actual de conocimientos, como las características de la evolución de su aprendizaje individual. En otras palabras, un sistema de este tipo emula el comportamiento de un instructor en un curso personalizado.

Dicho lo anterior, se puede decir que los sistemas expertos tutoriales poseen un campo de acción potencial importante en la industria, permitiendo la posibilidad de capacitación inmediata de personal, con lo cual se mejoraría la productividad, calidad y eficiencia.

En lo que se refiere a las estrategias de ahorro y uso correcto de energía, la base importante para el logro de estos objetivos es la capacitación inmediata del personal. Una de las alternativas de relativo bajo costo para lograr una mayor y adecuada difusión

de los temas referentes a esta área, es el desarrollo y distribución masiva de sistemas expertos tutoriales. Dichos sistemas deberán estar enfocados al concepto denominado COGENERACION DE ENERGIA.

La cogeneración emerge en la actualidad como una alternativa para reducir el consumo de energía primaria y reducir costos energéticos, y es definida como la producción simultánea de electricidad (o energía mecánica) y energía térmica a partir de un combustible único. Este uso simultáneo de una fuente energética para generar electricidad y calor, induce a altos niveles de ahorro de energía y a una significativa disminución en la factura energética, sin alterar los procesos de producción.

La cogeneración es ahora una tecnología bien conocida, cuya viabilidad y aplicación técnica ha sido demostrada ampliamente, aunque su factibilidad económica ha fluctuado de acuerdo a los cambios en los precios y disponibilidad de las fuentes de energía. Hoy en día, la diferencia entre los precios de la electricidad y combustibles ha hecho que la cogeneración sea la más eficiente y efectiva forma de reducir los costos energéticos.

El presente proyecto está enfocado a la cogeneración de energía, y su objetivo principal es:

*Desarrollar un sistema experto tutorial para apoyar la capacitación en el diseño de sistemas de cogeneración de energía en la industria.*

Dicho sistema se diseñará considerando los siguientes aspectos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje:

1. El sistema dirige al usuario hacia los temas que deberá ir estudiando.
2. A partir de una evaluación, que el sistema aplicará al usuario después de estudiar determinados temas, el sistema determina la continuación a los temas subsecuentes. Dependiendo de la calificación obtenida, el sistema recomienda al usuario retornar a los temas en los que se haya identificado que falta reforzar su conocimiento. (Esto constituye la retroalimentación). Este proceso puede hacerse por tema o grupo de temas.
3. Luego de las retroalimentaciones formativas de todos los temas, se efectúa la evaluación promedio de los mismos.

Los temas con los que cuenta el sistema experto tutorial en cogeneración de energía son los siguientes:

**Tema 1. *Recopilación de datos e información. Encuestas.***

Brindar al usuario los procedimientos para la recopilación y toma de datos requeridos para el diseño de un sistema de cogeneración.

**Tema 2. *Análisis energético.***

Capacitar al usuario en la secuencia a seguir para determinar la cantidad y la forma en que se utiliza cada tipo de energético en la empresa, a partir de la información estadística mostrada en la misma.

**Tema 3. *Caracterización energética de la empresa.***

Capacitar al usuario en la metodología para establecer el potencial de cogeneración atendiendo a las capacidades térmica y eléctrica, considerando las posibilidades que existen de ahorro de energía y otros factores adicionales.

**Tema 4. *Selección del tipo de sistema de cogeneración.***

Capacitar al usuario en la metodología a seguir para la selección preliminar adecuada de un sistema de cogeneración y para determinar la capacidad aplicable a la satisfacción de las demandas energéticas de la empresa.

**Tema 5. *Evaluación de los beneficios netos de las opciones de los sistemas de cogeneración.***

Brindar el procedimiento para evaluar la potencia neta que puede integrar cada esquema de cogeneración, así como el incremento en consumo de combustible bajo la operación a diversas condiciones de cargas.

**Tema 6. Especificación de equipos principales.**

Brindar información sobre los diferentes criterios y factores a considerar para especificar los principales equipos de un esquema de cogeneración.

## **CAPITULO 2**

### **SISTEMAS DE COGENERACION DE ENERGÍA.**

#### ***INTRODUCCION***

Las numerosas manifestaciones de la energía, obligan a un constante y diversificado desarrollo tecnológico en busca de su óptimo aprovechamiento.

El uso racional de la energía es entonces la estrategia para afrontar la creciente demanda. A partir de la crisis petrolera de 1993 se ha acelerado el flujo de innovaciones tecnológicas para mejorar la eficiencia energética en todas las aplicaciones de la energía.

Los estudios hechos por la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) indican que la eficiencia energética en México esta entre un 30% y un 50% abajo de las de los países industrializados. Es por esto que es conveniente incorporar nuevas tecnologías para lograr la mayor eficiencia energética.

Existen muchas industrias que requieren electricidad y calor para sus diferentes procesos de producción, dependiendo de la forma en que se demanden electricidad y calor y de otros factores. Puede ser ventajoso el que se produzcan ambas formas de energía para auto abastecimiento de una misma empresa e incluso, tener excedentes que puedan ponerse a disposición de otros consumidores.

La cogeneración ha venido revolucionando: prácticamente la mayoría de los campos de ahorro de energía y sus aplicaciones se han diversificado a tal grado que actualmente, algunos países en el mundo se apoyan para ahorrar energía en la cogeneración.

Dentro de los procesos típicos en los que se encuentra la aplicación de la cogeneración, se tienen: la fabricación de papel, refinación de petróleo, fabricación de azúcar, siderurgia, textiles, cervecerías y huleras. Asimismo, puede utilizarse en sistemas de calefacción central, desaladoras, industria de alimentos e incluso a nivel comercial y residencial.

En la primera mitad de este siglo fue muy utilizada la cogeneración en Europa y Estados Unidos (un tercio de la capacidad eléctrica instalada en los 20's), actualmente

experimenta un fuerte resurgimiento con motivo del uso racional y conservación de la energía. En Estados Unidos se han emitido reglamentaciones para facilitar el que las empresas interesadas instalen plantas de cogeneración conectándose a la red eléctrica pública y que perciban ingresos, por concepto de venta de energía, de la empresa pública o privada encargada del suministro, llegando incluso a que el precio de venta y compra de energía sean diferentes a beneficio de la instalación cogeneradora.

En México, la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica, cuyas reformas a finales de 1983 contemplan el empleo de esquemas de cogeneración y el Programa Nacional de Energéticos, emitido en 1984, establecen el marco legal para que pueda producirse electricidad en instalaciones privadas con el objetivo principal de auto abastecimiento y poniendo los excedentes a disposición de la Comisión Federal de Electricidad.

Aún no se definen niveles de eficiencia de conversión de energéticos para este tipo de instalaciones y sólo queda establecido que la eficiencia de transformación de energéticos debe ser incrementada.

### ***DEFINICION DE SISTEMAS DE COGENERACION.***

El término Cogeneración parece ser nuevo, pero en realidad, esta tecnología ha sido empleada desde hace mucho tiempo, cuando la red eléctrica nacional no era tan importante como ahora, y al estar más acostumbrados a enfrentarse con el problema del costo de suministro. Sin embargo últimamente ha recobrado un renovado interés como un método práctico para ahorrar energía.

Por lo dicho anteriormente podemos definir a un *Sistema de Cogeneración como cualquier sistema de generación simultánea de energía mecánica y térmica útil*, normalmente la energía mecánica se utiliza para accionar a un turbo generador y producir electricidad.

Los elementos comunes a todo sistema de cogeneración son:

- Fuentes de energía primaria:  
gas natural, combustibles.
- Elementos motores:  
turbina de gas, turbina de vapor, motores alternativos.
- Sistemas de aprovechamiento de energía térmica:  
calderas: convencional, de recuperación.  
secadero, intercambiadores.
- Sistemas de aprovechamiento de energía mecánica:  
generadores eléctricos, generadores mecánicos: bombas,  
compresores.

### **CLASIFICACION DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE COGENERACION.**

La clasificación de los sistemas de cogeneración responde a diversos criterios:

- a) Por el tipo de ciclo empleado,
- b) Por el elemento motor que utilicen.

**a) Por el tipo de ciclo empleado:** Estos atienden al orden en que se realiza la generación de energía térmica y de la energía eléctrica. Los tipos más usuales son:

*i) Sistemas primarios (toppyng cycles) o de cabeza:* Son aquellos en que tanto la energía térmica para generar electricidad y/o energía mecánica, como la energía térmica resultante (calor residual) se suministran a procesos.

*ii) Los llamados sistemas secundarios (bottoming cycles) o de cola:* En estos la energía primaria se utiliza en el proceso que necesariamente se tiene que realizar a muy alta temperatura y el calor residual o calor de escape del proceso se emplea en la generación de energía mecánica y/o eléctrica.

**b) Por el elemento motor que utilicen:**

*i) Con turbina de vapor.* La turbina de vapor se acciona mediante la expansión del vapor de alta presión procedente de la caldera. Existen varios tipos de turbinas de vapor, según el requerimiento de vapor y electricidad.

- Turbina de vapor a contrapresión. Aquí la presión del vapor de salida de la turbina es más alta que la presión atmosférica y es susceptible de ser utilizada en algún proceso.

- Turbina de condensación. En este tipo de turbinas el vapor se expande desde la presión de entrada hasta llegar a una presión más baja que la atmosférica, condensándose después el vapor y bombeándose agua de nuevo a la caldera. Son usadas generalmente en las plantas termoeléctricas. En estas turbinas el aprovechamiento térmico es muy bajo.

- Turbina de extracción. Son turbinas con una toma de vapor para alimentar un determinado servicio, pueden ser de condensación o de contrapresión. La presión de extracción se mantiene constante al variar el caudal de vapor extraído por medio de un regulador de presión que actúa sobre el vapor de entrada a la turbina. Las turbinas de extracción son de aplicación para procesos en que se necesiten dos niveles de presión.

*ii) Con turbina de gas.* Esta compuesta por el compresor, la cámara de combustión y la turbina. su funcionamiento es el siguiente: el aire es aspirado de la atmósfera y comprimido para después pasar a la cámara de combustión, donde se mezcla con el combustible y se lleva a cabo la ignición; los gases calientes producto de la combustión fluyen a través de la turbina y frecuentemente, un alternador.

*iii) Con motores alternativos.* Los motores alternativos de combustión interna pueden ser alimentados por diversos combustibles. El rendimiento térmico en estos es más alto que en las turbinas, aunque recuperan calor con mayor dificultad.

*iv) Con turbina de gas y turbina de vapor,* también llamado ciclo combinado. Los sistemas de ciclo combinado son de aplicaciones en aquellos sectores industriales con importantes consumos de energía eléctrica y en los que además puede aprovecharse el vapor de baja presión. El sistema de ciclo combinado comprende:



- Una turbina de gas con producción de energía mecánica en ella misma.
- Aprovechamiento de los gases de escape en la caldera de recuperación de la caldera convencional para generar vapor de alta presión.
- Una turbina de vapor con producción complementaria de energía mecánica.
- Aprovechamiento en proceso del vapor de baja presión.

### **SELECCION DE SISTEMAS DE COGENERACION.**

La selección de un sistema de cogeneración depende del análisis técnico de las condiciones que presente cada posible aplicación en particular. Por supuesto, dicho análisis debe contemplar la tecnología actualmente disponible para no llegar a situaciones imposibles de realizar. Las condiciones generales que es necesario considerar para determinar la factibilidad de instalación de un sistema de cogeneración son las siguientes:

- *Disponibilidad de combustible o calor de desecho.* Es necesario determinar la cantidad de combustible y la confiabilidad de su suministro o, en su caso, la cantidad de calor que es rechazada y las variaciones que puede presentar, propias de la operación de los procesos.
- *Perfil de utilización de electricidad y calor contra tiempo.* Al evaluar el modo de operación del sistema actual, la demanda y consumo de las diferentes corrientes energéticas, entre más uniforme sea el consumo térmico, el sistema de cogeneración a seleccionar operará más eficientemente, sin embargo, es prácticamente imposible tener esta situación ideal. Es difícil especificar un límite de comportamiento no uniforme que haga inaceptable la aplicación de cogeneración. Se debe hacer una estimación de la condición promedio de operación para la cual se tenga una capacidad de generación eléctrica que pueda satisfacer las variaciones que por encima y por debajo de ella se presenten permitiendo la operación de la máquina sin problemas.

## ***CARACTERISTICAS DE EQUIPO TIPICO PARA COGENERACION.***

Las condiciones de operación de los casos particulares en que sea aplicable la cogeneración determinarán el tipo de sistema y, a su vez, los equipos que intervienen en dicho sistema. A continuación se presentan las características de equipos tipo como una guía de utilización, cabe hacer notar que para un proyecto en particular se debe recabar información actualizada de los mismos.

### ***Turbina de vapor:***

***Combustibles.*** Son aplicables casi la mayoría de combustibles, primarios o residuales que puedan quemarse en una caldera, o bien, la utilización de fuentes de calor de desecho recuperables.

***Rango de consumo básico.*** Las turbinas de contrapresión consumen entre 10 y 60 kg/kWh y las condensantes entre 3 y 12 kg/kWh dependiendo de las condiciones del vapor en la admisión, que pueden ser de 15 bar, saturado, hasta 170 bar y 540°C; por supuesto, al tener condiciones altas de presión y temperatura se incrementa el costo del generador de vapor, bombas, tuberías de conducción, planta desmineralizadora, etc.

***Características del calor a la descarga.*** Para las turbinas de contrapresión, las condiciones de presión y temperatura quedan determinadas por el proceso de expansión del vapor en su interior. En el caso de las condensantes, el vapor a la descarga posee muy bajo potencial térmico, prácticamente inutilizable. Las condiciones de las extracciones quedan determinadas al igual que en el caso de las de contrapresión.

### ***Turbinas de gas:***

***Combustibles.*** Comúnmente utilizan gas o destilados ligeros de petróleo. De acuerdo con los fabricantes se pueden obtener datos de comportamiento para diferentes tipos de combustibles que pueda manejar su turbina.

***Consumo de combustible.*** El consumo de combustible requerido para producir energía eléctrica y térmica recuperable está entre 11,500 y 18,000 kJ/kWh. El consumo de

combustible para generación eléctrica depende de la cantidad de recuperación de calor, en la práctica está entre 4,000 y 7,500 kJ/kWh en sistemas de cogeneración.

*Características del calor a la descarga.* Los gases de escape poseen temperaturas entre 350 y 550°C. Se puede instalar una caldera de recuperación de calor en el escape de la turbina para producir vapor o calentar algún fluido. Los gases de escape se pueden utilizar también para suministrar aire de combustión a una caldera, o bien directamente en hornos de secado.

#### Motores de combustión interna:

*Combustibles.* Diesel y otros refinados de petróleo, gas natural, propano y butano. Es conveniente consultar a los fabricantes antes de hacer la selección de un motor dependiendo del combustible a utilizar.

*Consumo de combustible.* El motor de combustión interna convierte aproximadamente un 33% de la energía del combustible en potencia mecánica, un 30% se disipa hacia el medio refrigerante y un 30% hacia el escape, el resto son pérdidas.

*Recuperación de calor.* Los métodos de recuperación de calor son para aplicaciones de temperatura media (90-100°C) y alta temperatura (120°C) mediante el aprovechamiento del calor del refrigerante en intercambiadores de calor y de los gases de escape en calderas de recuperación.

### **CARACTERISTICAS ECONOMICAS DE LOS SISTEMAS DE COGENERACION.**

Los costos de los sistemas de cogeneración comprenden los costos correspondientes de los equipos principales requeridos para integrar cada sistema. Los componentes se pueden dividir en los siguientes subsistemas:

- Equipo para manejo y almacenamiento de combustible.
- Calderas y equipo de recuperación de calor.
- Máquinas (turbinas, motores, etc.)
- Generadores.
- Equipo de conexión eléctrica.

Es necesario hacer notar que en el marco en que actualmente se considera la cogeneración, un sistema de este tipo no sólo puede beneficiar a la empresa que hace la inversión en él sino también a la empresa encargada del suministro eléctrico que podría disponer de una capacidad eléctrica para la que no habría tenido que construir una central de generación, ni desembolsar gastos de operación y mantenimiento o también puede beneficiar a un grupo de usuarios con los excedentes energéticos que se tengan. De ésta manera, la evaluación de los proyectos de cogeneración para determinar su aplicabilidad requiere considerar el entorno que lo rodea y no a la empresa por sí sola.

### ***EVALUACION DE PROYECTOS DE COGENERACION.***

A continuación se listan las características típicas de un proyecto de cogeneración que es necesario evaluar para determinar su factibilidad:

- a) Costo de capital.
- b) Potencial para independizar el sistema de las operaciones propias del proceso.
- c) Límites del proyecto claramente definidos.
- d) Salidas cuantificables.
- e) Potencial de multiusuarios.
- f) Capacidad eléctrica a proporcionar.
- g) Características económicas inherentes.

El costo de capital se evalúa de acuerdo a las políticas de la empresa referentes a su presupuesto para proyectos. En el caso de que el vapor sea el producto principal, el costo de un sistema que produzca tanto vapor como electricidad obviamente excederá

el de uno que produzca exclusivamente vapor. Aún cuando los ahorros que se obtengan en consumo de electricidad presenten una alternativa adecuada de inversión, el costo del sistema podría representar una parte sustancial del presupuesto.

Los incisos b, c y d se refieren a evaluar la posibilidad de independizar los proyectos de cogeneración de las operaciones de proceso a manufactura. Ese grado de independencia del proceso es función principalmente de las curvas de utilización de energía, de la cantidad de energía destinada a otros usuarios y el uso de algún producto residual del proceso o de desechos como combustibles.

El máximo grado de independencia se tendrá cuando el sistema sea diseñado principalmente para venta de energía eléctrica y suministro de calor relativamente pequeño para proceso. Por otro lado, una instalación que utilice un subproducto como combustible y que suministre calor y electricidad para satisfacer demandas internas muy variables, estará típicamente integrada a las operaciones de proceso.

Ya sea que el sistema opere independiente o integralmente con la instalación industrial, los límites entre las operaciones del primero y las del segundo deben ser fácilmente identificables y, por lo tanto, también los equipos se podrán aislar dentro de los límites del proyecto.

Tanto las corrientes de entrada como las de salida del sistema de cogeneración deben ser cuantificables, por ejemplo: combustible, vapor, electricidad. Estas características hacen que los costos de capital y de operación puedan definirse claramente. Esta es una clave que en combinación con el potencial de independencia de proceso puede permitir que la cogeneración se considere como un proyecto por separado con la posibilidad de involucrar a una tercera parte para financiamiento del mismo.

El inciso e, es la habilidad del proyecto de cogeneración de dar servicio a múltiples usuarios, ya sea como en el caso de un sistema de calefacción distrital o mediante la venta de electricidad a la red de suministro público. En términos presupuestales y financieros, el potencial de multiusuarios es de importancia porque permite la participación de otras entidades para compartir el costo de capital del proyecto, ya sea directamente o, más comúnmente, mediante convenios de compra de energía.

Otro aspecto de los sistemas de cogeneración es el referente al inciso f, la capacidad eléctrica a proporcionar, cuya importancia reside a nivel de inversiones de la compañía

encargada del suministro eléctrico. Las capacidades eléctricas que los sistemas de cogeneración pueden proporcionar resultan adecuados para aquellas zonas en que se requiera una cantidad limitada de nueva capacidad instalada de tal manera que se pueda satisfacer la necesidad futura de generación sin que la compañía eléctrica realice la inversión de una nueva central. Por supuesto esto requiere una cooperación íntima entre ambas entidades para que la realización del proyecto proporcione un servicio altamente confiable de suministro eléctrico.

El último inciso está relacionado directamente con la decisión de destinar presupuesto de capital a proyectos. Dependiendo de sus características, la rentabilidad del proyecto de cogeneración se comparará con la de otros proyectos para efectuar la selección de alguno(s) de ellos.

### CAPITULO 3

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS.

### *RESEÑA HISTORICA.*

El origen de la Inteligencia Artificial (nombre debido a John McCarthy) se remonta a la conferencia sobre teoría informática que tuvo lugar en 1956 en el Darmouth College. En ella aparecieron sistemas con capacidad para desarrollar juegos (juego de damas de Samuels) y demostrar teoremas (The logic theorist de Newell y Simon) creándose el nombre de Inteligencia Artificial y el concepto de Sistemas Inteligentes.

Aunque el ritmo de desarrollo de la Inteligencia Artificial ha sido inferior a lo previsto, se han cumplido algunas de las expectativas de estos primeros momentos; de hecho, en el año de 1981 en la Conferencia Mundial de Vancouver sobre Inteligencia Artificial, se celebró un homenaje a los pioneros de aquella conferencia de Darmouth con motivo de que la Inteligencia Artificial había cumplido 25 años tanto de software como de hardware.

En el desarrollo de conocimientos que constituyen hoy la Inteligencia Artificial se pueden diferenciar tres épocas:

*ETAPA INICIAL.* Que comprende la creación de técnicas básicas para representar el conocimiento inteligente tanto a nivel de métodos como de lenguajes. Este período abarca de 1956 a 1970.

*ETAPA DE PROTOTIPOS.* En la que se desarrollan proyectos más complejos pero todavía limitados a centros de investigación. Este segundo período abarca de 1970 a 1981.

*ETAPA DE DIFUSION INDUSTRIAL.* Se desarrollan proyectos comerciales por parte de empresas privadas. Este tercer período inicia a partir de 1981.

## ¿QUE ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL?

El concepto de Inteligencia Artificial (IA) se utiliza para denotar un campo de investigación sobre la estructura y las funciones del comportamiento inteligente, cuyo objetivo es el de resolver problemas a partir de sistemas que actúen en forma similar a los organismos que poseen esta característica.

La base teórica de la IA fue tomando forma desde principios de los años cuarentas, sin embargo, no fue sino hasta la siguiente década cuando los equipos de cómputo existentes tuvieron el nivel adecuado para poder programar los procesos involucrados en sus investigaciones.

Los programas de computación que interesan a la IA son principalmente procesos simbólicos que implican complejidad, incertidumbre y ambigüedad. Son procesos que requieren búsqueda, pues no admiten soluciones algorítmicas. Por tanto, la IA trata de resolver problemas y tomar decisiones similares a las que los seres humanos afrontan continuamente en su relación con el mundo. Aunque la mayoría de los intentos para definir con precisión los complejos y amplios términos anteriores son ejercicios fútiles, es útil esbozar como mínimo una frontera aproximada alrededor del concepto para proporcionar una perspectiva de ello. Para esto, se propone una definición que no está en absoluto aceptada universalmente: *Inteligencia Artificial es el estudio de cómo lograr que las computadoras hagan cosas que, por el momento, las personas hacen mejor.* Esta definición es, naturalmente, algo efímera debido a que hace referencia al estado actual de la ciencia de las computadoras. Marvin Minsky propuso otras alternativas y creó la IA como un estudio centrado en computadoras y algoritmos para generar programas capaces de dotar a una máquina con la capacidad de hacer tareas inteligentes como las requeridas para jugar ajedrez, comprender lenguaje natural y ver lo que la rodea.

### CAMPO DE ESTUDIO

Así como es verdad que uno de los fines que persigue la IA es imitar algunas de las funciones cerebrales, también es cierto que muchas de esas funciones están muy lejos de



ser imitadas por las computadoras. Por el contrario, uno de los objetivos inmediatos de la IA si es dotar a los sistemas inteligentes de los sentidos para resolver rápidamente una cuestión, sin necesidad de emprender una ardua búsqueda entre el sinfin de posibilidades, guiados por el sentido común. De hecho, ya se han obtenido resultados parciales y se han desarrollado máquinas que juegan ajedrez cuyos programas han sido sumamente exitosos, al grado de que son capaces, con gran destreza, de evaluar las condiciones del juego en el tablero, analizar las posibilidades y valorar las estrategias. Sin duda el ajedrez exige una sobrada capacidad intelectual, dada la impresionante arborización de jugadas posibles que se presentan en un duelo de este tipo; pero las computadoras logran procesar solo la información relevante y discriminar muchas opciones que no tendrían éxito. Sin embargo, las condiciones actuales imponen un mayor uso de recursos para enseñar a las máquinas a seleccionar y tomar decisiones.

Para avanzar en la IA, simulando la inteligencia humana, será necesario además construir en las máquinas esquemas de todas las cosas, con el requisito de que sean genéricas y flexibles, como es en nosotros. Todo lo anterior sugiere la relación simbiótica que se ha establecido entre las neurociencias y la IA, en la que ambas extraen conocimientos que en ocasiones resultan insospechados.

Por lo que el desarrollo de la IA ha conformado un extenso campo de investigación pura y aplicada, dentro del que se cuentan las siguientes áreas (Lara y Gelman, 1989):

- Solución heurística de problemas.
- Representación del conocimiento.
- Sistemas expertos.
- Redes neuronales.
- Recuperación inteligente de la información.
- Demostración automática de conjeturas.
- Percepción y reconocimiento de formas.
- Aprendizaje.
- Procesamiento de lenguaje natural y traducción automática.
- Robótica.
- Programación automática.

Todavía quedan problemas por resolver para lograr que las computadoras adquieran algunos de los principios que las convertirán de verdad en entes inteligentes. Uno de ellos es el aprendizaje. En nosotros se lleva a cabo toda una serie de cambios moleculares y estructurales que facilitan la transmisión de la información en el cerebro y

permite adquirir conocimientos nuevos, fenómeno que será muy difícil de inducir en las máquinas. No obstante, el ingenio del ser humano puede realizar otras maravillas como esa misma, crear inteligencia en las computadoras.

## ***LENGUAJES Y HERRAMIENTAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL***

La informática ha desarrollado lenguajes de programación específicos de alto nivel para los diferentes campos de aplicación. Lo mismo ha ocurrido con la IA ya que LISP, PROLOG, Logic Tree, ExSys Professional y Level5 Object son algunos ejemplos de los lenguajes de programación y de herramientas de la IA. Por ejemplo, con LISP se han elaborado software para expresar conocimientos, formulando sistemas expertos y desarrollando ayudas básicas de programación.

El hecho de utilizar a las computadoras para afrontar problemas cuya solución implica un cierto grado de comportamiento inteligente, constituye un nuevo paradigma en el desarrollo de las ciencias computacionales, ya que rompe con la idea tradicional de que los equipos de cómputo electrónico son útiles al proceso de toma de decisiones únicamente en su carácter de procesadores numéricos capaces de manipular con rapidez y efectividad grandes cantidades de información. En contraposición, la IA pretende hacer funcionar eficientemente a la computadora en campos de trabajo donde -por el estado tecnológico actual- es superada por las capacidades naturales del ser humano (Charniak y McDermott, 1985).

## **SISTEMAS EXPERTOS**

Los Sistemas Expertos (SE) son el resultado de pretender simular o reproducir el comportamiento de un solucionador de problemas inteligentes en un programa de computadora. Los primeros intentos se dirigieron al desarrollo de solucionadores de problemas generales; más tarde se determinó que estos programas serían débiles, a menos que el conocimiento específico acerca del problema a solucionar se sumara a la guía para llegar a la solución.

La investigación en IA se ha desplazado hacia el saber específico en las últimas décadas. El proyecto que inició este desplazamiento fue DENDRAL (Hayes-Roth 1983), un SE que permitió deducir estructuras químicas a partir de los datos disponibles de los fisicoquímicos. Este proyecto que inició en 1965; demostró que para que funcionara de un modo práctico, sencillo y especializado, el sistema debería tener conocimientos considerables de fisicoquímica, es decir poseer grandes cantidades de conocimiento específico.

Los Sistemas Expertos (SE's), a diferencia de los sistemas convencionales, pueden manejar los dos tipos de conocimiento (Pagnoni 1985):

*a) El formal:* a éste tipo de conocimiento se le puede acceder con relativa facilidad, ya que está integrado por definiciones, hechos, teoría de literatura, etc.

*b) El informal:* también conocido como heurístico, es aquel conocimiento que abarca "reglas de dedo" desarrolladas por expertos a lo largo de su vida profesional para enfrentar con efectividad problemas complejos, vagamente definidos, y situaciones de incertidumbre que no se ajustan a un método riguroso. La extracción, articulación y computarización de éste conocimiento, es la tarea fundamental al construir un SE.

Para hacer posible ésta tarea los SE's se basan principalmente en tres formas de representar el conocimiento que son las siguientes:

*1) Reglas de Producción.* También conocidas como juicios hipotéticos, son una estructura lógica formada por un conjunto de condiciones que deben ser cumplidas y una parte concluyente formada por una proposición que se verifica al verificarse las condiciones.

2) *Conceptos Estructurados*. Se pueden definir como un bloque de conocimiento que contiene la información relevante respecto de un objeto, representada en un formato preciso. Esta información se puede clasificar como: El nombre del objeto, los géneros próximos del objeto en una estructura lógica definida, las cualidades o atributos del objeto, y las condiciones para acceder la información del objeto y/o modificarlas

3) *Redes Semánticas*. En ésta forma de representación del conocimiento los conceptos se representan como nodos de una red y las relaciones que se establecen entre los conceptos como los arcos de la red. Como puede haber un gran número de tipos de relaciones entre los conceptos: género, pertenencia, propiedad, etc., hay una gran variedad de arcos relacionales.

## ¿QUE SON LOS SISTEMAS EXPERTOS?

"Un SE es un programa de computadora que haciendo uso del conocimiento y la inferencia realiza una tarea difícil de algún campo en particular, que generalmente sólo puede llevar a cabo un experto humano, ya que la solución implica su pericia". (Parsaye y Chignell 1988)

"Los SE's son programas de computadora en los que, a diferencia de los programas tradicionales, no se ha vertido una solución dada a un problemas, sino el conjunto de conocimientos y reglas de operación de un experto humano, en torno a un problema específico, que le permiten al programa, a semejanza del experto humano, buscar la mejor solución, entre un gran número de posibilidades, atendiendo a la naturaleza del problema y a la situación contextual en el que éste se da". (Lara 1992)

"Se puede definir un SE en forma funcional como un sistema que permite la resolución de problemas en un dominio específico (medicina, geología, química, etc.), utilizando una base de conocimientos adquirida de los expertos del dominio y un mecanismo de razonamiento característico de los expertos". (Pinson 1981)

"Un SE es un sistema informático que incorpora, en forma operativa, el conocimiento de una persona experimentada, de forma que es capaz de responder como esta persona, como de explicar y justificar sus respuestas". (Cuenca 1986)

"Los SE son programas sofisticados de computación que manipulan conocimientos de expertos para resolver eficiente y efectivamente problemas de un área específica". (Marik 1987)

Después de haber leído las definiciones anteriores se puede definir a grandes rasgos un SE como un programa de computadora que utiliza métodos artificiales de raciocinio y un conjunto de conocimientos sobre un área específica para resolver problemas poco estructurables, emulando los procedimientos que seguiría un experto humano en dicha área. Gracias a las importantes características que los SE logran conjuntar, se han convertido en una metodología muy utilizada en la actualidad para la solución de problemas de casi cualquier área del conocimiento.

Los Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC) usan representación explícita del conocimiento separando la base de conocimiento del mecanismo de inferencia. Los SE's pertenecen a los SBC's, con la capacidad de explicar y justificar su comportamiento. Es condición crucial para un SE tener una interfaz explicativa, ya que ésta sirve para que el usuario dé validez al razonamiento del sistema en una consulta. El sistema debe poder contestar (por lo menos) por qué hace ciertas preguntas y cómo llegó a algunas conclusiones (Kim y Connor 1988).

En un comienzo los SE's se programaban con lenguajes convencionales. En la actualidad, se han desarrollado los lenguajes llamados *shells* que son esqueletos de SE's listos para ser llenados de conocimiento. La ventaja (y la desventaja) de estos lenguajes es que fueron desarrollados para determinado tipo de conocimiento especializado.

TAREAS	PROGRAMAS CONVENCIONALES	SISTEMAS EXPERTOS
Representación y uso de	Datos	Conocimiento
Conocimiento y Control	Integrados	Separados
Proceso de solución	Algorítmico (repetitivo)	Heurístico (Inferencial)
Manipulación efectiva Programación	Grandes bases de datos El programador garantiza que su respuesta es única y completa	Grandes bases de conocimiento El ingeniero del conocimiento proporciona restricciones únicas y completas
Explicación	Imposible a media corrida	Se puede lograr
Orientación	Procesos numéricos	Proceso simbólico

Tabla 3.1: Comparación de los Sistemas Expertos con programas procedurales

### TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS

Las principales aplicaciones ó tipos de SE's dentro de la Ingeniería se pueden dividir de acuerdo a la tarea a desarrollar en: (Hayes-Roth 1983)

**1. INTERPRETACION.-** Infiriendo descripciones e situaciones a través de sensores de datos.

Esta categoría incluye entendimiento de lenguaje, análisis de imágenes, interpretación de señales o dilucidar estructuras químicas y muchas clases de análisis inteligente. Un sistema de interpretación explica los datos observados asignándoles un significado simbólico para describir la situación o el estado actual del sistema.

2. **PREDICCIÓN.-** Infiriendo las consecuencias de situaciones dadas.

Esta categoría incluye pronósticos el clima, predicciones demográficas o de tráfico, estimaciones de cosechas o pronósticos militares. Un sistema de predicción típicamente emplea un modelo dinámico paramétrico con valores de parámetros ajustados a una situación dada. Las consecuencias inferidas del modelo forman las bases para las predicciones. Si se ignora la probabilidad de las estimaciones, los sistemas de predicción pueden generar un gran número de posibles escenarios.

3. **DIAGNOSTICO.-** Infiriendo un mal funcionamiento de un sistema por observación.

Esta categoría incluye diagnóstico médico, electrónico, mecánico o de programación entre otros. Los sistemas de diagnóstico típicamente relacionan las irregularidades de un comportamiento con sus posibles causas, usando una de dos técnicas. Un método esencialmente utiliza una tabla de asociación entre comportamientos y diagnósticos. El otro método combina el conocimiento del diseño del sistema con el conocimiento de defectos potenciales en el diseño, implantación o componentes para generar posibles malos funcionamientos en forma consistente con las observaciones.

4. **DISEÑO.-** Configurando objetos bajo restricciones.

Los sistemas de diseño desarrollan configuraciones de objetos que satisfagan las restricciones de los problemas de diseño. Esos problemas incluyen diseño de circuitos impresos, diseño de construcciones e inclusive problemas de costos. Los sistemas de diseño generan descripciones e objetos con varias relaciones con otros y verifican que estas configuraciones cumplan con las restricciones establecidas.

5. **PLANEACION.-** Diseñando acciones.

Estos sistemas se especializan en problemas de diseño concernientes a objetos que desarrollan funciones. Incluyen programación automática en robots, proyectiles, rutas, comunicaciones, experimentos y problemas de planeación militar. Los sistemas de planeación emplean modelos de comportamiento para inferir los efectos de actividades planeadas.

6. **MONITOREO.-** Comparando observaciones del comportamiento de un sistema en características que parezcan ser cruciales para que un plan sea exitoso.

Estas características cruciales o puntos vulnerables corresponden a defectos potenciales en el plan. Generalmente los sistemas de monitoreo identifican estos puntos vulnerables en dos tipos. Un tipo de vulnerabilidad corresponde a

condiciones asumidas cuya violación nulificaría el plan en forma racional. Otro tipo de vulnerabilidad surge cuando algunos efectos potenciales del plan violan una restricción de planeación. Muchos sistemas de monitoreo por computadora existen para plantas nucleares, tráfico aéreo, etc., aunque no existe en realidad un sistema experto de este tipo.

**7. DEPURACION.-** Prescribiendo remedios a malos funcionamientos.

Estos sistemas utilizan las capacidades de planeación, diseño y predicción para crear especificaciones o recomendaciones para corregir un problema diagnosticado. Existen sistemas de depuración para programación pro computadora en la forma de bases de conocimiento inteligentes y editores de texto, pero ninguno califica como sistema experto.

**8. REPARACION.-** Ejecutando un plan para administrar un remedio para algún problema diagnosticado.

Estos sistemas incorporan las capacidades de depuración, planeación y ejecución. Los sistemas asistidos por computadora se utilizan en el campo de los automóviles, aviones y mantenimiento de equipos de cómputo entre otros. Los sistemas expertos apenas están ingresando a este campo.

**9. INSTRUCCION.-** Diagnosticando y depurando el comportamiento de estudiantes.

Típicamente estos sistemas empiezan construyendo una descripción hipotética del conocimiento del estudiante que se interpreta como el comportamiento del estudiante. Posteriormente se diagnostican las debilidades en su conocimiento y se identifica un remedio apropiado. Finalmente se planea un tutorial que interactúe con el estudiante para cubrir sus necesidades de conocimiento.

**10. CONTROL.-** Interpretando, prediciendo, reparando y monitoreando el comportamiento de sistemas.

Un sistema experto de control gobierna el comportamiento en conjunto de un sistema. Para hacer esto, el sistema debe interpretar en forma repetitiva la situación actual, predecir el futuro, diagnosticar las causas de los problemas, formular un plan que remedie la situación y monitorear su ejecución para asegurar el éxito de la operación en su conjunto. El tipo de aplicaciones incluye el control de tráfico aéreo, control de misiles e inclusive manejo de negocios entre otros.



## ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

A pesar de la diversidad de arquitecturas que se manejan alrededor de los sistemas expertos, es posible distinguir los elementos básicos comunes que los forman:

**BASE DE CONOCIMIENTOS.-** La cual contiene el saber específico en la disciplina de la cual el sistema es experto. Consiste en un conjunto de hechos (datos) y de reglas programadas. No contiene información específica de un problema en particular. El conocimiento plasmado en la base juega el papel más importante en la calidad y habilidad del sistema.

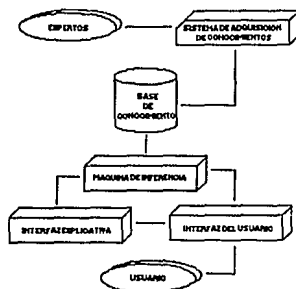


Fig. 3.1 Arquitectura General de un Sistema Experto.

**INTERFAZ CON EL USUARIO.-** Durante el proceso de solución del problema, un experto humano requiere de comunicarse frecuentemente con el usuario, ya sea para recabar información significativa de la situación o para informarle del estado de la solución. En un SE, el bloque funcional conocido como interfaz del usuario es el encargado de proporcionar esta comunicación, mediante el uso de una serie de recursos visuales especialmente estructurados.

**INTERFAZ CON EL EXPERTO.-** Es aquella que permite captar información del exterior (proporcionada por el experto) e introducirla en forma adecuada en la base de conocimiento.

**MECANISMO DE RAZONAMIENTO.-** También llamada máquina de inferencia que con base en el conocimiento almacenado en la base de conocimientos, infiere nuevos hechos y relaciones que amplían el conocimiento y resuelven el problema planteado, si éste es soluble en este entorno.

**INTERFAZ EXPLICATIVA.-** Durante una consulta, no es común cuestionar al experto humano acerca de cómo obtuvo sus conclusiones o el por qué de las preguntas que realiza, ya que se tiene un alto nivel de confianza en sus procedimientos. En el caso de un SE, resultaría difícil que el usuario mostrara una confianza similar frente a un programa de computadora. Por esta razón, el SE incluye una interfaz explicativa que permite interrogar al programa sobre la metodología que ha seguido para arribar a la solución y sobre la necesidad de las preguntas que realiza. Desde este punto de vista, la interfaz explicativa adquiere una enorme importancia, ya que al otorgar transparencia a la operación del SE, proporciona seguridad al usuario.

## **MECANISMOS DE RAZONAMIENTO**

Dada la importancia del mecanismo de razonamiento en un SE se hará una descripción más amplia:

El mecanismo de razonamiento, al cual se hace referencia también como "*máquina de inferencia*" o "*estructura de control*", es un conjunto de rutinas y estructuras tanto para la producción como para el control de decisiones, así como para el manejo de preguntas al usuario. Esta parte del SE no debe contener, por lo menos teóricamente, información acerca del dominio específico del problema y debe contar con cierta independencia para permitir un grado de generalidad.

A pesar de lo anterior, la base de conocimientos y el mecanismo de razonamiento están íntimamente ligados, dado que la primera presenta la organización del conocimiento en base al cual el segundo va a trabajar. Existe entonces una estrecha relación entre la organización del sistema experto y su control.

Los mecanismos de razonamiento no pueden ser completamente independientes del tipo de problemas a resolver, sin embargo, estas rutinas de razonamiento preferentemente no deben ser tan especializadas, pues no podrían entonces aplicarse a otro tipo de problemas.

El razonamiento del sistema experto debe ser guiado de alguna manera, con el fin de proporcionar una secuencia de respuestas válidas y coherentes al usuario, presentando un medio ambiente aceptable. Para tal guía es necesario un conjunto de estrategias de control, las cuales son:

- Estrategias de razonamiento.
- Estrategias de explicación.
- Estrategias de interpretación.

El poderío de un SE podría medirse de acuerdo a que tan correctamente son aplicadas las técnicas de razonamiento sobre el conocimiento almacenado. El éxito del sistema radicará en encontrar una buena respuesta a un problema en base a los recursos con que se disponga. La eficiencia en la búsqueda de soluciones afecta directamente al éxito del sistema.

El SE para un problema debe buscar una solución. Esta tarea le corresponde directamente al mecanismo de razonamiento. El acceso directo a una solución única no es posible en la mayoría de los casos. Generalmente son utilizadas técnicas de búsqueda, así como generadores de soluciones. Estos últimos permiten al sistema tener una visión general de todas las posibles soluciones al problema, permitiéndole probar cada una de ellas hasta encontrar la más apropiada.

Entre el método de búsqueda de soluciones, el más simple es el de analizar todas las alternativas una por una. A este método se le denomina de "fuerza bruta". El problema con este método es la existencia, en algunas ocasiones, de espacios de búsqueda de gran tamaño.

A continuación se citarán los métodos de búsqueda más comunes:

### 1. Elección de una dirección de solución.

a) *Encadenamiento hacia adelante.*- Cuando se tienen un conjunto de datos o de ideas básicas como punto de partida, el encadenamiento hacia adelante resulta una técnica natural para direccionar las soluciones de los problemas. Esta metodología ha sido utilizada por sistemas expertos en el área de análisis de datos, diseño, diagnóstico y formación de conceptos.

Un ejemplo ilustrativo es el sistema AM [Lenat 1976], que descubre conceptos matemáticos en base a la tarea de formación de conceptos. El sistema usa encadenamiento hacia adelante iniciando el proceso con ideas elementales de la teoría de conjuntos. Construye un espacio de búsqueda con todas las posibles conjeturas que pueden ser generadas de esas ideas elementales. Elige las conjeturas más interesantes y prosigue en una línea de razonamiento.

b) *Encadenamiento hacia atrás.*- Esta aproximación es aplicable cuando nuestro punto de partida es una meta o hipótesis. Planificación es un buen ejemplo para este tipo de aproximación, debido a que la función del planificador es construir un plan para poder alcanzar las metas deseadas. Un planificador considerará su metas sin el consumo de recursos excesivos o la violación de restricciones. Si hay una meta en conflicto, el planificador tiene que establecer prioridades.

Un ejemplo ilustrativo es el sistema NOAH [Sacerdoti 1977]. Este sistema de planificación asigna un orden en el tiempo a los operadores de un plan. Los planes individuales se extienden en paralelo para que interactúen las submetas. Inicialmente se asigna un orden parcial de tiempo para los operadores y cuando se observan interferencias entre los planes parciales de submetas, se ajusta el orden de los operadores para poder resolver dichas interferencias.

c) *Encadenamiento hacia adelante y hacia atrás.*- Cuando el espacio de búsqueda es grande, la técnica de doble búsqueda suele ser eficiente. El método consiste en tomar un estado inicial y las metas o hipótesis siguiendo un proceso de convergencia para poder igualar las soluciones en un punto intermedio. El método que se utiliza es parecido al de relajación. Esta aproximación también es muy útil cuando el espacio de búsqueda puede dividirse jerárquicamente. En tales casos, la búsqueda se combina apropiadamente en términos de "Top down" y "Bottom up". Una búsqueda

de tal naturaleza se aplica en forma particular a problemas complejos, incorporando además incertidumbre.

Un ejemplo ilustrativo de esta técnica es el sistema **HERSAY II** [Erman 1980]. Este sistema cuya función es interpretar señales con el propósito de entender el habla, divide el problema jerárquicamente desde arriba en diferentes niveles, con oraciones en el tope y parámetros que miden señales en la parte inferior. El sistema hace un procesamiento "*Top down*" y "*Bottom up*" con una aproximación de relajación para ampliar y combinar los candidatos parciales.

*d) Manejo de eventos.*- Esta aproximación para encontrar soluciones de problemas es parecida al encadenamiento hacia adelante excepto que se basa en el estado actual del problema. La técnica va tomando las etapas subsecuentes en base a nuevos datos o en respuesta a un cambio de situación. La técnica de manejo de eventos es muy apropiada para operaciones en tiempo real, tal como monitoreo o control.

Un ejemplo ilustrativo es el sistema **VM (Ventilator Manager)** [Cherniack 1977], cuya función es interpretar en tiempo real el significado clínico de los datos que arroja un sistema de monitoreo fisiológico de aliento.

## 2. Razonamiento en la presencia de incertidumbre.

En muchos casos las soluciones de los problemas se conducen en presencia de incertidumbre en los datos o en el conocimiento. Para este tipo de problemas es posible utilizar técnicas numéricas, o también, las incertidumbres pueden ser manejadas con una aproximación de la forma de regreso de rastro. El razonamiento en la presencia de incertidumbre sucede en ejemplos típicos de diagnóstico y análisis de datos.

*a) Procedimientos numéricos.*- Los sistemas expertos cuya función consiste en el diagnóstico son algunos ejemplos que usan la técnica mencionada. Esto se debe a que los juicios de razonamiento dados en términos de reglas de condición-conclusión van acompañados de una estimación de incertidumbre.

Un caso concreto de sistema experto de diagnóstico es **MYCIN** [Shortliffe 1976], que tiene como propósito el diagnosticar infecciones bacterianas y recomendar la terapia en base a antibióticos.

*b) Revisión de la Credibilidad o "Mantenimiento de la Verdad".*- Con frecuencia la credibilidad y las líneas de razonamiento evolucionan en base a la información que se

va tomando para el problema. cuando la información es parcial o errónea completamente, el sistema incurre en contradicciones y trae como consecuencia malas conclusiones, debiendo de haber un proceso para retractarse. Para facilitar esto, es necesario mantener un registro en la base de datos de la credibilidad y su justificación. Usando esta aproximación es posible explotar las redundancias en los datos experimentales para mantener la verdad y así incrementar la confiabilidad del sistema.

### 3. Búsqueda en un espacio pequeño.

En general existen una gran cantidad de problemas que han sido enfocados en un contexto de espacio pequeño de búsqueda. En tales casos, una línea de razonamiento sencilla es suficiente de tal forma que no es necesario un retroceso. Estas técnicas han sido utilizadas en áreas de diseño, diagnóstico y análisis, y en la mayoría de los casos han usado una aproximación directa de búsqueda exhaustiva.

### 4. Búsqueda en un espacio grande.

a) *Generación y prueba jerárquica.*- El razonamiento de eliminación exhaustiva que puede ser apropiado para un espacio pequeño de búsqueda es ineficiente en espacios grandes. A menudo la búsqueda en un espacio de estados se formula en términos de "Generación y Prueba" que es equivalente a un razonamiento por eliminación. En este tipo de metodología el sistema genera soluciones plausibles y un probador "podará" las soluciones que fallan de acuerdo a un criterio apropiado.

Un caso concreto de aplicación es el sistema GAI [Stefik 1978], cuya función es la interpretación de datos sobre las medidas de elementos moleculares para inferir estructuras moleculares completas.

b) *Líneas múltiples de razonamiento.*- Esta metodología se utiliza para ampliar la cobertura de una búsqueda incompleta. En este caso, los programas de búsqueda pueden decrementar las oportunidades de descartar una buena solución de evidencia débil para llevar un número limitado de soluciones en paralelo, mientras se aclara cual de las soluciones es la mejor.

## 5. Métodos para manejar un espacio grande por transformación de espacios.

a) *Rompimiento del problema en subproblemas.*- La aproximación de rompimiento de un problema en subproblemas puede ser manejado en dos clases. La primera corresponde a una aproximación que mantiene a los problemas sin interactuar. Este tipo de técnica es posible cuando las tareas que se realizan para alcanzar una meta no interactúan. Desafortunadamente son pocos los problemas del mundo real que se pueden clasificar bajo esta clase.

Los subproblemas que interactúan es una clasificación más interesante. En una gran mayoría de problemas complejos que se han desglosado en subproblemas, se ha visto que los subproblemas interactúan de tal forma que las soluciones válidas no pueden encontrarse independientemente. Sin embargo, tomando ventaja de los espacios pequeños de búsqueda, se han ideado algunas aproximaciones a lo anterior para poder tratar satisfactoriamente con tales interacciones.

b) *Refinamiento jerárquico.*- A menudo los aspectos más importantes de un problema son la abstracción y el desarrollo de soluciones de alto nivel. Esta solución puede ser entonces refinada iterativamente de acuerdo a los detalles que se incluyen en el problema.

Esta técnica tiene muchas aplicaciones cuando el espacio de búsqueda en el nivel más alto es pequeño. El resultado de las soluciones en un alto nivel restringe la búsqueda a una porción más pequeña del espacio de búsqueda a nivel próximo inferior; de tal forma que cada nivel de solución puede ser prontamente encontrado. Este procedimiento es una técnica importante para prevenir explosiones combinatoriales en la búsqueda de una solución.

c) *Resolución jerárquica dentro de subespacios que mutuamente se restringen.*- Algunos problemas pueden tener su espacio o solución jerárquica resuelto dentro de subespacios que se restringen entre sí, es decir, los elementos de los espacios de alto nivel están compuestos de elementos de los espacios que integran. Por tanto, las soluciones candidatas para cada nivel son muy útiles para restringir el rango de búsqueda a los niveles adyacentes. De esta forma estos candidatos actúan como una importante restricción para la explosión combinatoria.

6. Métodos para manejar un espacio grande por desarrollo de alternativas o espacios adicionales.

a) *Empleo de modelos múltiples.*- Frecuentemente la búsqueda para una solución utilizando un modelo global es muy difícil. El uso de modelos alternativos para el total o parte del problema puede simplificar grandemente la búsqueda. El sistema SYN [Kleer 1980] es un ejemplo que combina los esfuerzos de modelos múltiples para emplear formas equivalentes de circuitos eléctricos.

b) *Meta-razonamientos.*- Es posible añadir extractos de espacios al espacio de búsqueda para así ayudar a decidir que hacer enseguida. Se puede pensar en ellos como estrategias y elementos tácticos que son elegidos entre varios métodos potenciales para decidir qué hacer en el nivel siguiente del problema.

Un ejemplo representativo es el sistema CRYALIS [Feigenbaum 1981], cuya función es la interpretación automática de un mapa de densidad electrónica de proteínas, en donde para la hipótesis y pruebas de átomos y super-átomos utiliza meta-reglas con niveles de confianza asociados.

7. Tratamiento con el tiempo.

Poco se ha hecho en el área de sistemas expertos para tratar con el tiempo explícitamente. Los siguientes dos puntos son aproximaciones para tratar con el tiempo en términos de intervalo.

a) *Cálculo Situacional.*- El cálculo situacional fué una proposición en 1969 por McCarthy y Hayes para representar secuencias de acciones y sus efectos. Esta técnica usa el concepto de "situaciones" que cambian cuando acciones suficientes tienen que tomar lugar, o cuando nuevos datos indican un corrimiento situacional que es el apropiado. Las situaciones determinan el contexto para las acciones. Para describir una situación estereotipada nosotros podemos hacer uso de estructuras de datos para describir los cambios o la permanencia igual cuando las acciones son tomadas.

b) *Planificación con restricciones de tiempo.*- El sistema NOAH [Sacerdoti 1977] fue uno de los precursores de tipo de trazo en paralelo que trata con submetas interactuantes. El método de mínimo compromiso y encadenamiento hacia atrás



inicialmente producen un orden parcial de operadores para cada plan. Cuando la interferencia entre planes con submetas sucede, el proyectista ajusta el orden de los operadores para resolver las interferencias y poder producir un plan paralelo final con un orden en el tiempo de los operadores.

El sistema DEVISER [Feigenbaum 1981] es una derivación reciente del sistema NOAH que extiende su técnica de planificación en paralelo para tratar metas con restricción y duración de tiempo.

## ***SISTEMAS EXPERTOS TUTORIALES.***

También conocidos como Sistemas Tutoriales Inteligentes. Estos sistemas se definen de la siguiente forma:

"Son programas de computadora que utilizan técnicas de inteligencia artificial para ayudar a una persona a aprender". (Kearsley 1987)

Los Sistemas Expertos Tutoriales (SET) se ubican en la intersección de las ciencias de la computación, la psicología cognitiva y la investigación educacional.

El hecho de que la investigación de SET se extienda sobre tres diferentes disciplinas, significa que hay diferencias muy grandes en terminología, metas de investigación, marcos teóricos y distinto énfasis entre investigadores, además de que estos requieren de un entendimiento mutuo de las tres disciplinas involucradas.

Por muchos años, los SET fueron confiados a laboratorios de investigación. Actualmente, con el crecimiento y la aceptación del campo de la IA, ha sido factible el introducir programas de ésta disciplina en las áreas prácticas de entrenamiento y educación.

Los SET han tomado muchas formas pero esencialmente han separado los componentes principales de un mecanismo de instrucción, de tal forma que le permite al estudiante y al sistema, la flexibilidad de un ambiente de aprendizaje que se asemeja a lo que actualmente ocurre cuando el estudiante y el profesor se sientan juntos e intentan enseñar y aprender.

A pesar de la diversidad de arquitecturas que se manejan alrededor de los sistemas es posible distinguir los elementos básicos comunes que los forman:

**1. Módulo experto**, consiste de conocimientos sobre un dominio específico el cual el sistema intenta enseñar al estudiante.

Este módulo se utiliza para generar el contenido instruccional, así como para evaluar el desempeño del estudiante. Los métodos de inteligencia artificial más representativos

son las redes semánticas, sistemas de reglas de producción, representación procedural y la construcción de marcos o guiones.

**2. Módulo del estudiante**, se utiliza para estimar el estado de conocimientos del estudiante y hacer hipótesis acerca de las estrategias de razonamiento utilizadas para alcanzar el estado actual de conocimientos.

Como la mayoría de los SET representan el conocimiento del estudiante como un subconjunto de la base de conocimientos de un sistema experto, el modelo se contruye comparando el desempeño del estudiante con el desempeño de un sistema experto en la misma tarea. A esta técnica se le llama el "modelo de sobreposición".

Otra técnica es la de representar las tareas erróneas o mal aprendidas -las cuales no son subconjuntos de la base de conocimientos expertos- como variantes de este conocimiento. A esta técnica se le conoce como "modelo de depuración".

El modelado del conocimiento del estudiante y el comportamiento de aprendizaje, básicamente utilizan dos rutinas:

- Trazar entre la estructura de conocimientos aquellas áreas en las que el estudiante ha dominado o ha intentado aprender; y
- Aplicar patrones de reconocimiento al histórico de respuestas del estudiante para hacer inferencias acerca del entendimiento de la habilidad y el proceso de razonamiento utilizado para llegar a esa respuesta.

Para mantener el modelo del estudiante, existen cuatro fuentes principales de información [Clancey 1979]:

- i) El comportamiento del estudiante en la solución de problemas, observado por el sistema.
- ii) Cuestionamientos directos al estudiante.
- iii) Suposiciones basadas en la experiencia de aprendizaje del estudiante.
- iv) Suposiciones basadas en alguna medida de la dificultad del material presentado.

Sin embargo, la mayoría de los sistemas utilizan únicamente las dos primeras fuentes de información para mantener el modelo del estudiante.

**3. Módulo tutorial**, es un conjunto de especificaciones acerca de cuál es el material que el sistema debe presentar y cómo y cuándo debe hacerlo.

En los SET existentes, las estrategias de instrucción básicamente se representan por dos métodos:

*i) El método Socrático*, provee a los estudiantes con cuestionamientos para guiarlos a través de un proceso de depuración de sus propias mal interpretaciones. En el proceso de depuración, se asume que el estudiante razona acerca de lo que sabe y lo que no sabe y de esta forma modifica sus interpretaciones [Carbonell, 1970] y [Stevens, 1977].

*ii) El método de entrenamiento*, provee a los estudiantes un ambiente en el cual los compromete en actividades como juegos por computadora con el fin de aprender habilidades relacionadas o habilidades generales para la solución de problemas. La meta del programa es tener a los estudiantes entretenidos y aprender como consecuencia de la diversión [Burton, 1979].

Los tres componentes no están totalmente desarrollados en cada sistema dado la complejidad y el tamaño de los SET. La mayoría de ellos se enfoca en el desarrollo de un solo componente de lo que constituye un sistema completo utilizable [Clancey, 1979].

## **TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS TUTORIALES.**

**1. Tutores mezclados con iniciativas.** Estos programas representan a los más antiguos SET, en donde, se compromete al estudiante a una conversación en dos sentidos y se intenta enseñarle vía el método Socrático con un descubrimiento guiado. Este tipo de sistemas se utiliza con mayor frecuencia en la enseñanza de habilidades conceptuales o procedurales. Un ejemplo representativo lo conforman los sistemas SCHOLAR y SOPHIE.

**2. Tutores de entrenamiento.** Un entrenador observa el desempeño del estudiante y lo provee de consejos que le ayudan a mejorar su desempeño. Los sistemas de entrenamiento se utilizan en programas del tipo solución de problemas como son simulaciones y juegos. Ejemplos de este tipo de sistemas son WEST y WUSOR.

**3. Tutores de diagnóstico.** Este tipo de sistemas intentan depurar el trabajo del estudiante. Los sistemas manejan un catálogo de errores que identifican los conceptos más entendidos o faltantes que un estudiante puede tener al momento de resolver un problema. Los tutores de diagnóstico son apropiados para casi cualquier tipo de situación de resolución de problemas, aunque son sencillos de implantar para problemas con soluciones cerradas. Ejemplos de este tipo de sistemas son BUGGY y PROUST.

**4. El concepto de micromundos.** Este tipo de sistemas involucra el desarrollo de herramientas computacionales que le permiten al estudiante explorar dominios como la geometría, la física o la música. El mejor ejemplo conocido es LOGO.

**5. Sistemas expertos.** Este tipo de sistemas pueden ser utilizados como herramientas de trabajo y para proveer prácticas en la solución de problemas y toma de decisiones. Claramente se tiene un gran potencial de aplicaciones en el área aunque el uso de sistemas expertos ya sea en entrenamiento o educación no ha sido muy difundido. La diferencia con los sistemas expertos convencionales es que los SET incluyen un módulo adicional que contiene las reglas que controlan el proceso de enseñanza.

Al estudiar esta clasificación es importante tener en cuenta que cada tipo de SET trata con un conjunto de elementos de la ciencia cognitiva e ignora los otros. Actualmente ningún tipo cubre todo lo concerniente a los SET. Sin duda alguna, en el futuro se generarán nuevos tipos de SET.

A pesar de sus grandes diferencias, la mayoría de estos sistemas tratan con elementos y componentes similares. Por ejemplo, el elemento más importante en el desarrollo de un SET es la forma apropiada de representar el conocimiento del que se trata. Otro elemento de gran importancia es como modelar el comportamiento actual del estudiante.

El compartir los conceptos y metodología proveen en los SET un objetivo común y una fundamentación teórica. Esta situación es análoga al período de la aviación en la que los aviones de propulsión a chorro sustituyeron a los aviones de hélice. La mayoría de los conocimientos acerca de volar fueron aún relevantes pero tuvieron que ser replanteados en términos de la nueva tecnología.

### **DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS TUTORIALES**

Los SET tienen sus raíces durante los años 20's con el desarrollo de lo que se llamó "las máquinas de enseñanza". Estas máquinas fueron un intento de construir dispositivos interactivos de enseñanza. Skinner en los años 50's en sus trabajos sobre la instrucción, aportó las bases de la metodología para la instrucción lineal programada tan difundida durante los años 50's y 60's. La instrucción programada fue el modelo para muchos esfuerzos iniciales en SET.

Uno de los esfuerzos más representativos fue desarrollado en la Universidad de Stanford por el investigador Suppes [Suppes, 1968], en donde se demostró que en un ciclo regular añadiendo un poco de instrucción y sesiones de práctica con una computadora, se podrían incrementar significativamente las habilidades del estudiante.

Durante los años 70's se desarrollaron varios proyectos tanto en universidades como institutos de entrenamiento (la mayoría se iniciaron en los sesentas). Entre los más significativos se encontraron SOLO, en la Universidad de Pittsburg, con el fin de enseñar el uso de computadoras como herramientas personales y los sistemas PLATO y TICCIT que se desarrollaron con la finalidad de proporcionar sistemas de instrucción de bajo costo.

Estos sistemas fueron probados en institutos y universidades y eventualmente se convirtieron en productos comerciales. Su principal beneficio fue el permitir a un gran número de investigadores el obtener experiencia práctica, así como la apertura de una nueva era en los SET con la aparición de las microcomputadoras.

Otro desarrollo importante en los SET se dio en la estructura de los componentes de instrucción. En sus primeros años todos los componentes estaban combinados y almacenados en un mismo archivo. Esto implicaba que cualquier modificación al contenido o a las reglas de instrucción derivaba en prácticamente un sistema nuevo. A principios de los 70's Seidel desarrolló un proyecto para la armada americana llamado IMPACT en el cual el contenido de la materia (textos y gráficas) y las reglas de instrucción, estaban separados en diferentes archivos de datos. Asimismo, este sistema permitía que una variedad de actividades sucedieran en forma simultánea.

Aunque el prototipo del sistema IMPACT tenía la característica de una presentación sensible a las respuestas, el proceso de instrucción incluyendo la presentación de formatos y las interacciones entre la computadora y el estudiante, tenían que ser especificadas en un programa antes de la instrucción, lo que trala un método muy rígido de enseñanza.

Con el fin de superar estas limitaciones (Inherentes a las estructuras de formas pre-especificadas), aunado a las características de generar nuevos problemas a partir de las combinaciones de diferentes elementos, utilizado para ello técnicas modernas de representación de conocimientos, surgieron los Sistemas Expertos Tutoriales.

El inicio de los SET lo marcó el sistema SCHOLAR desarrollado para enseñar geografía sudamericana [Carbonell, 1970]. La base de datos de SCHOLAR es compleja pero bien estructurada con la forma de una red de conceptos, datos y procedimientos. Los elementos de la red son unidades de información definiendo palabras y eventos en la forma de árboles multiniveles. El método de enseñanza es el diálogo Socrático. El sistema intenta primero diagnosticar los conceptos erróneos o mal interpretados y luego presenta material que forza al estudiante a ver sus propios errores. Los mecanismos de inferencia para contestar las preguntas de los estudiantes y evaluar sus respuestas son independientes del contenido de la red semántica y es aplicable a diferentes áreas de dominio.

Como extensión a SCHOLAR surge el sistema WHY [Stevens, 1977] diseñado para enseñar las causas del fenómeno de lluvia repentina, un complejo proceso geofísico que está en función de muchos factores no relacionados. WHY implanta el método tutorial socrático heurístico para describir las estrategias globales utilizadas por los seres humanos para guiar los diálogos.

Otro avance importante en la aplicación de técnicas de IA en el campo de los SET fué el crear nuevos ambientes educativos a través del control total de la experiencia aprendida por el estudiante. Como ejemplo de estos sistemas esta LOGO.

Un aspecto interesante de los sistemas tutoriales fué el desarrollo de características auto-mejorables. Estos tipos de sistemas tenían dos grandes componentes: un programa de enseñanza adaptativo que se expresa en reglas de producción y un componente auto-mejorable que lleva a cabo cambios experimentales en las reglas de producción del programa de enseñanza. Este trabajo fué particularmente importante por su naturaleza adaptativa. Como ejemplos de esta línea de investigación existen el tutor cuadrático auto-mejorable y el tutor de integración simbólica.

A continuación se presenta en la tabla 2 un resumen de los principales SET. En ella se comparan los sistemas en términos de la materia que enseñan, los métodos para representar el conocimiento, el modelo del estudiante y la estrategia tutorial. La tabla incluye la referencia principal a cada sistema.



SISTEMAS	MATERIA	BASE DE CONOCIMIENTOS	MODELO DEL ESTUDIANTE	MODULO TUTORIAL	REFERENCIA
SCHOLAR	Geografía	Redes Semánticas	Sobreposición con pesos relativos	Diálogo Socrático	Carbonell, 1970
WHY	Causas de las tormentas	Guiónes	Identificación de malas interpretres	Diálogo Socrático	Stevens, 1982
INTEGRATE	Integración Simbólica	Reglas de producción	Sobreposición	Ambiente reactivo con asesor	Kimball, 1982
SOPHIE	Localización de las fallas electrónicas	Redes semánticas con simulador de circuitos	Sobreposición	Ambiente reactivo con interacciones guiadas	Brown, 1982
WEST	Expresiones aritméticas	Reglas de producción	Sobreposición	Ambiente reactivo con entrenador	Burton, 1979
BUGGY	Operaciones de restas	Red procedural	Identificación de malas interpretaciones	Ambiente reactivo con asesor	Brown, 1978
WUSOR	Relaciones lógicas	Red de gráficas genéticas	Sobreposición con pesos relativos	Ambiente reactivo con entrenador	Goldstein, 1982
EXCHECK	Lógica y teoría de conjuntos	Reglas de producción con intérprete de lógica	Sobreposición	Ambiente reactivo con asesor	Suppes, 1981
BIP	Programación en BASIC	Reglas de producción	Sobreposición	Ambiente reactivo con red curricular y asesor	Barr, 1976
SPADE	Programación en LOGO	Reglas de producción	Sobreposición	Ambiente reactivo con entrenador	Miller, 1982
ALGEBRA	Álgebra aplicada	Reglas de producción	Sobreposición	Ambiente reactivo con entrenador	Lantz, 1983
LMS	Procedimientos algebraicos	Reglas de producción	Reglas de producción de diagnóstico	Ambiente reactivo sin tutor	Steeman, 1982
QUADRATIC	Ecuaciones cuadráticas	Reglas de producción automejorable	Sobreposición	Ambiente reactivo con asesor	O'Shea, 1982
GUIDON	Enfermedades infecciosas	Reglas de producción	Sobreposición con aplicación de probabilidad	Ambiente reactivo con interacciones estructurales	Clancey, 1982
PROUST	Programación en PASCAL	Redes semánticas	Identificación de malas interpretaciones	Ambiente reactivo con asesor	Soloway, 1983
STREAMER	Equipos de propulsión a vapor	Red procedural con modelo por dispositivo	Sobreposición con modelo por dispositivo	Ambiente reactivo con asesor	Williams, 1981

TABLA 3.2. Sistemas Expertos Tutoriales.

## CAPITULO 4

### **SISTEMA EXPERTO TUTORIAL EN COGENERACION DE ENERGIA.**

#### **INTRODUCCION.**

La incorporación de metodologías de enseñanza auxiliada por computadora incrementan la eficiencia en la transmisión y adquisición del conocimiento, permitiendo la manipulación de grandes volúmenes de información, la homogeneización del conocimiento en los educandos, la disponibilidad, masificación y la permanente actualización del mismo.

La educación en México requiere transformar los mecanismos de transmisión de conocimiento, por lo que el proceso enseñanza-aprendizaje debe estar homologado con los avances tecnológicos. Una de las herramientas tecnológicas que han permitido modificar las técnicas y metodologías del proceso enseñanza-aprendizaje es la computación. Es así, que en la actualidad, los sistemas expertos tutoriales computarizados constituyen una excelente alternativa de capacitación, tanto para estudiantes, técnicos u otros usuarios que requieran en algunos casos de cierta información especializada en un dominio de su interés. Un sistema experto tutorial permite la búsqueda y obtención rápida del conocimiento, el cual ha sido debidamente organizado, clasificado y estructurado para tales fines.

En la actualidad el desarrollo de aplicaciones educativas en computadora es foco de interés en instituciones educativas, de investigación y difusión, de empresas industriales y comerciales, consultoras, etc., aunado a esto, el desarrollo de la tecnología computacional se encuentra en una de las mejores etapas en lo que a recursos, herramientas y sistemas se refiere para desarrollar paquetes educativos en computadora, de los cuales los sistemas expertos tutoriales son una de las mejores alternativas por el enorme campo de acción potencial en todos los sectores, principalmente en la industria donde permitirían la posibilidad de capacitación personalizada del personal tendiente a mejorar productividad, calidad y eficiencia.

## ***DEFINICION DEL PROBLEMA.***

Actualmente la división de posgrado imparte el diplomado en cogeneración de energía, dicho concepto no ha sido difundido ampliamente en el país: los expertos en cogeneración son pocos en comparación con la demanda que la industria necesita con respecto a esta tecnología ya que el poco conocimiento que se tiene sobre ella no ha permitido que se implemente en varias empresas que requieren racionalizar el uso de la energía.

Existe una gran necesidad de obtener información técnica básica y general sobre las diversas tecnologías de cogeneración tanto en el sector industrial como en el académico puesto que la falta de difusión se debe a diversas razones, incluyendo, la falta de expertos en esta tecnología, así como los problemas que conyeva a capacitar a otras personas en la misma.

## ***POSIBLES SOLUCIONES.***

Existen diversas soluciones al problema de la capacitación tales como la publicación por diversos medios, ya sean boletines, revistas, folletos, libros, videos, documentales, etc., de técnicas generalizadas de cogeneración de energía así como de los logros obtenidos en la implementación de sistemas de cogeneración mundialmente.

Entre otras posibilidades existe el poder formar sociedades cuyo objetivo específico sea brindar ayuda técnica de este tópico dependiendo del tipo de información que le sea requerida, es decir, si la petición necesita de una amplia información, se le puede proporcionar dependiendo de la tecnología con que cuente quien así lo requiera, puesto que de ella depende la forma de solucionar los requerimientos, ya sea que implique ir personalmente a brindar esta asesoría o que se pueda resolver el problema por otros medios.

## **¿POR QUE UN SISTEMA EXPERTO?**

Las ventajas de la aplicación de un sistema experto tutorial para la enseñanza y consulta sobre cualquier dominio del conocimiento, son principalmente:

*a) Autonomía:* Luego que el sistema experto tutorial ha sido diseñado y completado, se hace autónomo, es decir, independiente de la presencia física del desarrollador del sistema y del especialista en el dominio a aprender que participó en tal desarrollo.

*b) Reproducibilidad:* El sistema experto tutorial en sí y el conocimiento que abarca son reproducibles a voluntad de su autor. Esto implica que, en caso de ser necesario, el producto puede reproducirse para dar servicio a miles de usuarios. Por otro lado, en contraposición con la lentitud del proceso de formación de especialistas, la reproducción de un sistema experto tutorial es del orden de unos minutos solamente.

*c) Bajo costo de adquisición y operación:* En tanto que disponer permanentemente de instructores supone altos costos, un sistema experto tutorial requiere únicamente de pagar por su diseño y construcción. Estos costos después se distribuyen entre todos los usuarios del sistema, por lo que el costo por copia es muy reducido.

*d) Facilidad de distribución:* Por la naturaleza del sistema, pueden cubrirse necesidades en localizaciones muy dispersas y bajo condiciones de trabajo difíciles.

*e) Flexibilidad para modificaciones y expansión:* La información de la base de conocimientos del sistema puede ser actualizada con fines de ampliación o profundización, con solo acceder a los archivos de texto, ya que estos no forman parte integrante de las bases de conocimiento, y sin necesidad de reestructurar la secuencia de trabajo.

Un sistema experto tutorial se diseña considerando los siguientes aspectos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje:

Presentar opciones para que el usuario decida hacer la evaluación de entrada o iniciar directamente la capacitación en todos los temas.

A partir de la evaluación de entrada (de todo el módulo), el sistema guía al usuario hacia las áreas que se hayan identificado como las más débiles.

A partir de la evaluación formativa, el sistema debe recomendar al usuario retornar a las áreas en las que se haya identificado que falta reforzar su conocimiento. (Esto constituye la retroalimentación). Este proceso puede hacerse por temas o grupo de subtemas.

Luego de las retroalimentaciones formativas de todos los temas, se efectúa la evaluación sumativa de todo el módulo. Se tendrán opciones de aprobado o desaprobado en el módulo. Si se aprueba, se pasa al módulo siguiente, en caso contrario, se regresa al proceso para estudiar los temas no aprobados.

Dicho todo lo anterior es posible desarrollar un sistema experto tutorial orientado para brindar información técnica básica y general sobre las diversas tecnologías de cogeneración, y su empleo estará destinado tanto a estudiantes de licenciatura y de posgrado, como a técnicos y profesionales que deseen iniciarse en el estudio de este tema. Además, será una buena opción para la capacitación tanto en empresas como en instituciones que así lo soliciten.

Al mismo tiempo con este sistema se pretende soslayar el poco alcance que tiene la cogeneración de energía hoy en día, ya que al proporcionar capacitación sin la necesidad física de un experto las empresas pueden tomar decisiones con respecto al mejor sistema de cogeneración que se pueda implementar en las mismas. Además, cada una de ellas puede individualizar al sistema aportando información en base a las experiencias que se obtengan al poner en práctica los conocimientos de este tutorial; tomando en cuenta que el sistema puede tener una retroalimentación en la cual el buen funcionamiento depende de los datos aportados por cada una de las empresas.

### ***SELECCIÓN DE UN "SHELL" DE DESARROLLO.***

Un "shell" de desarrollo es un ambiente computacional o lenguaje de alto nivel, que presenta una serie de facilidades y herramientas pre-programadas para el desarrollo de Sistemas Expertos.

Se puede decir que un "shell" de desarrollo es la estructura del sistema experto ya que define en términos estructurales el tipo de modelado y la forma del razonamiento del sistema. De esta forma, dependiendo del problema particular que se quiera enfrentar se utilizara uno u otro shell en función de sus características.

Existen dos factores principales que determinan las técnicas que son adecuadas para resolver un problema en particular. Por un lado está, por supuesto, el tipo de problema. Se identifican nueve tipos generales que son: procedural, de diagnóstico, de evaluación, recomendación de acciones, monitoreo, configuración y diseño, distribución de recursos, planeación y calendarización. Por otro lado se encuentra la complejidad del problema: pequeña, mediana o grande.

Con excepción de los problemas procedurales, mientras la complejidad del problema se mantiene reducida, diferentes herramientas son adecuadas para diferentes tipos de problemas, sin embargo, conforme aumenta la complejidad se vuelve necesario el uso generalizado de herramientas híbridas que manejen tanto objetos como diferentes tipos de reglas.

La decisión de qué "shell" de desarrollo deberá utilizarse dependerá, inicialmente, de las herramientas que se requieran y, en segundo término, de factores como las facilidades para crear la interfaz con el usuario o la posibilidad de comunicarse con otros tipos de aplicaciones, etc.

Para la decisión de la elección del shell se hizo un análisis del costo-beneficio de las diversas alternativas como fueron la programación en un lenguaje de alto nivel así como software especializado en sistemas expertos. En base a los resultados obtenidos se tomó la decisión de hacer el sistema en un shell que proporcionara el mejor ambiente al usuario por tratarse de un sistema experto tutorial, cuya transmisión del conocimiento debe hacerse de la forma más amigable posible, lo que redundará en un mayor aprendizaje, minimizando el factor económico que pudiera ocasionar.

Para el caso particular del Sistema Experto Tutorial en Cogeneración de Energía se decidió utilizar el software llamado Level 5 Object, que en este caso tiene las siguientes ventajas:

- Se basa principalmente en la programación orientada a objetos. Esto facilita la ordenación del conocimiento, ya que éste se puede dividir en clases, atributos e instancias.

La idea principal de la programación orientada a objetos es tan simple como lo describe Morril [Morril 1989]:

"Nosotros percibimos el mundo como una variedad de objetos; cuando observamos una planta, nosotros miramos una planta, no una masa de átomos individuales. Podemos dividir la planta en hojas, flores, tallo y raíz; pero seguimos viendo esas partes como unidades, como objetos.

"Si subdividiéramos las partes y piezas de la planta en moléculas, siguen agrupadas en diferentes átomos que también percibimos como unidades simples. Para llevar la analogía un paso más, la programación procedural tradicional trata los átomos, mientras que la programación orientada a objetos trata a la planta."

Las realizaciones software de objetos del mundo real están categorizadas de la misma forma. Todos los objetos son miembros de una *clase* más amplia, y *heredan* la estructura de datos privada y las operaciones que se han definido para esa clase. Es decir, una clase es un conjunto de objetos que tienen las mismas características. Un objeto individual es por tanto una *instancia* de una clase más amplia.

El uso de clases y herencia es crucialmente importante, la *reutilización* de componentes de programas se consigue creando objetos (*instancias*), que se construyen sobre los atributos y operaciones existentes que se heredan de una clase. Sólo se necesita especificar en qué difieren los nuevos objetos de los de la clase, en lugar de definir todas las características del nuevo objeto.

La definición de objetos y operaciones es una buena forma para comenzar el análisis de los dominios funcionales y de información. Un objeto puede verse como un elemento de información en una operación, como un proceso-función que se aplica a uno o más objetos.

El método de análisis orientado a objetos puede describirse de la siguiente forma:

1. El software asignado (Level 5) se describe utilizando una estrategia informal. La estrategia no es más que una descripción en lenguaje natural de la solución del

problema que se tiene que resolver mediante el software representado a un nivel consistente de detalles.

2. Los objetos se determinan subrayando cada nombre o cláusula nominal e introduciéndolos en una tabla sencilla. Deben anotarse los sinónimos. Si se requiere que el objeto se implemente como una solución, entonces es parte del espacio de solución; en otros casos, si un objeto es necesario sólo para describir una solución, es parte del espacio del problema.

3. Los atributos de los objetos se identifican subrayando todos los adjetivos y luego asociándolos con sus objetos respectivos (nombres).

4. Las operaciones se determinan subrayando todos los verbos, frases verbales y predicados (una frase verbal indica un Test condicional) y relacionando cada operación con el objeto apropiado.

5. Los atributos de las operaciones se identifican subrayando todos los adverbios y luego asociándolos con sus operaciones respectivas (verbos).

Puede observarse que el análisis orientado a objetos suministra al analista un mecanismo sencillo para representar los elementos clave en el dominio de la información y las funciones clave en el dominio funcional. Cada elemento y función puede ser subdividido más adelante y aplicados de nuevo, de forma iterativa, los pasos del análisis.

- Permite el manejo de gráficos, que en ingeniería estructural son de gran utilidad para una mejor comprensión del usuario con respecto a los términos utilizados y consideraciones hechas por el programador, lo cual da transparencia a la consulta (muy deseada en programas para ingeniería estructural).
- Permite el manejo de hiperregiones, que junto con el punto anterior, complementan la interfaz explicativa, cuando el usuario así lo requiera. Las hiperregiones son cuadros reservados de la pantalla que se activan al posicionarse en ellas y presionar un botón del ratón.

Estas hiperregiones activan los botones que harán funcionar la interfaz explicativa de tipo ¿qué? desplegando en pantalla una explicación completa de la pregunta que se le hace al usuario.



- La máquina de inferencia puede trabajar de varias maneras: hacia atrás (utilizando reglas), hacia adelante (usando demons) o con encadenamiento mixto (combinación de los dos anteriores).
- Permite el manejo de bases de datos en DBase III Plus, que en cuestión de códigos de diseño son muy útiles ya que cuando éstos son modificados, basta con cambiar los datos de las bases que maneje el sistema para actualizarlo.

### **REQUERIMIENTOS TECNICOS DEL SISTEMA EXPERTO TUTORIAL**

Para poder hacer uso de este sistema se debe de contar con una computadora personal con las siguientes características como mínimo:

#### ■ **Hardware:**

- Procesador 386 a 33 MHz.
- Monitor Color VGA.
- Teclado.
- Mouse.
- Drives de 3½ " y de 5¼ " de alta densidad.
- Espacio mínimo de 12 Mb en disco duro.
- 4 Mb en RAM

#### ■ **Software:**

- Sistema operativo MS-DOS versión 5.0
- Windows versión 3.1
- Level 5 Object versión 2.5 (El sistema es compatible con versiones posteriores, utilizando la correcta adaptación).

## *ANALISIS DEL SISTEMA.*

### *ANALISIS Y FORMULACION DEL PROBLEMA.*

En esta etapa se evalúa la conveniencia de que un problema determinado sea abordado a través de un sistema experto. Los factores evaluados son: el problema, los resultados que se esperan alcanzar y las personas fundamentales que participan en el desarrollo, como son el experto y el diseñador. De acuerdo con los requerimientos del usuario, los recursos disponibles y las características del problema, se fijan los objetivos y las tareas que deben ser realizadas por el sistema experto.

Criterio de selección de problemas: La decisión de desarrollar un sistema experto sólo puede tomarse después de un examen minucioso del contexto de la tarea por encarar. Cierta cantidad de factores hacen que sea razonable pensar en este tipo de desarrollo:

- El problema planteado pone en juego no sólo informaciones cuantitativas sino también cualitativas.
- Los conocimientos no sólo se vinculan con el sentido común sino que tienen carácter intuitivo.
- Existen expertos reconocidos, motivados y disponibles, capaces de resolver el problema y de explicar su proceso de solución.
- El problema es de dificultad razonable y no posee solución algorítmica posible o deseable.

Es necesario, además, asegurarse de que la solución de tipo de sistema experto para el problema planteado esté realmente justificado. Una justificación sobre la base de criterios puramente económicos no es suficiente, ya que por lo general, el rédito de la inversión de un sistema experto suele ser difícil de calcular.

Por el contrario, acudir a los sistemas expertos se justifica si:

- La habilidad en el tema es rara o insegura, por ejemplo cuando un experto está pronto a jubilarse.
- La habilidad se concentra en un punto, pero se la utiliza de manera dispersa.
- Las decisiones deben tomarse en condiciones "estresantes".

**Participantes:** En el estado actual de la Inteligencia Artificial, el desarrollo de un sistema experto hace que intervengan por lo menos dos personas (o dos grupos de personas):

- Un experto en el dominio considerado.
- Un especialista de inteligencia artificial, al que se le conoce como especialista en conocimiento o ingeniero del conocimiento, que tenga una excelente cultura informática.

El participante de mayor importancia es el usuario, quien a pesar de que no participa activamente en el desarrollo del sistema experto, es el factor esencial para evaluar las posibilidades de que el problema sea desarrollado a través de un sistema experto y cuando la decisión sea afirmativa, es fundamental tener en cuenta al usuario final del sistema experto en lo que concierne al diseño de las interfaces respectivas.

#### *Formulación del problema.*

Los requerimientos de validación del sistema se basaron en la secuencia que consideró el experto para el mejor aprendizaje de los temas y ésta consistió en restringir el acceso a ciertos temas dependiendo tanto del nivel de conocimientos que tenga el usuario así como de haber cubierto los requisitos necesarios para la comprensión de temas subsecuentes. De hecho, la mayor restricción para la continuidad de los temas son los exámenes que se aplican al término de uno o varios temas y es el factor decisivo para que el usuario pueda seguir con la seriación de temas programada. Dicha secuencia de temas y subtemas se puede ver en forma gráfica con el siguiente diagrama de bloques general:

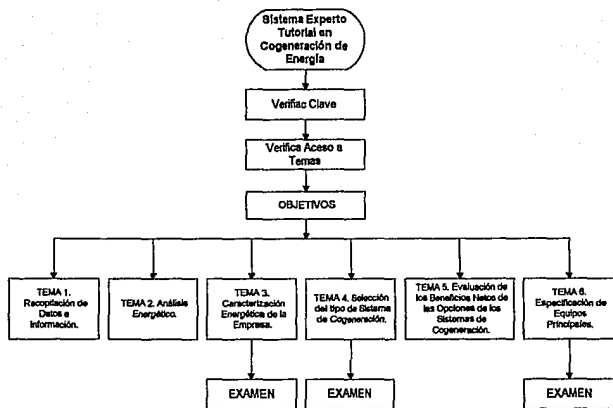


Diagrama 4.1 Sistema Experto Tutorial en Cogeneración de Energía.

### ***ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA:***

Todos los temas están interrelacionados en forma secuencial, toda vez que conforman el diseño de sistemas de cogeneración. Sin embargo el diseño y estructura de los mismos tendrán cierta independencia en cuanto a su empleo y secuencia de aprendizaje, pero manteniendo características de herencia de la información obtenida en alguno de ellos y que pueda ser empleada para fines comparativos en cualquiera de los restantes. Con ello se estaría garantizando flexibilidad, mucho dinamismo y fácil repetitividad en el proceso de capacitación.

Una de las causas por las cuales el sistema se reestructuró manejando los diversos temas en distintos módulos es debido a la importancia del concepto de modularidad en un software de computación, ya que es el atributo más sencillo que permite a un

programa ser manejable intelectualmente. El software monolítico (es decir, un gran programa compuesto de un único módulo) no puede ser fácilmente abarcado por otros programadores. El número de caminos de control, la expansión de las referencias, el número de variables y la complejidad global podría hacer imposible comprenderlo bien.

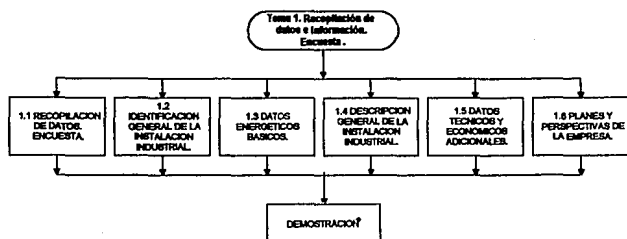
La independencia funcional se obtuvo desarrollando módulos por tema ya que cada módulo tiene una clara función: mostrar el contenido de un tema específico, y no se tiene una excesiva interacción con otros módulos (la única forma de acceder a cada tema es por medio de uno de ellos). De ahí que sea fácil de desarrollar cada tema, ya que su función puede ser compartida con sencillas interfaces. Los módulos independientes son más fáciles de mantener (y de probar) debido a que se limitan los efectos secundarios causados en las modificaciones del diseño/código, se reduce la programación de errores y es posible el reutilizar los módulos.

La independencia se mide usando dos criterios cualitativos: cohesión y acoplamiento. La cohesión es una medida de la fuerza funcional relativa de un módulo. El acoplamiento es una medida de la interdependencia relativa entre módulos.

Un módulo coherente ejecuta una tarea sencilla en un procedimiento de software y requiere poca iteración con procedimientos que se ejecutan en otras partes de un programa. Dicho sencillamente, un módulo coherente sólo debe hacer (idealmente) una cosa.

El acoplamiento es una medida de la interconexión entre módulos en una estructura de programa. En el diseño del sistema se buscó el más bajo acoplamiento posible, puesto que la conectividad sencilla entre módulos da como resultado un software más entendible y menos propenso a errores, que ocurren en una posición y que se propagan a lo largo del sistema.

Tomando en cuenta lo anterior, se elaboró la secuencia de validación de los temas expuestos en el diagrama 4.1, basándose en el análisis y experiencias de los expertos en cogeniería.



*\* Solo se activará cuando se hayan visto los seis subtemas.*

Diagrama 4.2. Tema 1

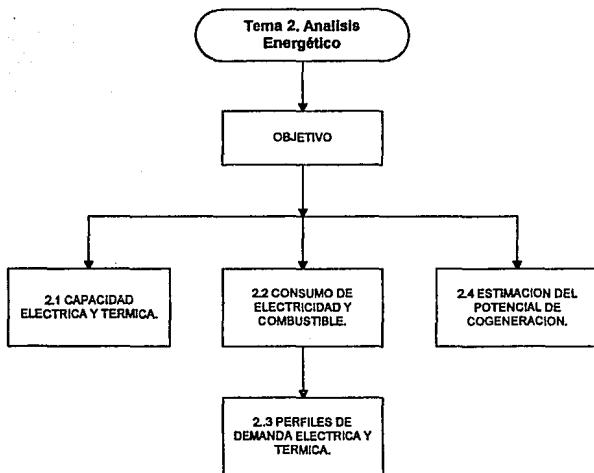


Diagrama 4.3. Tema 2

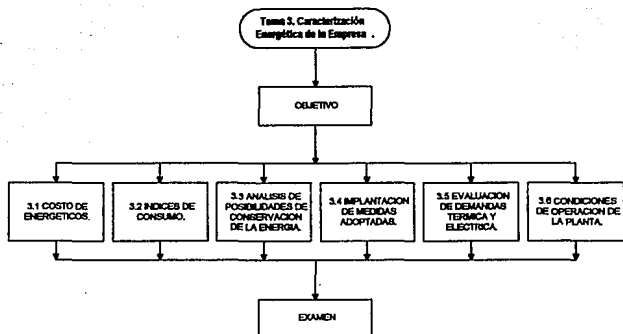


Diagrama 4.4. Tema 3

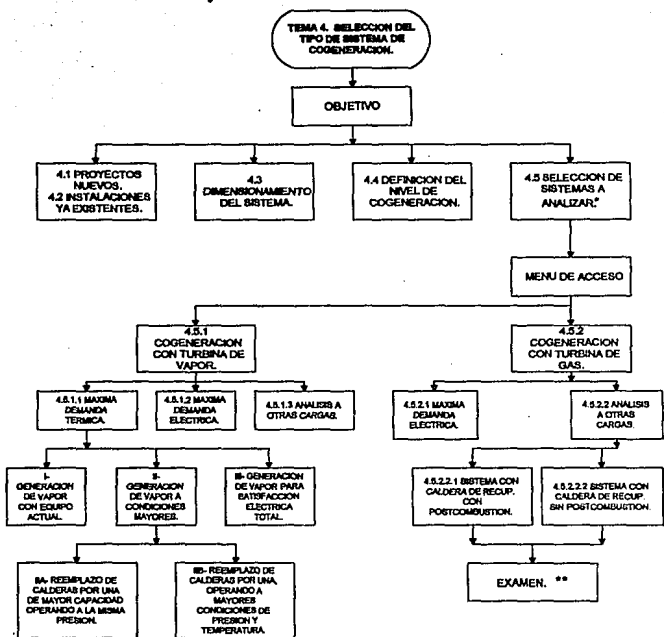


Diagrama 4.5. Tema 4

\* Solo se activará cuando se hayan visto los subtemas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4.

\*\* Solo se activará cuando se hayan visto completamente todos los subtemas.



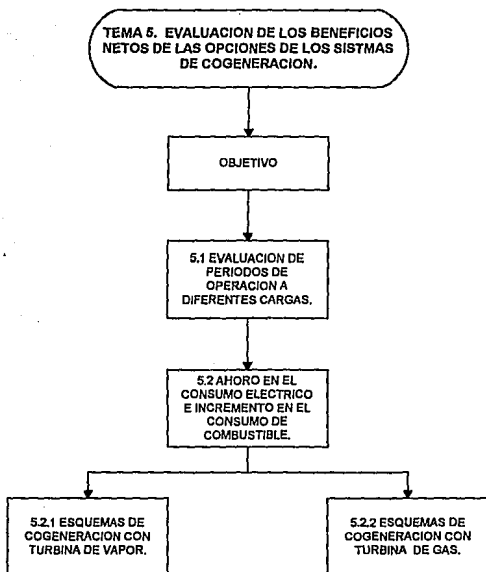


Diagrama 4.6. Tema 5

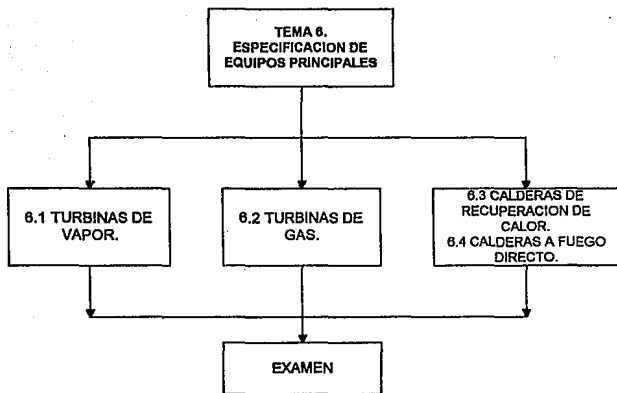


Diagrama 4.7. Tema 6

Debido a la necesidad de que exista un coordinador que este a cargo del control de los alumnos que pretendan utilizar el sistema se elaboró un módulo de captura y consulta de datos de alumnos que está restringido a ser usado por el coordinador. En este módulo se podran proporcionar claves de acceso al sistema para cada alumno ya que sin ellas no será posible hacer uso del sistema.

Para el desarrollo de los diferentes temas que serán comunicados al usuario, se han incluido los siguientes elementos:

- a) Hipertextos encadenados por iconos.
- b) Tablas encadenadas a los hipertextos o como parte de ellos.
- c) Gráficos encadenados a los hipertextos o como parte de los mismos.
- d) Imágenes fijas (fotografías), encadenadas a los hipertextos, o como parte de ellos.

Hay que considerar que todos o alguno de los elementos descritos, están encadenados a los procesos del aprendizaje del tutorial así como su evaluación.

La presentación de cada uno de estos elementos al usuario se ha establecido de acuerdo a las siguientes formas:

- Los hipertextos son los elementos principales del tutorial y serán presentados en todo instante, de manera secuencial, en partes ó de acuerdo a una estructuración definida.

- Para la presentación al usuario de los incisos b, c y d, se contemplaron dos alternativas: la presentación obligada por ser el elemento parte de la secuencia de capacitación y una presentación opcional a criterio del usuario, es decir, para la mejor comprensión de algunos temas, se le proporcionó hipertextos que deben verse antes de poder continuar con los siguientes temas y, en algunos casos se pueden acceder otros hipertextos de forma opcional, sin que intervengan con la secuencia del tutorial.

### PROCESO DE EVALUACION

El proceso de evaluación contempla las siguientes alternativas:

a) Las evaluaciones formativas podrán ser entre otras: cuestionarios de preguntas, problemas para resolver, etc. Para estas evaluaciones, existe la posibilidad de hacerlas cada cierto grupo de subtemas, o cada cierto grupo de temas. El sistema a través de un proceso inteligente de retroalimentación, recomendará al usuario-alumno los temas que debe volver a estudiar.

b) La evaluación contempla la integración de: cuestionario de preguntas y problemas para resolver. Esta evaluación se ejecuta en forma conjunta al final del tema 3, ya que contempla la evaluación de los primeros tres temas; al final del tema 4, evaluando cada uno de sus subtemas; y al final del tema 6 evaluando los últimos dos temas.

c) Los exámenes tendrán un grado de dificultad adecuado al perfil del usuario de acuerdo a los expertos. El alumno durante todo el tutorial presentará como mínimo

tres exámenes y cada uno de ellos se escoge en forma aleatoria de entre tres tipos posibles (A, B y C). A su vez, cada tipo de examen consta de un total de diez preguntas las cuales son de opción múltiple, es decir, la respuesta correcta se proporciona dentro de cinco alternativas a escoger.

La decisión de hacer tres exámenes se hizo en base a la modularidad del sistema, ya que se puede hacer mejor la evaluación del alumno sobre tres temas dado el punto de vista definido que se tiene sobre los mismos, puesto que éstos están interrelacionados, se pueden evaluar en forma conjunta. Por otra parte, se hizo solamente una evaluación del tema cuatro porque se consideró que, al contener varios subtemas, la información era muy densa y lo suficiente para poder realizar una evaluación únicamente de este tema. Para los temas cinco y seis, la información es menor en comparación con los temas anteriores, sin embargo, éstos tienen un enfoque global para el diseño de sistemas en cogeneración.

Cabe mencionar, que no se contempla una evaluación total de los seis temas ya que sería demasiado compleja tanto para el examinador como para el evaluado; además, no sería confiable dado que las preguntas que contendría tendrían que ser de carácter global dando una visión general del diseño de sistemas de cogeneración que no es el objetivo del mismo. De ahí, que el resultado de cada evaluación sea el factor de decisión para continuar con el aprendizaje de los temas subsecuentes.

Por otra parte, las preguntas son de opción múltiple debido a la ambigüedad que se tendría si el usuario proporcionara la respuesta, incluyendo que la validación de las respuestas del usuario no sería objetiva por diversos factores como: el 'teclear' mal una palabra, extenderse en la respuesta, etc., que no podrían considerarse en la evaluación. Así mismo, el poder elegir una respuesta entre cinco posibles implica facilidad tanto para contestar como para evaluar, aunado al esfuerzo lógico y no solo del conocimiento que el usuario deberá tener para contestar el examen.

### BASES DE DATOS

Actualmente los sistemas que requieran mantener información para la retroalimentación del mismo, así como la toma de decisiones, necesitan almacenar datos que ayuden a la distribución de la información y al mejor control sobre las evaluaciones del sistema. De acuerdo a los requerimientos del tutorial que comprenden considerar que el alumno

podiera continuar con el aprendizaje del tema cuando lo deseara, incluyendo el poder repasar la última lección vista, fue necesario contemplar ciertos datos del alumno e información del avance en el tutorial para llevar a cabo lo anterior.

Para el efecto, fue necesario almacenar el valor de ciertas variables específicas del tutorial como son: temas, subtemas, total de temas, total de subtemas, último tema, último subtema visto; calificación de cada uno de los exámenes presentados, tipo de examen presentado, datos del alumno ( clave referencial, apellidos y nombre).

Level 5 Object, versión 2.5, maneja dos tipos de manejadores de bases de datos: DBase III y FOCUS. Dada la familiaridad que se tiene con el primero de ellos y la facilidad para manejar bases de datos entre otras características, se optó por implementar la base de datos en DBase III.

La base de datos ha de ser de alguna forma accesible al usuario, que es de lo que se ocupa el lenguaje de programación dBASE III PLUS.

El dBASE III PLUS puede manejar 1,000 millones de registros y hasta 128 campos de registro. Cada registro puede contener hasta 4,000 caracteres. Puede ordenar varios campos a la vez y trabajar hasta con 10 archivos a la vez. Estas características tan poderosas son más impresionantes que realistas. Unos simples cálculos indican que si una base de datos contiene 1,000 millones de registros de 128 campos cada uno, a una PC le llevaría más de un mes el leer una sola vez la base de datos y dicha base de datos ocuparía 30 millones de diskettes. Pero por otro lado, el dBASE III PLUS ordena muy rápido: la ordenación de un archivo le lleva menos de 60 segundos. Además permite el acceso de múltiples usuarios al programa cuando se trabaja en una red de área local. Las posibilidades de protección de datos de que dispone el programa se pueden usar con las más populares redes de área local para el IBM PC y compatibles.

**LIMITACIONES:** Las limitaciones del dBASE son pocas, pero de hecho existen. La mayor de ellas es que necesita a menudo información que está contenida en disco, para poder operar. Esto puede disminuir la velocidad de sus programas debido al acceso al disco. Los retrasos son más evidentes en un sistema basado en diskettes que en un sistema con disco duro.

**REQUERIMIENTOS DE DBASE:** Para usar el dBASE se necesita una computadora de 16 bits con MS DOS o PC DOS. La computadora debe tener un mínimo de 256K

de memoria siendo recomendable disponer de 320K o más para un mayor uso eficiente. Se debe usar la versión 2.0 del MS-DOS o PC DOS, o una posterior. El sistema debe tener dos unidades de diskettes o una unidad de diskette más un disco duro. (debido al tamaño de los archivos del disco del sistema del dBASE no es práctico el uso del dBASE en un sistema con una única unidad de diskette). Se puede usar cualquier impresora que imprima como mínimo 80 columnas de texto.

### **DESARROLLO DEL SISTEMA.**

Como se mencionó anteriormente, el sistema esta compuesto por varios módulos: Master, Menú Principal, Tema uno, Tema dos, Tema tres, Tema cuatro, Tema cinco, Tema seis, Examen uno, Examen dos, Examen tres y Captura de Datos (*ver diagrama 4.1*), cada módulo esta constituido por quince objetos, esta cantidad varía dependiendo de la base de conocimientos, estos objetos representan los elementos que conforman cada módulo para el procesamiento de información del tutorial así como los que controlan los procesos propios del sistema.

Cada módulo varia en el número total de clases e instancias, sin embargo tiene una estructura similar ya que ésta se basa en la separación de temas así como en la utilización de variables comunes a todos los módulos.

Es importante hacer énfasis en la programación del tema cuatro, ya que su estructura es más compleja que los otros temas, por lo que la descripción de su elaboración se verá en forma detallada, a diferencia de los demás temas que se verán en forma paralela.

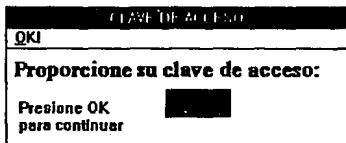
Cada uno de los temas contiene reglas y demons que son la base de la programación para determinar la lógica e inferencia del sistema experto. Cada tema puede ejecutarse por sí solo. Los módulos que necesitan forzosamente del enlace con otro módulo son: el **MASTER** y el **MENU PRINCIPAL**. Debido a las evaluaciones que se deben hacer, los temas tres, cuatro y seis se interrelacionan con los diferentes tipos de exámenes, aunque puede ejecutarse la parte de conocimientos por sí sola.

## ***FUNCIONES Y ESTRUCTURA DE OBJETOS POR MODULO.***

### **MASTER.**

Es el encargado de controlar el ingreso directo al sistema, y determinar el tipo de alumno para limitar su acceso a los diversos temas. Para el efecto, se le pide una clave de acceso, la cual consta de seis dígitos numéricos, dando como máximo cinco oportunidades para validar la clave, (esto debido al requerimiento del usuario experto). Una vez que se ha verificado la clave, se obtienen los antecedentes del alumno de una base de datos, los cuales se procesan junto con variables propias del sistema para conjuntar un grupo de ellas que serán comunes a todos los módulos. Con esta información establece si es la primera vez que ingresa al sistema, de ahí que se le muestre el objetivo del mismo, o el menú principal, si no es la primera vez. Todo lo anterior se evalúa mediante la programación de reglas y demons descrita al principio de este capítulo.

La siguiente pantalla aparecerá cuando se quiera ingresar al SETCE:



The screenshot shows a rectangular window with a black border. At the top, the text "CLAVE DE ACCESO" is centered. Below this, the letters "OKI" are displayed. The main text in the center reads "Proporcione su clave de acceso:". To the right of this text is a solid black rectangular box representing a password input field. Below the input field, the text "Presione OK para continuar" is displayed.

Fig. 4.1 Master.

La organización de objetos para este módulo se puede observar en el Apéndice A.

### **MENU PRINCIPAL.**

Es la plataforma desde la cual se puede observar a qué temas se tiene acceso, incluyendo el poder acceder a la última sesión vista, o salirse del sistema. Antes de mostrar la pantalla principal donde se encuentran los botones de acceso a los diversos temas, el sistema define, conforme a los datos del alumno que son proporcionados por

el módulo MASTER, a qué temas se le permite la entrada al alumno. En suma, es el controlador de todas las bases de conocimientos o los módulos de los temas.

La única pantalla que muestra este módulo es la siguiente:

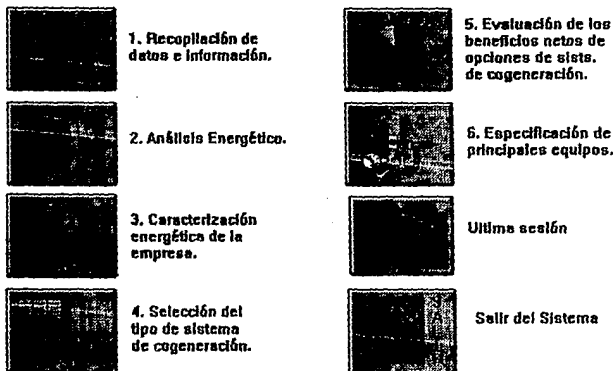


Fig. 4.2 Menú Principal.

La organización de objetos para este módulo se muestra en el Apéndice B.

### TEMA UNO.

Presenta la información correspondiente al primer tema del tutorial estructurándola en seis subtemas, los cuales muestran la información por medio de páginas. Al finalizar el estudio de los seis subtemas, sin importar el orden, se puede acceder a una demostración que contiene un ejercicio práctico para que el alumno repase los conocimientos adquiridos en este módulo. No es sino hasta cuando finaliza de ver esta



demostración, que puede regresar al menú principal. El alumno puede salirse del sistema una vez que haya ingresado al menú de este tema o al menú principal.

A continuación se muestra la pantalla de menú que contiene este tema:

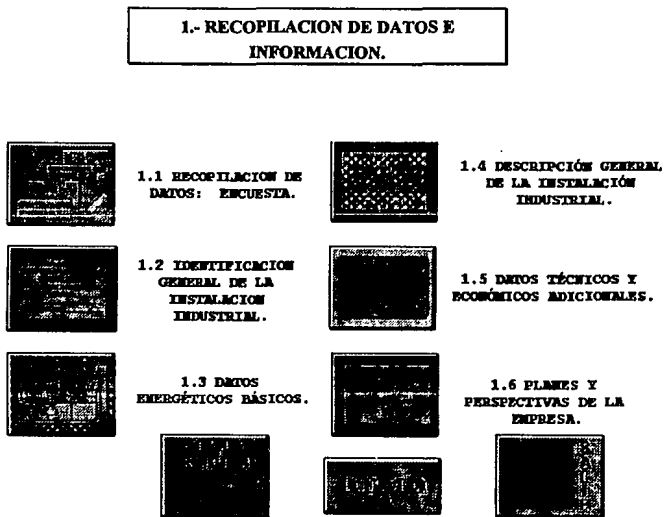


Fig. 4.3 Menú Tema 1.

La siguiente figura muestra la pantalla principal (display), que se utilizó en todos los temas, para desplegar la información del tutorial.

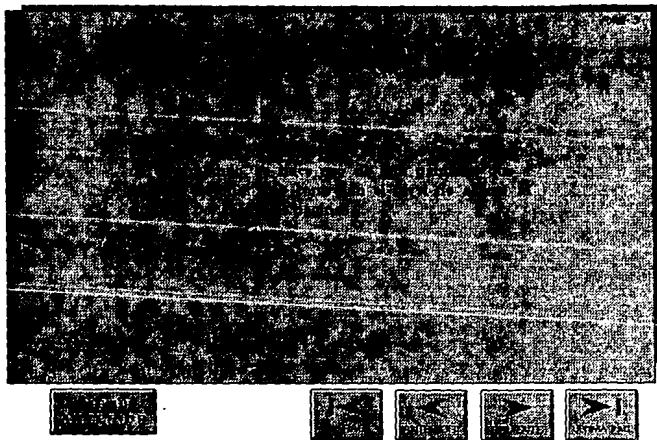


Fig. 4.4 Pantalla "desplega páginas".

Este tema cuenta con las siguientes clases que fueron definidas en el módulo MASTER (Apéndice A).

En la clase domain, se tienen los mismos atributos compartidos y explicados en el módulo MASTER y MENU PRINCIPAL. Para ver las demás clases que se incluyen en este módulo, referirse al Apéndice C.

### **TEMA DOS.**

Presenta la información correspondiente al segundo tema del tutorial estructurándola en cuatro subtemas, los cuales muestran la información por medio de páginas. El acceso a dichos subtemas está validado de la siguiente forma: se podrá tener acceso al subtema tres si ya se vio el subtema dos y se podrá visualizar el subtema cuatro únicamente después de haber tenido acceso a los tres subtemas anteriores. Solo hasta que el alumno

finalice de ver todos los subtemas puede regresar al menú principal. El alumno puede salirse del sistema una vez que haya ingresado al menú de este tema o al menú principal.

A continuación se muestra la pantalla de menú que contiene este tema:

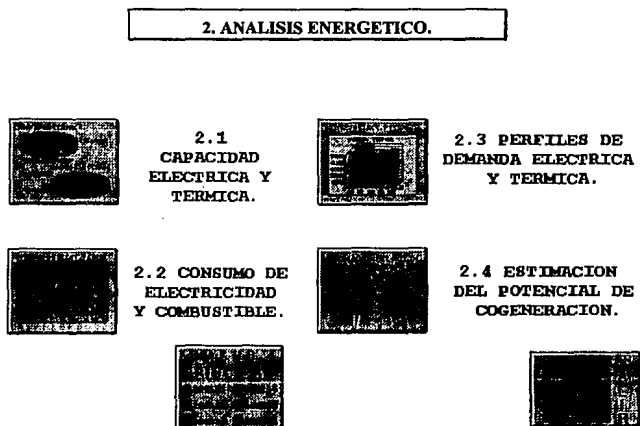


Fig. 4.5 Menú Tema 2.

Para mostrar la información de cada uno de los subtemas de este módulo, se hace uso de la figura 4.4.

Este tema cuenta con las clases definidas en el tema uno. En el caso de las clases subtema1, subtema2, etc., se cuenta, para el tema dos, únicamente con cuatro clases de este tipo, como se indica a continuación:

Subtema uno, "Capacidad eléctrica y térmica" cuenta con una página.

Subtema dos, "Consumo de electricidad y combustible", cuenta con seis páginas.

Subtema tres, "Perfiles de demanda eléctrica y térmica", cuenta con ocho páginas.

Subtema cuatro, "Estimación del potencial de cogeneración", cuenta con dos páginas.

### TEMA TRES.

Presenta la información correspondiente al tercer tema del tutorial estructurándola en seis subtemas, los cuales, al igual que los dos temas anteriores, muestran la información por medio de páginas. Al finalizar el estudio de los seis subtemas, sin importar el orden, se activa el botón para poder acceder al examen que evalúa los tres temas que se han mencionado hasta el momento. No es sino hasta cuando finaliza de resolver este examen, que puede regresar al menú principal. El alumno puede salirse del sistema una vez que haya ingresado al menú de este tema o al menú principal.

A continuación se muestra la pantalla de menú que contiene este tema:

**3. CARACTERIZACION ENERGETICA DE LA EMPRESA.**

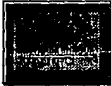








	<b>3.1 Costo de Energéticos.</b>		<b>3.4 Implantación de Medidas Adoptadas.</b>	
	<b>3.2 Índices de Consumo Energético.</b>		<b>3.5 Evaluación de demandas térmica y eléctrica.</b>	
	<b>3.3 Análisis de posibilidades de conservación de la energía.</b>		<b>3.6 Condiciones de operación de la planta.</b>	

Fig. 4.6 Menú Tema 3.

Para mostrar la información de cada uno de los subtemas de este módulo, se hace uso de la figura 4.4.

Este tema cuenta con las clases definidas en el tema uno. Para estructurar los subtemas se utilizaron seis clases del mismo tipo como sigue:

Subtema uno, "Costo de energéticos". Este subtema cuenta con cinco páginas.

Subtema dos, "Índices de consumo energético". Este subtema cuenta con seis páginas.

Subtema tres, "Análisis de posibilidades de conservación de la energía". Este subtema cuenta con siete páginas.

Subtema cuatro, "Implantación de medidas adoptadas". Este subtema cuenta con cuatro páginas.

Subtema cinco, "Evaluación de demandas térmica y eléctrica". Este subtema cuenta con 15 páginas. Además, en la página 10 y 11 aparecen hiperregiones que le permiten al alumno visualizar gráficos para poder comprender con mayor facilidad la información presentada en dichas páginas.

Subtema seis, "Condiciones de operación de la planta". Este subtema cuenta con siete páginas.

#### **TEMA CUATRO.**

Muestra la información correspondiente al cuarto tema del tutorial de acuerdo a la secuencia descrita en el diagrama 4.5 estructurándola en cinco principales subtemas. Los cuatro primeros tienen una presentación similar a la de los temas vistos con anterioridad. En cuanto al subtema principal cinco requirió de un análisis más detallado, dada su complejidad, que se detalla a continuación:

De acuerdo al diagrama 4.5, se divide en dos grandes subtemas: 4.5.1 Cogeneración con turbina de vapor y 4.5.2 Cogeneración con turbina de gas. El subtema 4.5.1 se divide a su vez en tres subtemas, el primero de ellos, 4.5.1.1 "Máxima demanda térmica" tiene una estructura de árbol de la cual se desprenden tres principales ramas: Generación de vapor con equipo actual, Generación de vapor a condiciones mayores (que a su vez se divide en los temas: Reemplazo de calderas por una de mayor capacidad operando a la misma presión, Reemplazo de calderas por una operando a

mayores condiciones de presión y temperatura), Generación de vapor para satisfacción eléctrica total.

Esta estructura es común a 4.5.1.2 y 4.5.1.3 sólo que las subdivisiones de cada uno de estos subtemas no se observan con esta estructuración en el tutorial, debido a que su explicación es gráfica, para lo cual se utilizan las tablas correspondientes como el resultado de efectuar los cálculos comprendidos en los ejercicios efectuados en el subtema 4.5.1.1.

La información se muestra en diversas formas, los cuatro primeros subtemas (Proyectos nuevos, Instalaciones ya existentes, Dimensionamiento del sistema y Definición del nivel de cogeneración) se estudian por medio de páginas. Para el subtema cinco, dada su estructura, se decidió visualizar su contenido en diferentes *displays*, ya que se requería mostrar diversos objetos, tales como: *pushbottom* que sirven como conexión a otros subtemas, gráficas estáticas, tablas de explicación, etc. Las tablas de explicación requirieron del uso de toda la pantalla y si no era posible mostrarlas totalmente, se dividieron máximo en dos partes de acuerdo a la consideración del experto. Además, fue necesario elaborar hiperregiones que mostraran diversas pantallas independientes de la seriación del contenido de los temas, debido a que el tema es muy extenso.

Al finalizar el estudio de los cuatro primeros subtemas, sin importar el orden, se puede acceder al subtema cinco y una vez en éste se tienen dos alternativas, al seleccionar una de ellas automáticamente la ruta de la alternativa no seleccionada se deshabilita hasta que el alumno finalice de estudiar por completo la ruta que seleccionó (subtemas e incisos con ejercicios), con las restricciones correspondientes a cada subtema conforme al esquema del diagrama 4.5. Una vez que se ha terminado de ver los cinco subtemas principales, se puede acceder al menú principal y al examen correspondiente sólo de este tema.

Dada la complejidad y la extensión de los subtemas fue necesario implementar varios puntos de salida de este módulo, ya que no se debe forzar al alumno a estudiar una secuencia de temas extensa, salvo que, de conformidad con los expertos, se requiriera de una seriación específica para el mejor aprovechamiento de los temas y se desechara la conveniencia de truncar el seguimiento especificado. Los puntos de salida son: desde el menú principal, y una vez accedado el subtema 4.5, en la pantalla donde se

muestran los subtemas 4.5.1.1 con las hiperregiones que enlazan a los subtemas correspondientes, en los subtemas 4.5.2.1 y 4.5.2.2 con sus correspondiente subtemas.

La pantalla de presentación del menú de este tema es la siguiente:

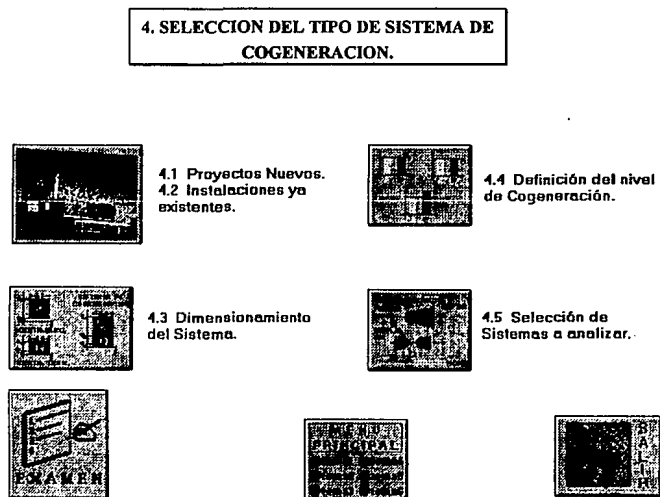


Fig. 4.7 Menú Tema 4.

El despliegue de información, como se mencionó, se hace por medio de pantallas que tienen por un lado, el formato visto en la figura 4.4 y por otro, una serie de *displays* con botones, gráficas e hiperregiones que enlazan los diversos niveles de la estructura del árbol de información visto en el diagrama 4.5, por lo que se muestran las estructuras nuevas y las similares que se utilizaron en la presentación de este tema.

#### 4.4 DEFINICION DEL NIVEL DE COGENERACION



Los posibles beneficios de los sistemas de cogeneración para el usuario directo (industrial) son fundamentalmente:

- 1) Reducción del costo energético.
- 2) Posibilidad de venta de excedentes eléctricos a la red pública.

Aunque, en general, la mayoría de los empresarios muestran interés por satisfacer sus necesidades de energía de proceso, existe la alternativa de convertirse además en productor de electricidad, que pueda resultar muy atractiva; por supuesto atendiendo inicialmente a la satisfacción de sus necesidades térmicas totalmente y, en función de ésta, ampliar su capacidad de generación eléctrica.

De acuerdo a lo anterior, existen cuatro niveles de cogeneración a tratar.



1) Satisfacción térmica y eléctrica al 100%.



3) Satisfacción térmica al 100% con excedentes



2) Satisfacción térmica al 100% y compra de electricidad.



4) Satisfacción térmica parcial y eléctrica al 100%.

Fig. 4.8 Pantalla "despliega Información".

En esta pantalla se muestra en forma gráfica los posibles tópicos a los que se puede acceder, cada uno de ellos se muestran por medio de una hiperregión que enlazan los diversos contenidos de estos tópicos, pero siempre tendrán la misma pantalla anterior. (figura 4.8). No es forzoso ver los cuatro tópicos, ni tampoco el orden, pero esta presentación facilita el paso de cualquiera de ellos sin importar las veces que se repasen.

Por otro lado, cuando se muestran varios posibles caminos para elegir en la ramificación del árbol de la secuencia de temas, se utilizaron estructuras *picbtm* que ayudan a deshabilitar o no los botones de acceso dependiendo del subtema que se haya elegido. A continuación se muestra una pantalla como ejemplo:

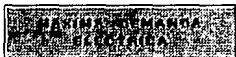


## 4.5.1 COGENERACION CON TURBINA DE VAPOR

En las siguientes pantallas, se estudiará el desarrollo del ejemplo (empresa del sector público). Solamente se presentará la metodología de cálculo para el dimensionamiento de una planta de cogeneración que satisfaga MAXIMA DEMANDA TERMICA; Considerando todas las posibilidades de dimensionamiento. Puesto que la metodología es igualmente aplicable a las demás demandas de cargas térmicas y eléctricas, al final solamente se presentarán tablas, resúmenes de las evaluaciones respectivas de dimensionamiento, con una breve explicación a través de ventanas.



4.5.1.1. Máxima Demanda Térmica.



4.5.1.2. Máxima Demanda Eléctrica.



4.5.1.3. Análisis a otras cargas. (Incluye el análisis a demandas mínimas térmica y eléctrica.)

Fig. 4.9

Otra estructura que se empleó para facilitar la comprensión de los temas fue la siguiente:

4.5.1.1 Satisfacción de la máxima demanda térmica.

II.- Generación de vapor con equipo actual.

III.- Reemplazo de calderas por una operando a mayores condiciones de presión y temperatura.

El siguiente paso a considerar en la selección de alternativas de esquemas de cogeneración es la posibilidad de reemplazar las calderas actuales por una que produzca el flujo de vapor requerido a condiciones mayores de presión y temperatura para aprovechar su mayor contenido energético en la generación eléctrica. Ahora el reemplazo implica también el cambio de equipos auxiliares que en el caso anterior se podrían seguir utilizando y que no resultan aplicables a la operación con la nueva caldera.

Al igual que en el caso anterior, también resulta importante la selección de las condiciones de presión y temperatura apropiadas a la admisión de la turbina (las de generación de vapor) para evitar que se obtenga vapor con temperatura muy por encima de las necesidades de la empresa.



**Diagrama de Explicación.**



**Tabla Resumen**

Fig. 4.10

Consiste en poder acceder tanto la gráfica que visualice el contenido de la información, así como una tabla que resuma los cálculos que sugiere la explicación. A su vez, poder elaborar un ejercicio de forma simultánea al estar estudiando el contenido de manera global de un subtema. Como se observa en la figura, estas tres posibles opciones se muestran gráficamente de tal forma que el alumno se pueda dar idea ó recordar lo que se puede ver y apoyar en su estudio al momento de disponer de dichos recursos.

Las clases que conforman el tema cuatro se pueden consultar en el Apéndice D.

Para mostrar el contenido del subtema 4.4 "Definición del nivel de cogeneración", se hizo uso de displays, usando el formato de la figura 4.8.

## TEMA CINCO.

Presenta la información correspondiente al quinto tema del tutorial estructurándola en tres subtemas, los cuales muestran la información por medio de páginas. El acceso a dichos subtemas es secuencial, es decir, se tendrá que ver forzosamente el primer subtema para poder entrar al segundo subtema, que a su vez permitirá el acceso al tercer subtema. No es sino hasta cuando el alumno finaliza de ver todos los subtemas, que puede regresar al menú principal. Además, el alumno puede salirse del sistema una vez que haya ingresado al menú de este tema o al menú principal.

A continuación se muestra la pantalla de menú que contiene este tema:

### 5. EVALUACION DE LOS BENEFICIOS NETOS DE OPCIONES DE SISTEMAS DE COGENERACION.

En el tema cuatro, se determinó la capacidad de los esquemas de cogeneración aplicables a la satisfacción de las demandas energéticas de la empresa en cuestión, igualmente se comprobó que los sistemas pueden atender a las necesidades de energía bajo diferentes condiciones de operación que se pueden presentar.

Los sistemas de cogeneración no operarán a carga constante durante todo el tiempo, sino que deberán modularla para adaptarse a las necesidades de la empresa. Como los esquemas presentan variaciones en sus parámetros Q/E e ICN dependiendo de la carga, resulta



5.1 Evaluación de períodos de operación a diferentes cargas.

#### 5.2 Ahorro en el consumo eléctrico e incremento en el consumo de combustible.



5.2.1 Esquemas de cogeneración con turbina de vapor.



5.2.2 Esquemas de cogeneración con turbina de gas.



Fig. 4.11 Menú principal. Tema 5.

Para mostrar la información de cada uno de los subtemas de este módulo, se hace uso de la figura 4.4.

Las clases definidas en el tema uno son prácticamente las mismas para este tema. La estructuración de los subtemas se hizo de la siguiente forma:

Subtema uno, "Evaluación de períodos de operación a diferentes cargas", cuenta con seis páginas.

Subtema dos, "Esquema de cogeneración con turbina de vapor", cuenta con cuatro páginas.

Subtema tres, "Esquema de cogeneración con turbina de gas", cuenta con cinco páginas.

### **TEMA SEIS.**

Presenta la información correspondiente al sexto y último tema del tutorial estructurándola en tres subtemas, los cuales, al igual que los demás temas, muestran la información por medio de páginas. Al finalizar el estudio de los tres subtemas, sin importar el orden, se activa el botón para poder acceder al examen que evalúa los temas cinco y seis. No es sino hasta cuando finaliza de resolver este examen, que puede regresar al menú principal. El alumno puede salirse del sistema una vez que haya ingresado al menú de este tema o al menú principal.

A continuación se muestra la pantalla de menú que contiene este tema:

## 6.- ESPECIFICACION DE EQUIPOS PRINCIPALES.

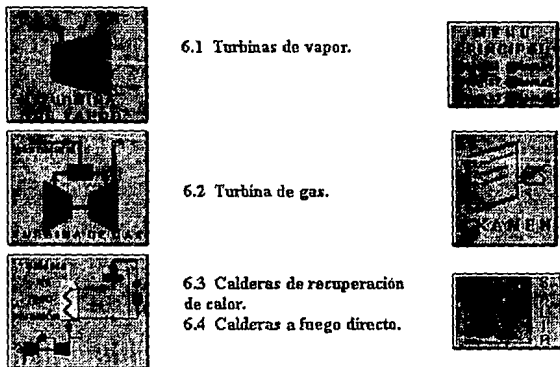


Fig. 4.12 Menú principal. Tema 6.

Para mostrar la información de cada uno de los subtemas de este módulo, se hace uso de la figura 4.4.

Las clases que conforman este tema son las mismas que se definieron en el tema uno. La estructuración de los subtemas quedó de la siguiente forma:

Subtema uno, "Turbinas de vapor". Consta únicamente de dos páginas.

Subtema dos, "Turbinas de gas". Consta únicamente de dos páginas.

Subtema tres, "Calderas de recuperación de calor y calderas a fuego directo".

Consta de tres páginas.

**EXAMEN UNO.**

Presenta una evaluación que cubre los temas: "Recopilación de datos e información", "Análisis Energético" y "Caracterización energética de la empresa". El examen consta de diez preguntas las cuales son presentadas por pares en cada display, es decir, por cada pantalla se mostrarán únicamente dos preguntas, las cuales tendrán que ser contestadas antes de pasar al siguiente display. El formato que se muestra a continuación es el mismo para cada examen así como para sus diferentes tipos:

**EVALUACION DE LOS TEMAS 1, 2 Y 3: RECOPLACION DE DATOS E INFORMACION.**  
**ANALISIS ENERGETICO, CARACTERIZACION ENERGETICA DE LA EMPRESA.** **EXAMEN**

1.- Los objetivos que debe cumplir una encuesta en todo estudio de cogeneración son: **TIPO "A"**

1. Recolectar datos energéticos (técnicos y económicos) de la empresa
2. Describir el estado de los equipos y operación de los mismos
3. Establecer balances de energía eléctrica con turbinas de gas
4. Establecer la actitud de la industria hacia el estudio a realizar
5. Realización del diagrama de proceso definitivo.



Respuesta:

De estas afirmaciones son solamente ciertas:

- A) 1, 2 y 3     B) Todas     C) 1, 2 y 4     D) 1, 2, 3 y 5     E) Ninguna

2.- Indique los aspectos relevantes que debe contener una encuesta para investigar la posibilidad de implantar un sistema de cogeneración en una industria:

1. Identificación general de la instalación
2. Datos energéticos básicos
3. Descripción general de la instalación
4. Datos técnicos y económicos adicionales
5. Planes y perspectivas de la instalación

Respuesta:

De estas afirmaciones son solamente ciertas:

- A) Ninguna     B) Todas     C) 1, 2, 3 y 4     D) 2, 3 y 4     E) Solo 2

Fig. 4.13 Pantalla "despliega examen".

Este módulo cuenta con las clases beeper, dB3, pictbtn, domain (definidas en el tema uno), además de las clases que se citan en el Apéndice E.

### **EXAMEN DOS.**

Este examen cubre únicamente el tema: "Selección del tipo de sistema de cogeneración" y su estructura es idéntica al examen uno.

### **EXAMEN TRES.**

Este examen cubre los temas: "Evaluación de los beneficios netos de opciones de sistemas de cogeneración" y "Especificación de equipos principales". La estructura de este examen es igual a la citada para el examen uno.

Se puede analizar la programación de cada uno de los módulos obteniendo el listado PRL, cuya opción esta integrada en LEVEL5 Object. Como un ejemplo representativo, se proporciona el listado PRL del módulo MASTER en el Apéndice F.

Los módulos anteriormente descritos son la base principal del sistema, el módulo "Pide datos" se elaboró como apoyo al coordinador del curso y su función es permitir dar de alta a los alumnos, así como visualizar la base de datos. El análisis de los objetos que se utilizaron en este módulo no requieren de gran detalle ya que no forman una parte esencial del sistema. Sólo se mencionará que la interfaz utilizada en este sistema es lo suficientemente amigable para ser utilizada por el profesor, ya que cuenta con un desarrollo similar al sistema experto tutorial. Cabe mencionar que el acceso a este módulo será restringido y únicamente los profesores que cuenten con autorización podrán hacer uso del mismo.

## **VALIDACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA**

Para que un alumno pueda ingresar al sistema es necesario darle alta en la base de datos, para lo cual el coordinador (profesor) del curso deberá proporcionarle una clave y por medio de ésta el alumno podrá hacer uso del SETCE. Dicha clave consta como máximo de seis caracteres numéricos.

Cuando se introduce una clave que el sistema no tiene registrada se envía un mensaje para informarle al alumno que la clave no existe. Si la clave no es introducida el sistema manda un mensaje de error y finaliza la sesión, esto por seguridad del mismo. La clave sólo debe contener números.

Como parte de la seguridad del sistema, la clave con la que el alumno ingresa, se conserva a través de cada uno de los temas que van siendo accedidos por el alumno, para que en el momento que se salga del sistema, grabe su información correcta en su registro.

Dada la naturaleza del tutorial, se utilizaron reglas con el fin de verificar que el alumno estudiara forzosamente ciertos temas, esto en base a la experiencia del experto ya que a su consideración, existen ciertos temas y ejercicios que no pueden ser vistos sin tener conocimientos previos. Una vez que el alumno ha ingresado a un subtema es necesario que termine de verlo por completo para darle mayor continuidad al tutorial. Si el alumno quiere repasar un tema, y no desea ver cada capítulo del subtema, es permitido estudiar ciertas partes del mismo, puesto que los subtemas están divididos por páginas, y de esta forma puede elegir cuatro opciones (primera, anterior, posterior y última página). Lo anterior se aplica a todos los temas con excepción del tema cuatro, por su especial estructura ya descrita.

Podría pensarse que un alumno pudiera "ver" los tres primeros temas sin haberlos estudiado, sin embargo, el tener que presentar un examen significa un filtro para la continuación del siguiente tema. De hecho, los puntos de decisión para la continuación de la secuencia de los temas son los exámenes, ya que si para la segunda ocasión el alumno no puede aprobarlo, tendrá que empezar desde un principio el sistema. De acuerdo a lo anterior, no es conveniente que se tome la información de este tutorial sin estudiarla, ya que si no se han repasado los temas y se pretende presentar esto, repercutirá en una pérdida de tiempo y recursos.



En los exámenes, se le muestra al alumno una estructura similar para cada uno de los tipos de examen que existen, que incluye el que él no pueda dejar de dar respuesta a ninguna pregunta ya que de lo contrario el sistema despliega un mensaje advirtiendo que no puede continuar hasta que conteste las dos preguntas visualizadas en ese momento, obligando al alumno a pensar la solución y proporcionarla ya que no tiene la opción de modificar respuestas anteriores.

Si se desea aumentar el contenido de los temas y/o incrementar los niveles de subtemas, se puede hacer con gran facilidad debido a que se utilizaron "textbox" con el atributo "scrollable" que permite mostrar el texto no importando la longitud de éste. En algunos casos al utilizar los objetos "valuebox", cuyo contenido varía dependiendo del total de "páginas" de cada tema, es posible agregar más, creando solamente las instancias requeridas de la clase seleccionada.

Además, si llega a extenderse la información y es necesario crear una cantidad mayor de subtemas y anexar reglas que controlen el acceso al tema, el botón de salida del sistema, al manejarse como un objeto independiente de la programación de cada módulo, se puede introducir en cualquier display o anexarse en cualquier parte de la programación, lo que da lugar a que las modificaciones en general que deban hacerse al sistema se puedan efectuar en forma sencilla.

En vista de que en el estudio del tema cuatro se utilizan varios cálculos para mostrar los resultados en la determinación del sistema de cogeneración, sería conveniente implementar una hoja de cálculo en el sistema. Level 5 Object tiene la posibilidad de hacer interfaces con hojas de cálculo que se manejen tanto en ambiente Windows como desde el Sistema Operativo, por lo que la adición de esta opción no requerirá de cambios drásticos en el ambiente de la programación del sistema.

Cabe mencionar que la documentación en línea del sistema, no puede elaborarse como en los lenguajes de programación estructurada puesto que cada una de las clases, objetos, atributos e instancias, deben estar perfectamente justificados, ya que la adición de clases que no están directamente referenciadas a la programación implican un manejo erróneo de la información y puede dar lugar a operaciones y/o resultados poco confiables. Se puede elaborar un manual del usuario, en base al desarrollo de la

presente tesis, ó anexar una ayuda ó módulo completo como el que se menciona a continuación.

Como se dijo anteriormente, el sistema esta enfocado a profesionistas que tienen conocimientos básicos de computación, por lo que no se implementó una ayuda sobre el manejo del sistema, ya que se le dio preferencia a la presentación de la información de los temas para que fuera lo más adecuada y así facilitar el estudio al alumno. Sin embargo, si se quisiera dar un enfoque más general al diplomado y fuera necesario que los usuarios tuvieran una ayuda sobre computación, ésta se podría adicionar por medio de otro módulo cuyo acceso fuera opcional desde el inicio del SETCE.

## **CAPITULO 5**

### **CONCLUSIONES**

Se debe hacer incapie en que este sistema pretende ser solamente un apoyo para el estudio de la Cogeneración en México y de ninguna forma podrá suplir al profesor, inclusive, las evaluaciones que aporta el sistema no son definitivas, solo son una ayuda para que el profesor pueda tener un panorama sobre los conocimientos que el alumno posee.

Con la realización de este sistema se pudieron reafirmar los conocimientos de la programación orientada a objetos al resolver varios problemas que se presentaron, como fue el tener que cambiar la programación del tema cuatro debido a que cuando se hizo una recopilación de la información que contendría ésta, se observó que para el mejor funcionamiento del sistema, sería conveniente eliminar varios subtemas que ya se habían programado y de cuyo acceso dependía la validación de otros tantos. Estos subtemas se conjuntaron en dos, que en vez de mostrar información textual desplegaron gráficas que contenían resultados de la aplicación de las técnicas vistas al inicio del subtema.

Cuando dos personas trabajan en un sistema de reglas, es necesario mantener los distintos trabajos por separado y aplicar fases controladas de integración. SETCE apoya este proceso con una gestión especial de versión. Se utilizó una versión de salida común del conjunto de reglas. Trabajando sobre esta base, modificando reglas, añadiendo nuevas clases, etc., y almacenando el trabajo en una versión de modificación privada, las veces subsecuentes que se trabajó, se pudieron cargar las modificaciones en la versión de salida, obteniendo el resultado pretendido. Este proceso permitió el desarrollo paralelo de reglas sin efectos laterales sobre otros desarrolladores. En determinados momentos se realizó una actualización general de reglas que integraron todas las modificaciones y crearon una nueva versión de salida común.

Sería de gran ayuda, para alumnos con conocimientos previos sobre cogeneración, hacer un módulo cuya función fuera aplicar un "examen de colocación" conforme a los subtemas programados en el SETCE. En cuanto a la presentación visual, este examen tendría una estructura similar a la de los exámenes de evaluación de los que consta actualmente el sistema experto; pero, a diferencia de éstos, la determinación del nivel no

sería en base a una calificación, sino a un análisis de las preguntas que haya contestado, esto es, a la dificultad que tiene cada pregunta y a la naturaleza de la misma.

De hecho, se podrá hacer todo un sistema cuyo objetivo principal sea únicamente la evaluación del alumno para determinar en qué nivel se encuentra, en base a sus conocimientos sobre congeneración, para lo cual sería ideal desarrollar un sistema experto; la información que coadyuve a determinar el nivel, podría incrementarse o modificarse de común acuerdo con el experto.

Este SETCE pretende contribuir para la realización de otros tutoriales que apoyen en la difusión de temas relevantes en el México actual. La correcta aplicación de esta tecnología contribuirá a la automatización del conocimiento y a mejorar los estándares de la docencia que se rigen por la mayoría de las escuelas de enseñanza superior.

Este sistema sirve como modelo para otros similares que varíen en la información, ya que la programación no está directamente relacionada con el contenido del tutorial. De hecho, una aportación de este trabajo fue la propuesta de estructuración del conocimiento experto en forma de módulos (temas) y divisiones de estos módulos (subtemas) que hacen uso de otros de igual jerarquía transparentes al usuario. El uso de nuevas clases definidas en esta versión facilitaron la validación de temas y subtemas así como el correcto seguimiento de la secuencia recomendada por el experto.

La utilización de éste sistema como fuente de capacitación, brinda la posibilidad de hacer un análisis del desempeño del alumno, de acuerdo a la metodología propuesta, sistematizada y periódica que permita al profesor mejorar sus actividades y enfocar su papel en implicaciones específicas hacia el tema. Las evaluaciones que contiene son un esquema general en la aplicación de exámenes que faciliten la automatización de esta tarea.

## **BIBLIOGRAFIA.**

- Alvarez Manilla J.M. "*Perfiles Educativos*". Ed. UNAM, 1990.
- Cox B. "*Object Oriented Programming*". Ed. Addison-Wesley, 1986.
- Cuena J. G, Fernández, R. López y M. Verdejo. "*Inteligencia Artificial. Sistemas Expertos*". Ed. Alianza Editorial, Madrid, 1986.
- Hayes-Roth, Waterman, Lenat. "*Building Expert Systems*". Ed. Addison-Wesley Publishing Co., 1983.
- Kim, W y Connor, J. "*Using PROLOG on a MACINTOSH to build an Engineering Expert System*". Ed. Microcomputer KBES in Civil Engineering, 1988.
- Lara, F y Gelman, G. "*Métodos y Modelos del Conocimiento para Sistemas Expertos*". Reporte Interno Instituto de Ingeniería, 1989.
- Lara y Soria B. "*El Uso de la Computadora en la Educación*". Gaceta UNAM, 1985.
- Le Blanc Louis, Jelassi Tawfik. "*Expert Systems With Applications*". USA, 1991.
- López F. Vicente, Sánchez y Fuentes Augusto. "*Dimensionamiento de Plantas de Cogeneración*". Ed. UNAM, 1992.
- Mc Dermott, D. y Charniak, E. "*Introduction to Artificial Intelligence*". Ed. Addison-Wesley Publishing Company, 1985.
- Obregón Sánchez Arturo. "*Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos*". Ed. UNAM. 1992.

Pagnoni, T. *"Expert Systems for Bridge Engineering"*. Reporte Técnico. IBC-85-34, Departamento de Ingeniería Civil, Instituto Tecnológico de Massachussets, Massachussets, USA, 1985.

Pinson, Suzanne. *"Representation des Connaissances dans les Systems Experts"*. R.A.I.R.O Informatique/Computer Science, Vol. 15 no 4, 1986.

Pressman Roger S. *"Ingenieria del Software"*. Ed. McGraw Hill. 1990.

Rendon del Rosal U. *"Herramientas de Desarrollo de Aplicaciones para los 90's"*. Revista Informática, 1991.

Ruiz Esparza Gutierrez Rogelio. *"Diplomado en Cogeneración; Diseño de Sistemas de Cogeneración"*. Ed. UNAM.1993.

Turban Efraim. *"Expert Systems and Applied Artificial Intelligence"*. Ed. Mc Millan Press, New York, 1992.

Varios. *"Memorias del Segundo Congreso para Estudiantes de Ingenieria"*. AIME. México, 1993.

## APENDICE A

Las clases que conforman el módulo MASTER son las siguientes:

CLASS beeper INHERITS add on  
WITH beep SIMPLE

*Clase que realiza un sonido, el cual se utiliza cuando se despliega un mensaje de error.*

CLASS db3 ALUCOGEN 1 SINGLE EXTERNAL "dBASEIII"  
WITH keycog NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH nomcog STRING  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH apatcog STRING  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH amatcog STRING  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH ultemcog NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH temalooked STRING  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH subtemcog NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH sublooked STRING  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH kalif1 NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH kalif2 NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH kalif3 NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH tipexcog NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT

*Clase que realiza la interfaz con la base de datos de DBase III en donde se encuentran almacenados los datos de los alumnos.*

## CLASS domain

*Clase que contiene los atributos que ayudan al control del proceso, ya sea contadores, variables internas, variables externas, etc.*

Los atributos que comparte hacia las otras bases de conocimientos son:

SHARED ATTRIBUTE keyalu NUMERIC

*Clave de acceso al sistema de cada alumno.*

SHARED ATTRIBUTE lastem NUMERIC

*Ultimo tema visto por el alumno.*

SHARED ATTRIBUTE temvistos STRING

*Secuencia de temas vistos.*

SHARED ATTRIBUTE subtem NUMERIC

*Ultimo subtema visto.*

SHARED ATTRIBUTE subvistos STRING

*Secuencia de subtemas vistos.*

SHARED ATTRIBUTE kal1 NUMERIC

*Calificación obtenida en el primer examen.*

SHARED ATTRIBUTE kal2 NUMERIC

*Calificación obtenida en el segundo examen.*

SHARED ATTRIBUTE kal3 NUMERIC

*Calificación obtenida en el tercer examen.*

SHARED ATTRIBUTE tipoexa NUMERIC

*Tipo del último examen presentado.*

SHARED ATTRIBUTE ultklase SIMPLE

*Variable que verifica si el alumno desea ingresar directamente al último tema que estudió.*

SHARED ATTRIBUTE totemalu NUMERIC

*Total de temas estudiados del último tema accesado del menú principal.*

SHARED ATTRIBUTE tosub NUMERIC

*Total de subtemas de los subtemas estudiados. Sólo se manejan en el tema cuatro.*

ATTRIBUTE mat STRING

*Variable que contiene el apellido materno del alumno.*

ATTRIBUTE pat STRING

*Variable que contiene el apellido paterno del alumno.*



**ATTRIBUTE nomalu STRING**

*Variable que contiene el nombre del alumno.*

**ATTRIBUTE actkey NUMERIC**

*Variable que contiene la clave de acceso al sistema del alumno. Obtiene los datos del alumno y controla a dos variables de tipo simple, que marcan la interrupción o continuación del sistema.*

**ATTRIBUTE Init System SIMPLE**

*Variable con un valor inicial al comenzar el sistema. Sirve para "lanzar" un demon que efectúe alguna implementación antes de ejecutarse el sistema desde el principio.*

**ATTRIBUTE okerror SIMPLE**

*Botón que vuelve a pedir la clave de acceso cuando se ha cometido un error.*

**ATTRIBUTE oportuni NUMERIC**

*Contador que lleva el número de oportunidades que tiene el usuario para proporcionar la clave correcta.*

**ATTRIBUTE vererror SIMPLE**

*Variable que verifica si se ha llegado al límite de oportunidades para proporcionar la clave de acceso; de llegar al límite, automáticamente se finaliza el sistema.*

**ATTRIBUTE number NUMERIC**

*Contador que se utiliza para simular un retardo que se activa en la presentación del display de bienvenida.*

**ATTRIBUTE reconoce SIMPLE**

*Variable que define si es la primera vez que el alumno accesa al sistema.*

**ATTRIBUTE mp SIMPLE**

*Botón que enlaza la base de conocimientos al menú principal.*

## APENDICE B

Las clases que conforman el módulo MENU PRINCIPAL son las siguientes:

CLASS pictbtn INHERITS add on  
WITH location RECTANGLE  
WITH picture PICTURE  
WITH pressed picture PICTURE  
WITH disabled picture PICTURE  
WITH focus picture PICTURE  
WITH selected SIMPLE  
WITH attachment ATTRIBUTE\_REFERENCE  
WITH enabled SIMPLE

*Clase que define las características de un botón el cual contiene cuatro tipos de ilustraciones las cuales indican el estado de dicho botón: la figura "picture" indica el estado activo del botón, es la que normalmente se encuentra si puede accederse al mismo; la figura "pressed picture" se muestra cuando el botón ha sido presionado; la "disable picture" se muestra cuando no se tiene acceso al botón, y la "focus picture" se muestra momentáneamente al seleccionar el botón. Esta clase está ligada a variables de tipo simple las cuales controlan la dirección a seguir por el sistema.*

*La clase contiene las siguientes instancias:*

INSTANCE go mp1 ISA pictbtn  
INSTANCE go mp2 ISA pictbtn  
INSTANCE go mp3 ISA pictbtn  
INSTANCE go mp4 ISA pictbtn  
INSTANCE go mp5 ISA pictbtn  
INSTANCE go mp6 ISA pictbtn  
INSTANCE go ultimavez ISA pictbtn  
INSTANCE go out ISA pictbtn

CLASS domain

*Clase ya definida, los atributos que comparte hacia las otras bases de conocimientos son los mismos que se definieron en el módulo MASTER.*

ATTRIBUTE actmp1 SIMPLE

*Botón que enlaza a la base de conocimientos del tema uno: "Recopilación de datos e información. Encuesta".*

ATTRIBUTE actmp2 SIMPLE

*Botón que enlaza a la base de conocimientos del tema dos: "Análisis energético".*

ATTRIBUTE actmp3 SIMPLE

*Botón que enlaza a la base de conocimientos del tema tres: "Caracterización energética de la empresa".*

ATTRIBUTE actmp4 SIMPLE

*Botón que enlaza a la base de conocimientos del tema cuatro: "Selección del tipo de sistema de cogeneración".*

ATTRIBUTE actmp5 SIMPLE

*Botón que enlaza a la base de conocimientos del tema cinco: "Evaluación de los beneficios netos de las opciones de los sistemas de cogeneración".*

ATTRIBUTE actmp6 SIMPLE

*Botón que enlaza a la base de conocimientos del tema seis: "Especificación de equipos principales".*

ATTRIBUTE fin SIMPLE

*Botón que finaliza con la ejecución del sistema.*

ATTRIBUTE actemas SIMPLE

*Variable que define la activación de todos los botones que se encuentran en el menú principal, tanto de los temas como de la última sesión.*

ATTRIBUTE Inicio SIMPLE

*Variable similar a Init System del Domain definida en el módulo MASTER.*

## APENDICE C

Las clases que conforman el módulo TEMA UNO son las siguientes:

CLASS domain

SHARED ATTRIBUTE keyalu NUMERIC

SHARED ATTRIBUTE lastem NUMERIC

SHARED ATTRIBUTE temvistos STRING

SHARED ATTRIBUTE subtem NUMERIC

SHARED ATTRIBUTE subvistos STRING

SHARED ATTRIBUTE kal1 NUMERIC

SHARED ATTRIBUTE kal2 NUMERIC

SHARED ATTRIBUTE kal3 NUMERIC

SHARED ATTRIBUTE tipoexa NUMERIC

SHARED ATTRIBUTE ultklase SIMPLE

SHARED ATTRIBUTE totemalu NUMERIC

SHARED ATTRIBUTE totsub NUMERIC

ATTRIBUTE accion COMPOUND

primerapag,

anterior,

siguiente,

ultimapag

*Variable que controla el status de las posibles páginas a elegir en el momento en que se esta accediendo al contenido del subtema. Las cuatro posibles opciones son: primera página, página anterior a la actual, siguiente página de la actual y última página.*

ATTRIBUTE numde pagina NUMERIC

*Variable que contiene el número total de páginas de cada subtema.*

ATTRIBUTE botones NUMERIC

*Variable que activa o desactiva los botones de primera página, página siguiente, página anterior, última página.*

ATTRIBUTE boton1 SIMPLE

ATTRIBUTE boton2 SIMPLE

ATTRIBUTE boton3 SIMPLE

ATTRIBUTE boton4 SIMPLE

ATTRIBUTE boton5 SIMPLE

**ATTRIBUTE boton6 SIMPLE**

*Los botones anteriores enlazan la información correspondiente a cada subtema de este tema.*

**ATTRIBUTE p1 NUMERIC**

*Variable que verifica si el subtema contiene sólo una página.*

**ATTRIBUTE menuant SIMPLE**

*Botón que actualiza las variables de control de acceso al sistema y permite regresar al menú del tema, validando las correspondientes variables.*

**ATTRIBUTE cuenta NUMERIC**

*Variable que verifica si ya se mostró la información, para que en caso contrario sólo la cambie, y no el diseño completo de la pantalla.*

**ATTRIBUTE boton numero NUMERIC**

*Variable que contiene el número de subtema al que se accesa.*

**ATTRIBUTE activa1 SIMPLE**

*Variable que valida toda la información contenida en la base de datos referente a los niveles de acceso al sistema.*

**ATTRIBUTE activa2 SIMPLE**

*Variable que verifica cuál fue el último tema visto.*

**ATTRIBUTE kont1 NUMERIC**

*Variable de transición que es utilizada por activa1 para poder verificar los temas que se han visto.*

**ATTRIBUTE mp SIMPLE**

*Botón que permite ir al menú principal del sistema, la activación de este botón está restringida por la condición de ver la totalidad de los subtemas.*

**ATTRIBUTE ejem1 SIMPLE**

*Botón que permite visualizar un ejercicio una vez que se ha terminado de ver todos los subtemas.*

Las clases adicionales con que cuenta este sistema son:

**CLASS acciones basedat**

**WITH graba info SIMPLE**

*Clase que contiene las acciones que se hacen directamente sobre la base de datos. En este caso cuenta solamente con un atributo cuya función es grabar la*

*información del alumno para posteriormente definir el nivel de avance en el curso de cogeneración.*

*Es importante mencionar que la información no se graba sino hasta que el alumno decide salir del sistema.*

#### **CLASS banderas**

*Clase que indica, por medio de variables utilizadas como banderas (solo dos valores posibles tomados en cuenta), el estado del sistema para continuar o no con el seguimiento del mismo.*

**WITH pas1 SIMPLE**

*Bandera que verifica si ya se vió el subtema uno.*

**WITH pas2 SIMPLE**

*Bandera que verifica si ya se vió el subtema dos.*

**WITH pas3 SIMPLE**

*Bandera que verifica si ya se vió el subtema tres.*

**WITH revprim SIMPLE**

*Bandera que verifica si es el inicio del despliegue de la información del subtema.*

**WITH actban SIMPLE**

*Variable que verifica que subtemas se han visto.*

**WITH actsesion SIMPLE**

*Variable que verifica el último tema visto.*

**WITH kont NUMERIC**

*Contador de transición utilizado por actban.*

#### **CLASS explica**

**WITH notas STRING**

**INSTANCE explica 1 ISA explica**

**INSTANCE explica 2 ISA explica**

**INSTANCE explica 3 ISA explica**

**INSTANCE explica 4 ISA explica**

**INSTANCE explica 5 ISA explica**

**INSTANCE explica 6 ISA explica**

**INSTANCE explica 7 ISA explica**

*Clase que contiene notas adicionales al texto principal del subtema tres "Datos Energéticos Básicos", que proporcionan una explicación sobre términos específicos utilizados en este tema.*

*Las instancias con las que cuenta contienen explicación única para siete páginas, de este subtema, en las que es posible acceder esta información.*

CLASS subtema1

WITH pagina STRING

WITH numpag NUMERIC

INSTANCE subtema1 1 ISA subtema1

INSTANCE subtema1 2 ISA subtema1

*Clase que contiene la información referente al subtema uno titulado: "Recopilación de datos e información. Encuesta".*

*El atributo "pagina" contiene la información y el atributo "numpag" el número de página correspondiente a dicha información. Este subtema cuenta con dos páginas.*

CLASS subtema2

WITH pagina STRING

WITH numpag NUMERIC

INSTANCE subtema2 1 ISA subtema2

INSTANCE subtema2 2 ISA subtema2

INSTANCE subtema2 3 ISA subtema2

INSTANCE subtema2 4 ISA subtema2

INSTANCE subtema2 5 ISA subtema2

INSTANCE subtema2 6 ISA subtema2

*Clase que contiene la información referente al subtema dos titulado: "Identificación general de la instalación industrial".*

*El atributo "pagina" contiene la información y el atributo "numpag" el número de página correspondiente a dicha información. Este subtema cuenta con seis páginas.*

CLASS subtema3

WITH pagina STRING

WITH numpag NUMERIC  
INSTANCE subtema3 1 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 2 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 3 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 4 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 5 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 6 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 7 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 8 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 9 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 10 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 11 ISA subtema3  
INSTANCE subtema3 12 ISA subtema3

*Clase que contiene la información referente al subtema tres titulado: "Datos energéticos básicos".*

*El atributo "pagina" contiene la información y el atributo "numpag" el número de página correspondiente a dicha información. Este subtema cuenta con doce páginas.*

*En la página 7 y 9 aparecen dos botones que permiten al alumno obtener información más detallada de algunos términos referentes al tema que se este estudiando.*

CLASS subtema4  
WITH pagina STRING  
WITH numpag NUMERIC  
INSTANCE subtema4 1 ISA subtema4  
INSTANCE subtema4 2 ISA subtema4

*Clase que contiene la información referente al subtema cuatro titulado: "Descripción general de la instalación industrial".*

*El atributo "pagina" contiene la información y el atributo "numpag" el número de página correspondiente a dicha información. Este subtema cuenta con dos páginas.*

CLASS subtema5  
WITH pagina STRING



WITH numpag NUMERIC  
INSTANCE subtema5 1 ISA subtema5

*Clase que contiene la información referente al subtema cinco titulado: "Datos técnicos y económicos adicionales".*

*El atributo "pagina" contiene la información y el atributo "numpag" el número de página correspondiente a dicha información. Este subtema cuenta con una página.*

CLASS subtema6

WITH pagina STRING

WITH numpag NUMERIC

INSTANCE subtema6 1 ISA subtema6

INSTANCE subtema6 2 ISA subtema6

*Clase que contiene la información referente al subtema seis titulado: "Planes y perspectivas de la empresa".*

*El atributo "pagina" contiene la información y el atributo "numpag" el número de página correspondiente a dicha información. Este subtema cuenta con dos páginas.*

## APENDICE D

Las clases que conforman el módulo TEMA CUATRO son las siguientes:

**CLASS temas4142**

**INSTANCE temas4142 ISA temas4142**

**WITH numpag:=1**

**INSTANCE temas4142 ISA temas4142**

**WITH numpag:=2**

*Clase que muestra el contenido de los subtemas 4.1 "Proyectos nuevos" y 4.2 "Instalaciones ya existentes".*

**CLASS temas43**

**WITH contenido STRING**

**WITH numpag NUMERIC**

**INSTANCE temas43 ISA temas43**

**WITH contenido := "<contenido del tema>"**

**WITH numpag := 2**

*Clase que muestra el contenido de los subtemas 4.3 "Dimensionamiento del sistema".*

En la clase de displays, cabe mencionar los siguientes instancias:

**INSTANCE menu1 display**

*Instancia que muestra el menú principal del Tema 4.*

**INSTANCE muestemas ISA display**

*Instancia que muestra las páginas de los subtemas 4.1, 4.2 y 4.3*

**INSTANCE disp45 ISA display**

**INSTANCE disp451 ISA display**

**INSTANCE disp4511 ISA display**

**INSTANCE disp4512 ISA display**

**INSTANCE disp4513 ISA display**

**INSTANCE disp452 ISA display**

**INSTANCE disp4521 ISA display**

**INSTANCE disp4522 ISA display**

**INSTANCE Objselec ISA display**

**INSTANCE tem44 ISA display**

**INSTANCE tem44hip1 ISA display**

**INSTANCE tem44hip2 ISA display**

**INSTANCE tem44hip3 ISA display**

**INSTANCE tem44hip4 ISA display**

**INSTANCE tem45112a ISA display**

**INSTANCE tem45112b ISA display**

INSTANCE tem45113 ISA display  
INSTANCE tem45114 ISA display  
INSTANCE tem45221 ISA display  
INSTANCE tem45222 ISA display  
INSTANCE intro45 ISA display  
INSTANCE intr451 ISA display

*Estas instancias contienen displays que muestran la información correspondiente a los diversos subtemas de los que consta el TEMA CUATRO. Se optó por utilizar displays, dada la complejidad de estructuras y gráficos que se tendrían que desplegar con el formato de mostrar páginas de los temas anteriores.*

**CLASS activaexa**

*Clase que hace la interfase con el examen, dependiendo de la elección.*

WITH siexa SIMPLE

Botón que enlaza al módulo de examen 2.

WITH noexa SIMPLE

Botón que desactiva el enlace con el examen 2.

WITH examen SIMPLE

Botón que despliega un mensaje advirtiendo las condiciones para presentar el examen 2.

**CLASS manejo de hiper**

*Clase que controla las diversas hiperregiones de las que consta el sistema.*

WITH act44 SIMPLE

WITH actsal451 SIMPLE

WITH actsal452 SIMPLE

WITH rega4511 SIMPLE

WITH actsal4512 SIMPLE

WITH actsal4513 SIMPLE

WITH rega4521 SIMPLE

WITH actsal4521 SIMPLE

WITH actsal4522 SIMPLE

WITH actsal4511 SIMPLE

WITH actsal45 SIMPLE

WITH actsalmen SIMPLE

WITH vienede4512 SIMPLE

WITH vienede4513 SIMPLE

*Variables que controla la salida de los diversos subtemas a los que accesa el subtema 4.5.*

**CLASS** manejo de pictb

*Clase que maneja los "pictb" de los subtemas condicionados.*

**WITH** actdisintro45 SIMPLE

*Variable que controla los displays a los cuales va teniendo acceso el alumno.*

## APENDICE E

Las clases que conforman el módulo EXAMEN UNO son las siguientes:

### CLASS examenes

*Clase que se utiliza específicamente para el control de operaciones directas sobre el tipo de examen que se efectúe.*

#### WITH exa1 STRING

*Variable que verifica que el tipo de examen que se vaya a aplicar sea el primero (A).*

#### WITH exa2 STRING

*Variable que verifica que el tipo de examen que se vaya a aplicar sea el segundo (B).*

#### WITH exa3 STRING

*Variable que verifica que el tipo de examen que se vaya a aplicar sea el tercero (C).*

#### WITH salir SIMPLE

*Botón que finaliza con la ejecución del sistema.*

#### WITH mp SIMPLE

*Botón que permite ir al menú principal del sistema. Este botón se presenta cuando se le proporciona al alumno el resultado de su evaluación.*

#### WITH segv SIMPLE

*Variable que verifica si es la segunda vez que presenta el examen.*

#### WITH grabacalif SIMPLE

*Variable que graba en la base de datos la calificación obtenida en el examen.*

#### WITH eliminalum SIMPLE

*Variable que elimina de la base de datos la información del alumno cuando es la segunda ocasión que presenta el examen y ha obtenido una calificación no aprobatoria.*

#### WITH pasoexa SIMPLE

*Variable que verifica si el alumno acreditó el examen.*

### CLASS pbnxt

*Clase que contiene variables auxiliares para mostrar las diferentes partes del examen, así como la calificación y resultados del mismo.*

**WITH vadispl1 SIMPLE**

*Variable que controla las pantallas con las que cuenta el examen, en este caso controla el examen tipo A.*

**WITH numdisp NUMERIC**

*Contador que contiene el número de display del examen.*

**WITH verifres SIMPLE**

*Variable que en base al tipo de examen que se efectuó verifica los resultados del mismo.*

**WITH veresul SIMPLE**

*Variable que determina, en base al resultado obtenido en el examen, la acción a seguir, ya sea que el alumno aprobó, no aprobó o se borra de la base de datos.*

**WITH elige SIMPLE**

*Variable que contiene el tipo de examen que se va a realizar. Puede o no tomar esta decisión en base a los datos del alumno*

**WITH aleat NUMERIC**

*Variable que tiene un número aleatorio, entre uno y tres, que permite seleccionar el tipo de examen.*

**WITH vertip SIMPLE**

*Variable que verifica, en base a un número aleatorio obtenido, que tipo de examen se va a efectuar.*

**WITH vadispl2 SIMPLE**

*Variable que controla las pantallas con las que cuenta el examen, en este caso controla el examen tipo B.*

**WITH vadispl3 SIMPLE**

*Variable que controla las pantallas con las que cuenta el examen, en este caso controla el examen tipo C.*

**WITH tipdisp SIMPLE**

*Variable que decide, en base al tipo de examen que se va a evaluar, el conjunto de displays que se van a mostrar.*

**WITH resmal STRING**

*Variable que contiene el número de respuestas erróneas que obtuvo el alumno en el examen.*

#### **CLASS posi**

*Clase que contiene las diferentes posiciones que pueden tener las respuestas en un examen.*

**WITH actpb11 SIMPLE**

**WITH actpb12 SIMPLE**

**WITH actpb13 SIMPLE**

**WITH actpb14 SIMPLE**

**WITH actpb15 SIMPLE**

**WITH actpb21 SIMPLE**

**WITH actpb22 SIMPLE**

**WITH actpb23 SIMPLE**

**WITH actpb24 SIMPLE**

**WITH actpb25 SIMPLE**

*Cada una de estos atributos son botones que verifican qué respuesta seleccionó el alumno, por ejemplo, el actpb11 selecciona de la primera pregunta de dos posibles, la primera respuesta y la actpb25 selecciona de la segunda pregunta la quinta respuesta.*

#### **CLASS resp**

*Clase que contiene el total de respuestas a evaluar en cada uno de los exámenes.*

**WITH res1 NUMERIC**

**WITH res2 NUMERIC**

**WITH res3 NUMERIC**

**WITH res4 NUMERIC**

**WITH res5 NUMERIC**

**WITH res6 NUMERIC**

**WITH res7 NUMERIC**

**WITH res8 NUMERIC**

**WITH res9 NUMERIC**

**WITH res10 NUMERIC**

*Cada uno de los atributos evalúa las diez posibilidades de cada una de las respuestas que el alumno puede elegir.*

## APENDICE F

### Listado PRL del módulo MASTER.

CLASS beeper INHERITS add on  
WITH beep SIMPLE

CLASS db3 ALUCOGEN 1 SINGLE EXTERNAL "dbaseIII"  
WITH keycog NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH nomcog STRING  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH spatcog STRING  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH smatcog STRING  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH ultmcog NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH temalocked STRING  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH subtemcog NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH sublooked STRING  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH kalif1 NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH kalif2 NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH kalif3 NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT  
WITH tipexcog NUMERIC  
SEARCH ORDER CONTEXT

INSTANCE ALUCOGEN 1 ISA db3 ALUCOGEN 1  
WITH access IS write shared  
WITH action IS open  
WITH filename := "C:\DB3\ALUCOGEN.DBF"  
WITH default error handling := TRUE

CLASS pictbn INHERITS add on  
WITH location RECTANGLE  
WITH picture PICTURE  
WITH pressed picture PICTURE  
WITH disabled picture PICTURE  
WITH focus picture PICTURE  
WITH selected SIMPLE  
WITH attachment ATTRIBUTE\_REFERENCE  
WITH enabled SIMPLE

INSTANCE siguiente ISA pictbn  
WITH location := 509,312,605,373  
WITH picture := "L5G00000.bmp"  
WITH pressed picture := "L5G00001.bmp"



```
WITH disabled picture := "LSG00002.bmp"  
WITH focus picture := "LSG00003.bmp"  
WITH attachment := mp
```

```
CLASS prinfile INHERITS add on  
WITH filename STRING  
WITH print SIMPLE  
SHARED ATTRIBUTE keyalu NUMERIC  
SHARED ATTRIBUTE lastem NUMERIC  
SHARED ATTRIBUTE temvistas STRING  
SHARED ATTRIBUTE subtem NUMERIC  
SHARED ATTRIBUTE subvistas STRING  
SHARED ATTRIBUTE kal1 NUMERIC  
SHARED ATTRIBUTE kal2 NUMERIC  
SHARED ATTRIBUTE kal3 NUMERIC  
SHARED ATTRIBUTE tipoexa NUMERIC  
SHARED ATTRIBUTE ultklase SIMPLE  
SHARED ATTRIBUTE totemalu NUMERIC  
SHARED ATTRIBUTE tosub NUMERIC  
ATTRIBUTE mat STRING  
ATTRIBUTE pat STRING  
ATTRIBUTE nomalu STRING  
ATTRIBUTE actkey NUMERIC  
WHEN CHANGED  
BEGIN  
  title OF winkey := "Verificando clave..."  
  action OF dB3 ALUCOGEN 1 IS open := TRUE  
  FIND dB3 ALUCOGEN 1  
  WHERE actkey = keycog OF dB3 ALUCOGEN 1  
  WHEN FOUND  
    keyalu := keycog OF dB3 ALUCOGEN 1  
    nomalu := nomcog OF dB3 ALUCOGEN 1  
    pat := apatcog OF dB3 ALUCOGEN 1  
    mat := amatcog OF dB3 ALUCOGEN 1  
    lastem := ultemcog OF dB3 ALUCOGEN 1  
    temvistas := temalooked OF dB3 ALUCOGEN 1  
    subtem := subtemcog OF dB3 ALUCOGEN 1  
    subvistas := sublooked OF dB3 ALUCOGEN 1  
    kal1 := kali1f OF dB3 ALUCOGEN 1  
    kal2 := kali2f OF dB3 ALUCOGEN 1  
    kal3 := kali3f OF dB3 ALUCOGEN 1  
    tipoexa := tipexcog OF dB3 ALUCOGEN 1  
    totemalu := LENGTH( temvistas)  
    tosub := LENGTH( subvistas)  
    action OF dB3 ALUCOGEN 1 IS close := TRUE  
    reconoce := TRUE  
  WHEN NONE FOUND  
    action OF dB3 ALUCOGEN 1 IS close := TRUE  
    oportuni := oportuni - 1  
    vererror := TRUE  
  FIND END  
END  
ATTRIBUTE Init System SIMPLE  
INIT TRUE  
ATTRIBUTE okerror SIMPLE  
WHEN CHANGED  
BEGIN  
  title OF winkey := "CLAVE DE ACCESO"  
  visible OF winerror := FALSE  
  visible OF winkey := TRUE
```

```

    output OF winkey := askey
END
ATTRIBUTE oportuni NUMERIC
INIT 5
ATTRIBUTE vererror SIMPLE
WHEN CHANGED
BEGIN
    IF oportuni > 0 THEN
        BEGIN
            visible OF winkey := FALSE
            visible OF winerror := TRUE
            FOR (number := 1 TO 10)    beep OF beeper := TRUE
        END
    ELSE
        BEGIN
            FOR (number := 1 TO 38)    beep OF beeper := TRUE
            exit OF application := TRUE
        END
    END
ATTRIBUTE number NUMERIC
ATTRIBUTE reconoce SIMPLE
WHEN CHANGED
BEGIN
    visible OF winkey := FALSE
    visible OF main window := TRUE
    IF lastem = 1.0 THEN
        BEGIN
            ASK hello
            FOR (number := 1 TO 408)    beep OF beeper := FALSE
            ASK Objetivos
        END
    ELSE
        BEGIN
            title OF main window := "Verificando acceso a temas..."
            CHAIN "memi"
        END
    END
ATTRIBUTE mp SIMPLE
WHEN CHANGED
BEGIN
    title OF main window := "Verificando acceso a temas..."
    CHAIN "menu"
END

INSTANCE the application JSA application
WITH unknowns fail := TRUE
WITH threshold := 50
WITH title display := hello
WITH ignore breakpoints := FALSE
WITH reasoning on := FALSE
WITH numeric precision := 8
WITH simple query text := "Is it true that:
*
is
**
WITH numeric query text := "What is(are):
*
of
**
WITH string query text := "What is(are):

```

```

.
of
..
WITH time query text := "What is(are);
.
of
..
WITH interval query text := "What is(are);
.
of
..
WITH compound query text := "What is(are);
.
of
..
WITH multicomound query text := "What is(are);
.
of
..
WITH demon strategy IS fire first
WITH visible file menu := FALSE

```

```

INSTANCE askey ISA display
WITH wait := TRUE
WITH delay changes := TRUE
WITH items [1] := texpidkey
WITH items [2] := UNDETERMINED
WITH items [3] := pidekey
WITH items [4] := texokey
WITH items [5] := UNDETERMINED
WITH items [6] := texokey
WITH items [7] := UNDETERMINED
WITH items [8] := UNDETERMINED
WITH items [9] := UNDETERMINED
WITH items [10] := UNDETERMINED
WITH items [11] := UNDETERMINED

```

```

INSTANCE errorkey ISA display
WITH wait := TRUE
WITH delay changes := TRUE
WITH items [1] := texerrorkey
WITH items [2] := UNDETERMINED
WITH items [3] := okmistake
WITH items [4] := muestra oportunidad

```

```

INSTANCE hello ISA display
WITH wait := TRUE
WITH delay changes := TRUE
WITH items [1] := texbello
WITH items [2] := picturebox 1
WITH items [3] := muestralu

```

```

INSTANCE Objetivos ISA display
WITH wait := TRUE
WITH delay changes := TRUE
WITH items [1] := fondo obj
WITH items [2] := texfondobj
WITH items [3] := texobjcog
WITH items [4] := texobj
WITH items [5] := siguiente

```

```

WITH items [6 ] := logo de cog

INSTANCE picturebox 1 ISA picturebox
WITH location := 507,5,639,138
WITH clipped := FALSE
WITH picture := "LSG00004.bmp"

INSTANCE logo de cog ISA picturebox
WITH location := 406,2,638,177
WITH clipped := FALSE
WITH frame := FALSE
WITH picture := "LSG00005.bmp"

INSTANCE pidekey ISA promptbox
WITH location := 144,37,203,63
WITH pen color := 128,0,0
WITH fill color := 128,0,0
WITH justify IS left
WITH frame := TRUE
WITH show current := FALSE
WITH attachment := actkey

INSTANCE okmistake ISA pushbutton
WITH location := 105,75,206,101
WITH label := "Aceptar"
WITH attribute attachment := okerror

INSTANCE texpidey ISA textbox
WITH location := 6,8,287,33
WITH pen color := 128,0,0
WITH justify IS left
WITH font := "MS Serif"
WITH font style IS bold, italic CF FALSE, underline CF FALSE, strikethrough CF FALSE
WITH font size := 14
WITH text := "Proporcione su clave de acceso."

INSTANCE texokey ISA textbox
WITH location := 10,45,108,82
WITH pen color := 128,0,0
WITH justify IS left
WITH font := "System"
WITH font style IS bold, italic CF FALSE, underline CF FALSE, strikethrough CF FALSE
WITH font size := 10
WITH text := "Presione OK para continuar"

INSTANCE texerrorkey ISA textbox
WITH location := -1,-2,307,107
WITH pen color := 255,255,0
WITH fill color := 0,0,128
WITH justify IS center
WITH font := "MS Sans Serif"
WITH font style IS bold, italic CF FALSE, underline CF FALSE, strikethrough CF FALSE
WITH font size := 14
WITH text := "CLAVE INEXISTENTE!!!"

TIENE OPORTUNIDAD(ES)*

```

INSTANCE texhella ISA textbox  
WITH location := -6,-4,642,462  
WITH pen color := 255,255,255  
WITH fill color := 192,192,192  
WITH justify IS center  
WITH font := "Roman"  
WITH font style IS bold, italic CF FALSE, underline CF FALSE, strikethrough CF FALSE  
WITH font size := 48  
WITH text := "BIENVENIDO (A)"

#### AL SISTEMA EXPERTO EN COGENERACION DE ENERGIA\*

INSTANCE texfondobj ISA textbox  
WITH location := 10,-2,379,131  
WITH pen color := 0,128,128  
WITH fill color := 0,128,128  
WITH justify IS left  
WITH font := "System"  
WITH frame := TRUE  
WITH text := ""

INSTANCE texobj ISA textbox  
WITH location := 24,9,403,139  
WITH pen color := 0,128,128  
WITH fill color := 192,192,192  
WITH justify IS left  
WITH font := "Times New Roman"  
WITH font style IS bold, italic, underline CF FALSE, strikethrough CF FALSE  
WITH font size := 16  
WITH frame := TRUE  
WITH filename := "C:\JULCAR\MASTER\WOBJCOG.TXT"  
WITH text := ""

INSTANCE texobjcog ISA textbox  
WITH location := 9,181,445,440  
WITH pen color := 0,128,128  
WITH fill color := 192,192,192  
WITH justify IS left  
WITH font := "MS Sans Serif"  
WITH font style IS bold, italic CF FALSE, underline CF FALSE, strikethrough CF FALSE  
WITH font size := 10  
WITH frame := TRUE  
WITH scroll := TRUE  
WITH filename := "C:\JULCAR\MASTER\WCOGOBJ.TXT"  
WITH text := ""

INSTANCE fondo obj ISA textbox  
WITH location := -2,-3,639,462  
WITH pen color := 192,192,192  
WITH fill color := 192,192,192  
WITH justify IS left  
WITH font := "System"  
WITH font style IS bold, italic CF FALSE, underline CF FALSE, strikethrough CF FALSE  
WITH font size := 10  
WITH frame := FALSE

WITH text := ""

INSTANCE muestra oportunidad ISA valuebox

WITH location := 79,46,103,75  
WITH pen color := 255,255,0  
WITH fill color := 0,0,128  
WITH justify IS left  
WITH font := "MS Sans Serif"  
WITH font style IS bold, italic CF FALSE, underline CF FALSE, strikethru  
CF FALSE  
WITH font size := 14  
WITH frame := FALSE  
WITH clipped := FALSE  
WITH attachment := oportuni

INSTANCE muestra1u ISA valuebox

WITH location := 152,114,479,201  
WITH pen color := 255,255,255  
WITH fill color := 192,192,192  
WITH justify IS center  
WITH font := "Roman"  
WITH font style IS bold, italic CF FALSE, underline CF FALSE, strikethru  
CF FALSE  
WITH font size := 48  
WITH frame := FALSE  
WITH clipped := FALSE  
WITH attachment := normalu

INSTANCE main window ISA window

WITH location := 15,139,629,319  
WITH full screen := TRUE  
WITH style IS moveable CF FALSE, sizeable CF FALSE, closeable  
WITH title := "SISTEMA EXPERTO TUTORIAL EN COGENERACION DE ENERGIA"  
WITH visible := FALSE  
WITH visible OK button := FALSE

INSTANCE winkey ISA window

WITH location := 148,175,458,304  
WITH style IS moveable CF FALSE, sizeable CF FALSE, closeable CF FALSE  
WITH title := "CLAVE DE ACCESO"  
WITH visible := FALSE  
WITH output := askey  
WITH visible OK button := TRUE

INSTANCE winerror ISA window

WITH location := 149,175,458,303  
WITH style IS moveable CF FALSE, sizeable CF FALSE, closeable CF FALSE  
WITH title := ""  
WITH visible := FALSE  
WITH output := errorkey  
WITH visible OK button := FALSE

DEMON Inicio

IF Init System

THEN visible OF winkey := TRUE

END