



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**APLICACION DE UN SISTEMA EXPERTO A
PROBLEMAS DE PLANEACION REGIONAL**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO EN COMPUTACION

P r e s e n t a :

Alejandro Antonio Huerta Gómez

Director: **DR. FELIPE LARA ROSANO**

México, D. F.

1986





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.

CONTENIDO

1. INTRODUCCION

- 1.1 Conceptos básicos en la Ingeniería del Conocimiento
- 1.2 Técnicas Utilizadas en los Sistemas Expertos
- 1.3 Construcción de un Sistema Experto
- 1.4 Usos de los Sistemas Expertos

2. METODOLOGIA PARA LA CONSTRUCCION DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

3. DISEÑO DE UN SISTEMA EXPERTO: APLICADO A LA PLANEACIÓN MUNICIPAL DE BIBLIOTECAS PUBLICAS EN MEXICO

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

APENDICE

1. INTRODUCCION

En los últimos 20 años los sistemas interactivos de computadoras han sufrido notables cambios cualitativos. Actualmente se han incrementado sus capacidades humanas tales como, inteligencia, percepción, lenguaje, y capacidad de razonamiento para resolver problemas de complejidad creciente.

Tal situación ha sido posible debido al desarrollo de la llamada Inteligencia*. Desde 1970, gran cantidad de investigadores

*La Inteligencia Artificial nace en los años 50's, cuando algunos investigadores en el área de computación empiezan a utilizar programas simbólicos para resolver problemas. Los primeros resultados obtenidos con esta forma de deducir y resolver los problemas produjeron gran excitación y optimismo. A esta situación vino a sumarse el trabajo de los investigadores en el campo de las Matemáticas que desarrollaron una gran cantidad de teoremas utilizando la heurística como herramienta para crear...

han desarrollado interfases que permiten formas inteligentes de relación hombre-máquina utilizando para ello la tecnología de inteligencia artificial que comprende áreas como, lenguajes naturales de procesamiento, robótica, ingeniería del conocimiento y visión.

El presente trabajo se desarrolla en el ámbito de la Ingeniería del Conocimiento, que puede definirse como el subcampo de la inteligencia artificial relacionado con la aplicación del conocimiento a la solución de problemas que requieren inteligencia humana.

- *... ~~métodos que dieran solución a problemas que implicaban algunas formas de comportamiento inteligente.~~
 Este fue el punto de partida del trabajo encaminado a tratar de aprovechar las características de las computadoras y ampliar sus aplicaciones a campos tan complejos como el razonamiento humano.
- Muchas fallas y frustraciones se hallaron en el camino, pero después de dos décadas los investigadores en la inteligencia artificial han aprendido a apreciar el gran valor que representa el dominio del conocimiento como una base para la solución de problemas.
- Para resolver problemas en áreas que requieren de la experiencia humana tales como Ingeniería, Medicina, o Programación; las computadoras necesitan de un experto humano, ya que este será su fuente de información. Aunque las computadoras tienen muchas ventajas sobre los humanos incluyendo velocidad y consistencia, no pueden compensar su ignorancia. Por tal motivo, el trabajo se ha enfocado en tratar de conjuntar el conocimiento y la experiencia humanas adicionándole las ventajas de la computadora para obtener un experto que pueda resolver problemas.
- Iniciando los años 70's se desarrollaron las primeras aplicaciones prácticas avanzando particularmente en el campo de la medicina. Se diseñaron sistemas consultores, en enfermedades infecciosas (Shortliffe, 1976), para el tratamiento del glau...

La ingeniería del conocimiento se presenta como un largo pero promisorio camino. La tecnología en este campo intenta crear los medios para que la gente, capture, almacene, distribuya y aplique el conocimiento electrónicamente. Mientras que las primeras aplicaciones muestran la factibilidad e importancia económica de este trabajo, también revelan el enorme campo de aplicaciones potenciales.

En la actualidad el desarrollo de la ingeniería del conocimiento ha permitido el surgimiento de los llamados Sistemas Expertos como una respuesta a la inquietud de los investigadores por extender el potencial de las computadoras a los dominios de conocimiento humano.

*...coma (Weiss, 1977), enfermedades del riñón (Pauker, 1976), y en algunas áreas de la medicina interna (Pople, 1977). Para fines de la década se produjo una explosión en nuevas áreas de aplicación, lo que ha producido un avance rápido en esta tecnología con muchas perspectivas en años venideros. Prueba de ello son algunos de los más recientes trabajos: Exploración Mineral (Duda 1979, Gaschnig, 1980), Configuración de Computadoras (McDermontt, 1980), Análisis de estructuras químicas (Buchanan y Feigenbaum, 1978), Matemáticas Simbólicas (Martín y Fateman, 1971), Ajedrez (Wilkinz, 1979, 1980), y Análisis Electrónico (Stallman y Sussman, 1977).

Los Sistemas Expertos utilizan el conocimiento del hombre para resolver problemas que ordinariamente requieren de inteligencia humana. Estos sistemas representan y aplican el conocimiento electrónicamente; en un futuro estas capacidades permitirán hacer los sistemas expertos enormemente más poderosos que las tecnologías utilizadas actualmente para el almacenamiento y transmisión del conocimiento; libros y programas convencionales. Dichas tecnologías sufren de limitaciones fundamentales; aunque los libros almacenan un gran volumen de información, estos únicamente retienen símbolos en forma pasiva. Antes de que el conocimiento almacenado en los libros pueda ser aplicado, un humano debe adquirirlo, interpretarlo y decidir como explotarlo para resolver un problema.

Por otra parte la mayoría de las computadoras actuales ejecutan sus procesos de acuerdo con decisiones lógicas de programas convencionales, pero estos programas no utilizan cantidades significativas de conocimiento. Están compuestos de dos partes distintas, algoritmo y datos. Los algoritmos determinan como resolver problemas de varios tipos y los datos caracterizan los parámetros del problema particular a tratar. Sin embargo el conocimiento humano no se ajusta a este modelo, ya que mucho de este saber se compone de fragmentos elementales de conocimiento y esto requiere de nuevas formas de

organizar la toma de decisiones. Los Sistemas Expertos coleccionan estos fragmentos en una base de conocimiento y accesan la información para obtener conclusiones acerca de un problema específico. Como consecuencia los sistemas de conocimiento difieren de los programas convencionales en su organización, la forma de incorporar el conocimiento y la manera de ejecutar los procesos.

Algunas de las aplicaciones más comunes de estos sistemas son:

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| -Diagnóstico médico | -Reparación de equipo |
| -Exploración mineral | -Diseño industrial |
| -Inteligencia militar | -Interpretación de señales |
| -Toma de decisiones | -Interpretación de imágenes |
- financieras.

En todas estas áreas los sistemas desarrollados han tratado de combinar las técnicas de la ingeniería del conocimiento¹; con el conocimiento específico de cada especialidad.

En muchos casos las demandas en este nuevo campo de la ingeniería se ven limitadas debido al estado actual de la tecnología, pero se siguen desarrollando nuevas herramientas que

¹ Para describir esta disciplina los investigadores en el campo de sistemas expertos han adoptado el término ingeniería del conocimiento, el cual combina elementos científicos, tecnológicos y metodológicos.

permitan alcanzar el objetivo principal, que es el de contar con un asesor que de apoyo al usuario tal y como lo haría un experto o especialista humano.

En tal situación, es propósito del presente trabajo participar de este avance tecnológico de nuestros días, intentando tomar los elementos disponibles para buscar nuevas aplicaciones, que permitan la difusión de éste nuevo campo de la computación.

Específicamente se tratarán de incorporar los sistemas expertos a la planeación como área de aplicación poco explotada.

El sistema experto diseñado, surge como una respuesta a la necesidad de contar con un apoyo en la toma de decisiones en el proceso de planeación regional entendiendo éste, como la gestión permanente que permite formular, ejecutar y controlar planes como forma de gobierno frente a los problemas y objetivos del desarrollo de una región.

En particular la aplicación se define en el ámbito de la planeación a nivel municipal (microregional), teniendo como objetivo central la implantación de un sistema de bibliotecas

públicas municipales en la República Mexicana.

El sistema experto interviene en éste trabajo como asesor, realizando un diagnóstico socioeconómico del municipio en cuestión, de tal manera que proporcione indicadores cuantitativos que son útiles en la definición de las características de la biblioteca municipal. La estructura de este diagnóstico lo hace muy general y no lo limita a una sola aplicación; por el contrario con las modificaciones pertinentes se puede aplicar a cualquier tipo de problemas cuyo campo de acción sea el de la planeación regional (estatal, nacional etc.).

1.1 Conceptos Básicos en la Ingeniería del Conocimiento

Existen tres conceptos en inteligencia artificial que sustentan todo el trabajo en la ingeniería del conocimiento, son: programación simbólica, consultores y búsqueda.

Los programas simbólicos utilizan símbolos² para representar los objetos y sus relaciones; generalmente manejan expresiones con variables para designar clases de objetos o relaciones.

² Se puede concebir un símbolo como una cadena de caracteres y las estructuras simbólicas como una estructura de datos llamada lista que contiene símbolos).

nes entre clases de objetos. Además los programas simbólicos incorporan expresiones condicionales que restringen los posibles valores que las variables pueden tomar y utilizan reglas inferenciales o patrones deductivos para determinar que valores de las variables se pueden derivar de otros. De esta forma los programas simbólicos pueden manipular modelos que representen en cierta medida el mundo real.

Finalmente estos programas por lo general toman la forma de listas simbólicas que pueden ser vistas como datos por otros programas que a su vez infieren acerca de ellos, los modifican o de algún modo los manipulan. Por lo cual dentro de los sistemas programados simbólicamente, cada programa puede tomar la función dual de programa y dato.

Los consultores (especialistas en solución de problemas) son programas que intentan llegar a ciertos resultados, utilizando para ello métodos indeterminados y con cierto grado de incertidumbre. En inteligencia artificial estos resultados corresponden a predecir el comportamiento de algún fenómeno.

Los consultores necesitan encontrar un camino viable para llegar a la situación deseada. Una gran parte de los sistemas en inteligencia artificial se ajustan a este modelo. Por

ejemplo un sistema de planeación experimental tratará de definir una secuencia de acciones, que de ser ejecutadas producirán los resultados esperados.

Generalmente los consultores deben de realizar una exploración antes de dar soluciones; cuando se les presenta algún problema no accedan una respuesta directamente. Utilizan más bien una variedad de técnicas de búsqueda; que le permiten enumerar un conjunto de soluciones razonables, generando posteriormente una prueba para cada una de las posibilidades hasta que la solución es encontrada.

El conjunto de posibilidades recibe el nombre de Espacio de Búsqueda y esta forma de buscar la solución se denomina por fuerza bruta.

Muchos problemas tan comunes como la reparación de un circuito o la práctica de un juego pueden tener espacios de búsqueda de dimensiones gigantescas. Los consultores pueden en este caso aumentar su eficiencia eliminando clases completas de soluciones que no den resultados óptimos.

Por último un consultor puede aplicar un conjunto de reglas de decisión para mejorar la ejecución de la búsqueda. Estas

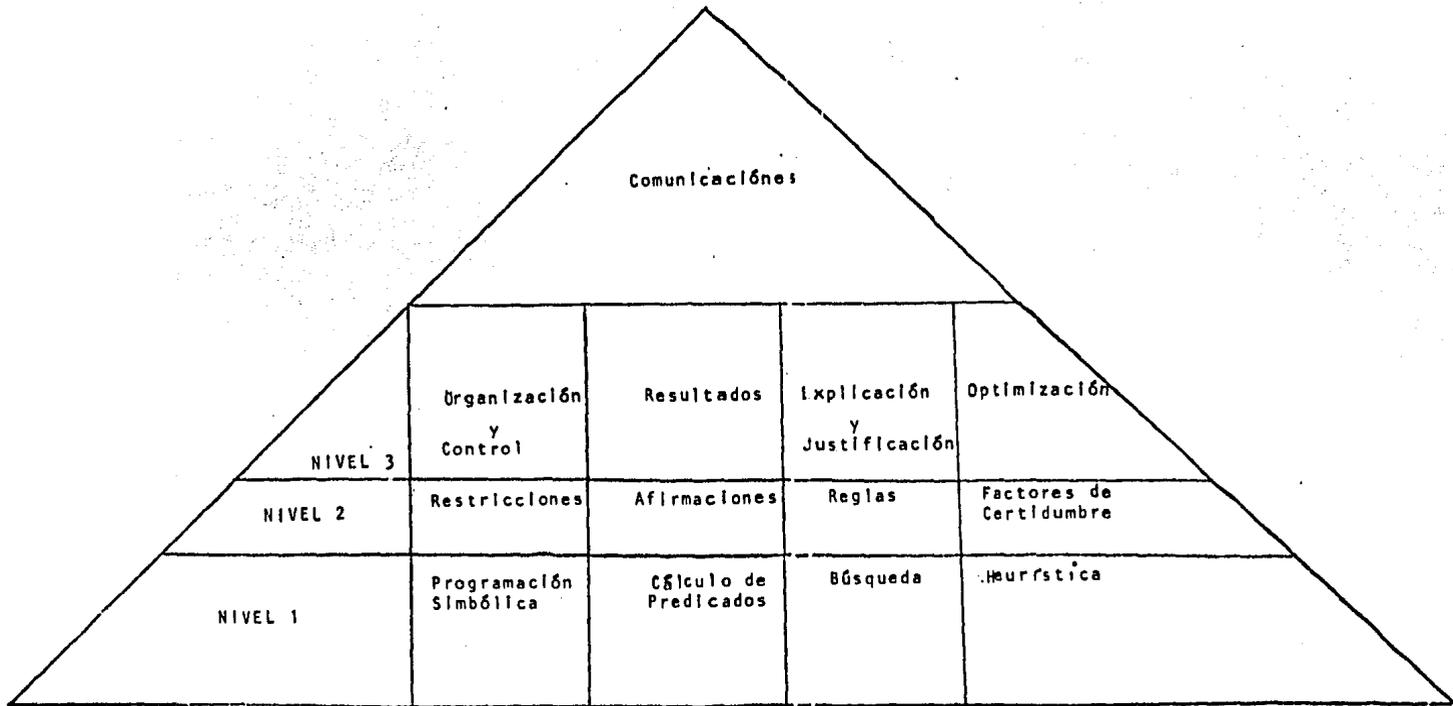


FIG. 1

reglas permiten seleccionar posibles soluciones; eliminar aquellas que tengan poca oportunidad de suceder y sugerir pruebas sencillas que permitan eliminar clases de soluciones potenciales que no cumplan con todas las condiciones.

Estas reglas heurísticas ayudan al consultor en la solución de problemas muy complejos.

Algunas de las técnicas comúnmente utilizadas en el proceso de búsqueda son: Los métodos de búsqueda a ciegas (BLIND) que se aplican a espacios reducidos y que manejan estructuras de árbol (nodales) como DEPTH-FIRST y BREADTH-FIRST; la búsqueda heurística que utiliza métodos como BEST-FIRST, que aplica funciones heurísticas que al ser evaluadas proporcionan una estimación del grado de certeza en la solución y los métodos jerárquicos de generación y prueba, que dividen el proceso en dos partes: un generador de posibles soluciones y un checador que elimina aquellas que no satisfacen las condiciones requeridas.

1.2 Técnicas utilizadas en los Sistemas Expertos

La fig 1 ilustra un primer diagrama de bloques de un sistema experto.

La base está compuesta por aquellas técnicas que son fundamentales en todos los problemas de aplicación; programación simbólica, cálculo de predicados, búsqueda y heurística. El cálculo no ha sido mencionado anteriormente y merece ser considerado.

Los sistemas expertos tratan de resolver problemas generando posibles soluciones y evaluandolas. Generalmente las soluciones involucran la aplicación de reglas heurísticas manejando los datos ordenadamente para deducir lógicamente las posibles consecuencias y proporcionar las soluciones óptimas. Estas acciones corresponden a los mecanismos básicos de inferencia y prueba proporcionados por el cálculo de predicados.

En el segundo nivel de técnicas, se muestran las formas más frecuentemente usadas para la representación del conocimiento; restricciones, afirmaciones, reglas y factores de certidumbre (seguridad).

Un ejemplo de restricciones es, "Dos distintos objetos físicos no pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo". Un sistema experto incorpora restricciones para expresar limitantes en los estados permitidos, valores o conclusiones. De hecho algunos sistemas derivan sus valores primarios en base a la habilidad para reconocer y satisfacer conjuntos

complejos de restricciones simbólicas. De esta forma los sistemas amplían el campo de los problemas resolubles por computadora.

Las Bases de datos Afirmativos proporcionan el medio para almacenar y recuperar proposiciones. Una afirmación corresponde a una proposición verdadera. Ejemplos de afirmaciones incluyen formas como; "Morgan es mi perro" y "Morgan es un perro". Muchas formas simples de afirmaciones se prestan para la implementación de las bases de datos relacionales.

Hoy en día la mayoría de los sistemas expertos incorporan sus propios y especializados subsistemas de bases afirmativas.

Las Reglas representan en forma particular el conocimiento de tipo declarativo o imperativo. Para ejemplificar una regla imperativa consideremos la siguiente, "Si observas a un paciente con fiebre y la nariz congestionada, puedes sospechar que tiene gripe"; esta regla indica al sistema como debe proceder. Una regla declarativa relacionada podría decir al sistema, lo que puede ser de una forma muy vaga; "Si un paciente tiene gripe, éste tiende a exhibir fiebre y la nariz congestionada". Muchos de los sistemas utilizan una o ambas formas; las reglas declarativas describen en general la manera como funcionan las cosas en el mundo. Por otra parte las

reglas imperativas determinan los métodos heurísticos que el sistema empleará en sus operaciones.

Los factores de certidumbre asignan el nivel de confianza o validez que un sistema experto puede asociar con datos, reglas o conclusiones.

Estos factores pueden reflejar una variedad de diferentes esquemas representativos del comportamiento con error e incertidumbre. Algunos sistemas emplean probabilidades condicionales Bayesianas para estimar los grados de certidumbre; otros utilizan métodos completamente subjetivos, por ejemplo donde 1.0 representa seguridad, -1.0 implica certeza en las proposiciones negativas y 0.0 indica indefinición.

En el tercer nivel de las técnicas, la figura muestra; organización y control, resultados intermedios, explicación o justificación y optimización.

Un sistema experto organiza y controla sus actividades de acuerdo con los principios de diseño y arquitectura definidos. Cada esquema distinto de control requiere de una correspondiente organización de la base del conocimiento y apropiados mecanismos inferenciales que permitan la búsqueda y aplicación del conocimiento. De esta manera control y

organización están íntimamente ligados.

Los resultados intermedios aparecen en todos los sistemas. Debido a que los sistemas pueden enfrentarse a dificultades en la ejecución, ofrecen resultados intermedios que serán completados cuando las dificultades sean salvadas.

Los sistemas expertos generalmente explican y justifican sus resultados. El usuario final en muchas aplicaciones necesita tener confianza en las recomendaciones del sistema. Por esto se le ofrece una explicación de como se llegó a ciertas conclusiones, construyendo un reporte conteniendo el conjunto de reglas y afirmaciones utilizadas.

Las técnicas de optimización juegan un papel importante en los sistemas expertos. Estos como otras aplicaciones computarizadas deben ejecutar los procesos tan rápido como sea necesario. Como ejemplo se tiene la optimización constante a la que está sujeta la construcción de la estructura del diálogo usuario-sistema con el fin de disminuir el tiempo de corrida. Del mismo modo tratan de optimizarse todos los aspectos relacionados con la ejecución y solución del problema planteado.

Se completan las técnicas utilizadas por los sistemas exper

tos con las manejadas en el aspecto de comunicación. Los sistemas se comunican con los expertos, los usuarios, con bases de datos y otros sistemas de cómputo.

De la misma forma como los humanos interactúan con estas fuentes los sistemas expertos necesitan de un lenguaje de comunicación. Estos se comunican con los diseñadores a través de editores que permiten acceder y modificar los componentes de la base fácilmente. La comunicación con usuarios se realiza explotando las ventajas de los lenguajes de procesamiento natural para generar preguntas y respuestas. Además de las interacciones con la gente los sistemas expertos también establecen contacto con otros sistemas de computadoras, utilizando los modernos sistemas de comunicaciones digitales, aplicados a las redes de computadoras.

1.3 Construcción de un Sistema Experto

Para construir un sistema experto, se deben ejecutar 4 tipos de funciones identificadas como: Extracción, moldeado, ensamblado y depuración.

Estos términos ligados a la extracción de los metales raros parecen ser adecuados para definir los procesos de extracción del conocimiento y la construcción de los sistemas expertos.

En el siguiente cuadro se pueden observar los términos técnicos para cada una de las cuatro actividades primarias en la construcción y se identifican los productos claves en cada fase.

Trabajo en el Proceso del conocimiento	Actividades de ingeniería	Productos
Extracción	Adquisición del conocimiento	Conceptos y reglas
Moldeado	Diseño del sistema experto	Estructura y representación del conocimiento
Ensamblado	Programación	Base del conocimiento
Depuración	Refinamiento	Revisión de reglas y conceptos

El conocimiento permanece latente e impuro en la conciencia humana. Una vez extraído un elemento de conocimiento debe ser sometido a varias transformaciones antes de adquirir un valor comercial. La extracción contempla la obtención por medio de los expertos humanos o de libros de los conceptos básicos re

lacionados con el problema a tratar y/o términos utilizados para describir la situación planteada y la forma (reglas heurísticas) de resolverlo. Esta etapa inicial, en la extracción del conocimiento o proceso de adquisición se continua hasta contar con el conocimiento suficiente que permita ejecutar las funciones de un asesor experto. Las reglas heurísticas constituyen el producto principal de esta actividad.

El diseño del sistema genera una arquitectura para el experto. Además el diseñador seleccionará el esquema adecuado para la representación del conocimiento. Las opciones de representación incluyen; lógica formal, redes semánticas, estructuras jerárquicas, reglas y procedimientos, cada una de las cuales ha requerido de un desarrollo previo. Una vez que se ha seleccionado la estructura y representación adecuadas, da comienzo la programación; de esta manera se transforma el conocimiento en una base que será la fuente del razonamiento artificial.

Por lo general la gente que desarrolla sistemas expertos en la actualidad, adapta instrumentos de apoyo (a los sistemas de conocimiento) que ya existen incorporandolos a un esquema predefinido; de esta forma la programación se reduce a producir únicamente la base de conocimiento.

La depuración en la base de conocimiento se mantiene hasta que la ejecución en el sistema sea la adecuada. Es decir si el conocimiento de la persona experta es inexacto, la transformación de este en reglas heurísticas será erróneo; omitiéndose detalles necesarios para asegurar la validez de las reglas de conocimiento que conforman la base. En muchas ocasiones los sistemas funcionan pobremente al principio, debido a que su trabajo efectivo depende de la cantidad de conocimiento adquirido. Es importante por lo tanto completar la base del conocimiento lo más pronto posible; de esta forma evolucionará primero hasta alcanzar los niveles humanos y posteriormente será capaz de superarlos. Las etapas descritas, constituyen la metodología básica para la construcción de los sistemas expertos y serán analizadas más adelante.

1.4 Usos de los sistemas expertos

La clasificación de los diversos papeles que desempeñan los sistemas expertos, se hará desde el punto de vista del usuario. Describiendo los usos más comunes en la actualidad sin contar con las aplicaciones futuras.

Consultor

En el papel de consultor un sistema experto es utilizado por

personas no especialistas para obtener asesoría u otro tipo de ayuda en la solución de problemas. En efecto el sistema amplía los conocimientos del usuario en el dominio deseado y puede ser utilizado en lugar de un especialista o experto humano.

Informante

En muchas ocasiones algunas versiones reducidas de consultores han sido utilizadas como informantes.

Como se ha mencionado una ventaja de los sistemas expertos sobre los humanos, es aquella que no le permite olvidar lo aprendido. El sistema puede contestar todas las preguntas relevantes en algún problema, actuando como un asesor, advirtiéndole al usuario sobre todos los factores implicados en la solución. Una ventaja sobre los cuestionarios por escrito es que estos inevitablemente incluyen preguntas que realmente no tienen sustancia en un caso dado; mientras que el sistema experto puede "inteligentemente" seleccionar u ordenar las preguntas.

Instructor

La aplicación de los sistemas expertos en el papel de instructores es muy interesante. El adiestrado se sentará y se

rá entrenado por el sistema.

En contraste con los primeros sistemas computarizados de instrucción; los actuales sistemas con bases de conocimiento son capaces de indicar al aprendiz un conjunto de ejercicios que determinan sus debilidades en áreas específicas y le diseñan las prácticas convenientes.

Especialista experimentado

Desarrollando esta función el sistema se comporta como un experto con conocimientos avanzados en el área de aplicación. Muchos especialistas admiten que existen huecos en sus conocimientos, siendo factible que un sistema experto los ayude en la identificación de estos. Los beneficios se aprecian particularmente cuando el sistema está bien construido. Lo que estimula a tener más cuidado en la codificación del conocimiento, ya que el sistema experto proporcionará un medio por el cual éste será fácilmente aprovechado y sometido a pruebas.

De esta forma después de un periodo razonable el sistema puede acumular la experiencia de varios especialistas y esto lo convierte en un depósito del conocimiento en el área de trabajo.

Medio de comunicación

Como medio de comunicación los sistemas expertos se presentan como alternativa ante los documentos escritos. A diferencia de las técnicas convencionales de cómputo, los expertos poseen algunas de las flexibilidades de los escritos y en esencia son utilizables en la representación de una gran variedad de información. Pero mientras que los escritos presentan dificultades para agregar y contener muchas referencias o para localizar la información precisa; con los sistemas expertos se quiere reducir este tipo de problemas.

Las bases de conocimiento no se restringen a las dos dimensiones de una hoja de papel y el software puede ser utilizado para ayudar en la búsqueda y procesamiento de la información.

El sistema experto es visto entonces como un libro de texto activo. Esta función puede complementarse y servir de apoyo en la instrucción y depuración del conocimiento.

Ventajas de los sistemas expertos

Se presentan a continuación algunas de las ventajas más importantes de los sistemas expertos sobre las técnicas convencionales de computación.

Flexibilidad de expresión

Los sistemas expertos son capaces de incorporar las reglas que especialistas humanos manejan comúnmente pero nunca registran por escrito; es decir aquellas que son producto de la práctica constante, así como también la experiencia obtenida y expresada en términos más formales.

Puesto que la vida real contiene ambos tipos de conocimiento la ayuda que puede proporcionar un sistema experto se hace más valiosa y objetiva.

Los sistemas de conocimiento se presentan como una alternativa para manejar modelos convencionales de computadora, especialmente aquellos donde las relaciones son conocidas pero se dificulta reducir las ecuaciones o la complejidad es extrema. Las técnicas aplicadas por estos sistemas permiten que algunas partes de los cálculos sean manejadas en detalle y otras sean resumidas como ligas de razonamiento-inferencia generando el nivel de detalle apropiado para el problema a tratar.

Procesamiento similar al humano

El procesamiento de la información ejecutado por la mayoría de los sistemas expertos es una forma simple pero atractiva de razonamiento. Comparado con los programas convencionales

de computadora, un sistema experto opera en un cierto nivel; en términos y conceptos con los cuales el usuario puede sentir afinidad, refiriéndose a las reglas, datos, detalles y relaciones entre estos, más que al nivel de programación. Además el razonamiento en la base de conocimiento puede ser examinado por el usuario, quien podrá pedir al sistema una explicación del porqué está haciendo una pregunta en particular. Esto dará seguridad y confianza al usuario sobre los resultados obtenidos.

Incertidumbre

Debido a que la incertidumbre y aún evidencias contradictorias son manejadas de manera natural en los sistemas expertos, estos pueden ser utilizados en áreas donde el conocimiento es incompleto y es necesario un juicio. Lo que contrasta con los sistemas de computación convencionales donde estas características de la vida real (incertidumbre, contradicción) no son aceptadas.

Facilidad de expresión

El lenguaje en el cual se expresa la base de conocimiento se "asemeja" al utilizado por los especialistas, más que a los lenguajes convencionales de programación. Los sistemas expertos aceptan expresiones directas de conocimiento, como las reglas heurísticas, en lugar de los pasos de programas comu-

nes propiciando con ello una mayor comprensión por parte de los especialistas que no poseen muchos conocimientos de programación; reduciendo entonces la necesidad de un programador.

Limitaciones de los sistemas expertos

Anteriormente se ha hecho énfasis en las ventajas de los sistemas expertos, Por supuesto que tienen limitaciones, algunas de éstas se relacionan con la naturaleza de los sistemas, mientras que otras surgen de los ambientes cultural y de computación, además del estado actual de la tecnología.

Si se esperan realizar aplicaciones exitosas es importante entender en que consisten dichos problemas. La experiencia ha permitido encontrar algunas líneas de comportamiento de estas limitaciones.

Como regla general no es conveniente utilizar los sistemas expertos en:

- Problemas demasiado simples (menos de 10 reglas, por decir) puesto que los humanos generalmente pueden manejarlos adecuadamente.

- Problemas que son excesivamente complejos (más de 10,000 reglas, por ejemplo) ya que la construcción y el tiempo de búsqueda llegan a ser muy prolongados y el hardware actual no da muchas facilidades en este sentido.
- Problemas que no requieren de ninguna de las ventajas de los sistemas expertos, tal es el caso de problemas numéricos bien estructurados.
- Problemas en los cuales debido al tipo de información es más conveniente su procesamiento por el humano que por la computadora.

No obstante que los sistemas expertos como la mayoría de los sistemas de cómputo pueden procesar datos numéricos o textos; la información en muchos problemas se capta a través de los sentidos (vista, oído, etc), en tal caso dichos sistemas no proporcionan utilidad real ya que las capacidades humanas en este sentido son mucho más elevadas.

2. METODOLOGIA PARA LA CONSTRUCCION DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.

El trabajo de los investigadores en la ingeniería del conocimiento ha hecho posible un desarrollo gradual de los sistemas expertos. Esta evolución o desarrollo técnico incremental ha surgido gracias a la aplicación de una metodología propia en la construcción de los sistemas de conocimiento.

Como se mencionó anteriormente la tarea de construcción de un sistema experto implica el desarrollo de cuatro procesos o funciones principales: La extracción, el moldeado, el ensamblado y el refinamiento. A su vez cada uno de estos procesos se divide en actividades fundamentales. Así tenemos que durante el proceso de extracción la actividad básica a

desarrollar es la adquisición del conocimiento; del mismo modo podemos señalar las actividades centrales en cada uno de los procesos restantes. Durante el proceso de moldeado se determina el diseño de la arquitectura del sistema y la representación del conocimiento, en el ensamblado la programación de éste para dar forma a la base de conocimiento y por último en el refinamiento se obtiene la optimización funcional del sistema a través de la revisión de conceptos y resultados.

Estas etapas o fases en el desarrollo del sistema experto no deben entenderse como normas estrictamente bien definidas e independientes entre sí. La relación entre cada uno de los procesos es bastante más dinámica ya que en el transcurso de la construcción del sistema, éste se halla siempre en constante revisión, lo que implica; reformulación de conceptos, rediseño de las representaciones o refinamientos en su implantación. Esta situación es lógica si consideramos que el proceso de conocimiento no es estático y permanece en constante desarrollo.

EXTRACCION

El dominio del conocimiento toma muchas formas. Cuando el conocimiento es firme, fijo y formal, los algoritmos progra

mados convencionalmente dan soluciones apropiadas. Sin embargo cuando el conocimiento es subjetivo y parcialmente sujeto a juicio, los sistemas expertos incorporan una aproximación heurística más conveniente. Este tipo de conocimiento rara vez es formulado de tal forma que permita su traducción en un programa, común. Por lo tanto el proceso de extracción del conocimiento de un experto humano (o fuente de experiencia) es un problema difícil e importante. Dicho proceso se denomina Adquisición del Conocimiento e implica la definición del problema, la implementación y el refinamiento, así como la representación de los datos y las relaciones obtenidas del especialista.

El proceso de adquisición del conocimiento

La adquisición del conocimiento es la transferencia y transformación de la experiencia en solución de problemas de alguna fuente de conocimiento a un programa.

Las fuentes potenciales de conocimiento incluyen expertos humanos, libros, bases de datos y nuestra propia experiencia. La experiencia es concebida como una colección de datos específicos, procedimientos y reglas de juicio acerca de un campo reducido del conocimiento, con respecto al conocimiento general del mundo.

La transferencia y transformación necesarias para representar la experiencia mediante un programa pueden ser automáticas o parcialmente automatizadas en algunos casos; pero la mayoría de las veces una segunda persona, es requerida para comunicarse con el especialista y el programa. Esta persona se conoce con el nombre de analista o ingeniero del conocimiento.

Modos de adquirir el conocimiento

La adquisición del conocimiento es un "cuello de botella" en la construcción de sistemas expertos. A pesar de que el ingeniero del conocimiento no esté muy alejado del conocimiento propio del especialista, los problemas de comunicación impiden muchas veces que el proceso de transferencia de la información sea el adecuado para el sistema. El vocabulario inicialmente utilizado por el experto para hablar acerca de su dominio con una persona inexperta, es muchas veces inadecuado para el manejo del problema planteado; por esto el ingeniero y el especialista deben trabajar para ampliarlo y aclararlo.

Uno de los aspectos más difíciles en el trabajo del ingeniero del conocimiento es, la ayuda que tiene que proporcionar al experto para estructurar el conocimiento identificando y formalizando los conceptos fundamentales.

El conocimiento puede ser adquirido por el sistema experto de varias maneras, todas ellas incluyen la transmisión de la experiencia necesaria para resolver algún problema de una fuente a un programa (sistema experto).

En los años 50's y 60's el conocimiento utilizado en muchos de los primeros programas en inteligencia artificial era manejado cautelosamente; un programador transformaba el conocimiento del especialista en un código sin la separación de éste y los mecanismos de razonamiento, por lo tanto se requería que el programador aprendiera lo suficiente del dominio específico para conversar efectivamente con el experto; pero esto no implicaba que el experto tuviera algún conocimiento de computación. Más recientemente la ingeniería del conocimiento ha cambiado el método de adquisición sirviéndose de la interacción de un especialista con el ingeniero del conocimiento o un programa editor, para construir el sistema.

La fig 2.1 ilustra la transferencia del saber de un experto humano a un sistema experto a través del ingeniero del conocimiento como elemento clave de la adquisición del conocimiento.

Esta transferencia implica dos caminos de comunicación. En

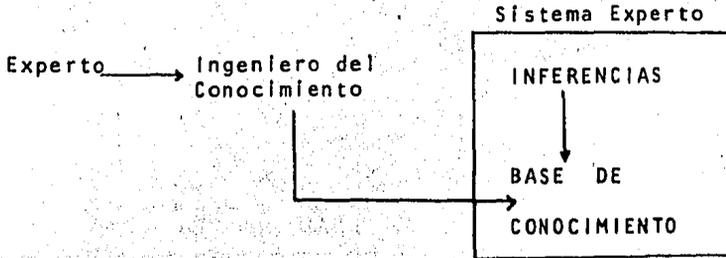


FIG 2.1

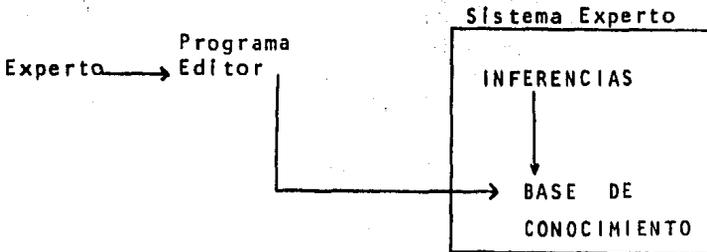


FIG.2.2

FORMAS DE ADQUIRIR EL CONOCIMIENTO

el primero el ingeniero del conocimiento consulta con el experto, su opinión acerca de las soluciones que daría a problemas específicos y las relaciones que considera de interés.

El experto revelará entonces al ingeniero el conocimiento necesario para resolver el problema, dándole una descripción del proceso. El ingeniero tomará los elementos necesarios para la solución. A diferencia de un analista de sistemas, quien formularía un algoritmo para resolver el problema de algún cliente; el ingeniero del conocimiento tratará de capturar el método de solución proporcionado por el experto. Posteriormente escogerá las herramientas de la ingeniería del conocimiento indicadas para representar en fragmentos la experiencia captada adecuándola a la estructura utilizada.

Por último se hace necesaria la transformación de los métodos utilizados por el experto para resolver problemas, en un modelo descriptivo y una vez implementado en el sistema experto, éste generará soluciones que el experto podrá criticar y mejorar.

Esta forma de comunicación, permite que el conocimiento en sí, sea separado del resto del programa en simples estructuras de datos (conceptuales) denominadas Bases de conocimien

to, cuyas principales ventajas son transparencia y flexibilidad.

Por otra parte la comunicación del especialista con los sistemas expertos puede efectuarse más directamente vía un programa editor "inteligente", como se muestra en la fig 2.2. En este caso el especialista conversa con el programa editor el cual es capaz de sostener diálogos especializados que incluyen conocimientos considerables acerca de la estructura de la base de conocimiento.

Principales estados en la adquisición del conocimiento

En el proceso de adquirir conocimiento de varias fuentes tales como expertos humanos o libros, el ingeniero del conocimiento procede a través de varios estados antes de producir un sistema experto. Estos estados pueden caracterizarse como: Identificación del problema, conceptualización, formalización, implementación y prueba, los cuales se muestran en el diagrama. (Ver fig 3).

Sin embargo el proceso no es tan estricto y bien definido como lo sugiere la figura. Los estados mencionados son simplemente una tosca caracterización de la compleja actividad que tiene lugar durante la adquisición del conocimiento. Los estados varían de una situación individual a otra y el proceso

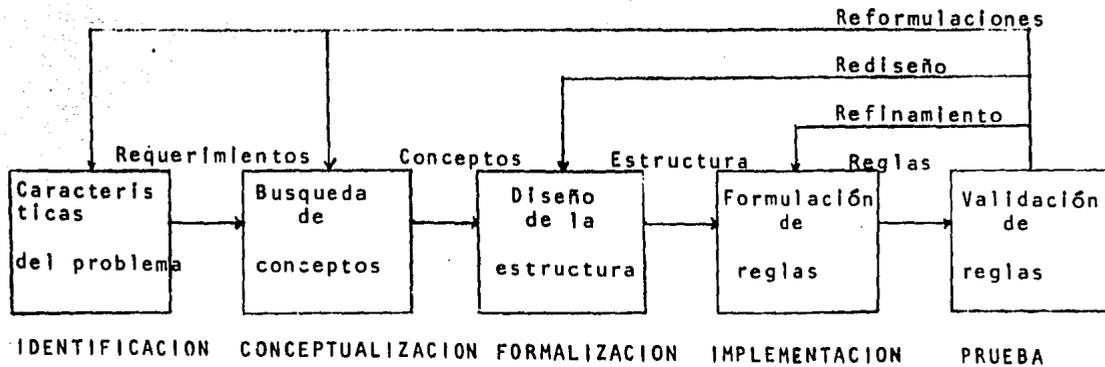


FIG. 3 Estados en la adquisición del conocimiento

de adquisición no será entendido lo suficientemente bien si se ajusta a este esquema de pasos secuenciales. Sin embargo con este esbozo se ha ganado mucha experiencia permitiendo el desarrollo de los sistemas expertos en los últimos años.

Estado de identificación

El primer paso en la adquisición del conocimiento por parte de un sistema experto es la caracterización de los aspectos más importantes del problema, tales como la identificación de participantes, características del problema, recursos y objetivos.

Cada una de estas categorías serán discutidas a continuación.

Identificación de funciones y participantes

Antes de que el proceso de adquisición de inicio, los participantes deben ser seleccionados y sus funciones definidas. El escenario más común, comprende la interacción entre un experto o especialista y un ingeniero del conocimiento. El experto actúa como un informante que comunica al ingeniero sus conocimientos y experiencia. De esta forma el experto dirige la estrategia utilizada para resolver el problema; dejando el papel de traductor al ingeniero que convertirá el conocimiento

to en estructuras entendibles para el sistema. El proceso puede incluir varios especialistas, ingenieros e inclusive expertos interdisciplinariamente.

Identificación del problema

Una vez que los participantes son escogidos, se procede a identificar el problema lo que implica un intercambio informal de puntos de vista sobre varios aspectos de éste; su definición, características y subproblemas.

El objetivo principal es la caracterización del problema y el soporte de estructuras de conocimiento que permitan iniciar el desarrollo de la base de conocimiento. Para identificar el problema es importante contestar las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de problemas se espera que resuelva el sistema experto?
- ¿Cómo pueden definirse o caracterizarse estos problemas?
- ¿Qué subproblemas son importantes,
- ¿Cómo son los datos?
- ¿Cuáles son los términos e interrelaciones importantes?

- ¿Qué soluciones serán propuestas y qué conceptos son utilizados en estas,
- ¿Qué aspectos de la experiencia humana son esenciales en la solución?
- ¿Cuál es la naturaleza y extensión del conocimiento relevante que fundamenta las soluciones?
- ¿Qué situaciones impedirían la aplicación de estas soluciones?
- ¿Cómo afectan estos impedimentos al sistema experto?

Después de algunos ciclos de revisión de estas preguntas, el ingeniero y el especialista pueden llegar a una descripción final tomando acuerdos sobre la formulación del problema, identificando los elementos clave.

Identificación de recursos

Son varios los recursos necesarios en la adquisición del conocimiento, la implementación del sistema y la prueba de éste. Recursos típicos son, fuentes de conocimiento, tiempo y facilidades de cómputo.

El experto y el ingeniero deben consultar varias fuentes para obtener el conocimiento importante en la construcción del sistema experto. Para el especialista éstas incluyen experiencias pasadas, textos, ejemplos de problemas y soluciones.

Para el ingeniero las fuentes se componen de experiencias en problemas análogos y el conocimiento de los métodos, representaciones y herramientas para diseño del sistema.

El tiempo es un recurso crítico y tanto el experto como el ingeniero deben ser capaces de planificar las actividades necesarias para lograr un prototipo y ponerlo a trabajar.

Los recursos financieros y de cómputo son naturalmente críticos, ambos deben ajustarse a las posibilidades e intereses propios del usuario aunque es bien importante contar con las herramientas de software y hardware más apropiadas.

Identificación de los objetivos

Es posible que el especialista identifique los fines u objetivos de la construcción del sistema experto en el curso de la identificación del problema, sin embargo existen metas que sólo se podrán apreciar una vez que el sistema entre en operación.

Estado de conceptualización

Los conceptos clave y las relaciones ya mencionadas durante el estado de identificación se hacen explícitas en el estado de conceptualización. El ingeniero del conocimiento puede

encontrar útil realizar un diagrama de relaciones y conceptos para crear una estructura permanente de conocimiento que constituyan la base del sistema.

Las siguientes preguntas deben contestarse antes de empezar con el proceso de conceptualización:

- ¿Qué tipo de datos están disponibles?
- ¿Qué está dado y qué es inferido?
- ¿Tienen nombre las estrategias?
- ¿Son identificables las hipótesis parciales generalmente utilizadas?
- ¿Cuáles son?
- ¿Cómo son los objetos en el campo de estudio?
- ¿Se puede hacer un diagrama jerárquico y etiquetar las relaciones causales, conjuntos de inclusión, etc?
- ¿Qué procesos están inmersos en la solución del problema?
- ¿Cuáles son las limitantes de estos procesos?
- ¿Cómo es el flujo de la información?
- ¿Se puede identificar y separar el conocimiento necesario para resolver un problema del conocimiento utilizado para justificar una solución?

Una vez que los conceptos fundamentales y las relaciones se

determinan pueden aprovecharse en la formalización y el trabajo de implementación inicial.

Posteriormente el ingeniero del conocimiento contribuirá generando algunas ideas básicas sobre la representación y las herramientas de ayuda necesarias en la conceptualización, teniendo cuidado de no seleccionar ninguna prematuramente. Hecho esto, se iniciará la construcción de un prototipo de prueba con base en las ideas planteadas, obteniéndose los primeros resultados que podrán ser revisados por el especialistas, previniendo de esta forma la contaminación del proceso de formalización, el siguiente en el proceso de adquisición.

Estado de formalización

El proceso de formalización consiste en el mapeo de los conceptos clave, los subproblemas y las características del flujo de la información, aislados durante la conceptualización, en representaciones más formales apoyadas en herramientas o estructuras propias de la ingeniería del conocimiento.

El ingeniero toma un papel más activo, presentando al experto un panorama general de las herramientas existentes y el tipo de dificultades que pueden enfrentar durante el manejo del problema. Si, como resultado de la prueba informal con el

prototipo, el ingeniero cree que alguna herramienta o estructura es conveniente puede directamente agregarla en los requerimientos del sistema.

La salida de este estado es un conjunto de especificaciones parciales describiendo las posibles representaciones del problema, concentradas en tres aspectos fundamentales: el espacio de hipótesis, el modelo fundamental del proceso y las características de los datos.

Para entender la estructura del espacio de hipótesis se tienen que formalizar los conceptos y determinar cómo se ligan para formar la hipótesis. Los conceptos proporcionan indicios acerca de la naturaleza del espacio; sean o no finitos, ya sea que se compongan de clases predefinidas o se generen a través de algún procedimiento, utilicen o no hipótesis jerárquicas, elementos de incertidumbre o de juicio y niveles de abstracción útiles.

Encontrar un modelo fundamental del proceso utilizado en la generación de soluciones en el dominio dado es un paso importante en la formalización del conocimiento. Pueden incluirse modelos de comportamiento o matemáticos; si el experto utiliza un modelo simple de comportamiento, cuando razone o justifique su razonamiento analizará la posibilidad de some-

ter a éste, numerosos e importantes conceptos y relaciones. Sí el modelo es matemático (analítico o estadístico) parte fundamental de la estructura conceptual proporcionará información adicional en la solución del problema, que puede incluirse directamente en el sistema o puede servir simplemente como justificación causal de la consistencia de las relaciones en la base de conocimiento.

Comprender la naturaleza de los datos en el dominio del problema es también importante en la formalización del conocimiento. Si el dato se explica directamente en términos de hipótesis ciertas, es conveniente saber si la naturaleza de esta relación es causal, definida o simplemente correlacional, ya que esto ayuda a explicar como las hipótesis definen los datos y sus relaciones; las hipótesis de alto nivel y como estas relacionan los conceptos con el proceso de solución.

Contestando las siguientes preguntas se adquirirá una mayor comprensión de la naturaleza de los datos.

- ¿Los datos son escasos e insuficientes o abundantes y redundantes?
- ¿La incertidumbre esta unida a los datos?
- ¿La interpretación lógica de los datos depende de su orden de ocurrencia en el tiempo?

- ¿Cuál es el costo de la adquisición de los datos?
- ¿Los datos son confiables, exactos, precisos (hard), o no confiables, inexactos e imprecisos (soft)?
- ¿Los datos son completos y consistentes para aplicarlos a la solución de problemas?

El resultado final de la formalización del flujo de información conceptual y de los elementos de los subproblemas constituye una especificación parcial para construir un prototipo de la base de conocimiento. Esta especificación se compone de la elección de la estructura de organización y el bosquejo explícito de los conceptos y relaciones esenciales en el problema.

Estado de implementación

La implementación comprende el mapeo del conocimiento formalizado en el estado anterior, en la estructura de representación asociada con las herramientas escogidas para el problema. Cómo el conocimiento en esta estructura se ha hecho consistente y compatible y además se ha organizado definiendo un flujo de información controlado; es conveniente realizar un programa ejecutable utilizando el sistema prototipo.

El conocimiento hecho explícito durante el estado de formalización especifica el contenido de las estructuras de datos,

las reglas de inferencia y las estrategias de control. Las herramientas y las estructuras de representación especificarán su forma.

El desarrollo de un sistema prototipo es un paso extremadamente importante en el proceso de construcción del sistema experto. Algunos fragmentos de éste se pueden salvar para versiones posteriores, pero la parte más importante de este paso es la comprobación de suficiencia de la formalización de las ideas centrales.

Estado de prueba

El estado de prueba implica la evaluación del sistema prototipo y los medios de representación utilizados en la implementación.

Una vez que el prototipo está funcionando (corre), de principio a fin con dos o tres ejemplos, podrá ser probado con una variedad de problemas que determinen sus debilidades en la base de conocimiento y la estructura inferencial.

Los elementos generalmente encontrados como causa de la ejecución deficiente, son fallas en las funciones de entrada/salida, en las reglas de inferencia, control de las estrategias y los ejemplos de prueba.

Las funciones primarias de entrada/salida son la adquisición de datos y la presentación de conclusiones. El método utilizado en la adquisición de datos puede tener fallas o ser inadecuado, debido a que las preguntas no sean las adecuadas o la información no sea suficiente. Por ejemplo, las preguntas pueden ser difíciles de entender, ambiguas o expuestas al usuario confusamente. Esto provocaría que las conclusiones obtenidas como salida del programa fueran equivocadas, por otra parte la forma física de entrada de la información al sistema representa un serio problema, ya que depende completamente del equipo con el cual se cuente en ese momento.

El lugar obvio para localizar los errores en el razonamiento es el conjunto de reglas de inferencia. Dichas reglas son rara vez independientes unas de otras, aunque es conveniente en principio asumir que lo son. Entre otras cosas las reglas pueden ser incorrectas, inconsistentes o completamente equivocadas. Si las premisas de una regla son incorrectas producirán un contexto inapropiado de aplicación, esto es invalidan su lógica.

Del mismo modo las conclusiones de un grupo de reglas pueden ser falsas aún cuando las premisas y las conclusiones obtenidas parezcan correctas debido a que están ligadas a través de asociaciones incorrectas. Esta situación debe tomarse muy en cuenta ya que las reglas no son independientes y su efecto

se transmite a otras.

Los sistemas prototipo producen muchas veces errores en el control de las estrategias utilizados. Cuando el sistema considera eventos en un orden que difiere del "natural", que el especialista prefiere, el ingeniero debe tener cuidado con la estructura de control de los problemas. La secuenciación es más que un cosmético: existen buenas razones para considerar a los datos en un orden particular. Por ejemplo considerando X antes que Y, en muchas ocasiones permitimos que Y se ignore completamente.

Finalmente, los problemas con el prototipo pueden surgir de la mala selección de los ejemplos de prueba. Algunas fallas se presentan debido a particularidades de los problemas de prueba que están fuera del alcance del sistema.

MOLDEADO

Arquitectura

Aunque las ideas básicas en la solución inteligente de problemas permiten una gran diversidad de implementaciones, sólo unos cuantos principios de arquitectura han surgido. En este contexto el término arquitectura se refiere a la ciencia y método de diseño que determinan la estructura del sistema experto.

A diferencia de las aplicaciones comunes de procesamiento de datos, los actuales sistemas expertos no se ajustan a modelos específicos como los utilizados en aplicaciones comerciales. El campo de la ingeniería del conocimiento no tiene todavía esquemas bien definidos para la caracterización del diseño de los sistemas. Sin embargo, cuando los sistemas expertos son diseñados, los ingenieros del conocimiento se apegan a ciertos principios generales para determinar propiedades arquitectónicas de alto nivel que permitan a los sistemas ejecutar sus procesos eficazmente.

Para determinar un diseño apropiado del sistema experto, estos principios deben responder a interrogantes, acerca de la clase de problemas a resolver, la complejidad del proceso a desarrollar y el tipo de heurísticas disponibles para solucionar el problema. En la fig 4 se muestran muchos de los más importantes principios de diseño. En esta se dividen todas las aplicaciones de los sistemas expertos en dos categorías caracterizadas por espacios de búsqueda reducidos y amplios. En la elaboración de cada una de las categorías básicas se mencionan atributos que completan la descripción del problema.

Uno de los aspectos más variables de los sistemas expertos es la forma como realizan la búsqueda de soluciones. La elección del método de búsqueda se ve afectada por muchas características particulares del área de estudio; tales, como el

tamaño del espacio de soluciones, errores en los datos y la disponibilidad de abstracciones.

La inferencia es el corazón de un sistema de razonamiento y las fallas en su organización propician que los sistemas tengan un comportamiento ineficiente, ingenuo o irreal. Como consecuencia de esto la búsqueda es uno de los tópicos más estudiados en inteligencia artificial.

Iniciaremos con el análisis de aquel tipo de problemas muy restringidos que admiten procesos simples de búsqueda para después continuar con problemas más complejos. Las restricciones del dominio bajo el cual son aplicables estas organizaciones serán articuladas y sus limitaciones expuestas.

La fig 4 es un diagrama de los casos que serán considerados y las técnicas empleadas en ellos se tomarán como prescripciones de la arquitectura de los sistemas.

Cada cuadro en el diagrama corresponde a uno de los casos y la numeración indica el orden en el cual son discutidos. Las líneas conectan los cuadros organizando los casos en una estructura de árbol de tal forma que una secuencia a lo largo de una rama corresponda a un incremento en la complejidad.

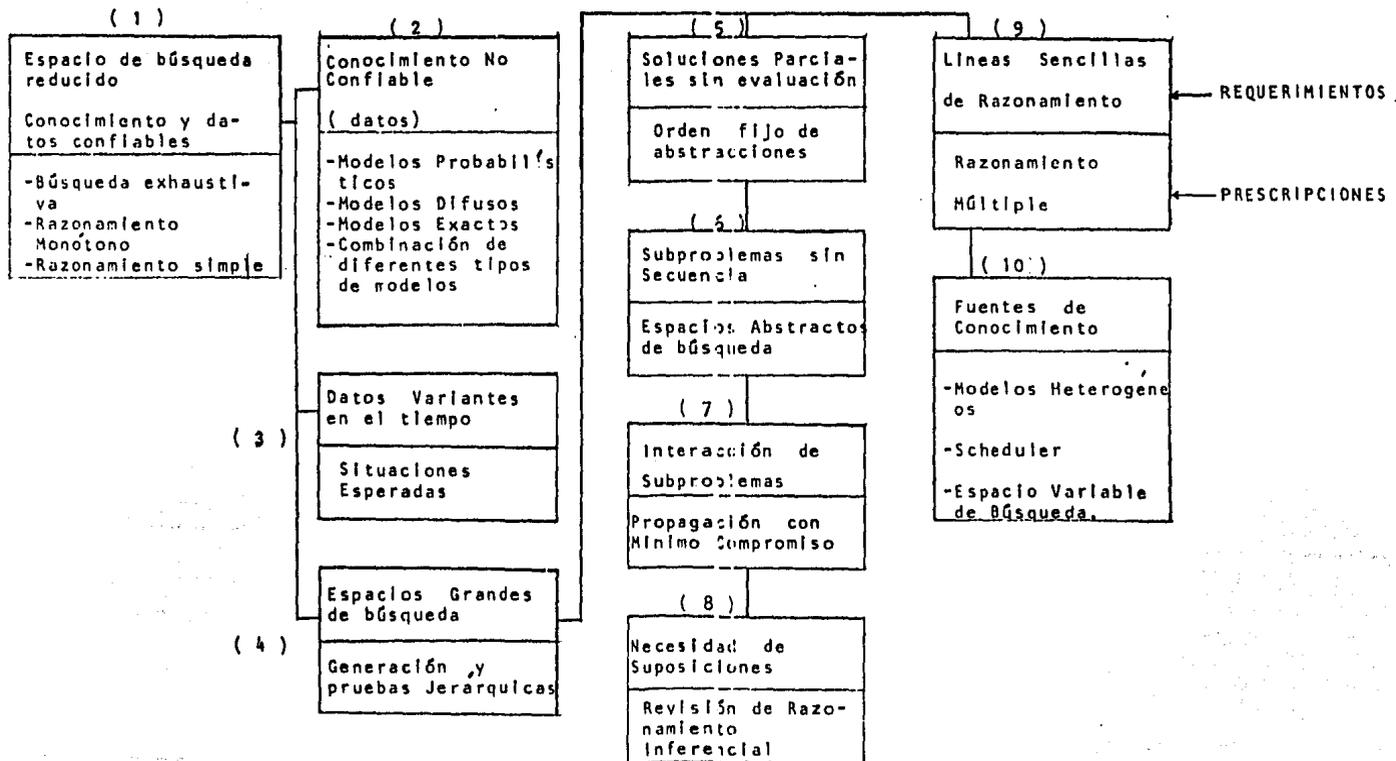


FIG. 4 Tipos de Arquitectura

Los sistemas reales pueden combinar todas estas ideas para dar solución a cualquier tipo de problema.

1. Espacio de búsqueda reducido con datos y conocimiento confiables

Los sistemas que ejecutan procesos complejos son generalmente más complicados que aquellos que realizan trabajos sencillos.

Se describirá a continuación el tipo de arquitectura que es utilizada en aplicaciones relativamente sencillas. Los requisitos en estos procesos simples son:

1. Los datos y el conocimiento deben ser confiables
2. Los datos y el conocimiento deben ser estáticos
3. El espacio de posibles soluciones debe ser pequeño.

Vistos superficialmente estos requisitos parecen insuficientes. La gente que no está relacionada estrechamente con la solución de problemas cree que la mayoría de los problemas satisfacen estos requisitos, pero un examen minucioso puede mostrar sin embargo que muchos de los problemas reales no los cumplen.

En el primer punto se establece que los datos y el conocimiento

to sean confiables es decir que no tengan ruido ni errores, (aunque en realidad son pocas las fuentes que cumplen con este). Sin embargo la confiabilidad en los datos se encuentra en el conocimiento veráz que es aplicable sin la preocupación acerca de su consistencia y seguridad. Además la aplicación sistemática del conocimiento confiable no conduce a conclusiones falsas, aproximadas o tentativas.

La principal ventaja de la seguridad en los datos y el conocimiento es la monotoneidad del sistema. La arquitectura de la memoria es una simple base de datos monótona en la cual las conclusiones son agregadas por el sistema de razonamiento en forma determinante, es decir no admite condiciones para retratarse ya que la información solicitada es bien específica. Esto es, para generar una simple línea de razonamiento no es necesario desarrollar múltiples argumentos que soporten las conclusiones potenciales.

Si más de una regla de inferencia es aplicable en un tiempo dado, el orden en el cual son consideradas no debe importar tomando en cuenta que las relaciones de conocimiento son permanentes.

El requisito de un espacio de búsqueda reducido, es un intento por evitar enfrentarse a limitaciones en los recursos de cómputo. Si la búsqueda es exhaustiva el máximo tamaño del

espacio de solución depende del tiempo que tome en encontrar una solución sencilla; esto proporciona un límite superior práctico para efectuar la búsqueda.

2. Conocimiento y datos no confiables

Algunas ocasiones los sistemas hacen juicios con premura o bajo la presión de un cierto plazo. Puede suceder que no todos los datos estén disponibles, que estén incompletos y algunos de los conocimientos para interpretar los datos sean inciertos. Estas dificultades son parte del estado normal de los problemas en muchos trabajos de diagnóstico e interpretación.

El problema de representar inferencias bajo incertidumbre o datos incompletos se evita con una variedad de técnicas de aproximación.

Para ilustrar estas técnicas se citarán algunos sistemas con temporáneos que servirán como ejemplos concretos.

Una de las primeras y más simples aproximaciones del razonamiento con incertidumbre fue incorporado por MYCIN sistema experto utilizado en la selección de antibióticos en la terapia bacteriana.

Uno de los requisitos para MYCIN era la representación de ra

zonamientos de juicio tales como "A implica B" o "C y D tienden a la regla E". Con este fin se introdujo un modelo que producía una aprimación utilizando cantidades numéricas llamadas factores de certidumbre para indicar la tendencia de una regla heurística. El siguiente es el ejemplo de una regla de la base de conocimiento de MYCIN.

SI la infección primaria es bacteriana, y
la localización del cultivo es un lugar estéril, y
se sospecha que la puerta de entrada al organismo es el canal gastro-intestinal.

ENTONCES Esto indica una evidencia (0.7) de que la identidad del organismo es bacteroide.

El número 0.7 en esta regla indica que la evidencia es un indicador poderoso (0.7 a 1) pero no absolutamente cierto. Las evidencias que confirman una hipótesis se agrupan separadamente de las no confirmadas y la "verdad" de la hipótesis en cualquier tiempo es la suma algebraica de las evidencias. Esto admite la combinación de pruebas favorables y opuestas en la misma hipótesis.

La introducción de estos números es el punto de partida de la exactitud en el cálculo de predicados. En MYCIN las cosas no son precisamente verdaderas o falsas, el razonamiento es

inexacto y su aproximación a la realidad está numéricamente determinado en las reglas establecidas por el especialista en este caso un experto médico. Los factores relacionados con la realidad se representan por 4-tuplas con valores numéricos, por ejemplo.

(Identidad organismo -2 Klebsiella .25)

Nos dice "la identidad del organismo-2 es Klebsiella con una certeza de 0.25".

En el cálculo de predicados las reglas de inferencia nos dicen como combinar los valores verdaderos. MYCIN tiene su propio método de combinación de fórmulas cuando la premisa de una regla es evaluada, cada predicado regresa un valor numérico entre 1 y -1, (-1 nos dice "definitivamente falsa). Con esto la conclusión de certidumbre se efectúa en función del factor de probabilidad de la regla.

En este sentido se pueden emplear distintas aproximaciones probabilísticas; por ejemplo la Regla de Bayes puede utilizarse para calcular la probabilidad, pero con la dificultad de la gran cantidad de datos necesarios para determinar las probabilidades condicionales involucradas.

Otra aproximación al razonamiento inexacto que difiere de la lógica clásica es la lógica difusa (FUZZY) discutida por Zadeh y otros. (Ver referencia)

En esta lógica una expresión de la forma "X es un número grande" se interpreta como aquella que efectúa una denotación imprecisa caracterizada por un conjunto difuso (FUZZY SET).

Un conjunto difuso es un grupo de valores en correspondencia con probabilidades asignadas, por ejemplo:

Proposición difusa (FUZZY): X es un número grande

Conjunto difuso correspondiente: $(X \in (0,10), 0.1)$

$(X \in (10,1000), 0.2)$

$(X > 1000, 0.7)$

La interpretación de la proposición "X es grande" es: "X será menor que 10" con una probabilidad de 0.1, ó entre 10 y 1000 con una probabilidad de 0.2 y así sucesivamente. Los valores difusos son un intento de caracterizar una proposición que denote imprecisión. La lógica difusa trabaja con las leyes de inferencia para los conjuntos difusos; es útil en el razonamiento relacionado con datos poco confiables pero debe contar con una interpretación adecuada de los datos como proposiciones difusas.

Las aproximaciones con pseudoprobabilidades y conjuntos difusos para el razonamiento con datos parciales y poco seguros parten del cálculo de predicados para introducir una noción de inexactitud.

Algunos otros métodos de razonamiento con datos y conocimientos no confiables han sido propuestos, todos ellos relacionados con probabilidades utilizando lógicas modificadas para manejar aproximaciones y medidas numéricas para combinar evidencias.

Se han propuesto también el uso de métodos exactos de inferencia en datos dudosos. Aunque menos utilizados permiten realizar una interpretación de los datos, que evita la redundancia y la necesidad de efectuar correcciones; siempre bajo el control de un sistema checador (programa especial).

3. Datos variantes en el tiempo

Algunos sistemas expertos trabajan con procesos que incluyen razonamiento acerca de situaciones que cambian con el tiempo. Una de las primeras aproximaciones en inteligencia artificial para considerar, estos casos fue el cálculo de situaciones introducido por McCarthy y Hayes (1969), para la representación de secuencias de acciones y sus efectos.

La idea central es la inclusión de "situaciones" junto con

otros objetos modelados en el dominio. Por ejemplo, la fórmula:

(on block-1 table-2 situation-2)

Representa el hecho de que el factor buscado se encuentra en la situación-2, del bloque-1 en la tabla-2. Una característica clave de esta formulación es el hecho de ser discreta, lo que le permite ser aplicada en el diseño de robots.

Con esta representación una situación variable puede tomar diferentes valores. Las acciones en el cálculo de situaciones son representadas por funciones cuyo dominio y rango son situaciones, para cada acción un conjunto de estructuras axiomáticas caracterizan el conjunto de afirmaciones que permanecen fijas mientras ésta se efectúa.

Una técnica comúnmente utilizada en estos casos son las llamadas reglas de transición; como un ejemplo tenemos la siguiente regla aplicada en un programa que interpreta los datos clínicos de un paciente con el fin de monitorear su progreso postquirúrgico para proporcionarle asistencia en el momento que necesite respiración artificial (mecánica).

SI el estado actual es de "asistencia", y
la respiración ha sido estable por 20 minutos, y
el pulso ha permanecido estable por 20 minutos.
ENTONCES El paciente es puesto en CMV (VENTILACION CON-
TROLADA)

Esta regla gobierna la transición entre el estado de asisten
cia y el de ventilación (CMV). Es decir las reglas de transi
ción controlan el cambio de contexto.

Los programas que necesitan razonar con eventos distantes, re
quieren representaciones más elaboradas de estos en el tiem-
po. Por ejemplo en planeación y predicción se requiere razo-
namiento sobre situaciones futuras. Para estas aplicaciones
el cálculo debe extenderse hasta permitir múltiples posibili
dades con operaciones indeterminadas, conjuntos desordenados
de eventos futuros y acciones posibles de actores no contro
lados. Aunque los sistemas de inteligencia artificial son
capaces de realizar este tipo de razonamiento su construc-
ción exige gran esfuerzo y dedicación.

4. Espacios de búsqueda extensos y fraccionables

En los problemas restringidos, ya mencionados anteriormente
se estableció que los datos y el conocimiento deben ser con
fiables, estáticos y el espacio de búsqueda pequeño.

Se iniciará ahora el estudio de técnicas para el trabajo con espacios de búsqueda muy grandes.

En muchos procesos de análisis de datos, es deseable encontrar que cada interpretación es consistente con el dato. Esta actitud conservadora es generalmente, utilizada en aplicaciones con alto riesgo como el diagnóstico médico. Una aproximación sistemática puede considerar todos los posibles casos y excluir las inconsistencias de los datos. El razonamiento por eliminación ha sido familiar para los filósofos por años, pero en este caso se considera impráctico. La dificultad en su aplicación estriba en que muchas veces no se consideran todas las posibles soluciones.

El programa DENDRAL (Buchanan y Feigenbaum) es probablemente el mejor programa realizado en inteligencia artificial que razona por eliminación (utilizando generación y prueba). La razón de este trabajo es el intento de incorporar la eliminación como método efectivo a través del ciclo de generación y prueba.

Este es un método apropiado cuando lo importante es encontrar todas las posibles soluciones de un problema; para que sea aplicable es necesario que el generador de soluciones divida el espacio de búsqueda de tal forma que permita rea-

lizar eliminación de soluciones o clases de éstas en las primeras etapas del proceso, de acuerdo con algún criterio de evaluación o prueba.

5. Soluciones parciales sin evaluación

El método de generación y prueba se utiliza en muchos problemas que suponen espacios de búsqueda amplios. La dificultad más común es que frecuentemente el generador de soluciones no se encuentra fácilmente en el proceso de eliminación. Los problemas de diseño y planeación son de esta naturaleza; en estos generalmente no se puede decir si el fragmento de un plan o diseño es parte de una solución completa y satisfactoria, es decir no se tiene un evaluador confiable de soluciones parciales. Considerando esta situación se mencionará a continuación un ejemplo de la solución de problemas sin eliminación inmediata: Estas aproximaciones parten de la idea común de abstracción del espacio de búsqueda, pero difieren en las suposiciones acerca de la naturaleza de este espacio. La abstracción enfatiza las consideraciones importantes de un problema y permite que estos sean divididos en subproblemas.

El caso más sencillo es el de una participación fija en el espacio abstracto de soluciones de alguna aplicación. Podemos ilustrarlo con el programa R1 reportado por McDermott (1980). El área de aplicación de R1 es la configuración de

los sistemas de cómputo VAX de Digital Equipment Corp.

La entrada al sistema es el pedido de algún cliente y la salida es un conjunto de diagramas desplegando las relaciones espaciales entre los componentes seleccionados. Este trabajo incluye elementos sustanciales de diseño. Para producir una solución consistente R1 debe determinar una configuración específica agregando los componentes necesarios. El trabajo de configuración puede ser visto como una jerarquía de subprocesos con interdependencias temporales. R1 divide el proceso en 6 subproblemas:

1. Determinar si existe algún error en la orden del cliente en cuanto a componentes
2. Colocar los componentes apropiados en la unidad central de procesamiento y sus gabinetes de expansión
3. Colocar cajas en el gabinete del UNIBUS y poner los elementos adecuados
4. Colocar los panels en el gabinete de expansión del UNIBUS
5. Disposición del sistema en el piso
6. Realización del cableado

Las acciones entre cada subproceso son muy variables; estas

dependen de una combinación particular de componentes en el orden y la forma como han sido configurados. Asociado con cada subproceso R1 posee un conjunto de reglas que sostienen dicho trabajo. Como ejemplo de una regla del 3er subproceso se tiene:

SI la actividad corriente es la asignación de una
 fuente de poder, y
 un adaptador del UNIBUS ha sido colocado en el
 gabinete, y
 la posición que ocupa en el gabinete es conocida, y
 hay espacio disponible en el gabinete para la
 fuente, y
 está disponible una fuente de poder, y
 no hay disponible un regulador h7101
 ENTONCES AGREGA un regulador h7101 a la orden.

R1 maneja aproximadamente 800 reglas en la configuración de los sistemas VAX. La mayoría de las reglas son similares a las del ejemplo. Con ellas se definen situaciones en las cuales alguna configuración parcial puede extenderse de diferente manera. Otras reglas describen las relaciones temporales entre los subprocesos para determinar su orden.

En resumen, la abstracción puede ser considerada para aplica

ciones donde existe un espacio de búsqueda extenso sin métodos de eliminación temprana. R1 es el ejemplo de un sistema que utiliza una solución fija y abstracta.

6. Subproblemas sin secuencia fija

Cuando los problemas en alguna aplicación pueden ser divididos en varios subproblemas, la organización descrita anteriormente debe considerarse.

En aplicaciones con más variedad de problemas los conjuntos de subprocesos no fijos pueden producir abstracciones útiles.

La técnica de aproximación TOP-DOWN ajusta la abstracción más propia en cada problema. Los siguientes aspectos de la aproximación son importantes:

- Las abstracciones para cada problema están compuestas por términos que se ajustan a la estructura propia del problema.
- Durante el proceso de solución del problema estos conceptos representan soluciones parciales que son combinadas y evaluadas
- los conceptos se asignan en forma fija y determinan niveles de abstracción
- La solución del problema se genera de arriba hacia

hacia abajo, es decir de lo más abstracto a lo más específico.

- Las soluciones del problema se completan en un nivel, antes de trasladarse al siguiente descendente.
- Entre cada nivel los subproblemas se resuelven en un orden independiente (lo que crea un ordenamiento parcial de los estados abstractos intermedios)

Por lo tanto podemos decir que la característica más importante del diseño (TOP-DOWN) DE ARRIBA-ABAJO es la flexibilidad de las abstracciones. Los estados de abstracción son individualmente construidos para ajustarse a cada problema específico.

El mejor ejemplo de un sistema que utiliza esta aproximación es el ABSTRIBS (Sacerdoti, 1974). Este sistema planeaba las rutas para un robot que movía objetos entre diferentes lugares (ver referencias).

7. Interacción de subproblemas

Una de las principales dificultades con la técnica TOP-DOWN es la falta de realimentación del proceso de solución de problemas. Este supone que la misma clase de decisiones pueden hacerse en el mismo punto (el nivel crítico) para todos los problemas del dominio. Una aproximación conocida como princi

pio del mínimo compromiso se basa en una forma diferente de conducir el proceso de razonamiento; la idea básica consiste en que las decisiones no pueden ser hechas arbitrariamente o prematuramente mientras no haya suficiente información.

El razonamiento que toma como base este principio requiere de las siguientes características:

- La habilidad para saber cuando hay suficiente información para tomar una decisión.
- La habilidad para suspender la actividad de solución del problema sobre un subproblema cuando la información sea escasa
- La habilidad para moverse entre subproblemas cuando la información esté disponible.
- La habilidad para combinar información de diferentes subproblemas

Un ejemplo de este modo de razonamiento es el sistema MOLGEN (Stefick, 1981), que es un experto en el diseño de experimentos de genética molecular. La arquitectura de MOLGEN comprende la representación e interacción entre subproblemas así como sus restricciones de propagación. MOLGEN utiliza operadores explícitos para razonar con restricciones y alter

na estrategias de mínimo compromiso y heurísticas en la búqueda de soluciones.

Con la primera estrategia MOLGEN hace una selección sólo cuando las restricciones hacen lo suficientemente confiable una alternativa. La solución del problema se puede suspender y es pospuesta si no se cumple esta condición.

Las restricciones de propagación son los mecanismos para mover la información entre subproblemas, lo que permite a MOLGEN explotar las decisiones en diferentes subproblemas.

Así podemos concluir que el principio del mínimo compromiso coordina la toma de decisiones con la disponibilidad de información y mueve el foco de la actividad de solución del problema entre los subproblemas activos.

Este principio no es de gran ayuda cuando hay muchas opciones y no se puede forzar el razonamiento para seleccionar una. En estos casos algunas formas de razonamiento deductivo son necesarias.

8. Necesidad de Suposiciones

La suposición o razonamiento deductivo, es parte inherente de la búsqueda heurística. Por ejemplo el generador; en un

sistema de generación y prueba supone las soluciones parciales que puede probar. En la técnica de TOP-DOWN, la cual implícitamente asume que es capaz de realizar abstracciones refinadas de soluciones específicas, se presenta el mismo caso.

otros ejemplos en donde la suposición es importante son los siguientes:

- Muchos sistemas expertos necesitan trabajar con conocimientos incompletos y es posible que sean incapaces de determinar la mejor solución. En tales casos los sistemas están imposibilitados para concluir sin hacer alguna suposición. Ejemplos de estas suposiciones son los razonamientos hipotéticos vistos anteriormente.
- Un espacio de búsqueda puede ser denso en soluciones. Si las soluciones son completas e igualmente deseables, no es necesario considerarlas todas; la suposición puede ser eficiente.
- Algunas veces se aplican formas efectivas para la convergencia de soluciones por aproximaciones sistemáticas, en estos casos es apropiado suponer las soluciones sin terminar el ciclo de convergencia.

La dificultad con las suposiciones es la identificación de aquellas que están equivocadas y su modificación para hacerlas eficientes.

El razonamiento deductivo es benéfico para arquitecturas con características particulares, como en el caso del sistema llamado EL (Sussman, 1977). El razonamiento con base en las leyes eléctricas es utilizado por este sistema para calcular los parámetros eléctricos (voltaje o corriente) en el nodo de un circuito a partir de los parámetros de otros nodos. EL utiliza sólo unas cuantas leyes, tales como la ley de Ohm y la ley de Kirchoff para la corriente.

El poder de este sistema radica en la forma exhaustiva como aplica estas leyes y la habilidad para razonar con estas simbólicamente.

En general el análisis implica 2 etapas: deducciones como primer paso y coincidencias. En la primera etapa las deducciones son aplicaciones directas de las leyes eléctricas. Una coincidencia ocurre cuando la deducción del primer paso hace que se asigne un valor a un parámetro del circuito que ya ha sido evaluado. En el tiempo de una ocurrencia, es muy posible encontrar el resultado de la ecuación para algu

na variable en términos de las demás, esto permite que EL elimine las variables desconocidas. El método puede ser extendido a cualquier dispositivo donde las leyes eléctricas sean invertibles y el álgebra necesaria para el razonamiento simbólico sea manejable.

Un aspecto importante de EL es su habilidad para recuperar suposiciones tentativas. Es un ejemplo claro de la organización requerida para un razonamiento deductivo. Tiene la capacidad de modificar suposiciones incorrectas y puede manejar las contradicciones para encontrar las consecuencias de las suposiciones hechas (ver referencias)

9. Líneas de razonamiento

En la explicación de como ha sido resuelto un problema, podemos percatarnos de que existen errores u omisiones, debido a que se pudo haber seguido una ruta de solución muy directa de principio a fin. En el desarrollo de las conclusiones acerca del problema y su solución, la impresión final puede ser de extravío.

Actualmente, hay muchas e importantes razones para utilizar líneas de razonamiento múltiple en la solución de problemas. Los sistemas que utilizan razonamiento múltiple intentan ensanchar el alcance de una búsqueda incompleta o combinar los esfuerzos de modelos separados. Una aplicación con

este tipo de razonamiento proporciona diversas opciones para la propagación de la información. La solución de problemas en función de esta idea trata de combinar puntos de vista diferentes.

10. Fuentes múltiples de conocimiento

Un ajuste importante en el uso de razonamiento múltiple es la utilización de fuentes múltiples de conocimiento. Este tipo de sistemas puede coordinar diversas fuentes por medio de un scheduler. Todos los sistemas involucrados deben utilizar espacios uniformes de abstracción, es decir utilizan el mismo vocabulario en la búsqueda de la solución final y difieren únicamente en la cantidad de detalle. Además la diversidad de conocimientos necesarios para resolver este tipo de problemas justifica la aplicación de espacios heterogéneos de abstracción.

Articulando todas las ideas presentadas anteriormente se pueden tomar decisiones sobre que es lo esencial e importante en el diseño de los sistemas expertos según sea el tipo de aplicación.

Cualquier sistema es producto de su tiempo. Los constructores de estos, trabajan necesariamente con un conjunto de ideas y controversias las cuales deben confrontar con las limitaciones de sus recursos.

La constante actividad en el diseño de nuevas arquitecturas propiciada por el avance tecnológico, indica que la teoría en la construcción de sistemas inteligentes está muy lejos de ser completa.

Representación del conocimiento

En las ciencias de la computación una buena solución depende de la calidad de la representación de la información. Para la mayoría de las aplicaciones en inteligencia artificial, el seleccionar la representación es aún más difícil, ya que las posibilidades son substancialmente mayores y los criterios menos claros.

La elección del método de representación es crucial para los estados de razonamiento y conocimiento de los sistemas inteligentes.

En contraste con los sistemas de bases de datos convencionales, los sistemas expertos necesitan una base de conocimiento (datos) con diversas clases de información. Esto incluye, pero no se limita a conocimientos acerca de objetos, de procesos y el conocimiento más difícil de representar que es aquel que se refiere al sentido común. Los intentos por extender la representación del conocimiento en esta área reúne muchas cuestiones:

- ¿Cómo estructurar el conocimiento explícito de una base de conocimiento?
- ¿Cómo codificar las reglas para manipular el conocimiento en la base, para inferir el conocimiento implícito en esta?
- ¿Cómo se realiza el control de inferencias?
- ¿Cómo se formaliza la semántica de la base de conocimiento?
- ¿Cómo se representa el conocimiento incompleto?
- ¿Cómo extraemos el conocimiento de la base?

En los primeros trabajos sobre sistemas inteligentes, la representación del conocimiento no fué reconocido como un problema importante propio de estos; sí bien generalmente incorporaban el conocimiento indirectamente a través de reglas y estructuras de datos. Por ejemplo, el sistema de razonamientos SIR utilizó las propiedades del lenguaje simbólico LISP para representar y hacer inferencias acerca de la información adquirida por los usuarios; el sistema DEACON usó estructuras de anillo para codificar muchas clases de conocimiento incluyendo información variable en el tiempo.

A mediados de los 60's la representación del conocimiento surgió lentamente como una área separada de estudio. Diferentes aproximaciones a la representación del conocimiento empeza-

ron a manifestarse obteniéndose como resultado varios formalismos aún utilizados.

Las aproximaciones más importantes en uso actualmente son: las redes semánticas, lógica de primer orden, Frames (estructuras) y sistemas de producción.

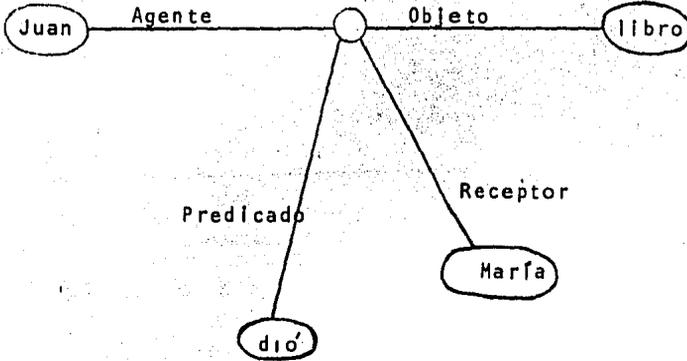
Redes Semánticas

Finalizando los 60's, M. Quillan, S. Shapiro y otros empezaron a discutir lo que más tarde se conocería como esquemas de representación con redes semánticas. Dos de las cuales se muestran en la fig 5.1.

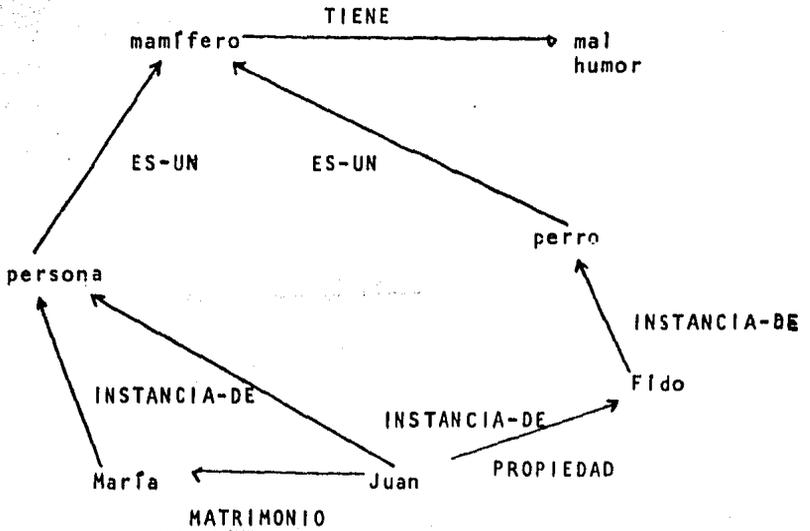
Aunque actualmente existen muchos tipos de estas redes, la mayoría de los esquemas consisten de (1) una estructura de nodos (representando conceptos) y (2) con conjunto de procedimientos especializados de inferencia que operan en la estructura de datos. Pasados los años quizá la estructura más popular es una jerarquía de nodos conectados por ligas nominadas IS-A(ES-UN). Este término es utilizado para describir la existencia de una relación general entre un sub-concepto como perro y el superconcepto "mamifero" o sea "el perro ES-UN mamífero".

El tipo de inferencia utilizado comunmente lleva implícita

FIG. 5.1 DOS EJEMPLOS DE REDES SEMANTICAS



(a) " Juan le dió el libro a Marfa"



(b) Jerarquía con ligas

la herencia de información de los niveles más altos de la jerarquía descendiendo a través de las ligas IS-A. Tal organización permite que la información sea compartida entre muchos nodos y así conduce a una economía en la representación a gran escala.

Lógica de primer orden

La utilidad de la lógica de primer orden en la representación del conocimiento se hizo evidente en los años 60's primeramente como resultado de la investigación sobre mecanismos para la solución de problemas en inteligencia artificial (Nilsson). Muchos estudios se realizaron directamente en la investigación de la utilidad del principio de resolución como técnica de inferencia en varias aplicaciones. Otras investigaciones intentaron reconstruir los formalismos lógicos en una estructura orientada a la computación.

Algunos ejemplos son el formalismo de PLANNER, el paradigma de planeación de STRIPS y más recientemente el lenguaje de programación PROLOG.

Todos los trabajos se enfocan a una discusión intensa sobre los pros y contras de la lógica con base en aproximaciones para la representación. Se han expuesto criterios acerca de la falta de un esquema explícito que señale el conoci-

miento relevante, la inconveniencia del manejo del conocimiento incompleto y las limitaciones de la inferencia deductivas. Sin embargo la lógica reúne muchos contrargumentos para todos estos criterios y no hay duda de que la precisión formal e interpretabilidad de la lógica es útil y proporciona un elemento de expresividad que otros esquemas de representación no tienen.

Frames

M. Minsky propuso la utilización de una forma de organizar la base de conocimiento a partir de su división en fragmentos altamente modulares "siempre modificables" llamados Frames. Un Frame es una estructura que liga al mismo tiempo el conocimiento sobre una situación específica. Esta compuesta por un conjunto de huecos (slots) y valores que definen una situación. Los frames proporcionan una idea de como completar una situación que no existe en el sistema de reglas.

Una colección de frames es un modelo relacional, una herramienta conveniente para describir datos y relaciones.

Estas estructuras han sentado las bases de otras escuelas en la representación del conocimiento, y han hecho posible gran variedad de aplicaciones tales como visión computarizada y los lenguajes naturales de comprensión.

Los frames son particularmente útiles cuando son aplicados para representar ciertos conceptos o eventos estereotipados. (ver fig 5.2).

Cuando alguno de estos conceptos o eventos son reconocidos; los huecos (variables frame) dentro del frame pueden ser ocupados por estos, representando por medio de señales (símbolos) los actores o acciones actuales. Después de este primer paso, mucho del conocimiento recopilado puede recogerse directamente del frame. Claro que gran parte del conocimiento puede deducirse a través de inferencias únicamente y muchas aproximaciones a frames se extienden a como y cuando hacer tales inferencias.

Sistemas de producción

Esta es otra forma de representar el conocimiento. Propuestos por Newell, los sistemas de producción fueron presentados originalmente como modelos de razonamiento humano. Un conjunto de reglas de producción (esencialmente formadas por parejas "patrón-acción") operan en un espacio reducido de conceptos relevantes en la memoria, (aunque en versiones recientes se tiende a tener una memoria ilimitada de conceptos). Las reglas de producción son estructuras IF-THEN que se aplican en el reconocimiento de situaciones.

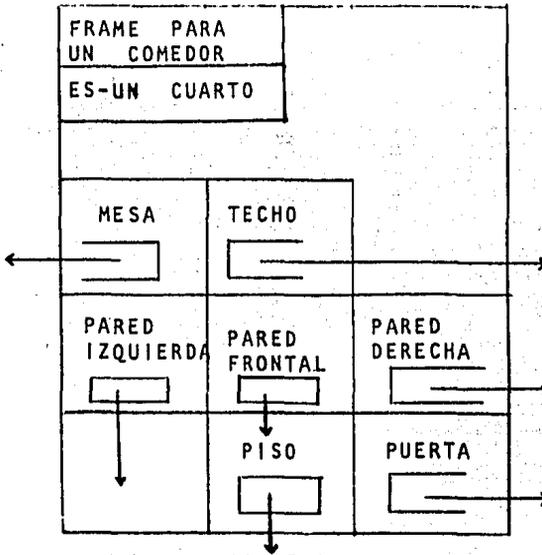


FIG. 5.2

Se muestra un "frame" para un comedor estereotipado. Las ligas representan huecos y apuntan a frames específicos, pared, piso, puerta, mesa etc; cuando un comedor es reconocido.

- P1 IF la categoría es una forma o un color o una textura
THEN el objeto tiene una apariencia
- P2 IF la categoría es una apariencia o un olor o una cualidad táctil
THEN el objeto tiene una cualidad externa
- P3 IF la categoría es un tamaño o una cualidad externa o una masa o
substancia
THEN el objeto tiene una cualidad física
- .
- .
- .
- .
- .
- .

FIG. 5.3 Sistema de Producción

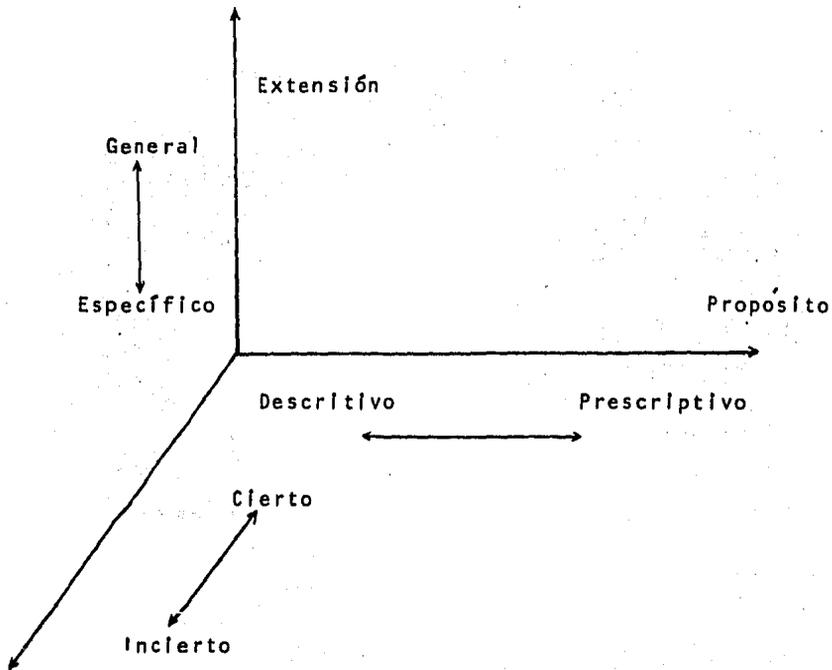
La parte del IF es una lista de objetos espectantes y el THEN es una lista de acciones a tomar. La del IF contiene un conjunto de condiciones y premisas en las cuales la regla es aplicable. La parte de la acción presenta las conclusiones apropiadas a ejecutar cuando las condiciones son satisfechas.

Dos de las ventajas del uso de reglas de producción para representar el conocimiento son, la modularidad con la cual pueden ser adicionadas las reglas y la uniformidad en la estructura con la cual el conocimiento se codifica (tiene la misma sintáxis).

Un control cíclico básico trata de probar cada regla en turno ejecutando la acción de la regla sólo si el patrón corresponde totalmente. La representación del conocimiento como parejas patrón-acción proporciona una manera muy natural de extraer y codificar las reglas básicas de conocimiento en muchas aplicaciones. Actualmente estos sistemas de producción son muy utilizados en la construcción de sistemas expertos. (ver fig 5.3).

Aspectos básicos en la representación de conocimiento

Qué conocimiento puede ser representado?. La fig 6 muestra



(FIG. 6) Dimensiones del Conocimiento

Clase de conocimiento	Conocimiento
Específico, Descriptivo, Cierto	Un perro es un mamífero
Específico, Descriptivo, Incierto	Un perro tiene 4 patas
Específico, Prescriptivo, Cierto	Para concluir que X es un perro, se confirma que sus padres son perros.
General, Prescriptivo, Cierto	Para concluir $P(X)$, se debe comprobar $\sim P(X)$ es posible.
General, Descriptivo, Incierto	Los objetos reales son observables.

TABLA 6

tres dimensiones del conocimiento:

1. La extensión del conocimiento fluctua del más general y ampliamente aplicable hasta el específico y poco aplicable
2. El propósito del conocimiento varía de fines descriptivos a prescriptivos
3. La validez del conocimiento se ajusta a lo cierto o lo incierto.

No obstante que se pueden generar otras formas de clasificar el conocimiento, estas tres dimensiones ayudan a evaluar la función de cualquier elemento particular del conocimiento propuesto para aplicarse en algún sistema.

La tabla 1 ilustra algunos aspectos del espacio del conocimiento. "Un perro es un mamífero" es cierto por definición y tiene relativamente un rango limitado de aplicaciones; por consiguiente la tabla lo caracteriza como específico, descriptivo y cierto. Por otra parte "un perro tiene cuatro patas", es verdadero por definición y tiene un rango de aplicación limitado pero la tabla lo define de manera diferente; porque?

El tener cuatro patas no es una característica definitiva de los mamíferos, aunque casi todos son cuadrúpedos, algunos no cumplen tal condición, lo que incluye un factor de incertidumbre. Una forma segura para clasificar un objeto definitivamente como perro es el hecho de establecer que sus padres son también perros. Esta especificación prescriptiva aparece en la tabla.

Una prescripción más general es entonces la que concluye que alguna proposición $P(X)$ es verdadera para cualquier X probando que su negación es imposible.

Esta clase de reglas pueden aplicarse siempre que el método sea finito, práctico y efectivo.

Actualmente cuando se construyen sistemas de conocimiento, se emplean casi exclusivamente conocimientos específicos cierto o inciertos. La mayor parte del conocimiento descriptivo toma forma dentro de la base de conocimiento, mientras que el conocimiento prescriptivo se distribuye generalmente sobre la arquitectura en sí misma, la base y las inferencias.

El papel de la lógica en la representación del conocimiento Definir la lógica no es un trabajo fácil, aún si consideramos únicamente los sistemas formales desarrollados por los

lógicos matemáticos. Estos sistemas fueron originalmente creados y estudiados con el propósito de encontrar un lenguaje simbólico con el cual se pudieran expresar todas las proposiciones matemáticas. En particular los investigadores querían encontrar un lenguaje que les sirviera para poder expresar un conjunto de verdades matemáticas o axiomas básicos, a partir de los cuales todos los restantes pudieran ser generados por aplicación de un conjunto finito de reglas (combinatorias) de prueba.

Esta situación propició el surgimiento de los lenguajes formales que utilizan lógica de primer orden (cálculo de predicados) como un intento de representar adecuadamente el conocimiento en general.

Un lenguaje formal está constituido específicamente por un vocabulario que se descompone en tipos sintácticos, que permiten desarrollar un conjunto de reglas de formación utilizadas para generar expresiones complejas, en particular términos AND/OR bien definidos que constituyen las fórmulas del lenguaje.

Una vez determinada la sintaxis de un lenguaje, se puede iniciar la especificación de la semántica propia. Se pueden

asignar valores semánticos a las expresiones primitivas del lenguaje, con diferentes valores asociados a los diversos tipos sintácticos. Tales asignaciones son llamadas modelos o interpretaciones. Se pueden tener entonces conjuntos de reglas de interpretación que determinen los valores semánticos de expresiones complejas como una función de los valores semánticos de sus componentes y la formación de reglas sintácticas utilizadas en su generación.

Finalmente se puede especificar un aparato deductivo para el lenguaje. Este aparato puede tomar muchas formas, pero todas contienen un conjunto de reglas de transformación cuya aplicabilidad a un conjunto de expresiones puede ser efectivamente determinado y cuyas salidas pueden determinarse igualmente.

No obstante que en la actualidad existen muchos puntos de vista y corrientes que ponen en duda la efectividad de éste tipo de lenguajes formales con base en la lógica matemática; su aplicación está ampliamente difundida, con resultados positivos; reconociéndose sin embargo algunas fallas en la representación de cierto tipo de conocimiento.

El avance en el estudio de nuevas técnicas de representación en inteligencia artificial hace preveer la aparición de otras

opciones que permitan una aproximación mayor en este tipo de lenguajes. Pero hablando de nuestros días el predominio de los lenguajes formales es claro.

Taxonomía

Un problema fundamental en la construcción de agentes inteligentes de cómputo, es el análisis de una situación para determinar la acción a tomar. Por ejemplo muchos sistemas expertos son organizados en base a conjuntos de reglas de producción (patrón-acción) que caracterizan el funcionamiento del sistema. En tal caso los sistemas operan a partir de la determinación en cada paso de aquellas reglas que satisfacen el estado corriente, actuando entonces sobre éste por la ejecución de una de esas reglas.

Conceptualmente, esta operación envuelve la prueba de cada una de las reglas del sistema en el estado corriente; sin embargo como el número de reglas se incrementa se hace más difícil probarlas todas.

Una aproximación al problema de determinar cuales reglas han sido consideradas para asumir la función de patrón de todas, es la organización de estas en una estructura taxonómica con todas las situaciones y objetos acerca de los cuales el sistema tiene conocimiento.

Por taxonomía, se entenderá una colección de conceptos ligados conjuntamente por una relación generalizada de modo que los conceptos más generales se pueden obtener de ésta. Del mismo modo una taxonomía estructurada permite que la descripción de los conceptos tengan una estructura interna disponible para la computadora, de forma que por ejemplo la colocación de conceptos dentro de la taxonomía pueda determinarse automáticamente.

Una característica de las taxonomías es que la información puede ser almacenada en su nivel más general de aplicabilidad e indirectamente accesada por medio de conceptos más específicos que se dice "heredan" la información. Si esta estructura taxonómica se tiene disponible; las partes de ACCION de las reglas pueden ser ligadas a partir de nodos en la estructura como "piezas de advertencia" para aplicarlas a las situaciones descritas por estas reglas.

El trabajo de determinar las reglas aplicables a una situación dada consiste entonces en la clasificación de la situación dentro de la taxonomía considerando las advertencias.

En conclusión una taxonomía conceptual puede organizar los patrones del sistema de reglas en una estructura eficiente que facilite su reconocimiento.

ENSAMBLADO

Programación

Una de las primeras contribuciones de los investigadores de inteligencia artificial a la ciencia de la computación fue la invención de los lenguajes de procesamiento de listas para la programación simbólica. Estos lenguajes proporcionan primitivas para la manipulación de listas y facilidades en su almacenamiento; lo que permite escribir simbólicamente los algoritmos que intentan generar algún tipo de comportamiento inteligente.

Con esto se resuelve la premisa central en el trabajo de los sistemas expertos que se refieren a la clase de información con la cual el sistema "razona".

Un grupo de miembros prominentes de la comunidad de inteligencia artificial considera que "la contribución fundamental de la inteligencia artificial y la ciencia de la computación en la tarea de unirse con la ciencia del conocimiento ha sido la noción de un sistema físico de símbolos".

Cálculo de predicados

El cálculo de predicados es un amplio estudio de los lenguajes formales y estructuras simbólicas que pueden utilizarse

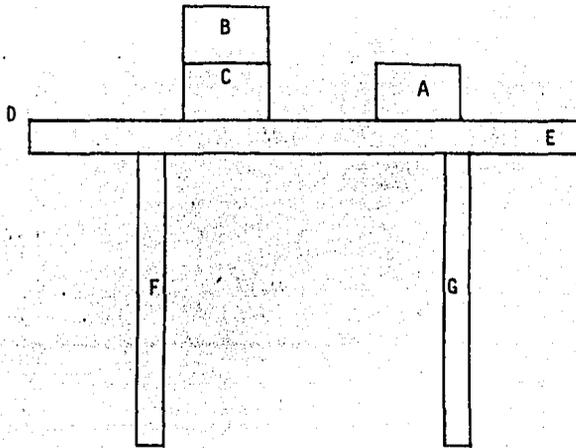
para la representación en una computadora de los algoritmos propios de I.A.

A continuación se darán algunos ejemplos del cálculo de predicados, partiendo de casos sencillos del uso de estructuras simbólicas flexibles aplicadas a la representación de factores; para después mostrar como se efectúan los procesos de inferencia.

La fig 7, es el dibujo de una mesa con algunos bloques sobre ella; donde las estructuras simbólicas representan la información. Escritas en una variación sintáctica (formato prefijo) del cálculo de predicados, estas estructuras se componen de términos y símbolos predicativos. Los términos se utilizan para dar nombre a las cosas y los predicados representan las relaciones entre tales cosas. En este ejemplo A, B,C,D,E,F,G,BLOCK, TABLE, TABLE-TOP, y TABLE-LEG son términos y PART-OF, IS-A y ON son nombres predicados.

En los libros sobre lógica, los predicados simples como los de la fig 7 son llamados proposiciones o fórmulas atómicas.

En adición al uso de símbolos para constantes y predicados, el cálculo predicativo permite que estos se apliquen a fun-



(IS-A A BLOCK)

(IS-A B BLOCK)

(IS-A C BLOCK)

(IS-A D TABLE)

(IS-A F TABLE-LEG)

(IS-A G TABLE-LEG)

(PART-OF E D)

(PART-OF F D)

(PART-OF G D)

(ON A D)

(ON C D)

(ON B C)

FIGURA 7

Cálculo de Predicados

ciones y conexiones lógicas. Las funciones denotan el mapeo entre entidades, por ejemplo:

Si TOP-OF es una función simbólica entonces, (TOP-OF D) indica la superficie de la mesa D. (la presente sintáxis difiere del cálculo de predicados usual, solo en la colocación de los símbolos predicativos. La sintáxis prefija se escogió para representar las estructuras de lista convenientes en el procesamiento de lenguajes simbólicos tales como LISP). Las conectividades son usadas para combinar fórmulas, estas incluyen "A" (AND) "V" (OR) e (implica).

Por ejemplo la fórmula "sea que el bloque A esté sobre la mesa D, o sea el bloque B" puede ser representado en notación funcional como:

$$\text{ON}(A D) \vee \text{ON}(A B)$$

traducido a la notación con listas se puede representar;

$$(\text{OR}(\text{ON } A D) (\text{ON } A B))$$

El símbolo "~" (NOT) es algunas veces llamado conectivo, sin embargo se utiliza para negar una fórmula y no para conectar dos.

El cálculo de predicados puede también manejar expresiones que implican cuantificación, parecidas a "todos los bloques son pequeños"; en notación funcional se expresa como: $(\forall X) \text{BLOCK}(X) \rightarrow \text{SMALL}(X)$

La notación como una estructura de lista puede ser:

$$(\text{ALL } (X) (\text{IF } (\text{IS-A } X \text{ BLOCK}) (\text{SMALLX})))$$

o bien

$$(\text{ALL } (X) (\text{IS-A } X \text{ BLOCK}) \rightarrow (\text{SMALL } X))$$

Estas fórmulas utilizan el símbolo "V"(ALL), el cuantificador universal, para indicar que la fórmula es verdadera para todas las asignaciones de la variable X en las entidades del dominio en discurso. Se dirá entonces que la fórmula se cuantifica en X.

El segundo cuantificador importante en el cálculo de predicados es el de existencia "E"(existe). Este se utiliza para indicar que la fórmula es verdadera para algunas asignaciones de la variable.

Se dice que un cálculo es de primer orden si permite la cuantificación sobre sus términos, pero no sobre predicados o

funciones simbólicas.

Las fórmulas que son construidas sin utilizar términos y fórmulas atómicas y en su lugar manejan conectividades y cuantificadores, se denominan fórmulas "bien-formadas" (well-formed o wffs). El cálculo de predicados proporciona un número de reglas "bien-definidas", por la combinación de estas fórmulas.

En el cálculo una fórmula wff puede dar la interpretación para asignar una correspondencia entre los elementos del lenguaje y las entidades y relaciones del dominio. Para cada símbolo constante debe asignarse su correspondiente entidad y a cada predicado una relación. Cuando la base de datos de una computadora se compone de representaciones simbólicas, el diseñador de ésta, seleccionará un vocabulario de predicados y términos para ser usados definiendo su aplicabilidad. La utilización de una base de datos (de conocimiento en nuestro caso) permite una interpretación de las fórmulas como afirmaciones en el dominio. Por ejemplo la fórmula (PART-OF E D) es un intento por representar que el factor E (la superficie de la mesa) es parte de D (LA MESA).

La fuerza del cálculo de predicados radica en que el lenguaje producido genera interpretaciones muy claras para expresar muchas oraciones. Las leyes de DeMorgan proporcionan un ejem

plo de manipulación que conserva las características de las interpretaciones más comunes.

(NOT (AND A B))

es equivalente a:

(OR (NOT A) (NOT B)) en el cálculo de predicados.

Otro ejemplo es el uso de paréntesis para indicar profundidad en la cuantificación. Las fórmulas

(ALL (X) (SOME (Y) (LOVES XY)))

(SOME (X) (ALL (Y) (LOVES XY)))

dicen respectivamente, "Todos tienen alguien a quien amar" y "Algunos aman a todo el mundo".

Inferencia

Como regla general, un sistema debe ser capaz de inferir factores a partir de aquellos que ya han sido expresados. Esto implica la creación dinámica de nuevas estructuras simbólicas con base en las ya establecidas.

En el cálculo de predicados, nuevas reglas wff son producidas por la aplicación de reglas de inferencia a conjuntos de wff. Considerando el ejemplo manejado anteriormente, se pueden tener las siguientes reglas acerca del predicado ABOVE:

$$(ALL (X) (ALL(Y) ((ON XY) \rightarrow (ABOVE X Y))))$$

"Si X está sobre Y, entonces X se encuentra arriba de Y"

$$(ALL (X) (ALL (Y) (ALL(Z) (AND (ABOVE X Y) (ABOVE Y Z)) \rightarrow (ABOVE X Z))))$$

"Si X está encima de Y, y Y está arriba de Z, entonces X se encuentra sobre Z".

Dadas las reglas wff, se puede utilizar la primera parte inferir que los bloques están encima de cualquier cosa donde se encuentren; esto es:

(ABOVE A D)

(ABOVE C D)

(ABOVE B C)

La segunda regla permite utilizar la transitividad de la relación ABOVE para inferir: (ABOVE B D)

Este concepto está lógicamente incompleto ya que las únicas reglas manejadas son las generadas en la situación específica.

Las reglas lógicas de inferencia (reglas acerca de la lógica que es tomada por las reglas wff dadas para producir reglas derivadas) no se han mencionado. El razonamiento anterior implícitamente utiliza dos reglas de inferencia conocidas como "modus ponens" y especificación universal.

En notación estándar estas se escriben:

modus ponens: $A, A \longrightarrow B \text{ q } B$

especificación universal: $A, (\forall X), W(X) \text{ q } W(A)$

donde el símbolo "q" se utiliza para expresar "producción".

De los estados modus ponens según las reglas wff, A y $A \longrightarrow B$ podemos inferir la regla B.

La especificación universal es similar excepto en que esta utiliza un cuantificador universal. La especificación uni-

versal produce la regla wff $W(A)$ a partir de la regla $(\forall X)W(X)$ donde A es sólo una constante simbólica.

Un ejemplo muchas veces citado de especificación universal es la inferencia siguiente "Sócrates es mortal", producida por las reglas "Sócrates es un hombre" y "todos los hombres son mortales".

La aplicación directa de estas reglas en los sistemas expertos se realiza a través de las reglas wff almacenadas en la memoria de la computadora, con el fin de producir las reglas de inferencia necesarias. Sin embargo su eficiencia disminuye al aumentar la longitud de las inferencias, llegando a generar reglas muy complejas, lo que requiere de sistemas especiales de control.

Siendo la representación un problema crítico en la expresión del conocimiento y el cómputo de sus consecuencias; los formalismos lógicos expresados a través del cálculo de predicados se convirtieron en la herramienta fundamental para expresar los patrones intuitivos de razonamiento; por medio de los lenguajes simbólicos para configurar las Bases de Conocimiento.

LISP fue de los primeros lenguajes que utilizó esta técnica.

Surge en 1958 como resultado de los estudios de John McCarthy en el M.I.T.

Desde su aparición LISP ha sido el principal lenguaje de programación en inteligencia artificial en gran parte por razones históricas. Con el tiempo han surgido muchas versiones modificadas entre las cuales tenemos: Q-LISP, MAC-LISP, V-LISP, INTER-LISP, UCI-LISP.

Sin embargo, el desarrollo de las técnicas de la ingeniería del conocimiento progresan notablemente y se han generado recientemente el manejo de lenguajes especiales para cada sistema según sus necesidades específicas; de esta manera surgieron lenguajes con modificaciones y mejoras a las deficiencias al cálculo de predicados, tales como: SAIL, POP-2, PLANNER, FUZZY y PROLOG. Además de lenguajes diseñados especialmente por los constructores de los sistemas para funciones particulares en cada uno de ellos, con la tendencia a utilizar técnicas diferentes al cálculo predicativo.

Esto no descarta la posibilidad de utilizar los lenguajes convencionales (Fortran, Algol, Pascal etc.) para los mismos fines, siempre y cuando se ajusten a los requerimientos de la aplicación planteada. No obstante carecer en su mayoría de las estructuras de lista propias de los lenguajes simbólicos, permiten aplicar el cálculo de predicados a través de

estructuras condicionales y/o proposiciones lógicas AND/OR, obteniéndose programas más elaborados pero con buenos resultados.

Refinamiento

En el curso de la construcción de un sistema experto, este se encuentra en constante revisión, lo que comprende reformulación de conceptos, rediseño de representaciones o depuración del sistema implementado.

El refinamiento del sistema normalmente implica un reciclaje a través de los periodos de implementación y prueba con el fin de revisar o ajustar las reglas y sus estructuras de control hasta que se obtiene el funcionamiento esperado.

Los cambios específicos realizados en el proceso de refinamiento dependen de las características del esquema de representación utilizado en la construcción de la base de conocimiento y del tipo de actividad predominante en la actividad de solución del problema.

El resultado de la revisión debe ser una convergencia en la ejecución, una vez que la profundidad en el razonamiento del sistema experto se ha estabilizado. Si esto no ocurre, el

ingeniero del conocimiento deberá realizar modificaciones más drásticas en la arquitectura o en la base de conocimiento. Por ejemplo, si en el funcionamiento se sufre de deficiencias intratables relacionadas con el punto crítico de la selección de formas de representación, estas pueden ser cambiadas. Esto se llama rediseño, es decir una renovación a través del estado de formalización con la nueva representación.

Si las dificultades son aún más serias, es decir si se trata de errores de conceptualización o identificación será necesaria una reformulación de algunos de los conceptos (objetos, relaciones o procedimientos) utilizados en el programa. Presentandose la necesidad de incluir fuentes adicionales de datos o conjuntos de conclusiones que enriquezcan la base de conocimiento.

Por otra parte se hace necesaria una revisión constante de la base para detectar posibles inconsistencias semánticas. Esto ayuda a encontrar la falta de claridad en el conocimiento existente y el que será agregado, con lo cual se indican las partes de la base que están fallando.

La optimización en el funcionamiento de los sistemas expertos debe extenderse a las herramientas de apoyo como editores

sistemas de adquisición de datos, sistemas de control, etc, para contar con mantenimiento global del sistema.

3. DISEÑO DE UN SISTEMA EXPERTO

Aplicado a la Planeación Municipal de Bibliotecas Públicas.

3.1 Sistema municipal de diagnóstico y asignación bibliotecaria.

Definición del problema

Se trata de determinar el efecto generado por el establecimiento de bibliotecas públicas sobre el desarrollo de un municipio; así como la dotación óptima de libros en cada una de ellas, según las características socioeconómicas propias de la microregión donde se ubica dicho municipio.

Conceptualización

Como primer paso se definieron un conjunto de variables relacionadas con el grado de desarrollo socioeconómico de la po-

blación de algún país.

- a). Bienestar económico, medido por el ingreso per cá
pita anual en pesos (Z)
- b). Nivel de salud, medido mediante dos indicadores:
 - i). La esperanza de vida al nacer (W), medida en años
 - ii). La mortalidad infantil (TM), medida como el promedio de niños menores de un año que mueren por cada mil niños de ese grupo de edad.
- c). Nivel de instrucción, medido a través de dos indi
cadores:
 - i). La proporción de adultos alfabetizados, medi
da como el porcentaje de población mayor de 15 años que sabe leer y escribir (Y).
 - ii). El nivel educativo de la juventud, medido co
mo el porcentaje de jóvenes de 12 a 17 años inscritos en la escuela secundaria (AS).
- d). Responsabilidad familiar, medida por la tasa bruta de natalidad, es decir el promedio anual de nacimien
tos por cada mil habitantes (TBN).

Estos seis indicadores, configuran un espacio de seis dimen
siones a lo largo de ejes no ortogonales, dado que entre

ellos existen relaciones nulas.

Analizando estadísticamente estos indicadores socioeconómicos se definió un factor único que los incluye a todos, denominado Nivel de Desarrollo Socioeconómico (D), que caracteriza el desarrollo de un país.

Este indicador se calcula para un conjunto de países con diferentes niveles de desarrollo; obteniéndose a partir de estos el indicador X, que define una relación entre el número de volúmenes en bibliotecas públicas per cápita en un país y su nivel de desarrollo socioeconómico (D).

Sobre esta base se planteo un modelo causal (lineal) que relacionara los distintos indicadores, de tal forma que permitiera evaluar la magnitud de un cambio en alguno de sus factores causales.

Formalización

El modelo se implementó con base en la técnica econométrica conocida como Análisis de Trayectorias Causales Múltiples (Path Analysis), que maneja interrelaciones causales directas e indirectas entre sus elementos, ofreciendo criterios para la evaluación cuantitativa de cada relación.

Aplicando la técnica a los países escogidos previamente, se

probó finalmente un modelo teórico que cubrió ampliamente las condiciones de un modelo explicativo para la relación entre el número de volúmenes per cápita en bibliotecas públicas del país y el nivel de salud, el nivel de responsabilidad familiar, el nivel educativo y el nivel de bienestar económico. (Ver fig 8).

Las ecuaciones correspondientes son:

$$1). \quad TM = -12.82X + 49.49$$

$$2). \quad W = 1.12X - 0.13TM + 72.95$$

$$3). \quad TBN = -5.39X + 0.17TM - 1.53W + 127.47$$

$$4). \quad Y = 5.56X + 72.43$$

$$5). \quad AS = 9.16X + 0.31Y + 32.92$$

$$6). \quad Z = 216.48X + 8.64Y + 81.12W - 6.02AS - 9.79TBN - 3919.31$$

De los resultados obtenidos con el modelo anterior se concluyó que:

1. La naturaleza de la relación entre X y las demás variables se puede considerar como puramente causal.
2. Esta relación causal se puede descomponer en la mayoría de los casos en una relación causal directa

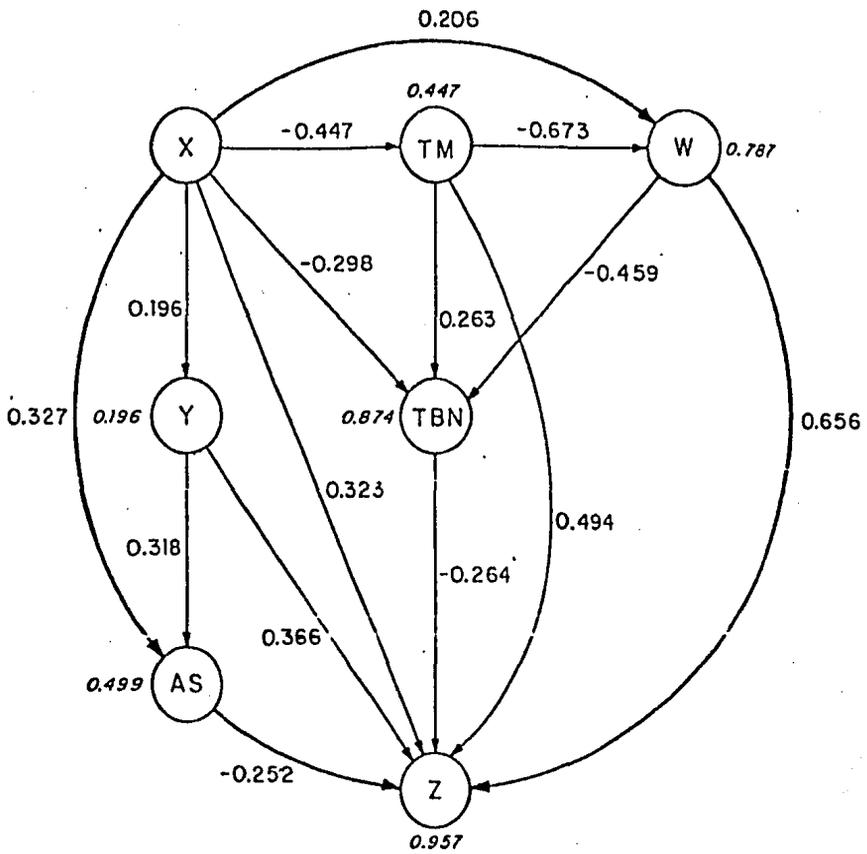


FIG. 8 Relaciones causales en el modelo

y una relación indirecta.

Aplicando el modelo para el caso de México y considerando los efectos potenciales obtenidos al incrementar el acervo de las bibliotecas públicas, se pueden tomar estos resultados como guía para obtener la dotación óptima de las bibliotecas municipales, que es la siguiente parte del problema.

Dotación Óptima de las Colecciones Municipales

Se partió de los valores correspondientes a México de las variables intervinientes en el modelo y que representan valores medios para todo el país.

En relación con estos valores medios, existen municipios marginados que están muy por debajo del promedio en tanto que otros están por arriba.

A continuación se presenta la metodología seguida para dotar a los municipios abajo de la media nacional, de los libros necesarios para que con esa información se puedan generar los cambios necesarios que eliminen sus desventajas con respecto al país.

En primer término se definió una clasificación temática de los libros, orientada a mejorar el estatus social y económico de

los usuarios. La clasificación comprende los siguientes rubros:

1. Formación cívica y política
2. Orientación familiar
3. Capacitación laboral
4. Nutrición, higiene y medicina preventiva
5. Educación sexual
6. Recreación
7. Tecnología doméstica
8. Trámites y gestoría
9. Orientación financiera y empresarial
10. Consulta escolar

Todos estos rubros genéricos están compuestos de subtemas que en conjunto proporcionan toda la información necesaria para cubrir las necesidades en la formación integral de la población.

Para manejar estos rubros en forma más eficiente, se recurrió al modelo desarrollado, identificando en cada relación causal entre dos variables los rubros que permitieron fomentar y reforzar esa relación, garantizando la trasmisión del efecto de la lectura, a los indicadores de bienestar socioeconómico.

De esta forma se determinaron las relaciones causales directas e indirectas entre los indicadores y los rubros definidos. Un ejemplo de dichas relaciones es el siguiente:

-Se afecta directamente la mortalidad infantil (TM), mediante información sobre orientación familiar y nutrición, higiene y medicina preventiva.

De la misma forma se establecieron las relaciones para todos los indicadores del modelo, como se puede observar en la fig 9.

Diagnóstico municipal

El procedimiento de diagnóstico comprende dos etapas:

1. Diagnóstico comparativo del municipio en relación con la media nacional utilizando los indicadores del modelo: TM,W,TBN,Y,AS y Z. Obteniéndose como resultado, la identificación de las áreas deficientes del municipio, para determinar sus condiciones socioeconómicas; lo que permitirá evaluar sus necesidades de información y establecer el acervo que debe cubrir la biblioteca proyectada.
2. Determinación de la vocación productiva del municipio con base en sus recursos naturales, la natura-

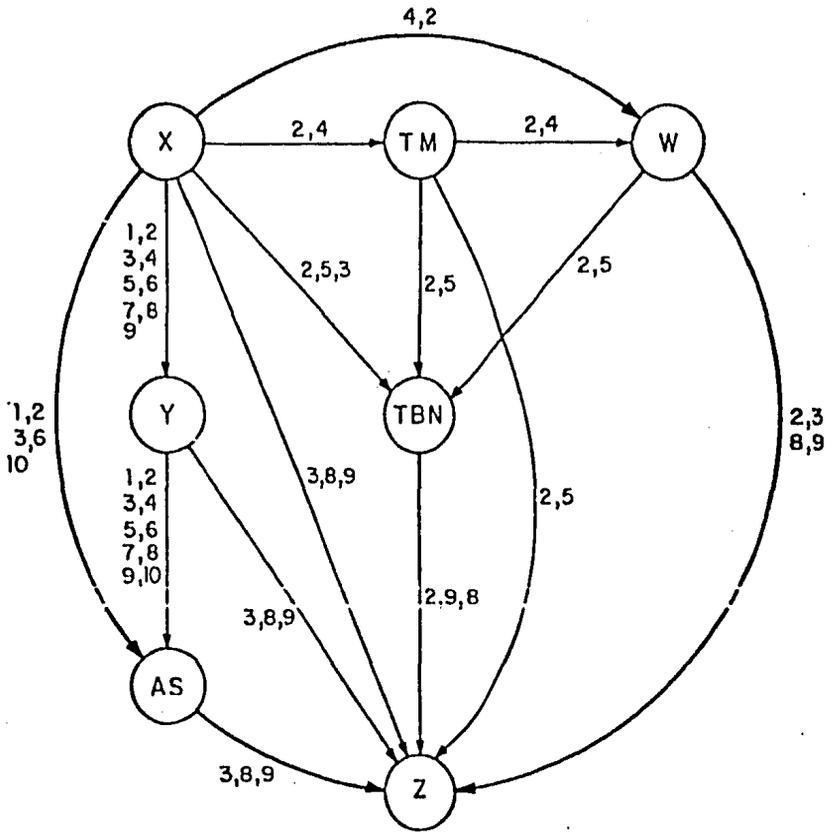


FIG. 9 Incidencia de la temática sobre causales de bienestar

leza de su población económicamente activa y de su planta productiva.

Asignación del contenido temático

Una vez realizado el diagnóstico, el siguiente paso es determinar de acuerdo con la vocación productiva y la situación social del municipio, un índice temático que contenga agrupada en capítulos, la información requerida por la población del municipio para satisfacer sus necesidades de conocimiento, específicamente en lo que se refiere a la capacitación laboral que se considera como el factor más importante en la elevación del nivel de vida de la región³

Una vez planteado el problema de aplicación⁴ se describirán en detalle las etapas en el proceso de construcción del sistema.

Adquisición del conocimiento

Dadas las características del modelo causal, a partir del cual se diseña el sistema; la adquisición de información para construir la base del conocimiento, toma una forma un

³Cabe aclarar que en la presente aplicación del modelo, se limitó la asignación temática; considerando únicamente el rubro de capacitación laboral, pero esto no elimina la posibilidad de definir un índice temático para cada uno de los 10 rubros definidos en el modelo.

⁴Para mayor información sobre el problema, consultar ref 9.

tanto rígida ya que debe apegarse a la recepción de datos numéricos que satisfacen los requerimientos de la estructura definida para el sistema de diagnóstico, que tiene como base un esquema que emplea la técnica de pronóstico denominada, árboles de relevancia (la cual será descrita más adelante) en la determinación de la vocación productiva del municipio y un modelo de programación lineal en lo que corresponde a la dotación óptima de la biblioteca.

La información solicitada en ambos casos consiste, en cantidades numéricas que son respuesta a un análisis cuantitativo compuesto por una serie de preguntas relacionadas con cada una de las fases de diagnóstico.

A partir de dicha información se establecen las condiciones necesarias (el conocimiento sobre el municipio), que permiten al sistema experto proporcionar un apoyo en la toma de decisiones (actuando como consultor) en la planeación de la biblioteca pública.

Arquitectura

La arquitectura del sistema se define a partir de los procedimientos de diagnóstico y asignación desarrollados con base en los resultados del modelo causal. Esto lo hace caer dentro del grupo de sistemas monótonos (entendiendo la mo-

notoneidad como la característica originada por el tipo de relación estática entre los elementos de la red de conocimiento), como podrá apreciarse posteriormente.

A continuación se presentan estos procedimientos, así como las técnicas (herramientas matemáticas utilizadas en ellos) que en conjunto definen las características arquitectónicas y de la base de conocimiento del sistema.

En la fig 10 se presenta un diagrama general por bloques de dicha arquitectura.

Diagnostico

La comparación del municipio estudiado con la media nacional por medio de los indicadores del modelo causal da como resultado la identificación de las áreas deficientes i , asignándoles como medida el número d_i , que corresponde a las desviaciones estándar o fracción que se encuentra por debajo de la media. Este índice se normaliza para que quede como ponderación w_i del área i .

$$w_i = d_i / \sum d_i \quad w_i = 1$$

Para determinar la vocación productiva, se hace uso de una técnica matemática desarrollada para tomar decisiones bajo

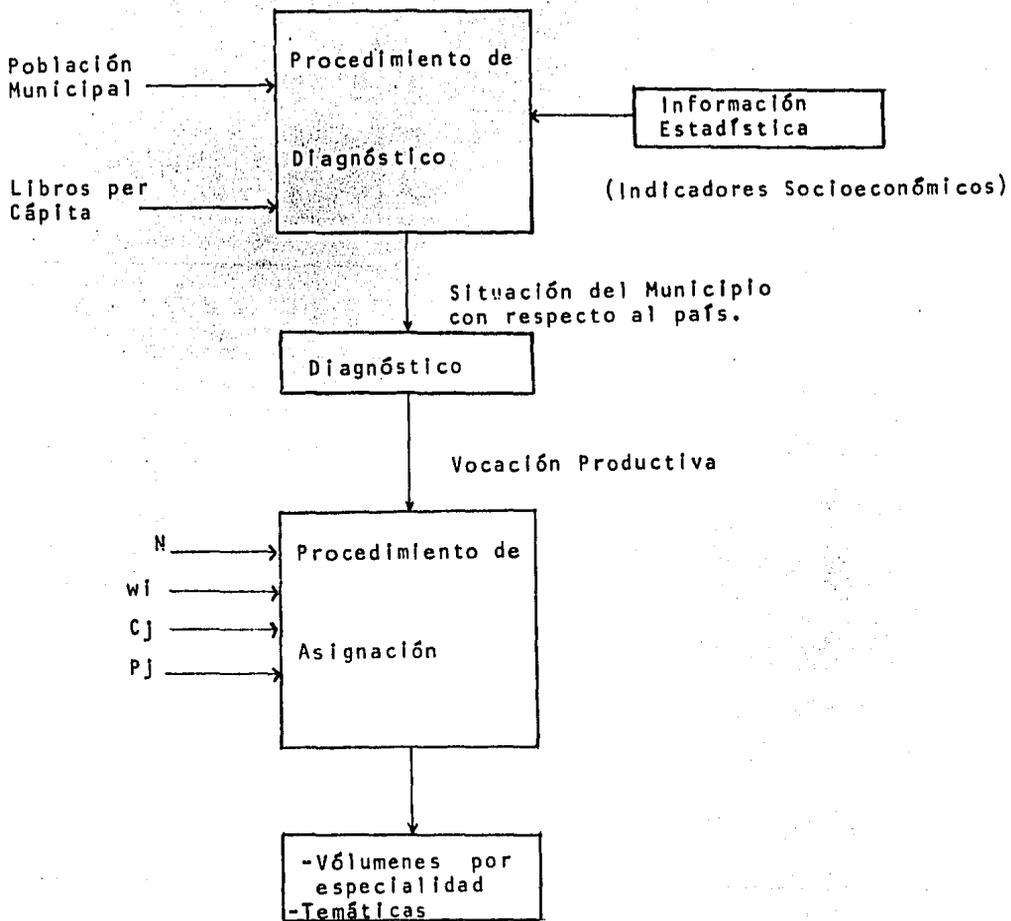


FIG. 10 Arquitectura

condiciones de incertidumbre conocida como árboles de relevancia. Con ésta se da forma a la estructura que contiene la base de conocimiento definiendo implícitamente el espacio de búsqueda del sistema.

La construcción de este espacio, está sujeta a los siguientes pasos:

- Diseño de la estructura del árbol.
- Definición de los criterios para asignar prioridades en el árbol
- Entrada de datos
- Determinación de los números relevantes

Estructura del árbol de relevancia

Una estructura de este tipo, proporciona un medio para organizar la información manejada con el objeto de establecer prioridades relativas para un número grande de variables.

El primer paso es la determinación del área que se va a investigar y una vez hecho esto subdividirla de manera que se obtenga un árbol que permita apreciar cierta jerarquía entre sus elementos. En nuestro caso la vocación productiva de un municipio se encuentra a partir de elementos tales como:

Sectores de la producción, actividades productivas, tipos de productos, etc. Como se aprecia en la sección del árbol generado en nuestro caso, Ver fig 11.

Podemos observar que la estructura está organizada por niveles, asignando en el nivel (0) el área de estudio y dividiéndose progresivamente en niveles de más detalle; con los niveles bajos contenidos en los niveles más altos asociados con ellos, sin perder no obstante su independencia como elementos de la estructura jerárquica.

El árbol resultante en el problema está compuesto de 5 niveles y 98 nodos agrupados en diferentes números por rama, obteniéndose una estructura multiforme que contiene todos los sectores de la producción desglosados.

Definición de criterios

Los criterios son usados en el desarrollo de la estructura de conocimiento como el medio por el cual se pueden manejar juicios que permiten asignar prioridades relativas a todas y cada una de las variables y relaciones, representadas como nodos en el árbol.

El criterio debe aplicarse por igual a todos los nodos pertenecientes a un nivel, con el propósito de uniformizar la

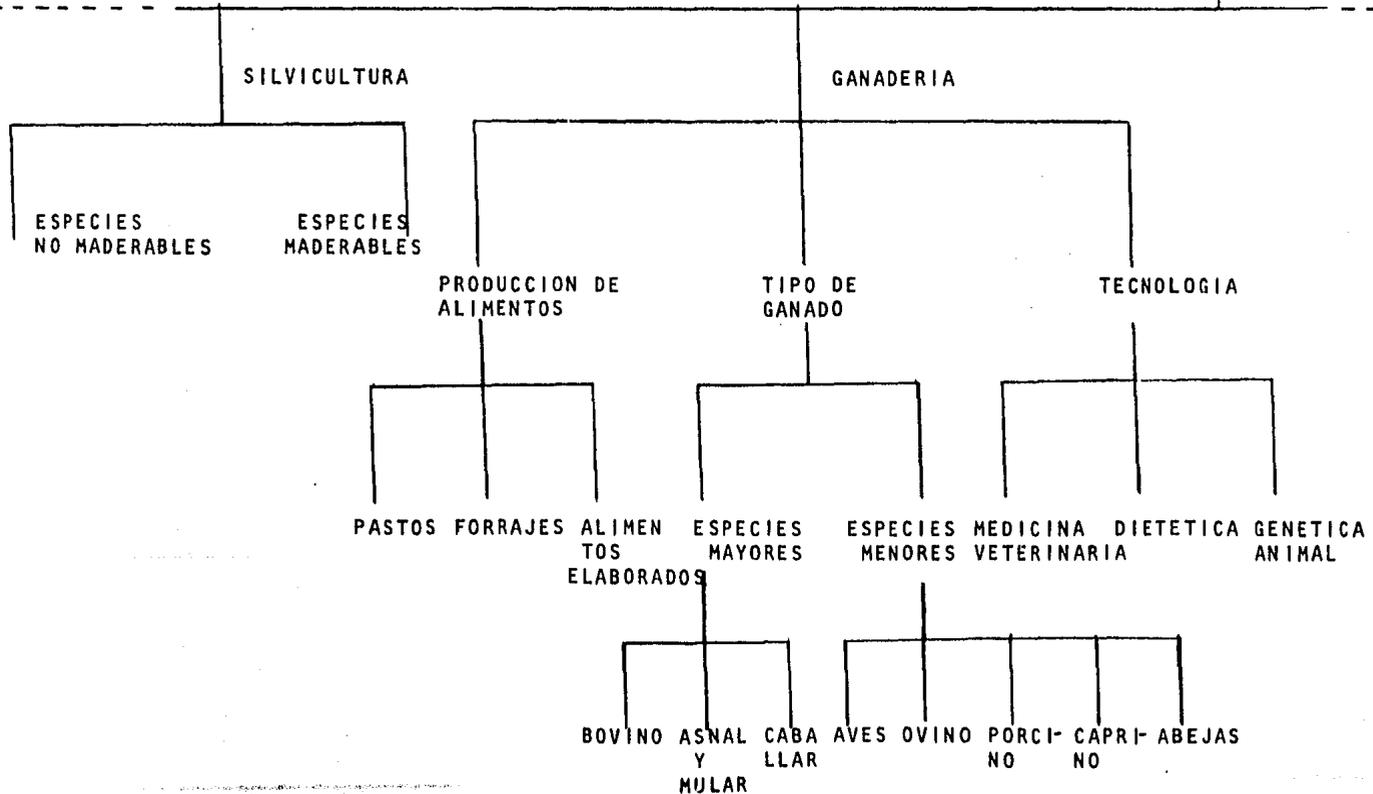


FIG. 11

ARBOL DE RELEVANCIAS (SECCION)

jerarquía, lo que implica que cada nivel tome características específicas en función de las variables que lo componen.

Para caracterizar un municipio productivamente, los dos primeros niveles del árbol manejan el criterio de la población económicamente activa (PEA) ocupada en cada actividad productiva y los tres niveles restantes se sujetan a el criterio del valor de la producción, para cada producto o especie, considerando las unidades requeridas según el tipo de variable. Por lo tanto se puede observar que el árbol de relevancia se ocupará de diagnosticar las actividades más importantes desarrolladas en el municipio, además de los productos relevantes de la región.

Entrada de datos

Como ya se mencionó, la estructura de relevancia incluye la división del área de estudio en "piezas" que están compuestas por nodos y sus hijos para cada nivel. La estructura y los criterios se combinan para permitir la evaluación de cada nodo mediante un grupo de preguntas relacionadas con el subtema definido por el nodo y de cuyas respuestas depende el peso que le será asignado; lo que constituirá su relevancia parcial con respecto a los demás en el árbol.

Un ejemplo del cuestionario aplicado para determinar la voca
ción productiva se muestra a continuación:

*La población ocupada en las siguientes actividades es:
(*Responda a la P.E.A expresada en no. de habitantes*)

-pesca:?	+ 3 500 habs
-silvicultura?	+ 2 000 habs
-ganaderia?	+ 4 500 habs
-agricultura?	+18 000 habs

*Los principales productos pesqueros son:

(*Responda con el valor de la producción (\$) *)

-especies comestibles?	+ 250 586.00
-especies industriales?	+ 59 320.00

.
.
.
etc.

(+) indica que los datos son proporcionados por el usuario

Determinación de los números relevantes

Una vez obtenidas las relevancias parciales (RP) para cada
nodo según el criterio aplicado, se calcula una relevancia

local (RL) que será el resultado de la sumatoria de la relevancia parciales para cada nodo y sus hijos, dividiendo a ca da relevancia parcial.

$$RL = \frac{R_{Pi}}{\sum_{i=1}^n R_{Pi}}$$

donde:

RL: Relevancia local

RP: Relevancia parcial de cada nodo

Posteriormente se obtiene la relevancia total para cada rama del árbol; representada por un número que indica la importancia de cada área de la producción como un reflejo de su relevancia a través de los niveles del árbol.

Los números de relevancia total se calculan como un producto:

$$RT = RL \prod_{n=1}^n R_n$$

donde:

RL: Valor de la relevancia local del nodo evaluado

Rn: Valores de relevancia para cada nodo contenido en una rama desde n...N (valor que pueden ser

único o resultado de un promedio).

- π Es el operador de multiplicación que indica que todos los valores de R_n serán multiplicados.

La obtención de los números de relevancia permite identificar por su valor que áreas son las más importantes en el desarrollo económico del municipio. Siendo estas las que requieran de mayor atención en principio para cubrir las necesidades de capacitación de la población, obteniéndose un esquema que define prioridades en el contenido temático del acervo de la biblioteca.

A partir de dichos valores se realiza una búsqueda de temas bibliográficos relacionados con las áreas de interés para proporcionar una guía temática muy general que cumpla con los requerimientos de la biblioteca municipal.

La búsqueda se realiza sobre un conjunto de temas relacionados con la información contenida en el árbol y almacenados en un archivo de computadora. (Ver Apéndice).

Procedimiento de asignación

Para ser eficaz una biblioteca municipal deberá tener un cubrimiento de 100% en todos los rubros, es decir, deberá tener suficientes libros en cada rubro como para que se cubra

su índice temático. Este requerimiento lleva a definir para cada rubro j el parámetro de cubrimiento, medio por libro C_j , que es la fracción del índice temático total cubierta usualmente por un libro medio de la especialidad.

Además para tener en cuenta las deficiencias del municipio con respecto a la media nacional, el número total de volúmenes de los rubros que inciden sobre un indicador dado i , deberá ser proporcional a la ponderación w_i que se obtuvo del indicador i en el análisis comparativo.

Finalmente se define el parámetro P_j que es el peso que se asigna a cada rubro j , dentro del modelo causal para jerarquizar su importancia en la toma de decisiones. Por ejemplo el rubro (2) "orientación familiar", aparece doce veces en la fig 9 (que representa el modelo), en tanto que el rubro (6) "recreación" solo aparece tres veces. En este caso los pesos correspondientes en el modelo sería 12 y 3. Estos pesos pueden ser modificados, de acuerdo con los objetivos del tomador de decisiones (se puede aumentar el peso de cualquier rubro).

De aquí se desprende la segunda etapa de la estructura del sistema, que plantea el problema de la asignación óptima de libros en la biblioteca municipal. La optimización se rea

liza mediante un modelo de programación lineal en la siguiente forma:

Maximizar una función objetivo relacionada con la importancia de la colección:

$$\text{Max } F = \sum_j P_j X_j$$

donde:

X_j : Número de libros correspondientes al rubro j

P_j : Importancia o peso del rubro j

Las restricciones del problema de maximización son:

1. La cobertura en cada rubro j será de 100%.

$$C_j X_j \geq 1 \quad \text{para todo } j$$

2. La suma de los libros de los rubros que inciden en un indicador i , será igual al peso w_i del indicador por el número total de libros que deberá contener la biblioteca (N).

$$\sum_k X_k \geq w_i N$$

K es el libro que incide en i

3. El número de libros en cada rubro j deberá ser entero positivo.

$$X_j = 0$$

Por lo tanto el modelo lineal es:

$$\text{Max } F = \sum_j P_j X_j$$

sujeto a:

$$C_j X_j \geq 1$$

$$\sum_k X_k \geq w_i N$$

$$X_j = 0$$

La solución al modelo se obtiene aplicando el método SIMPLEX para la optimización de problemas de programación lineal, cuyos resultados permiten encontrar la dotación óptima de la biblioteca municipal en cada uno de los rubros (ver Apéndice). Los resultados obtenidos del modelo de programación lineal deben tomarse simplemente como un indicativo.

Una vez descritos los procedimientos de diagnóstico y asig

nación y detalladas las herramientas utilizadas en el diseño del sistema, podemos concluir que este posee las siguientes características arquitectónicas:

- Modelo matemático como estructura central
- Espacio de búsqueda reducido
- Base de conocimiento monótona (conocimiento estático)
- Datos no confiables (dependen de la calidad de la información estadística)
- Aplicación de los números de relevancia análogos a los factores de certidumbre

Representación del conocimiento

Como se describió anteriormente, la base de conocimiento está constituida por una red arbórea que establece las relaciones de "razonamiento" en el sistema. Por lo tanto se escogieron los sistemas de producción como la representación más adecuada, ya que las reglas IF-THEN son ESTRUCTURALMENTE análogas a las relaciones condicionales presentadas en un árbol de relevancias. Observe la fig 12.

Es decir el cálculo de las relevancias locales para cada nodo del árbol se efectuará siempre y cuando las relevancias parciales o sea la actividad productiva o producto estén pre

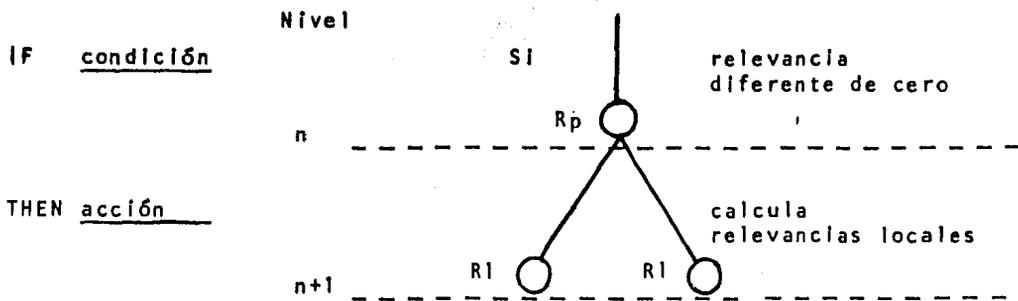


FIG. 12

sentés en la economía del municipio estudiado.

En caso contrario el razonamiento inferirá la no existencia de dichos elementos.

Bajo estas reglas condicionales se aplica el "razonamiento" del sistema, determinando paulatinamente y de acuerdo con los valores proporcionados, la vocación productiva del municipio y posteriormente la composición temática del acervo de la biblioteca planeada.

El sistema razona en condiciones de rigidez debido a la formalidad de las técnicas matemáticas aplicadas y al tipo de información manejada por éstas. Sin embargo la información representada cuantitativamente es reflejo de los criterios tomados por los expertos en este campo de la planeación para la toma de decisiones.

PROGRAMACION*

La programación del sistema es un punto importante en el presente trabajo; ya que toma características muy particulares en función del tipo de aplicación del experto.

Como primer paso se procedió a selección un lenguaje adecuado para programar las estructuras definidas por la arquitec

*El sistema se implementó en el Sistema BURROUGHS 7800

tura y representación del conocimientos. Estas como ya se expuso anteriormente se constituyen de elementos matemáticos por un lado y sistemas de producción por el otro.

La necesidad de manejar las técnicas de programación lineal y árboles de relevancia, hizo difícil la utilización de lenguajes simbólicos (Lisp, Prolog), ya que estos no están orientados hacia aplicaciones de este tipo. Por lo tanto el lenguaje utilizado tendría que facilitar este trabajo, además de permitir la implementación del sistema de reglas de producción.

Se encontró que PASCAL cumplía con los requisitos, ya que sus estructuras de datos permiten la implementación de programas bien estructurados y organizados, con gran flexibilidad en cuanto a tipos de aplicación.

Las características de PASCAL que permitieron la implementación del sistema son:

- Permitir la programación estructura, evitando con esto redundancias
- La facilidad para definir tipos de variables
- La existencia de las estructuras: registro (RECORD), conjunto (SET), (no presentes en ningún otro lenguaje)

je de alto nivel)

-La existencia de la estructura elemental CASE

Este último punto, es importante remarcarlo ya que en base a este tipo de instrucción se elaboró gran parte del esquema de la base de conocimiento del sistema experto.

En otras palabras la instrucción CASE es compatible con las reglas IF-THEN aplicadas por los sistemas de producción existiendo correspondencia en cuanto a funcionamiento; con la ventaja de evitar que los anidamientos de las reglas IF crezcan ilimitadamente lo que ocasionaría lentitud en el recorrido de las instrucciones condicionales.

La similitud de estas instrucciones se puede apreciar a continuación:

IF C1 then		CASE Cn THEN
	S1	1: S1
IF C2 THEN		2: S2
	S2	3: S3
IF C3 THEN		:
:	S3	:
:		:
END		END

De acuerdo con las características del lenguaje se intentó estructurar el sistema con la mayor claridad posible. Para esto se trabajó en su diseño con módulos, dividiendo las funciones de cada uno para darles independencia (con acoplamiento) sin perder al mismo tiempo su integración en los dos grandes módulos que realizan funciones específicas; el diagnóstico municipal y la asignación temática, en ese orden jerárquico, los cuales controlan el resto de los módulos de menor jerarquía (implícitos en ellos).

Con el fin de dar una idea general de la programación del sistema, se describen a continuación brevemente cada una de las rutinas (PROCEDURES) que lo componen, siguiendo la estructura ya definida.

Procedimiento de diagnóstico municipal

Está compuesto por 3 rutinas:

ASIGNACION: Rutina encargada de recibir toda la información solicitada por el sistema y correspondiente a los indicadores socioeconómicos nacionales y municipales.

DIAGNOSTICO COMPARATIVO: De acuerdo con la información estadística del municipio en estudio, determina las condiciones socioeconómicas de éste

con respecto a la media nacional, calculando un indicador porcentual (wi).

AREAS DEFICIENTES: Según sea el valor asignado en la rutina anterior al indicador comparativo, se de finen los rubros que deben considerarse como prioritarios para la biblioteca del municipio analizado.

Método simplex

Solución al problema de programación lineal por medio del método simplex, para lo cual se definen ocho subrutinas que corresponden a las fases del algoritmo de optimización diseñado por Dantzing, bajo los siguientes nombres.

- | | |
|------------------|------------------|
| -CALCULARENGLONS | -REVISARENGLONES |
| -CALCULAMENOSZ | -PRIMERENGLON |
| -ARTIFICIAL | -CALCULA |
| -AGREGAHOLGURAS | |
| -DATOSMODELO | |

Procedimiento de asignación temática

Compuesto por 3 rutinas

- VOCACION PRODUCTIVA: Se encarga de realizar el interrogatorio necesario para establecer el tipo

de economía predominante en la región estudiada

-RELEVANCIAS

De acuerdo con la información proporcionada por el usuario en el cuestionario aplicado por la anterior rutina, efectúa el cálculo de las relevancias correspondientes, asignando el valor a cada nodo del árbol.

-BUSQUEDA

Selecciona dentro del conjunto de temas bibliográficos escogidos y almacenados en un archivo los que concuerden con los valores de relevancia calculados.

Por último se define la rutina IMPRIME, que se encarga de generar la salida del sistema con las conclusiones obtenidas por el experto.

Para mayor claridad ver el Apéndice, donde se presente un listado del programa y los resultados obtenidos.

Refinamiento

Después de hacer un análisis de todas las fases en la construcción del sistema experto, podemos hablar un poco sobre sus propiedades, deficiencias y posibilidades de mejora.

El sistema diseñado como ya se ha mencionado anteriormente, tiene características que lo hacen caer en un punto intermedio, es decir es un híbrido que se obtiene de combinar las técnicas aplicadas en los algoritmos convencionales con una metodología y herramientas propias de la ingeniería del conocimiento, que no obstante cumple con los lineamientos generales de diseño que le permiten ser catalogado como sistema experto.

El sistema puede mejorarse en los aspectos de adquisición de información y en la ampliación del árbol de relevancias y sus relaciones, incrementando el nivel de detalle de la división estructural de los sectores económicos ("piezas del árbol"), llegando a niveles más específicos que incluyan factores como clima, topografía de la región etc, para obtener conclusiones menos generales ampliando así su capacidad de "razonamiento".

Del mismo modo se puede completar el aspecto de asignación temática de libros para cada municipio, en todos y cada uno de los rubros definidos, de forma que la dotación de la biblioteca cuente con una guía completa.

CONCLUSIONES

Se ha presentado una visión general de los sistemas expertos, como una alternativa ante los nuevos retos que el avance de los sistemas de cómputo han tenido y siguen teniendo en las últimas décadas.

El desarrollo de la ingeniería del conocimiento abre la posibilidad de efectuar un cambio cualitativo en la relación hombre-máquina de tal forma que se vislumbra un futuro en el cual los adelantos tecnológicos permitan la utilización de la computadora como un agente que ayude a la humanidad en su proceso de búsqueda de un mundo mejor.

Tratando de participar en este proceso se realizó el presente trabajo, que no pretende otra cosa que contribuir modestamente en la búsqueda de nuevas alternativas de aplicación de los sistemas de cómputo.

Para concretar ésto, se diseñó un sistema experto orientado a la asesoría en la toma de decisiones en la planeación municipal. Guiados por una metodología recientemente formulada que indica los pasos a seguir en el proceso de construcción de un sistema de este tipo y el trabajo realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, en lo concerniente

te a bibliotecas públicas en México.

El sistema puede ampliar sus alcances, modificando la red de conocimiento de forma que puede ser aplicado a diferentes tipos de problemas de planeación municipal.

Uno de los objetivos centrales del trabajo es llamar la atención sobre el hecho de que en nuestro país existen muchas áreas potenciales aún no explotadas por la ciencia de la computación, que debemos empezar a desarrollar en la medida de nuestras posibilidades técnicas y humanas.

De la experiencia adquirida en este trabajo se pueden obtener las siguientes conclusiones:

El desarrollo de este tipo de sistemas requiere de la integración de un número cada vez más grande de profesionales de diversas áreas, para conformar equipos interdisciplinarios que amplíen la visión de los problemas a los cuales puede aplicarse la computación, no confinándola únicamente a problemas técnicos o administrativos, sino ampliando su campo de acción a todas las actividades humanas.

Por otra parte el nivel de desarrollo de la ingeniería en computación en nuestro país es tan limitado que se ha con

vertido en una barrera que es difícil de superar; ya que la ingeniería del conocimiento y sus aplicaciones, requieren de elementos poco desarrollados en México; lo que va en detrimento de la utilidad real de los sistemas expertos.

Sin embargo se pueden contrarrestar estas deficiencias implementando sistemas que combinen las técnicas ya manejadas actualmente con los elementos disponibles en inteligencia artificial, para tratar de no aislarse de la evolución de los sistemas de cómputo y eliminar gradualmente la total dependencia que se padece en la actualidad en este campo; dando impulso a la creación de software propio que es la opción que se puede impulsar en México.

BIBLIOGRAFIA

1. Alderson, Ross. & Sproull, William, Requeriments Analysis, Need Forecasting and Technology Planning, Using the Honeywell PATTERN Technique, Washington, 1973
2. Basden, A, On the application of expert systems, International Man-Machine Studies, 1983
3. Bassols, B. N, Geografía Económica de México, Editorial Trillas, 1979
4. Chandrasekaran, V. & Sanajy, M, Deep Versus Compiled Knowledge Approach to Diagnostic Problem-Solving, Int. J. Man-Machine Studies 1983

5. Duda, R. O. & Nilsson, J. N, Development of a Computer-Based Consultant for Mineral Exploration, National Science Foundation, Washington, 1977
6. Hayes-Roth, F, & Waterman, The Knowledge-Based Expert Systems, Tutorial, IEEE Computer, Septiembre 1984
7. Hayes-Roth, F, Waterman & Lenat, D. B, Building Expert Systems, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1983.
8. IEEE Computer Magazine, Approach to Knowledge Representation, Agosto, 1983
9. Lara, F., Utilidad y dotación óptima de la biblioteca pública en México, Informe interno, Instituto de Ingeniería, UNAM, 1985
10. Lara, F., Metodología para la planeación de caminos rurales, Informe interno, Instituto de Ingeniería, UNAM, 1979.
11. Nilsson, J. N, Problem Solving Methods in Artificial Intelligence, Computer Science Series, 1971
12. Torres Czitrom, Métodos para la solución de problemas con computadora digital, Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1980.

REFERENCIAS GENERALES

A. Barr, E. A. Feingeibaum, The Handbook of Artificial Intelligence, Menlo Park, California, Vol. 1, 1981, Vol 2, 1982

A. Newell, Production Systems: Models of Control Structures, Visual Information Processing, Academic Press, New York, 1973

B. Raphael, SIR: Semantic Information Retrieval, Semantic Information Processing, MIT Press, Cambridge, Mass, 1968.

D. Nav, Expert Computer Systems, Computer, Vol 16, Feb, 1983

D.H. Warren, L.M. Periera, PROLOG-The Language and its implementation Compared To LISP, Sigart Newsletter, No. 64

E.H. Shortlife, Computer-based Medical Consultation: MYCIN, American Elsevier, New York 1976

J. McCarthy, P.J. Hayer, Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence, Machine Intelligence, Vol 4, Michie Ed, New York, 1978

J. McDermott, R1: An Expert in the Computer Systems Domain, Proc. First Annual National Conference A.I, 1980

L.A. Zadeh, A Computational Approach to Fuzzy Quantifiers in Natural Languages, Computers and Mathematics, 1983

M. Minsky, A Framework for Representing Knowledge, MIT A.I. Memo 306, Cambridge, Mass, 1974

P.J. Hayes, In Defence of Logic, Proc. Int'l Joint Conference A.I., Cambridge Mass, 1977

R.K. Lindsay, Applications of Artificial Intelligence for Organic Chemistry: The Dendral Project, McGraw-Hill, New York, 1980

APENDICE

LISTADO DEL PROGRAMA

```

100 PROGRAM DIAGNOSTICO(INPUT,OUTPUT);
200 CONST
300     MAXIMO=30;TABLA=60;
400 TYPE
500     LINEAS=RECORD
600         NUMERO:INTEGER;
700         TEMATICAS:PACKED ARRAY[1..60]OF CHAR;
800         END;(*RECORD*)
900 INDIC=1..MAXIMO;
1000 RANGO=1..TABLA;
1100 PARAMETROS=ARRAY[1..6]OF REAL;
1200 TEMAS=ARRAY[1..6]OF INTEGER;
1300 TABLEAU=ARRAY[INDIC,RANGO]OF REAL;
1400 VECTORES=ARRAY[RANGO]OF REAL;
1500 TIPOREST=ARRAY[INDIC]OF CHAR;
1600 CUBRIMIENTOS=ARRAY[INDIC]OF REAL;
1700 VAR
1800     INDICADOR:INTEGER;
1900     TEMATICAS:FILE OF LINEAS;LINEA:LINEAS;
2000     JERARQUIA:ARRAY[1..68]OF REAL;COLOCACION:ARRAY[1..68]OF INTEGER;
2100     NOMUNI:PACKED ARRAY[1..20]OF CHAR;
2200     MATRIZ:TABLEAU;
2300     SOLUCION,COSTOS,CCOLUMN,RENGLONC,RENGLONZ,CMENOSZ:VECTORES;
2400     RELACION:TIPOREST;
2500     RESTRICCIONES,VARIABLES:INDIC;
2600     TOTALVARIABLES,RANGO;
2700     SOBRECOSTO,VALORESM,DI,SUMATORIA,N,NHAB,LCAP:REAL;
2800     MINPROBLEM,SELEC:BOOLEAN;
2900     CONT:INTEGER;
3000     MEDNAL,DNAL,MEDMUN,DMUN,DEFICIT,NEGATIVOS:PARAMETROS;
3100     RUBROS:TEMAS;
3200     CUB,BASE:CUBRIMIENTOS;
3300     PROCEDURE CALCULARENGLONZ;
3400     VAR
3500         J:RANGO;I:INDIC;TOTAL:REAL;
3600     BEGIN
3700         FOR J:=1 TO TOTALVARIABLES DO
3800             BEGIN
3900                 TOTAL:=0;
4000                 FOR I:=1 TO RESTRICCIONES DO
4100                     TOTAL:=(CCOLUMN[I]*MATRIZ[I,J])+TOTAL;
4200                     RENGLONZ[J]:=TOTAL;
4300                 END;(*FOR J*)
4400             END;(*PROCEDURE CALCULARENGLONZ*)
4500     PROCEDURE CALCULAMENOSZ;
4600     VAR
4700         J:RANGO;
4800     BEGIN
4900         FOR J:=1 TO TOTALVARIABLES DO
5000             CMENOSZ[J]:=RENGLONC[J]-RENGLONZ[J];
5100     END;(*PROCEDURE CALCULAMENOSZ*)
5200     PROCEDURE ARTIFICIAL(I:INDIC;TOTALVARIABLES:RANGO);
5300     BEGIN
5400         IF MINPROBLEM THEN
5500             BEGIN
5600                 RENGLONC[TOTALVARIABLES]:=VALORESM;
5700                 CCOLUMN[I]:=VALORESM;

```

```

00000100
00000200
00000300
00000400
00000500
00000600
00000700
00000800
00000900
00001000
00001100
00001200
00001300
00001400
00001500
00001600
00001700
00001800
00001900
00002000
00002100
00002200
00002300
00002400
00002500
00002600
00002700
00002800
00002900
00003000
00003100
00003200
00003300
00003400
00003500
00003600
00003700
00003800
00003900
00004000
00004100
00004200
00004300
00004400
00004500
00004600
00004700
00004800
00004900
00005000
00005100
00005200
00005300
00005400
00005500
00005600
00005700

```

5800	END	00005800
5900	ELSE	00005900
6000	BEGIN	00006000
6100	RENGLONC[TOTALVARIABLES]:=(-VALORES);	00006100
6200	CCOLUMN[C]:=VALORES;	00006200
6300	END;(*ELSE*)	00006300
6400	MATRIZ[I,TOTALVARIABLES]:=1	00006400
6500	END;(*PROCEDURE ARTIFICIAL*)	00006500
6600	PROCEDURE AGREGAHOLGURAS;	00006600
6700	VAR	00006700
6800	J:RANGO;I:INDIC;	00006800
6900	BEGIN	00006900
7000	TOTALVARIABLES:=VARIABLES;	00007000
7100	FOR I:=1 TO RESTRICCIONES DO	00007100
7200	BEGIN	00007200
7300	TOTALVARIABLES:=TOTALVARIABLES+1;	00007300
7400	IF RELACION[C]='<' THEN	00007400
7500	BEGIN	00007500
7600	MATRIZ[I,TOTALVARIABLES]:=1;	00007600
7700	CCOLUMN[C]:=0;	00007700
7800	RENGLONC[TOTALVARIABLES]:=0;	00007800
7900	END	00007900
8000	ELSE	00008000
8100	IF RELACION[C]='=' THEN	00008100
8200	ARTIFICIAL(I,TOTALVARIABLES)	00008200
8300	ELSE	00008300
8400	BEGIN	00008400
8500	ARTIFICIAL(I,TOTALVARIABLES);	00008500
8600	TOTALVARIABLES:=TOTALVARIABLES+1;	00008600
8700	MATRIZ[I,TOTALVARIABLES]:=(-1);	00008700
8800	RENGLONC[TOTALVARIABLES]:=0;	00008800
8900	END;	00008900
9000	END;(*FOR I*)	00009000
9100	END;(*PROCEDURE AGREGAHOLGURAS*)	00009100
9200	PROCEDURE DATOSMODELO;	00009200
9300	VAR	00009300
9400	TIPO:PACKED ARRAY[1..3]OF CHAR;	00009400
9500	I:INDIC;OPERADOR:CHAR;	00009500
9600	K,J:RANGO;TEMP:REAL;TER:CUBRIMIENTOS;	00009600
9700	BEGIN	00009700
9800	TIPO:='MAX';	00009800
9900	MINPROBLEM:=TRUE;VARIABLES:=10;	00009900
10000	RESTRICCIONES:=6;	00010000
10100	FOR I:=1 TO MAXIMO DO	00010100
10200	FOR J:=1 TO TABLA DO	00010200
10300	MATRIZ[I,J]:=0;	00010300
10400	WRITELN;WRITELN;	00010400
10500	FOR I:=1 TO MAXIMO DO	00010500
10600	SOLUCION[C]:=0;	00010600
10700	SOBRECOSTO:=0;	00010700
10800	WRITELN(*PARA OBTENER UN CUBRIMIENTO DEL 100% EN TODOS*);	00010800
10900	WRITELN(*RUBROS DEFINIDOS, ES NECESARIO CONTAR CON UN*);	00010900
11000	WRITELN(*PARAMETRO DE CUBRIMIENTO POR LIBRO, QUE*);	00011000
11100	WRITELN(*ES LA FRACCION DEL INDICE TEMATICO TOTAL CUBIERTA*);	00011100
11200	WRITELN(*USUALMENTE POR UN LIBRO MEDIO DE LA ESPECIALIDAD*);	00011200
11300	WRITELN;WRITELN;	00011300
11400	WRITELN;A CONTINUACION SE SOLICITA EL VALOR DE ESTE PARAMETRO*);	00011400
11500	WRITELN;WRITELN;	00011500
11600	FOR I:=1 TO VARIABLES DO	00011600
11700	BEGIN	00011700

```

11800          CASE I OF
11900      1:WRITELN('FORMACION CIVICA Y POLITICA:');
12000      2:WRITELN('ORIENTACION FAMILIAR:');
12100      3:WRITELN('CAPACITACION LABORAL:');
12200      4:WRITELN('NUTRICION,HIGIENE Y MEDICINA PREVENTIVA:');
12300      5:WRITELN('EDUCACION SEXUAL:');
12400      6:WRITELN('RECREACION:');
12500      7:WRITELN('TECNOLOGIA DOMESTICA:');
12600      8:WRITELN('TRAMITES Y GESTORIA:');
12700      9:WRITELN('ORIENTACION FINANCIERA Y EMPRESARIAL:');
12800     10:WRITELN('CONSULTA ESCOLAR:');
12900     END;(*CASE*)
13000     READLN(CUB[I]);
13100 END;(*FOR I*)
13200 FOR I:=1 TO RESTRICCIONES DO
13300     BEGIN
13400         CASE I OF
13500     1:TERCII:=1/CUB[3]+1/CUB[8]+1/CUB[9];
13600     2:TERCII:=1/CUB[2]+1/CUB[4]+1/CUB[5];
13700     3:TERCII:=1/CUB[2]+1/CUB[4];
13800     4:TERCII:=1/CUB[2]+1/CUB[3]+1/CUB[5];
13900     5:TERCII:=1/CUB[1]+1/CUB[2]+1/CUB[3]+1/CUB[4]+1/CUB[5]+
14000         1/CUB[6]+1/CUB[7]+1/CUB[8]+1/CUB[9];
14100     6: TERCII:=1/CUB[1]+1/CUB[2]+1/CUB[3]+1/CUB[4]+1/CUB[5]+
14200         1/CUB[6]+1/CUB[7]+1/CUB[8]+1/CUB[9]+1/CUB[10];
14300     END;(*CASE*)
14400 END;(*FOR*)
14500     FOR I:=1 TO RESTRICCIONES DO
14600         BEGIN
14700             TEMP:=(DEFICIT[I]*N)-TERCII;
14800             COSTOS[I]:=TEMP;
14900             SOBRECOSTO:=SOBRECOSTO+TEMP;
15000         END;(*FOR*)
15100         FOR I:=1 TO RESTRICCIONES DO
15200             FOR J:=1 TO VARIABLES DO
15300                 MATRIZ[I,J]:=RUBROS[I,J];
15400             FOR I:=1 TO RESTRICCIONES DO
15500                 BEGIN
15600                     OPERADOR:='=';RELACION[I]:=OPERADOR;
15700                 END;(*FOR I*)
15800                 VALORESM:=0;
15900                 FOR I:=1 TO VARIABLES DO
16000                     BEGIN
16100                         CASE I OF
16200                     1:TEMP:=3;
16300                     2:TEMP:=8;
16400                     3:TEMP:=12;
16500                     4:TEMP:=5;
16600                     5:TEMP:=6;
16700                     6:TEMP:=3;
16800                     7:TEMP:=3;
16900                     8:TEMP:=6;
17000                     9:TEMP:=2;
17100                     10:TEMP:=7;
17200                     END;(*CASE*)
17300                     RENGLONC[I]:=TEMP;
17400                     VALORESM:=VALORESM+TEMP;
17500                 END;(*FOR*)
17600             END;(*FOR*)
17700     END;(*PROCEDURE DATOS MODELO*)
PROCEDURE REVISARENGLONES(MEJOREN:INDIC;MEJORCOLUMN:RANGO);
00011800
00011900
00012000
00012100
00012200
00012300
00012400
00012500
00012600
00012700
00012800
00012900
00013000
00013100
00013200
00013300
00013400
00013500
00013600
00013700
00013800
00013900
00014000
00014100
00014200
00014300
00014400
00014500
00014600
00014700
00014800
00014900
00015000
00015100
00015200
00015300
00015400
00015500
00015600
00015700
00015800
00015900
00016000
00016100
00016200
00016300
00016400
00016500
00016600
00016700
00016800
00016900
00017000
00017100
00017200
00017300
00017400
00017500
00017600
00017700

```

```

17800 VAR
17900 INTERSECCION:REAL;I:INDIC;K:RANGO;
18000 BEGIN
18100 FOR I:=1 TO RESTRICCIONES DO
18200 BEGIN
18300 IF MEJOREN<> I THEN
18400 BEGIN
18500 INTERSECCION:=MATRIZ[I,MEJORCOLUMN];
18600 FOR K:=1 TO TOTALVARIABLES DO
18700 MATRIZ[K,I]:=MATRIZ[K,I]- (INTERSECCION*MATRIZ[MEJOREN,K]);
18800 COSTOS[K,I]:=COSTOS[K,I]- (INTERSECCION*COSTOS[MEJOREN]);
18900 END;(*IF*)
19000 END;(*FOR I*)
19100 END;(*PROCEDURE REVISARENGLONES*)
19200 PROCEDURE PRIMERENGLON(MEJORCOLUMN:RANGO);
19300 VAR
19400 MEJOREN:INDIC;
19500 I:INDIC;K:RANGO;INTERSECCION,OPTIMO:REAL;
19600 COCIENT:REAL;
19700 BEGIN
19800 OPTIMO:=SOBRECOSTO;
19900 FOR I:=1 TO RESTRICCIONES DO
20000 IF MATRIZ[I,MEJORCOLUMN] <> 0 THEN
20100 BEGIN
20200 COCIENT:=COSTOS[I]/MATRIZ[I,MEJORCOLUMN];
20300 IF (COCIENT<OPTIMO)AND(COCIENT>0) THEN
20400 BEGIN
20500 OPTIMO:=COSTOS[I]/MATRIZ[I,MEJORCOLUMN];
20600 MEJOREN:=I;
20700 END;(*IF*)
20800 END;(*IF*)
20900 INTERSECCION:=MATRIZ[MEJOREN,MEJORCOLUMN];
21000 FOR K:=1 TO TOTALVARIABLES DO
21100 MATRIZ[MEJOREN,K]:=MATRIZ[MEJOREN,K]/INTERSECCION;
21200 COSTOS[MEJOREN]:=COSTOS[MEJOREN]/INTERSECCION;
21300 SOLUCION[MEJOREN]:=MEJORCOLUMN;
21400 COLUMN[MEJOREN]:=RENGLON[MEJORCOLUMN];
21500 REVISARENGLONES(MEJOREN,MEJORCOLUMN);
21600 END;(*PROCEDURE FIRST*)
21700 PROCEDURE CALCULA;
21800 VAR
21900 OPTIMO:REAL;
22000 K,MEJORCOLUMN:RANGO;
22100 EFICIENCIA:BOOLEAN;
22200 BEGIN
22300 EFICIENCIA:=FALSE;
22400 WHILE NOT EFICIENCIA DO
22500 BEGIN
22600 OPTIMO:=0;
22700 FOR K:=1 TO TOTALVARIABLES DO
22800 IF MINPROBLEM THEN
22900 BEGIN
23000 IF CHENOSZ[K]<OPTIMO THEN
23100 BEGIN
23200 OPTIMO:=CHENOSZ[K];
23300 MEJORCOLUMN:=K;
23400 END;(*IF*)
23500 END
23600 ELSE
23700 BEGIN

```

```

00017800
00017900
00018000
00018100
00018200
00018300
00018400
00018500
00018600
00018700
00018800
00018900
00019000
00019100
00019200
00019300
00019400
00019500
00019600
00019700
00019800
00019900
00020000
00020100
00020200
00020300
00020400
00020500
00020600
00020700
00020800
00020900
00021000
00021100
00021200
00021300
00021400
00021500
00021600
00021700
00021800
00021900
00022000
00022100
00022200
00022300
00022400
00022500
00022600
00022700
00022800
00022900
00023000
00023100
00023200
00023300
00023400
00023500
00023600
00023700

```

23800	IF CMENOSZ[K]>OPTIMO THEN	00023800
23900	BEGIN	00023900
24000	OPTIMO:=CMENOSZ[K];	00024000
24100	MEJORCOLUMN:=K;	00024100
24200	END;(*IF*)	00024200
24300	END;(*ELSE*)	00024300
24400	IF OPTIMO<> 0 THEN	00024400
24500	PRIMERENGLON(MEJORCOLUMN)	00024500
24600	ELSE	00024600
24700	EFICIENCIA:=TRUE;	00024700
24800	CALCULARENGLONZ;	00024800
24900	CALCULAMENOSZ;	00024900
25000	END;(*DO*)	00025000
25100	END;(*PROCEDURE CALCULA*)	00025100
25200	PROCEDURE IMPRIME;	00025200
25300	VAR	00025300
25400	LIBROS:ARRAY[1..10]OF REAL;	00025400
25500	I:INDIC;TEMP,J,K,M,L:INTEGER;TEMPONE,TOTAL:REAL ;	00025500
25600	BEGIN	00025600
25700	TOTAL:=0;	00025700
25800	FOR I:=1 TO VARIABLES DO	00025800
25900	BASEC[I]:=0;	00025900
26000	WRITE(LN;WRITE(LN;WRITE(LN('** RESUMEN DE DATOS**'));WRITE(LN;	00026000
26100	WRITE(LN;	00026100
26200	FOR I:=1 TO RESTRICCIONES DO	00026200
26300	BEGIN	00026300
26400	TEMP:=TRUNC(SOLUCION[I]);	00026400
26500	IF (C[COLUMN[I]>0)AND(TEMP>0)AND(COSTOS[I]>0) THEN	00026500
26600	BEGIN	00026600
26700	BASE[TEMP]:=COSTOS[I]+(1/CUB[TEMP]);	00026700
26800	TEMPONE:=COSTOS[I];	00026800
26900	END;(*IF*)	00026900
27000	END;(*FOR *)	00027000
27100	FOR I:=1 TO VARIABLES DO	00027100
27200	BEGIN	00027200
27300	IF BASEC[I]=0 THEN	00027300
27400	BASEC[I]:=1/CUBC[I];	00027400
27500	END;(*FOR*)	00027500
27600	FOR I:=1 TO VARIABLES DO	00027600
27700	BEGIN	00027700
27800	TOTAL:=TOTAL+(BASEC[I]*RENGLONC[I]);	00027800
27900	LIBROS[C[I]:=ROUND(BASEC[I]*RENGLONC[I]);	00027900
28000	END;	00028000
28100	WRITE(LN('* NOMBRE DEL MUNICIPIO:',NOMUNI);WRITE(LN;	00028100
28200	WRITE(LN('* POBLACION DE MUNICIPIO:',ROUND(NHAB), ' ', 'HABS.');	00028200
28250	WRITE(LN;	00028250
28300	WRITE(LN('* NO. DE LIBROS PER CAPITA NORMATIVO:',ROUND(LCAP));	00028300
28400	WRITE(LN;WRITE(LN;	00028400
28500	WRITE(LN('*** DOTACION OPTIMA PARA LA BIBLIOTECA MUNICIPAL**');	00028500
28600	WRITE(LN;WRITE(LN;	00028600
28700	WRITE(LN('* TOTAL DE VOLUMENES:',FOUND(TOTAL));WRITE(LN;	00028700
28800	WRITE(LN('* DISTRIBUIDOS EN DE LA SIG. FORMA **');	00028800
28900	WRITE(LN('* DE ACUERDO CON LOS RUBROS DEFINIDOS **');	00028900
29000	WRITE(LN;WRITE(LN;WRITE(LN;	00029000
29100	FOR I:=1 TO VARIABLES DO	00029100
29200	BEGIN	00029200
29300	CASE I OF	00029300
29400	1:WRITE(LN('FORMACION CIVICA Y POLITICA:',LIBROS[C[I]::1:6));	00029400
29500	2:WRITE(LN('ORIENTACION FAMILIAR :',LIBROS[C[I]::1:6));	00029500
29600	3:WRITE(LN('CAPACITACION LABORAL :',LIBROS[C[I]::1:6));	00029600

29700
29800
29900
30000
30100
30200
30300
30400
30500
30600
30700
30800
30900
31000
31100
31200
31300
31400
31500
31600
31700
31800
31900
32000
32100
32200
32300
32400
32500
32600
32700
32800
32900
33000
33100
33200
33300
33400
33500
33600
33700
33800
33900
34000
34100
34200
34300
34400
34500
34600
34700
34800
34900
35000
35100
35200
35300
35400
35500
35600

```
4:BEGIN
  WRITELN('NUTRICION,HIGIENE Y');
  WRITELN('MEDICINA PREVENTIVA          :',LIBROS[I]:1:6);END;
5: WRITELN('EDUCACION SEXUAL            :',LIBROS[I]:1:6);
6: WRITELN('RECREACION                     :',LIBROS[I]:1:6);
7: WRITELN('TECNOLOGIA DOMESTICA              :',LIBROS[I]:1:6);
8: WRITELN('TRAMITES Y GESTORIA              :',LIBROS[I]:1:6);
9:BEGIN
  WRITELN('ORIENTACION FINANCIERA Y');
  WRITELN('EMPRESARIAL                        :',LIBROS[I]:1:6);END;
10: WRITELN('CONSULTA ESCOLAR                   :',LIBROS[I]:1:6)
  END;(*CASE*)WRITELN;
  END;(*FOR*)
  WRITELN;WRITELN;
WRITELN('* INDICE TEMATICO EN EL RUBRO DE CAPACITACION LABORAL *');
WRITELN;
WRITELN('* DE ACUERDO CON LA VOCACION PRODUCTIVA DE MUNICIPIO *');
WRITELN;WRITELN;
  WRITELN(' :10,* T E M A *',':33,* R E L E V A N C I A *');
  WRITELN;WRITELN;WRITELN;
  RESET(TEMATICAS);
  FOR K:=1 TO 68 DO
  BEGIN
    SEEK(TEMATICAS,K);GET(TEMATICAS);
    LINEA.NUMERO:=TEMATICAS@.NUMERO;
    FOR M:=1 TO 60 DO
      LINEA.TEMATICA[M]:=TEMATICAS@.TEMATICA[M];
      FOR L:=1 TO INDICADOR DO
        BEGIN
          IF(COLOCACION[L]=LINEA.NUMERO)THEN
            BEGIN
              FOR J:=1 TO 60 DO
                WRITE(LINEA.TEMATICA[J]);
                WRITE(JERARQUIAL);WRITELN;
              END;
            END;(*FOR*)
          END;(*FOR*)
        CLOSE(TEMATICAS);
  END;(*PROCEDURE IMPRIME*)
PROCEDURE ASIGNACION;
VAR
  I:INTEGER;
BEGIN
  FOR I:=1 TO 6 DO
  BEGIN
    WRITELN;WRITELN;
    CASE I OF
      1:WRITELN('PRODUCTO INTERNO BRUTO/CAPITA ($) ?');
      2:WRITELN('ESPERANZA DE VIDA AL NACER/1000 HABS. ?');
      3:WRITELN('TASA DE MORTALIDAD DE NINIOS<1 ANIO/1000 ?');
      4:WRITELN('TASA BRUTA DE NATALIDAD/1000 HABS. ?');
      5:WRITELN('PORCENTAJE DE ALFABETAS> 15 ANIOS. ?');
      6:BEGIN WRITELN('PORCENTAJE DE ALUMNOS INSCRITOS');
          WRITELN('EN SECUNDARIA ENTRE 12-17 ANIOS. ?');END
    END;(*CASE*)
    IF SELEC=FALSE THEN
      READLN(MEDNAL[I],DNAL[I])
    ELSE
      READLN(MEDMUNCI);
  END;(*FOR *)
```

00029700
00029800
00029900
00030000
00030100
00030200
00030300
00030400
00030500
00030600
00030700
00030800
00030900
00031000
00031100
00031200
00031300
00031400
00031500
00031600
00031700
00031800
00031900
00032000
00032100
00032200
00032300
00032400
00032500
00032600
00032700
00032800
00032900
00033000
00033100
00033200
00033300
00033400
00033500
00033600
00033700
00033800
00033900
00034000
00034100
00034200
00034300
00034400
00034500
00034600
00034700
00034800
00034900
00035000
00035100
00035200
00035300
00035400
00035500
00035600

5700	END;(*PROCEDURE ASIGNACION*)	00035700
5800	PROCEDURE AREASDEFICIENTES(DEFICIT:PARAMETROS);	00035800
5900	VAR	00035900
6000	I,J:INTEGER;	00036000
6100	BEGIN	00036100
6200	FOR I:=1 TO 6 DO	00036200
6300	FOR J:=1 TO 10 DO	00036300
6400	RUBROS[I,J]:=0;	00036400
6500	FOR I:=1 TO 6 DO	00036500
6600	BEGIN	00036600
6700	IF DEFICIT[I]<>0 THEN	00036700
6800	BEGIN	00036800
6900	FOR J:=1 TO 10 DO	00036900
7000	BEGIN	00037000
7100	IF (I=2) THEN	00037100
7200	BEGIN	00037200
7300	IF (J=2)OR(J=4)OR(J=5) THEN	00037300
7400	RUBROS[I,J]:=1;	00037400
7500	END;	00037500
7600	IF (I=3) THEN	00037600
7700	BEGIN	00037700
7800	IF (J=2)OR(J=4) THEN	00037800
7900	RUBROS[I,J]:=1;	00037900
8000	END;	00038000
8100	IF (I=1) THEN	00038100
8200	BEGIN	00038200
8300	IF (J=3)OR(J=8)OR(J=9) THEN	00038300
8400	RUBROS[I,J]:=1;	00038400
8500	END;	00038500
8600	IF (I=4) THEN	00038600
8700	BEGIN	00038700
8800	IF (J=2)OR(J=3)OR(J=5) THEN	00038800
8900	RUBROS[I,J]:=1;	00038900
9000	END;	00039000
9100	IF (I=5) THEN	00039100
9200	BEGIN	00039200
9300	IF (J<>10) THEN	00039300
9400	RUBROS[I,J]:=1;	00039400
9500	END;	00039500
9600	IF (I=6) THEN	00039600
9700	RUBROS[I,J]:=1;	00039700
9800	END;(*FOR J*)	00039800
9900	END;(*IF*)	00039900
40000	END;(*FOR I*)	00040000
40100	END;(*PROCEDURE AREASDEFICIENTES*)	00040100
40200	PROCEDURE DIAGNOSTICOMPARATIVO;	00040200
40300	VAR	00040300
40400	I,J:INTEGER;	00040400
40500	BEGIN	00040500
40600	WRITELN('PROPORCIONE EL NOMBRE DE MUNICIPIO EN ESTUDIO:');	00040600
40650	WRITELN(' I:20');	00040650
40700	WRITE(' I:21');READ(NOMUNI);WRITELN(NOMUNI);WRITELN;	00040700
40800	SELEC:=FALSE;	00040800
40900	WRITELN('LA POBLACION DEL MUNICIPIO EN ESTUDIO ES(NO.HABS.):');	00040900
41000	READLN(NHAB);WRITELN(ROUND(NHAB),' ', 'HABS. ');WRITELN;	00041000
41100	WRITELN('DE ACUERDO CON LA POLITICA BIBLIOTECARIA NACIONAL');	00041100
41200	WRITELN('EL NUMERO DE LIBROS PER CAPITA NORMATIVO ES:');READLN(LCAP);	00041200
41300	WRITELN(ROUND(LCAP),' ', 'LIBROS');WRITELN;	00041300
41400	N:=NHAB*LCAP;	00041400
41500	WRITELN('PARA CADA INDICADOR SOCIOECONOMICO');	00041500

```

41600      WRITELN('*PROPORCIONE LOS DATOS ESTADISTICOS SOLICITADOS*');
41700      WRITELN;WRITELN;
41800      WRITELN('***** INDICADORES NACIONALES*****');
41900      WRITELN;
42000      WRITELN(' :4,'MEDIA',' :4,'DESV. ESTANDAR');WRITELN;
42100      ASIGNACION;WRITELN;WRITELN;
42200      WRITELN('***** INDICADORES MUNICIPALES*****');
42300      WRITELN;WRITELN('MUNICIPIO DE:',NOMUNI);WRITELN;
42400      WRITELN(' :4,'MEDIA');WRITELN;
42500      SELEC:=TRUE;
42600      ASIGNACION;
42700      CONT:=0;SUMATORIA:=0;
42800      FOR I:=1 TO 6 DO
42900          BEGIN
43000              DI:=(MEDMUNCI[I]-MEDNAL[I])/DNAL[I];
43100              IF DI<0 THEN
43200                  BEGIN
43300                      NEGATIVOS[I]:=-DI;
43400                      SUMATORIA:=SUMATORIA+NEGATIVOS[I];
43500                  END
43600              ELSE
43700                  BEGIN
43800                      IF (I=3)OR(I=4)THEN
43900                          BEGIN
44000                              NEGATIVOS[I]:=(-DI);
44100                              SUMATORIA:=SUMATORIA+NEGATIVOS[I];
44200                          END
44300                      ELSE
44400                          NEGATIVOS[I]:=0;
44500                      END;(*ELSE*)
44600                  END;(*FOR*)
44700              IF SUMATORIA=0 THEN
44800                  WRITELN('NO HAY AREAS DEFICIENTES')
44900              ELSE
45000                  FOR I:=1 TO 6 DO
45100                      BEGIN
45200                          DEFICIT[I]:=-NEGATIVOS[I]/SUMATORIA;
45300                      END;
45400                  AREASDEFICIENTES(DEFICIT);
45500      END;(*PROCEDURE *)
45600      PROCEDURE VOCACIONPRODUCTIVA;
45700      TYPE
45800          ARBOL=RECORD
45900              PESO:REAL;
46000              LLAVE:INTEGER;
46100          END;(*RECORD*)
46200      VAR
46300          NODOS,FINAL:ARRAY[1..93]OF ARBOL;I,J:INTEGER;RESP:ARRAY[1..93]OF REAL;
46400          DIVISOR,DOS:REAL;RES:CHAR;
46500          PROCEDURE RELEVANCIAS;
46600      TYPE
46700          VALOR=RECORD
46800              HIJOS:INTEGER;
46900              NUMHIJOS:INTEGER;
47000          END;(*RECORD*)
47100      VAR
47200          FAM:FILE OF VALOR;PADRE:ARRAY[1..93]OF INTEGER;
47300          RAIZ,I,INCREMENTO,LIMSUP,LIMINF,LIMITE:INTEGER;TEMP:VALOR;
47400          UNO:REAL;K:INTEGER;
47500      BEGIN
00041600
00041700
00041800
00041900
00042000
00042100
00042200
00042300
00042400
00042500
00042600
00042700
00042800
00042900
00043000
00043100
00043200
00043300
00043400
00043500
00043600
00043700
00043800
00043900
00044000
00044100
00044200
00044300
00044400
00044500
00044600
00044700
00044800
00044900
00045000
00045100
00045200
00045300
00045400
00045500
00045600
00045700
00045800
00045900
00046000
00046100
00046200
00046300
00046400
00046500
00046600
00046700
00046800
00046900
00047000
00047100
00047200
00047300
00047400
00047500

```

```

47600      I:=1;INCREMENTO:=0;LIMSUP:=0;
47700      RESET(FAM);
47800      WHILE I<=26 DO
47900      BEGIN
48000          SEEK(FAM,I);GET(FAM);
48100          TEMP.HIJOS:=FAM@.HIJOS;
48200          TEMP.NUMHIJOS:=FAM@.NUMHIJOS;
48300          LIMINF:=1+INCREMENTO;LIMSUP:=LIMSUP+TEMP.NUMHIJOS;
48400          RAIZ:=TEMP.HIJOS;LIMITE:=LIMSUP;
48500          WHILE LIMINF<=LIMITE DO
48600          BEGIN
48700              PADRE[LIMINF]:=RAIZ;
48800              LIMINF:=LIMINF+1;
48900          END;(*DO*)
49000          INCREMENTO:=LIMSUP;
49100          I:=I+1;
49200      END;(*DO*)
49300      K:=1;
49400      WHILE K<=93 DO
49500      BEGIN
49600          FOR I:=1 TO 93 DO
49700          BEGIN
49800              IF K=PADRE[I] THEN
49900              NODOS[I].PESO:=NODOS[K].PESO*NODOS[I].PESO;
50000          END;
50100          K:=K+1;
50200      END;(*DO*)
50300      END;(*PROCEDURE RELEVANCIAS*)
50400      PROCEDURE BUSQUEDA;
50500      TYPE
50600          NIVEL=1..100;
50700          HOJAS=SET OF NIVEL;
50800      VAR
50900          N1,N2,N3,N4,N5:HOJAS;INTER:REAL;I,J,K,L,MED:INTEGER;
51000      BEGIN
51100          N1:=[10..21];N2:=[29..30];N3:=[33..51];
51200          N4:=[54..62];N5:=[68..93];
51300          L:=1;
51400          FOR I:=1 TO 93 DO
51500          BEGIN
51600              IF NODOS[I].LLAVE IN N1 THEN
51700              BEGIN
51800                  FINAL[L].PESO:=NODOS[I].PESO;
51900                  FINAL[L].LLAVE:=NODOS[I].LLAVE;L:=L+1;
52000              END;(*IF*)
52100              IF NODOS[I].LLAVE IN N2 THEN
52200              BEGIN
52300                  FINAL[L].PESO:=NODOS[I].PESO;
52400                  FINAL[L].LLAVE:=NODOS[I].LLAVE;L:=L+1;
52500              END;(*IF*)
52600              IF NODOS[I].LLAVE IN N3 THEN
52700              BEGIN
52800                  FINAL[L].PESO:=NODOS[I].PESO;
52900                  FINAL[L].LLAVE:=NODOS[I].LLAVE;
53000                  L:=L+1;END;(*IF*)
53100              IF NODOS[I].LLAVE IN N4 THEN
53200              BEGIN
53300                  FINAL[L].PESO:=NODOS[I].PESO;
53400                  FINAL[L].LLAVE:=NODOS[I].LLAVE;L:=L+1;
53500              END;(*IF*)

```

```

00047600
00047700
00047800
00047900
00048000
00048100
00048200
00048300
00048400
00048500
00048600
00048700
00048800
00048900
00049000
00049100
00049200
00049300
00049400
00049500
00049600
00049700
00049800
00049900
00050000
00050100
00050200
00050300
00050400
00050500
00050600
00050700
00050800
00050900
00051000
00051100
00051200
00051300
00051400
00051500
00051600
00051700
00051800
00051900
00052000
00052100
00052200
00052300
00052400
00052500
00052600
00052700
00052800
00052900
00053000
00053100
00053200
00053300
00053400
00053500

```

53600	IF NODOS[I].LLAVE IN N5 THEN	00053600
53700	BEGIN	00053700
53800	FINAL[L].PESO:=NODOS[I].PESO;	00053800
53900	FINAL[L].LLAVE:=NODOS[I].LLAVE;L:=L+1;	00053900
54000	END;(*IF*)	00054000
54100	END;(*FOR*)	00054100
54200	FOR I:=1 TO 92 DO	00054200
54300	BEGIN	00054300
54400	K:=I+1;	00054400
54500	FOR J:=K TO 93 DO	00054500
54600	BEGIN	00054600
54700	IF(FINAL[I].PESO<FINAL[J].PESO)THEN	00054700
54800	BEGIN	00054800
54900	INTER:=FINAL[I].PESO;	00054900
55000	FINAL[I].PESO:=FINAL[J].PESO;	00055000
55100	FINAL[J].PESO:=INTER;	00055100
55200	MED:=FINAL[I].LLAVE;	00055200
55300	FINAL[I].LLAVE:=FINAL[J].LLAVE;	00055300
55400	FINAL[J].LLAVE:=MED;	00055400
55500	END;(*IF*)	00055500
55600	END;(*FOR J*)	00055600
55700	END;(*FOR I*)	00055700
55800	INDICADOR:=0;DOS:=0;	00055800
55900	FOR I:=1 TO 93 DO	00055900
56000	BEGIN	00056000
56100	IF FINAL[I].PESO<>0 THEN	00056100
56200	BEGIN	00056200
56300	INDICADOR:=INDICADOR+1;	00056300
56400	JERARQUIA[INDICADOR]:=FINAL[I].PESO;	00056400
56500	COLOCACION[INDICADOR]:=FINAL[I].LLAVE;	00056500
56600	DOS:=DOS+FINAL[I].PESO;	00056600
56700	END;(*IF*)	00056700
56800	END;(*FOR*)	00056800
56900	END;(*PROCEDURE BUSQUEDA*)	00056900
57000	BEGIN	00057000
57100	FOR I:=1 TO 93 DO	00057100
57200	NODOS[I].PESO:=0;	00057200
57300	FOR I:=1 TO 93 DO	00057300
57400	NODOS[I].LLAVE:=I;	00057400
57500	DIVISOR:=0;	00057500
57600	WRITELN('**PROPORCIONE LA SIG. INFORMACION EN NO. DE HABS.**');	00057600
57700	FOR I:=1 TO 3 DO	00057700
57800	BEGIN	00057800
57900	CASE I OF	00057900
58000	1:BEGIN	00058000
58100	WRITELN('P.E.A OCUPADA EN EL SECTOR PRIMARIO:');	00058100
58200	READLN(RESPI);WRITELN;	00058200
58300	END;	00058300
58400	2:BEGIN WRITELN('P.E.A OCUPADA EN EL SECTOR SECUNDARIO:');	00058400
58500	READLN(RESPI);WRITELN;END;	00058500
58600	3:BEGIN WRITELN('P.E.A OCUPADA EN EL SECTOR SERVICIOS:');	00058600
58700	READLN(RESPI);WRITELN;END;	00058700
58800	END;(*CASE*)	00058800
58900	DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;	00058900
59000	END;(*FOR*)	00059000
59100	FOR I:=1 TO 3 DO	00059100
59200	NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;	00059200
59300	IF NODOS[I].PESO<>0 THEN	00059300
59400	BEGIN	00059400
59500	WRITELN('**ACTIVIDADES PRIMARIAS**');WRITELN;WRITELN;	00059500

59600	DIVISOR:=0;	00059600
59700	WRITELN('LA POBLACION DEDICADA A LAS SIG. ACTIVIDADES ES:');	00059700
59800	WRITELN;	00059800
59900	WRITELN('*RESPONDA CON LA P.E.A EXPRESADA EN NO.MABS.*');	00059900
60000	FOR I:= 4 TO 7 DO	00060000
60100	BEGIN	00060100
60200	CASE I OF	00060200
60300	4:BEGIN WRITELN('PESCA:');READLN(RESPI);WRITELN;END;	00060300
60400	5:BEGIN WRITELN('SILVICULTURA:');READLN(RESPI);	00060400
60500	WRITELN;END;	00060500
60600	6:BEGIN WRITELN('GANADERIA:');READLN(RESPI);WRITELN;	00060600
60700	END;	00060700
60800	7:BEGIN WRITELN('AGRICULTURA:');READLN(RESPI);	00060800
60900	WRITELN;END	00060900
61000	END;(*CASE*)	00061000
61100	DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;	00061100
61200	END;(*FOR*)	00061200
61300	FOR I:=4 TO 7 DO	00061300
61400	NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;	00061400
61500	END;(*IF*)	00061500
61600	IF NODOS[4].PESO<>0 THEN	00061600
61700	BEGIN	00061700
61800	DIVISOR:=0;	00061800
61900	WRITELN('LOS PRINCIPALES PRODUCTOS PESQUEROS SON:');WRITELN;	00061900
62000	WRITELN('*RESPONDA CON EL VALOR DE LA PRODUCCION (\$)');WRITELN;	00062000
62100	FOR I:=18 TO 19 DO	00062100
62200	BEGIN	00062200
62300	CASE I OF	00062300
62400	18:BEGIN WRITELN('ESPECIES COMESTIBLES:');READLN(RESPI);	00062400
62500	WRITELN;END;	00062500
62600	19:BEGIN WRITELN('ESPECIE INDUSTRIALES:');READLN(RESPI);	00062600
62700	WRITELN;END	00062700
62800	END;(*CASE*)	00062800
62900	DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;	00062900
63000	END;(*FOR*)	00063000
63100	FOR I:=18 TO 19 DO	00063100
63200	NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;	00063200
63300	END;(*IF*)	00063300
63400	IF NODOS[5].PESO<>0 THEN	00063400
63500	BEGIN	00063500
63600	DIVISOR:=0;	00063600
63700	WRITELN('LOS BOSQUES EXPLOTADOS PRODUCEN:');WRITELN;	00063700
63800	WRITELN('*RESPONDA CON EL VALOR DE LA PRODUCCION*');WRITELN;	00063800
63900	FOR I:=20 TO 21 DO	00063900
64000	BEGIN	00064000
64100	CASE I OF	00064100
64200	20:BEGIN WRITELN('ESPECIES MADERABLES:');READLN(RESPI);	00064200
64300	WRITELN;END;	00064300
64400	21: BEGIN WRITELN('ESPECIES NO MADERABLES:');	00064400
64500	READLN(RESPI);WRITELN;END	00064500
64600	END;(*CASE*)	00064600
64700	DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;	00064700
64800	END;(*FOR*)	00064800
64900	FOR I:=20 TO 21 DO	00064900
65000	NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;	00065000
65100	END;(*IF*)	00065100
65200	IF NODOS[6].PESO<>0 THEN	00065200
65300	BEGIN	00065300
65400	FOR I:=22 TO 24 DO	00065400
65500	BEGIN	00065500


```

71600          55:NODOS[I].PESO:=0.3;
71700          56:NODOS[I].PESO:=0.3
71800          END;(*CASE*)
71900          END;(*FOR*)
72000          END;(*IF*)
72100          END;(*IF*)
72200          IF NODOS[25].PESO<>0 THEN
72300              BEGIN
72400                  DIVISOR:=0;
72500          WRITELN('DEL TOTAL DE TIERRAS CENSADAS,PROPORCIONE EL');
72600          WRITELN('NO. DE HAS.CORRESPONDIENTE*');WRITELN;
72700              FOR I:=57 TO 59 DO
72800                  BEGIN
72900                      CASE I OF
73000                          57:BEGIN WRITELN('SUPERFICIE IMPRODUCTIVA:');READLN(RESPI);
73100                              WRITELN;END;
73200                          58:BEGIN WRITELN('TIERRAS DE LABOR:');READLN(RESPI);
73300                              WRITELN;END;
73400                          59:BEGIN WRITELN('SUPERFICIES INCULTAS:');READLN(RESPI);
73500                              WRITELN;END
73600                              END;(*CASE*)
73700                              DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;
73800          END;(*FOR*)
73900          FOR I:=57 TO 59 DO
74000              NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;
74100          END;(*IF*)
74200          IF NODOS[26].PESO<>0 THEN
74300              BEGIN
74400                  DIVISOR:=0;
74500          WRITELN('LOS RECURSOS HIDRAULICOS PARA LAS TIERRAS DE LABOR SON:');
74600          WRITELN;WRITELN('*RESPONDA CON EL NO. DE HECTAREAS*');WRITELN;
74700              FOR I:=60 TO 62 DO
74800                  BEGIN
74900                      CASE I OF
75000                          60:BEGIN WRITELN('HUMEDAD:');READLN(RESPI);WRITELN;END;
75100                          61: BEGIN WRITELN('RIEGO:');READLN(RESPI);WRITELN;END;
75200                          62: BEGIN WRITELN('TEMPORAL:');READLN(RESPI);WRITELN;END
75300                              END;(*CASE*)
75400                              DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;END;(*FOR*)
75500                              FOR I:=60 TO 62 DO
75600                                  NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;END;(*IF*)
75700          IF NODOS[27].PESO<>0 THEN
75800              BEGIN
75900                  DIVISOR:=0;
76000          WRITELN('*SEGUN EL TIPO DE CULTIVO PROPORCIONE EL VALOR DE');
76100          WRITELN('LA PRODUCCION*');WRITELN;
76200              FOR I:=63 TO 64 DO
76300                  BEGIN
76400                      CASE I OF
76500                          63:BEGIN WRITELN('CULTIVOS DE CICLO CORTO:');READLN(RESPI);
76600                              WRITELN;END;
76700                          64:BEGIN WRITELN('CULTIVOS DE CICLO LARGO:');READLN(RESPI);
76800                              WRITELN;END
76900                              END;(*CASE*)
77000                              DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;
77100          END;(*FOR*)
77200          FOR I:=63 TO 64 DO
77300              NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;
77400          END;(*IF*)
77500          IF NODOS[28].PESO<>0 THEN

```

```

00071600
00071700
00071800
00071900
00072000
00072100
00072200
00072300
00072400
00072500
00072600
00072700
00072800
00072900
00073000
00073100
00073200
00073300
00073400
00073500
00073600
00073700
00073800
00073900
00074000
00074100
00074200
00074300
00074400
00074500
00074600
00074700
00074800
00074900
00075000
00075100
00075200
00075300
00075400
00075500
00075600
00075700
00075800
00075900
00076000
00076100
00076200
00076300
00076400
00076500
00076600
00076700
00076800
00076900
00077000
00077100
00077200
00077300
00077400
00077500

```

77600	BEGIN	00077600
77700	WRITELN('SE APLICA TECNOLOGIA EN EL CULTIVO AGRICOLA:');	00077700
77800	WRITELN;WRITELN(' *RESPONDA S/N*');READLN(RES);	00077800
77900	IF RES='S' THEN	00077900
78000	BEGIN	00078000
78100	FOR I:=65 TO 67 DO	00078100
78200	BEGIN	00078200
78300	CASE I OF	00078300
78400	65:NODOS[I].PESO:=0.3;	00078400
78500	66:NODOS[I].PESO:=0.4;	00078500
78600	67:NODOS[I].PESO:=0.3	00078600
78700	END;(*CASE*)	00078700
78800	END;(*FOR*)	00078800
78900	END;(*IF*)	00078900
79000	END;(*IF*)	00079000
79100	IF NODOS[52].PESO<>0 THEN	00079100
79200	BEGIN	00079200
79300	DIVISOR:=0;	00079300
79400	WRITELN(' *PARA CADA TIPO DE GANADO PROPORCIONE EL VALOR DE LA');	00079400
79500	WRITELN(' PRODUCCION*');WRITELN;	00079500
79600	FOR I:=73 TO 75 DO	00079600
79700	BEGIN	00079700
79800	CASE I OF	00079800
79900	73:BEGIN WRITELN('GANADO BOVINO:');READLN(RESPI);WRITELN;	00079900
80000	END;	00080000
80100	74:BEGIN WRITELN('GANADO CABALLAR:');READLN(RESPI);WRITELN;	00080100
80200	END;	00080200
80300	75:BEGIN WRITELN('GANADO MULAR Y ASNAL:');READLN(RESPI);	00080300
80400	WRITELN;END	00080400
80500	END;(*CASE*)	00080500
80600	DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;	00080600
80700	END;(*FOR*)	00080700
80800	FOR I:=73 TO 75 DO	00080800
80900	NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;	00080900
81000	END;(*IF*)	00081000
81100	IF NODOS[53].PESO<>0 THEN	00081100
81200	BEGIN	00081200
81300	DIVISOR:=0;	00081300
81400	WRITELN(' *PARA CADA CLASE DE GANADO MENOR, PROPORCIONE EL VALOR');	00081400
81500	WRITELN(' DE LA PRODUCCION (\$) *');WRITELN;	00081500
81600	FOR I:=76 TO 80 DO	00081600
81700	BEGIN	00081700
81800	CASE I OF	00081800
81900	76:BEGIN WRITELN('GANADO OVINO:');READLN(RESPI);WRITELN;	00081900
82000	END;	00082000
82100	77:BEGIN WRITELN('GANADO PORCINO:');READLN(RESPI);	00082100
82200	WRITELN;END;	00082200
82300	78:BEGIN WRITELN('GANADO CAPRINO:');READLN(RESPI);	00082300
82400	WRITELN;END;	00082400
82500	79:BEGIN WRITELN('AVES:');READLN(RESPI);WRITELN;END;	00082500
82600	80:BEGIN WRITELN('ABEJAS:');READLN(RESPI);WRITELN;END	00082600
82700	END;(*CASE*)	00082700
82800	DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;	00082800
82900	END;(*FOR*)	00082900
83000	FOR I:=76 TO 80 DO	00083000
83100	NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;	00083100
83200	END;(*IF*)	00083200
83300	IF NODOS[63].PESO<> 0 THEN	00083300
83400	BEGIN	00083400
83500	DIVISOR:=0;	00083500

```

83600 WRITELN('PARA CADA CULTIVO PROPORCIONE EL VALOR DE');
83700 WRITELN('LA PRODUCCION ($)');WRITELN;
83800 FOR I:=81 TO 83 DO
83900 BEGIN
84000 CASE I OF
84100 81:BEGIN WRITELN('LEGUMBRES:');READLN(RESPI);WRITELN;
84200 END;
84300 82:BEGIN WRITELN('OLEAGINOSAS:');READLN(RESPI);
84400 WRITELN;END;
84500 83:BEGIN WRITELN('CEREALES:');READLN(RESPI);WRITELN;
84600 END;
84700 END;(*CASE*)
84800 DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;
84900 END;(*FOR*)
85000 FOR I:=81 TO 83 DO
85100 NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;
85200 END;(*IF*)
85300 IF NODOS[64].PESO<>0 THEN
85400 BEGIN
85500 DIVISOR:=0;
85600 WRITELN('PARA LOS SIG. CULTIVOS ANUALES PROPORCIONE EL');
85700 WRITELN('VALOR DE LA PRODUCCION');WRITELN;
85800 FOR I:=84 TO 87 DO
85900 BEGIN
86000 CASE I OF
86100 84:BEGIN WRITELN('FIBRAS:');READLN(RESPI);WRITELN;END;
86200 85:BEGIN WRITELN('PLANTACIONES:');READLN(RESPI);WRITELN;
86300 END;
86400 86:BEGIN WRITELN('FRUTALES:');READLN(RESPI);WRITELN;END;
86500 87:BEGIN WRITELN('AGAVES:');READLN(RESPI);WRITELN;END;
86600 END;(*CASE*)
86700 DIVISOR:=DIVISOR+RESPI;
86800 END;(*FOR*)
86900 FOR I:=84 TO 87 DO
87000 NODOS[I].PESO:=RESPI/DIVISOR;
87100 END;(*IF*)
87200 IF NODOS[63].PESO<>0 THEN
87300 BEGIN
87400 FOR I:=88 TO 89 DO
87500 BEGIN
87600 CASE I OF
87700 88:NODOS[I].PESO:=0.3;
87800 89:NODOS[I].PESO:=0.7
87900 END;(*CASE*)
88000 END;(*FOR*)
88100 END;(*IF*)
88200 IF NODOS[66].PESO<>0 THEN
88300 BEGIN
88400 FOR I:=90 TO 92 DO
88500 BEGIN
88600 CASE I OF
88700 90:NODOS[I].PESO:=0.4;
88800 91:NODOS[I].PESO:=0.2;
88900 92:NODOS[I].PESO:=0.4
89000 END;(*CASE*)
89100 END;(*FOR*)
89200 END;(*IF*)
89300 IF NODOS[67].PESO<>0 THEN
89400 NODOS[93].PESO:=1.0;
89500 IF NODOS[2].PESO<>0 THEN

```

```

00083600
00083700
00083800
00083900
00084000
00084100
00084200
00084300
00084400
00084500
00084600
00084700
00084800
00084900
00085000
00085100
00085200
00085300
00085400
00085500
00085600
00085700
00085800
00085900
00086000
00086100
00086200
00086300
00086400
00086500
00086600
00086700
00086800
00086900
00087000
00087100
00087200
00087300
00087400
00087500
00087600
00087700
00087800
00087900
00088000
00088100
00088200
00088300
00088400
00088500
00088600
00088700
00088800
00088900
00089000
00089100
00089200
00089300
00089400
00089500

```

```

89600 BEGIN
89700 WRITELN('**SECTOR INDUSTRIA**');WRITELN;WRITELN;
89800 DIVISOR:=0;
89900 WRITELN('QUE TIPO DE INDUSTRIA PREDOMINA?');WRITELN;
90000 WRITELN('*RESPONDA CON LA P.E.A (NO. HABS) SEGUN LA RAMA:*');
90100 FOR I:=8 TO 9 DO
90200 BEGIN
90300 CASE I OF
90400 8:BEGIN WRITELN('INDUSTRIAS EXTRACTIVAS:');READLN(RESPCI);
90500 WRITELN;END;
90600 9:BEGIN WRITELN('INDUSTRIAS DE TRANSFORMACION:');
90700 READLN(RESPCI);WRITELN;END
90800 END;(*CASE*)
90900 DIVISOR:=DIVISOR+RESPCI];
91000 END;(*FOR*)
91100 FOR I:=8 TO 9 DO
91200 NODOS[I].PESO:=RESPCI]/DIVISOR;
91300 END;(*IF*)
91400 IF NODOS[8].PESO<>0 THEN
91500 BEGIN
91600 DIVISOR:=0;
91700 WRITELN('*PROPORCIONE EL VALOR DE LA PRODUCCION PARA LA*');
91800 WRITELN('ACTIVIDAD EXTRACTIVA EN CUESTION*');WRITELN;
91900 FOR I:=29 TO 33 DO
92000 BEGIN
92100 CASE I OF
92200 29:BEGIN WRITELN('EXTRACCION Y BENEFICIO DE CARBON');
92300 WRITELN('MINERAL Y GRAFITO:');READLN(RESPCI);
92400 WRITELN;END;
92500 30:BEGIN WRITELN('EXTRACCION DE PETROLEO CRUDO Y');
92600 WRITELN('GAS NATURAL:');READLN(RESPCI);WRITELN;
92700 END;
92800 31:BEGIN WRITELN('EXTRACCION DE MINERALES METALICOS:');
92900 READLN(RESPCI);WRITELN;END;
93000 32:BEGIN WRITELN('EXTRACCION DE MINERALES NO METALICOS:');
93100 READLN(RESPCI);WRITELN;END;
93200 33:BEGIN WRITELN('EXTRACCION DE SAL:');READLN(RESPCI);
93300 WRITELN;END
93400 END;(*CASE*)
93500 DIVISOR:=DIVISOR+RESPCI];
93600 END;(*FOR*)
93700 FOR I:=29 TO 33 DO
93800 NODOS[I].PESO:=RESPCI]/DIVISOR;
93900 END;(*IF*)
94000 IF NODOS[9].PESO<>0 THEN
94100 BEGIN
94200 DIVISOR:=0;
94300 WRITELN('*PARA CADA RAMA DE LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACION*');
94400 WRITELN('RESPONDA CON EL VALOR DE LA PRODUCCION CORRESPONDIENTE*');
94500 WRITELN;
94600 FOR I:=34 TO 48 DO
94700 BEGIN
94800 CASE I OF
94900 34:BEGIN WRITELN('INDUSTRIAS ELABORADORAS DE ALIMENTOS:');
95000 READLN(RESPCI);WRITELN;END;
95100 35:BEGIN WRITELN('INDUSTRIA TEXTIL:');READLN(RESPCI);WRITELN;
95200 END;
95300 36:BEGIN WRITELN('INDUSTRIA DEL CALZADO:');READLN(RESPCI);
95400 WRITELN;END;
95500 37:BEGIN WRITELN('INDUSTRIA PAPELERA:');PEADLN(RESPCI);

```

```

00089600
00089700
00089800
00089900
00090000
00090100
00090200
00090300
00090400
00090500
00090600
00090700
00090800
00090900
00091000
00091100
00091200
00091300
00091400
00091500
00091600
00091700
00091800
00091900
00092000
00092100
00092200
00092300
00092400
00092500
00092600
00092700
00092800
00092900
00093000
00093100
00093200
00093300
00093400
00093500
00093600
00093700
00093800
00093900
00094000
00094100
00094200
00094300
00094400
00094500
00094600
00094700
00094800
00094900
00095000
00095100
00095200
00095300
00095400
00095500

```

```

95600          WRITELN;END;
95700          38:BEGIN WRITELN('INDUSTRIA EDITORIAL:');READLN(RESPI]);
95800          WRITELN;END;
95900          39:BEGIN WRITELN('INDUSTRIA MADERERA:');READLN(RESPI]);
96000          WRITELN;END;
96100          40:BEGIN WRITELN('INDUSTRIA HULERA:');READLN(RESPI]);
96200          WRITELN;END;
96300          41:BEGIN WRITELN('INDUSTRIA METALICA BASICA:');READLN(RESPI]);
96400          WRITELN;END;
96500          42:BEGIN WRITELN('INDUSTRIA AUTOMOTRIZ:');READLN(RESPI]);
96600          WRITELN;END;
96700          43:BEGIN WRITELN('INDUST. PRODUCTORA DE MAQUINARIA Y EQUIPO:');
96800          READLN(RESPI]);WRITELN;END;
96900          44:BEGIN WRITELN('INDUST. PRODUCT. DE EQUIPO ELECTRICO Y');
97000          WRITELN('ELECTRONICO:');READLN(RESPI]);WRITELN;END;
97100          45:BEGIN WRITELN('INDUSTRIA QUIMICA:');READLN(RESPI]);
97200          WRITELN;END;
97300          46:BEGIN WRITELN('INDUSTRIA PETROQUIMICA:');READLN(RESPI]);
97400          WRITELN;END;
97500          47:BEGIN WRITELN('INDUST. DE LA CONSTRUCCION:');READLN(RESPI]);
97600          WRITELN;END;
97700          48:BEGIN WRITELN('INDUST. GENERADORA DE ELECTRICIDAD:');
97800          READLN(RESPI]);WRITELN;END
97900          END;(*CASE*)
98000          DIVISOR:=DIVISOR+RESPI];
98100          END;(*FOR*)
98200          FOR I:=34 TO 48 DO
98300            NODOS[I].PESO:=RESPI]/DIVISOR;
98400          END;(*IF*)
98500          IF NODOS[31].PESO<>0 THEN
98600            BEGIN
98700              DIVISOR:=0;
98800              WRITELN('PROPORCIONE EL VALOR DE LA PRODUCCION PARA LOS');
98900              WRITELN('SIGUIENTES MINERALES');WRITELN;
99000              FOR I:=68 TO 69 DO
99100                BEGIN
99200                  CASE I OF
99300                    68:BEGIN WRITELN('HIERRO:');READLN(RESPI]);WRITELN;END;
99400                    69:BEGIN WRITELN('MINERALES NO FERROSOS:');
99500                      READLN(RESPI]);WRITELN;END
99600                    END;(*CASE*)
99700                    DIVISOR:=DIVISOR+RESPI];
99800                    END;(*FOR*)
99900                    FOR I:=68 TO 69 DO
100000                     NODOS[I].PESO:=RESPI]/DIVISOR;
100100                   END;(*IF*)
100200                   IF NODOS[32].PESO<>0 THEN
100300                     BEGIN
100400                       DIVISOR:=0;
100500                       WRITELN('PROPORCIONE EL VALOR DE LA PRODUCCION:');
100600                       WRITELN;
100700                       FOR I:=70 TO 72 DO
100800                         BEGIN
100900                           CASE I OF
101000                             70:BEGIN WRITELN('CANTERA,ARENA Y GRAVA:');
101100                               READLN(RESPI]);WRITELN;END;
101200                             71:BEGIN WRITELN('ARCILLAS REFRACTARIAS:');
101300                               READLN(RESPI]);WRITELN;END;
101400                             72:BEGIN WRITELN('BARITA,FLUORITA,SILICE:');
101500                               READLN(RESPI]);WRITELN;END

```

```

00095600
00095700
00095800
00095900
00096000
00096100
00096200
00096300
00096400
00096500
00096600
00096700
00096800
00096900
00097000
00097100
00097200
00097300
00097400
00097500
00097600
00097700
00097800
00097900
00098000
00098100
00098200
00098300
00098400
00098500
00098600
00098700
00098800
00098900
00099000
00099100
00099200
00099300
00099400
00099500
00099600
00099700
00099800
00099900
01000000
01001000
01002000
01003000
01004000
01005000
01006000
01007000
01008000
01009000
01010000
01011000
01012000
01013000
01014000
01015000

```

```

101600          END>(*CASE*)
101700          DIVISOR:=DIVISOR+RESP[I];
101800      END>(*FOR*)
101900          FOR I:=70 TO 72 DO
102000              NODOS[I].PESO:=RESP[I]/DIVISOR;
102100      END>(*IF*)
102200      IF NODOS[3].PESO<>0 THEN
102300          BEGIN
102400              WRITELN('** SERVICIOS **');WRITELN;WRITELN;
102500              DIVISOR:=0;
102600              WRITELN('**PARA CADA TIPO DE SERVICIO,PROPORCIONE LA P.E.A**');
102700              WRITELN('OCUPADA**');WRITELN;
102800              FOR I:=10 TO 17 DO
102900                  BEGIN
103000                      CASE I OF
103100                          10:BEGIN WRITELN('COMERCIO:');READLN(RESP[I]);WRITELN;
103200                              END;
103300                          11:BEGIN WRITELN('COMUNICACIONES Y TRANSPORTES:');
103400                              READLN(RESP[I]);WRITELN;END;
103500                          12:BEGIN WRITELN('TURISMO:');READLN(RESP[I]);WRITELN;
103600                              END;
103700                          13:BEGIN WRITELN('SERVICIOS BANCARIOS:');READLN(RESP[I]);
103800                              WRITELN;END;
103900                          14:BEGIN WRITELN('EDUCACION:');READLN(RESP[I]);
104000                              WRITELN;END;
104100                          15:BEGIN WRITELN('SERVICIOS MEDICOS:');READLN(RESP[I]);
104200                              WRITELN;END;
104300                          16:BEGIN WRITELN('SERVICIOS PROFESIONALES:');
104400                              READLN(RESP[I]);WRITELN;END;
104500                          17:BEGIN WRITELN('OTROS:');READLN(RESP[I]);WRITELN;END
104600                      END>(*CASE*)
104700                      DIVISOR:=DIVISOR+RESP[I];
104800                  END>(*FOR*)
104900                  FOR I:=10 TO 17 DO
105000                      NODOS[I].PESO:=RESP[I]/DIVISOR;
105100                  END>(*IF*)
105200          RELEVANCIAS;
105300          BUSQUEDA;
105400      END(*PROCEDURE VOCACIONPRODUCTIVA*)
105500      BEGIN(*PRINCIPAL*)
105600          WRITELN(' :10, ** D I A G N O S T I C O M U N I C I P A L **');
105700          WRITELN;WRITELN;
105750          WRITELN('**VERSION B7800**');WRITELN;WRITELN;
105800          DIAGNOSTICOMPARATIVO;
105810          WRITELN;WRITELN;WRITELN;
105900          WRITELN('PROPORCIONE LOS SIG. DATOS,PARA DEFINIR LA ASIGNACION');
106000          WRITELN('DEL CONTENIDO TEMATICO DE LOS LIBROS:');WRITELN;WRITELN;
106100          DATOSMODELO;
106200          AGREGAHOLOGURAS;
106300          CALCULARENGLONZ;
106400          CALCULAMENOSZ;
106500          CALCULA;
106600          WRITELN('** :20);
106700          WRITELN;
106800          WRITELN('** DEFINICION DE LA VOCACION PRODUCTIVA DEL MUNICIPIO**');
106900          WRITELN('** DE: NOMUNI,**');
107000          WRITELN;WRITELN;
107050          WRITELN('**PROPORCIONE LA INFORMACION SOLICITADA A CONTINUACION**');
107060          WRITELN('EN CASO DE NO HABER RESPUESTA,ASIGNE VALOR NULO(CERO)**');
107065          WRITELN;WRITELN;

```

```

00101600
00101700
00101800
00101900
00102000
00102100
00102200
00102300
00102400
00102500
00102600
00102700
00102800
00102900
00103000
00103100
00103200
00103300
00103400
00103500
00103600
00103700
00103800
00103900
00104000
00104100
00104200
00104300
00104400
00104500
00104600
00104700
00104800
00104900
00105000
00105100
00105200
00105300
00105400
00105500
00105600
00105700
00105750
00105800
00105810
00105900
00106000
00106100
00106200
00106300
00106400
00106500
00106600
00106700
00106800
00106900
00107000
00107050
00107060
00107065

```

107100
107200
107300
107400

```
VOCACIONPRODUCTIVA;WRITELN('':20);WRITELN;  
WRITELN('**** C O N C L U C I O N E S ****');WRITELN;  
  IMPRIME;  
END. (*PROCEDURE PROGRAM*)
```

00107100
00107200
00107300
00107400

RESULTADOS

```

100          ** D I A G N O S T I C O   M U N I C I P A L **
200
300
400      *VERSION  87800*
500
600
700      PROPORCIONE EL NOMBRE DE MUNICIPIO EN ESTUDIO:
800
900          *JOSE AZUETA GRO.
1000
1100      LA POBLACION DEL MUNICIPIO EN ESTUDIO ES(NO.HABS.):
1200          25751 HABS.
1300
1400      DE ACUERDO CON LA POLITICA BIBLIOTECARIA NACIONAL
1500      EL NUMERO DE LIBROS PER CAPITA NORMATIVO ES:
1600          2 LIBROS
1700
1800      PARA CADA INDICADOR SOCIOECONOMICO
1900      *PROPORCIONE LOS DATOS ESTADISTICOS SOLICITADOS*
2000
2100
2200      ***** INDICADORES NACIONALES*****
2300
2400          MEDIA      DESV. ESTANDAR
2500
2600
2700
2800      PRODUCTO INTERNO BRUTO/CAPITA ($) ?
2900
3000
3100      ESPERANZA DE VIDA AL NACER/1000 HABS. ?
3200
3300
3400      TASA DE MORTALIDAD DE NINIOS<1 ANIO/1000 ?
3500
3600
3700      TASA BRUTA DE NATALIDAD/1000 HABS. ?
3800
3900
4000      PORCENTAJE DE ALFABETAS> 15 ANIOS. ?
4100
4200
4300      PORCENTAJE DE ALUMNOS INSCRITOS
4400      EN SECUNDARIA ENTRE 12-17 ANIOS. ?
4500
4600
4700      ***** INDICADORES MUNICIPALES*****
4800
4900      MUNICIPIO DE:JOSE AZUETA GRO.
5000
5100          MEDIA
5200
5300
5400
5500      PRODUCTO INTERNO BRUTO/CAPITA ($) ?
5600
5700

```

5800 ESPERANZA DE VIDA AL NACER/1000 HABS. ?
 5900
 6000
 6100 TASA DE MORTALIDAD DE NINIOS<1 ANIO/1000 ?
 6200
 6300
 6400 TASA BRUTA DE NATALIDAD/1000 HABS. ?
 6500
 6600
 6700 PORCENTAJE DE ALFABETAS> 15 ANIOS. ?
 6800
 6900
 7000 PORCENTAJE DE ALUMNOS INSCRITOS
 7100 EN SECUNDARIA ENTRE 12-17 ANIOS. ?
 7200
 7300
 7400
 7500 PROPORCIONE LOS SIG. DATOS,PARA DEFINIR LA ASIGNACION
 7600 DEL CONTENIDO TEMATICO DE LOS LIBROS:
 7700
 7800
 7900
 8000
 8100 *PARA OBTENER UN CUBRIMIENTO DEL 100% EN TODOS*
 8200 *RUBROS DEFINIDOS,ES NECESARIO CONTAR CON UN*
 8300 *PARAMETRO DE CUBRIMIENTO MEDIO POR LIBRO,QUE*
 8400 *ES LA FRACCION DEL INDICE TEMATICO TOTAL CUBIERTA*
 8500 *USUALMENTE POR UN LIBRO MEDIO DE LA ESPECIALIDAD*
 8600
 8700
 8800 A CONTINUACION SE SOLICITA EL VALOR DE ESTE PARAMETRO
 8900
 9000
 9100 FORMACION CIVICA Y POLITICA:
 9200 ORIENTACION FAMILIAR:
 9300 CAPACITACION LABORAL:
 9400 NUTRICION,HIGIENE Y MEDICINA PREVENTIVA:
 9500 EDUCACION SEXUAL:
 9600 RECREACION:
 9700 TECNOLOGIA DOMESTICA:
 9800 TRAMITES Y GESTORIA:
 9900 ORIENTACION FINANCIERA Y EMPRESARIAL:
 10000 CONSULTA ESCOLAR:
 10100 *
 10200
 10300 ** DEFINICION DE LA VOCACION PRODUCTIVA DEL MUNICIPIO**
 10400 ** DE:JOSE AZUETA GRO. **
 10500
 10600
 10700 *PROPORCIONE LA INFORMACION SOLICITADA A CONTINUACION*
 10800 *EN CASO DE NO HABER RESPUESTA,ASIGNE VALOR NULO(CERO)*
 10900
 11000
 11100 *PROPORCIONE LA SIG. INFORMACION EN NO. DE HABS.*
 11200 P.E.A OCUPADA EN EL SECTOR PRIMARIO:
 11300
 11400 P.E.A OCUPADA EN EL SECTOR SECUNDARIO:
 11500
 11600 P.E.A OCUPADA EN EL SECTOR SERVICIOS:
 11700

11800 **ACTIVIDADES PRIMARIAS**
11900
12000
12100 LA POBLACION DEDICADA A LAS SIG. ACTIVIDADES ES:
12200
12300 *RESPONDA CON LA P.E.A EXPRESADA EN NO.HABS.*
12400 PESCA:
12500
12600 SILVICULTURA:
12700
12800 GANADERIA:
12900
13000 AGRICULTURA:
13100
13200 LOS PRINCIPALES PRODUCTOS PESQUEROS SON:
13300
13400 *RESPONDA CON EL VALOR DE LA PRODUCCION (\$) *
13500
13600 ESPECIES COMESTIBLES:
13700
13800 ESPECIE INDUSTRIALES:
13900
14000 LOS BOSQUES EXPLOTADOS PRODUCEN:
14100
14200 *RESPONDA CON EL VALOR DE LA PRODUCCION*
14300
14400 ESPECIES MADERABLES:
14500
14600 ESPECIES NO MADERABLES:
14700
14800 LA PRODUCCION DE ALIMENTOS PARA EL GANADO ES:
14900
15000 *RESPONDA CON LA PRODUCCION EN TONELADAS, EXCEPTO
15100 EN LA PRIMERA PREGUNTA*
15200
15300 HECTAREAS DE PASTOS:
15400
15500 FORRAJES:
15600
15700 ALIMENTOS ELABORADOS:
15800
15900 *SEGUN EL TIPO DE GANADO PROPORCIONE EL VALOR
16000 DE LA PRODUCCION (\$) *
16100
16200 GANADO MAYOR:
16300
16400 GANADO MENOR:
16500
16600 SE APLICA TECNOLOGIA EN LA CRIA DE GANADO:
16700
16800 *RESPONDA S/N*
16900 DEL TOTAL DE TIERRAS CENSADAS, PROPORCIONE EL
17000 NO. DE HAS. CORRESPONDIENTE*
17100
17200 SUPERFICIE IMPRODUCTIVA:
17300
17400 TIERRAS DE LABOR:
17500
17600 SUPERFICIES INCULTAS:
17700

17800 LOS RECURSOS HIDRAULICOS PARA LAS TIERRAS DE LABOR SON:
17900
18000 *RESPONDA CON EL NO. DE HECTAREAS*
18100
18200 HUMEDAD:
18300
18400 RIEGO:
18500
18600 TEMPORAL;
18700
18800 *SEGUN EL TIPO DE CULTIVO PROPORCIONE EL VALOR DE
18900 LA PRODUCCION*
19000
19100 CULTIVOS DE CICLO CORTO:
19200
19300 CULTIVOS DE CICLO LARGO:
19400
19500 SE APLICA TECNOLOGIA EN EL CULTIVO AGRICOLA:
19600
19700 *RESPONDA S/N*
19800 *PARA CADA TIPO DE GANADO PROPORCIONE EL VALOR DE LA
19900 PRODUCCION*
20000
20100 GANADO BOVINO:
20200
20300 GANADO CABALLAR:
20400
20500 GANADO MULAR Y ASNAL:
20600
20700 *PARA CADA CLASE DE GANADO MENOR, PROPORCIONE EL VALOR
20800 DE LA PRODUCCION (\$)*
20900
21000 GANADO OVINO:
21100
21200 GANADO PORCINO:
21300
21400 GANADO CAPRINO:
21500
21600 AVES:
21700
21800 ABEJAS:
21900
22000 *PARA CADA CULTIVO PROPORCIONE EL VALOR DE
22100 LA PRODUCCION (\$)*
22200
22300 LEGUMBRES:
22400
22500 OLEAGINOSAS:
22600
22700 CEREALES:
22800
22900 *PARA LOS SIG. CULTIVOS ANUALES PROPORCIONE EL
23000 VALOR DE LA PRODUCCION*
23100
23200 FIBRAS:
23300
23400 PLANTACIONES:
23500
23600 FRUTALES:
23700

23800 AGAVES:
23900
24000 **SECTOR INDUSTRIA**
24100
24200
24300 QUE TIPO DE INDUSTRIA PREDOMINA?
24400
24500 *RESPONDA CON LA P.E.A (NO. HABS) SEGUN LA RAMA:*\br/>24600 INDUSTRIAS EXTRACTIVAS:
24700
24800 INDUSTRIAS DE TRANSFORMACION:
24900
25000 *PROPORCIONE EL VALOR DE LA PRODUCCION PARA LA
25100 ACTIVIDAD EXTRACTIVA EN CUESTION*\br/>25200
25300 EXTRACCION Y BENEFICIO DE CARBON
25400 MINERAL Y GRAFITO:
25500
25600 EXTRACCION DE PETROLEO CRUDO Y
25700 GAS NATURAL:
25800
25900 EXTRACCION DE MINERALES METALICOS:
26000
26100 EXTRACCION DE MINERALES NO METALICOS:
26200
26300 EXTRACCION DE SAL:
26400
26500 *PARA CADA RAMA DE LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACION
26600 RESPONDA CON EL VALOR DE LA PRODUCCION CORRESPONDIENTE*\br/>26700
26800 INDUSTRIAS ELABORADORAS DE ALIMENTOS:
26900
27000 INDUSTRIA TEXTIL:
27100
27200 INDUSTRIA DEL CALZADO:
27300
27400 INDUSTRIA PAPELERA:
27500
27600 INDUSTRIA EDITORIAL:
27700
27800 INDUSTRIA MADERERA:
27900
28000 INDUSTRIA HULERA:
28100
28200 INDUSTRIA METALICA BASICA:
28300
28400 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ:
28500
28600 INDUST. PRODUCTORA DE MAQUINARIA Y EQUIPO:
28700
28800 INDUST. PRODUCT. DE EQUIPO ELECTRICO Y
28900 ELECTRONICO:
29000
29100 INDUSTRIA QUIMICA:
29200
29300 INDUSTRIA PETROQUIMICA:
29400
29500 INDUST. DE LA CONSTRUCCION:
29600
29700 INDUST. GENERADORA DE ELECTRICIDAD:

INDUSTRIA AUTOMOTRIZ:

INDUST. PRODUCTORA DE MAQUINARIA Y EQUIPO:

INDUST. PRODUCT. DE EQUIPO ELECTRICO Y
ELECTRONICO:

INDUSTRIA QUIMICA:

INDUSTRIA PETROQUIMICA:

INDUST. DE LA CONSTRUCCION:

INDUST. GENERADORA DE ELECTRICIDAD:

** SERVICIOS **

*PARA CADA TIPO DE SERVICIO, PROPORCIONE LA P.E.A
OCUPADA*

COMERCIO:

COMUNICACIONES Y TRANSPORTES:

TURISMO:

SERVICIOS BANCARIOS:

EDUCACION:

SERVICIOS MEDICOS:

SERVICIOS PROFESIONALES:

OTROS:

100	CAPACITACION EN ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL COMERCIO	10
200	CAPACITACION EN LAS AREAS DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	11
300	CAPACITACION EN ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL TURISMO	12
400	INFORMACION FINANCIERA EN GENERAL	13
500	MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS	14
600	INFORMACION SOBRE MEDICINA GENERAL	15
700	CATALOGOS DE ACTIVIDADES PROFESIONALES Y OFICIOS	16
800	CAPACITACION EN LA PRESTACION DE LOS SERVICIOS PUBLICOS	17
900	CRIA Y PESCA DE ESPECIES COMESTIBLES	18
1000	PESCA DE ESPECIES INDUSTRIALES	19
1100	EXPLORACION DE BOSQUES DE ESPECIES MADERABLES	20
1200	EXPLORACION DE BOSQUES DE ESPECIES NO MADERABLES	21
1300	EXTRACCION Y BENEFICIO DE CARBON MINERAL Y GRAFITO	29
1400	EXTRACCION DE PETROLEO Y GAS NATURAL	30
1500	EXPLORACION DE SALINAS	33
1600	ELABORACION DE ALIMENTOS Y BEBIDAS EN GENERAL	34
1700	INDUSTRIAS TEXTILES EN GENERAL	35
1800	PRODUCCION DE CALZADO	36
1900	PRODUCCION DE PAPEL Y SUS DERIVADOS	37
2000	INDUSTRIA EDITORIAL EN TODAS SUS RAMAS	38
2100	INDUSTRIALIZACION DE MADERA Y CORCHO	39
2200	PRODUCCION DE HULES, PLASTICOS Y SUS DERIVADOS	40
2300	INDUSTRIA METALICA EN GENERAL	41
2400	PRODUCCION Y REPARACION DE PARTES Y AUTOMOVILES	42
2500	PRODUCCION Y REPARACION DE MAQUINARIA PESADA	43
2600	PRODUCCION Y REPARACION DE EQUIPO ELECTRICO Y ELECTRONICO	44
2700	INDUSTRIA QUIMICA EN TODAS SUS RAMAS	45
2800	PROCESAMIENTO DEL PETROLEO Y SUS DERIVADOS (PETROQUIMICA)	46
2900	CAPACITACION EN ACTIVIDADES LIGADAS A LA CONSTRUCCION	47
3000	GENERACION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA	48
3100	CULTIVO DE PASTOS NATURALES Y ARTIFICIALES	49
3200	PRODUCCION DE FORRAJES	50
3300	PRODUCCION DE ALIMENTOS PARA EL GANADO	51
3400	MEDICINA VETERINARIA	54
3500	DIETETICA ANIMAL	55
3600	GENETICA ANIMAL	56
3700	APROVECHAMIENTO DE TIERRAS IMPRODUCTIVAS	57
3800	APROVECHAMIENTO DE TIERRAS CULTIVABLES	58
3900	APROVECHAMIENTO DE SUPERFICIES INCULTAS	59
4000	APROVECHAMIENTO DE TIERRAS DE HUMEDAD	60
4100	APLICACION DE RIEGO EN EL CAMPO	61
4200	APROVECHAMIENTO DE LAS TIERRAS DE TEMPORAL	62
4300	EXTRACCION Y BENEFICIO DE HIERRO	68
4400	EXTRACCION Y BENEFICIO DE MINERALES NO FERROSOS	69
4500	EXTRACCION DE CANTERA, GRAVA Y ARENA	70
4600	TECNICAS PARA LA EXTRACCION DE ARCILLAS	71
4700	METODOS DE EXTRACCION DE BARITA, SILICE Y FLUORITA	72
4800	CRIA DE GANADO BOVINO	73
4900	CRIA DE GANADO CABALLAR	74
5000	CRIA DE GANADO MULAR Y ASNAL	75
5100	CRIA DE GANADO OVINO	76
5200	CRIA DE GANADO PORCINO	77
5300	CRIA DE GANADO CAPRINO	78
5400	CRIA DE AVES	79
5500	CRIA DE ABEJAS (PRODUCCION DE MIEL)	80
5600	CULTIVO DE HORTALIZAS	81
5700	CULTIVO DE OLEAGINOSAS Y SU INDUSTRIALIZACION	82

5800	CULTIVO DE CEREALES	.	83
5900	CULTIVO DE ESPECIES FIBROSAS Y SU INDUSTRIALIZACION	.	84
6000	CULTIVO DE PLANTACIONES	.	85
6100	CULTIVO DE FRUTALES	.	86
6200	CULTIVO DE AGAVES	.	87
6300	GENETICA VEGETAL (MEJORAMIENTO DE ESPECIES)	.	88
6400	CONTROL DE PLAGAS	.	89
6500	APLICACION DE FERTILIZANTES	.	90
6600	MEJORAMIENTO DE SUELOS	.	91
6700	CONSTRUCCION DE OBRAS HIDRAULICAS EN EL CAMPO	.	92
6800	ELABORACION DE PRODUCTOS AGRICOLAS	.	93

33600
33700
33800
33900
34000
34100
34200
34300
34400
34500
34600
34700
34800
34900
35000
35100
35200
35300
35400
35500
35600
35700

**** CONCLUSIONES ****

** RESUMEN DE DATOS **

* NOMBRE DEL MUNICIPIO: JOSE AZUETA GRO.
* POBLACION DE MUNICIPIO: 25751 HABS.
* NO. DE LIBROS PER CAPITA NORMATIVO: 2
*** DOTACION OPTIMA PARA LA BIBLIOTECA MUNICIPAL **
* TOTAL DE VOLUMENES: 8628
* DISTRIBUIDOS EN DE LA SIG. FORMA *

35800
35900
36000
36100
36200
36300
36400
36500
36600
36700
36800
36900
37000
37100
37200
37300
37400
37500
37600
37700
37800
37900
38000
38100
38200
38300
38400
38500
38600
38700
38800
38900
39000
39100
39200
39300
39400
39500

* DE ACUERDO CON LOS RUBROS DEFINIDOS *

FORMACION CIVICA Y POLITICA: 429.000000
ORIENTACION FAMILIAR : 2686.000000
CAPACITACION LABORAL : 2400.000000
NUTRICION, HIGIENE Y MEDICINA PREVENTIVA : 833.000000
EDUCACION SEXUAL : 160.000000
RECREACION : 333.000000
TECNOLOGIA DOMESTICA : 120.000000
TRAMITES Y GESTORIA : 300.000000
ORIENTACION FINANCIERA Y EMPRESARIAL : 167.000000
CONSULTA ESCOLAR : 1400.000000

* INDICE TEMATICO EN EL RUBRO DE CAPACITACION LABORAL *

* DE ACUERDO CON LA VOCACION PRODUCTIVA DE MUNICIPIO *

* T E M A *

* R E L E V A N C I A *

39600
39700
39800
39900
40000
40100
40200
40300
40400
40500
40600
40700
40800
40900
41000
41100
41200
41300
41400
41500
41600
41700

CAPACITACION EN ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL COMERCIO * 1.81503119E-01
CAPACITACION EN LAS AREAS DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES * 2.44638083E-02
CAPACITACION EN ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL TURISMO * 1.24665808E-01
INFORMACION FINANCIERA EN GENERAL * 1.0660784E-02
MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS * 2.31510031E-02
INFORMACION SOBRE MEDICINA GENERAL * 1.29715813E-02
CATALOGOS DE ACTIVIDADES PROFESIONALES Y OFICIOS * 2.92059112E-02
CAPACITACION EN LA PRESTACION DE LOS SERVICIOS PUBLICOS * 6.94128131E-02
CRIAR Y PESCAS DE ESPECIES COMESTIBLES * 1.093348687E-02
PESCA DE ESPECIES INDUSTRIALES * 1.289911249E-02
EXLOTACION DE BOSQUES DE ESPECIES MADERABLES * 3.36226124E-02
EXTRACCION Y BENEFICIO DE CARBON MINERAL Y GRAFITO * 6.09897921E-02
EXLOTACION DE SALINAS * 1.66559718E-02
ELABORACION DE ALIMENTOS Y BEBIDAS EN GENERAL * 1.79206983E-02
INDUSTRIA QUIMICA EN TODAS SUS RAMAS * 6.76031915E-02
CAPACITACION EN ACTIVIDADES RELACIONADAS A LA CONSTRUCCION * 1.48017457E-02
GENERACION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA * 1.79206983E-02
CULTIVO DE PASTOS NATURALES Y ARTIFICIALES * 1.23291771E-02
MEDICINA VETERINARIA * 1.20316709E-02
DIETICA ANIMAL * 6.99897314E-02
GENETICA ANIMAL * 2.20877314E-02
APROVECHAMIENTO DE TIERRAS IMPRODUCTIVAS * 4.33972014E-02
APROVECHAMIENTO DE TIERRAS CULTIVABLES * 1.14275669E-02

41800
41900
42000
42100
42200
42300
42400
42500
42600
42700
42800
42900
43000
43100
43200
43300
43400
43500
43600
43700
43800
43900
44000
44100
44200
44300
44400

APROVECHAMIENTO DE SUPERFICIES INULTAS * 2.10043516E-02
APROVECHAMIENTO DE TIERRAS DE HUMEDAD * 1.81128111E-02
APLICACION DE RIEGO EN EL CAMPO * 2.4556024E-02
APROVECHAMIENTO DE LAS TIERRAS DE TEMPORAL * 2.92059112E-02
EXTRACCION Y BENEFICIO DE HIERRO * 6.09897921E-02
EXTRACCION Y BENEFICIO DE MINERALES NO FERROSOS * 2.40089729E-02
EXTRACCION DE CANTERA, GRAVA Y ARENA * 1.79206983E-02
TECNICAS PARA LA EXTRACCION DE ARCILLAS * 1.093348687E-02
CRIAR DE GANADO ROVINO * 1.093348687E-02
CRIAR DE GANADO CABALLAR * 1.78840154E-02
CRIAR DE GANADO MULAR Y ASHAL * 6.38270064E-02
CRIAR DE GANADO OVINO * 2.12611889E-02
CRIAR DE GANADO PORCINO * 1.81503119E-02
CRIAR DE GANADO CAPRINO * 1.81503119E-02
CRIAR DE AVES * 6.99897314E-02
CRIAR DE ABEJAS (PRODUCCION DE MIEL) * 6.99897314E-02
CULTIVO DE MORTALIZAS * 1.73099771E-02
CULTIVO DE OLAGINOSAS Y SU INDUSTRIALIZACION * 1.093348687E-02
CULTIVO DE CEREALES * 1.71011839E-02
CULTIVO DE PLANTACIONES * 1.71011839E-02
CULTIVO DE FRUTALES * 1.10717375E-02
GENETICA VEGETAL (MEJORAMIENTO DE ESPECIES) * 1.10717375E-02
CONTROL DE PLAGAS * 1.10717375E-02
APLICACION DE FERTILIZANTES * 1.10717375E-02
MEJORAMIENTO DE SUELOS * 1.10717375E-02
CONSTRUCCION DE OBRAS HIDRAULICAS EN EL CAMPO * 1.10717375E-02
ELABORACION DE PRODUCTOS AGRICOLAS * 1.10717375E-02

**** CONCLUSIONES ****

•• RESUMEN DE DATOS ••

- NOMBRE DEL MUNICIPIO: TIZAYUCA HGO.
- POBLACION DE MUNICIPIO: 16454 HABS.
- NO. DE LIBROS PER CAPITA NORMATIVO: 2
- DOTACION OPTIMA PARA LA BIBLIOTECA MUNICIPAL ••
- TOTAL DE VOLUMENES: 7208
- DISTRIBUIDOS EN DE LA SIG. FORMA •

• DE ACUERDO CON LOS RUBROS DEFINIDOS •

FORMACION CIVICA Y POLITICA: 500.00000
 ORIENTACION FAMILIAR : 1357.000000
 CAPACITACION LABORAL : 2400.000000
 NUTRICION, HIGIENE Y MEDICINA PREVENTIVA : 833.000000
 EDUCACION SEXUAL : 50.000000
 RECREACION : 1333.000000
 TECNOLOGIA DOMESTICA : 111.000000
 TRAMITES Y GESTORIA : 300.000000
 ORIENTACION FINANCIERA Y EMPRESARIAL : 50.000000
 CONSULTA ESCOLAR : 1273.000000

- INDICE TEMATICO EN EL RUBRO DE CAPACITACION LABORAL •
- DE ACUERDO CON LA VOCACION PRODUCTIVA DE MUNICIPIO •

• T E M A •

• R E L E V A N C I A •

CAPACITACION EN ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL COMERCIO	• 1.15384615E-01
CAPACITACION EN LAS AREAS DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	• 5.76923077E-02
CAPACITACION EN ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL TURISMO	• 4.76953077E-02
INFORMACION FINANCIERA EN GENERAL	• 1.73076923E-02
MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS	• 4.61538461E-02
INFORMACION SOBRE MEDICINA GENERAL	• 2.88461538E-02
CATALOGOS DE ACTIVIDADES PROFESIONALES Y OFICIOS	• 1.73076923E-02
CAPACITACION EN LA PRESTACION DE LOS SERVICIOS PUBLICOS	• 1.15384615E-02
ELABORACION DE ALIMENTOS Y BEBIDAS EN GENERAL	• 3.13479623E-02
INDUSTRIAS TEXTILES EN GENERAL	• 2.88461538E-02
PRODUCCION DE PAPEL Y SUS DERIVADOS	• 4.70219436E-02
PRODUCCION DE MULES, PLASTICOS Y SUS DERIVADOS	• 3.13479623E-02
INDUSTRIA METALICA EN GENERAL	• 6.26959248E-02
PRODUCCION Y REPARACION DE PARTES Y AUTOMOVILES	• 1.26759811E-02
PRODUCCION Y REPARACION DE MAQUINARIA PESADA	• 9.40438877E-02
PRODUCCION Y REPARACION DE EQUIPO ELECTRICO Y ELECTRONICO	• 4.70219436E-02
INDUSTRIA QUIMICA EN TODAS SUS RAMAS	• 1.09917868E-01
CAPACITACION EN ACTIVIDADES LEGADAS A LA CONSTRUCCION	• 6.26959248E-02
GENERACION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA	• 1.56739811E-02
CULTIVO DE PASTOS NATURALES Y ARTIFICIALES	• 1.80000000E-02
PRODUCCION DE FORRAJES	• 1.80000000E-02
PRODUCCION DE ALIMENTOS PARA EL GANADO	• 8.00000000E-03
MEDICINA VETERINARIA	• 1.44000000E-02

DIETETICA ANIMAL	• 1.08000000E-02
GENETICA ANIMAL	• 1.08000000E-02
APROVECHAMIENTO DE TIERRAS CULTIVABLES	• 1.55555556E-02
APROVECHAMIENTO DE SUPERFICIES INCLUTAS	• 4.44444444E-02
APLICACION DE RIEGO EN EL CAMPO	• 1.00000000E-02
APROVECHAMIENTO DE LAS TIERRAS DE TEMPORAL	• 1.00000000E-02
CRIA DE GANADO BOVINO	• 2.34375000E-02
CRIA DE GANADO CABALLAR	• 4.68750000E-02
CRIA DE GANADO MULAR Y ASNAL	• 1.17187500E-02
CRIA DE GANADO OVINO	• 1.17187500E-02
CRIA DE GANADO PORCINO	• 2.34375000E-02
CRIA DE AVES	• 1.02357143E-02
CULTIVO DE HORTALIZAS	• 1.87500000E-02
CULTIVO DE CEREALES	• 9.00000000E-02
GENETICA VEGETAL (MEJORAMIENTO DE ESPECIES)	• 1.80000000E-02
CONTROL DE PLAGAS	• 4.20000000E-02
APLICACION DE FERTILIZANTES	• 3.00000000E-02
MEJORAMIENTO DE SUELOS	• 1.00000000E-02
CONSTRUCCION DE OBRAS HIDRAULICAS EN EL CAMPO	• 1.00000000E-02
ELABORACION DE PRODUCTOS AGRICOLAS	• 6.00000000E-03