



Universidad Tecnológica de la Mixteca

SATDAB

Sistema de Apoyo de Toma de Decisiones para la Asignación de Becas en la U.T.M.

Tesis Profesional

Que para obtener el Grado de

Ingeniero en Computación

Presenta

Horacio Morales López

Acatlima, Huajuapán de León, Oaxaca

Invierno de 1997

U. T. M. 0810

**Tesis presentada el 12 de febrero de 1997
ante los sinodales:**

**Ing. Hugo Suarez Onofre
M.C. Luis René Marcial Castillo
Dr. Leonid Borisovitch Sheremetov**

∞ Dedicatorias ∞

A mi padre, por el ejemplo y apoyo que siempre me ha dado.

A mi madre, por su cariño y comprensión.

A mi hermano Rafael, por todos aquellos días que nos han faltado pasar juntos.

A mis hermanas Verónica y Norma, por que son mi mayor felicidad.

Horacio.

∞ Agradecimientos ∞

A mi asesor, el Dr. Leonid Sheremetov, por su interés y seguimiento en este proyecto de tesis.

Al Lic. Carlos Santibañes Morán, por su disponibilidad para compartirme su experiencia en la asignación de becas en la U. T.M..

A mis verdaderos profesores, especialmente a Juan Rodríguez Pedrosa.

Al Departamento de Física-Matemáticas de la U. T.M., por el asesoramiento y recursos proporcionados para la elaboración de esta tesis.

Horacio.

Resumen

Este documento presenta las fases de desarrollo del proyecto de tesis "*Sistema de Apoyo de Toma de Decisiones para la Asignación de Becas en la U.T.M. (SATDAB)*"; desde los antecedentes que motivaron su creación, las etapas de análisis, diseño e implementación.

El proyecto de tesis SATDAB se planteó como una herramienta informática para ayudar a la toma de decisiones en la asignación de becas en la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Este sistema informático se desarrolló con la ayuda de métodos y modelos provistos por la tecnología de *sistemas de apoyo a las decisiones híbrido*.

U. T. M. 0018

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1	
Tecnología de Información para la toma de decisiones.....	5
1.1 El proceso de asignación de becas como un proceso de toma de decisiones....	5
1.2 Evolución de los sistemas de información.....	8
1.2.1 Sistemas de procesamiento de datos.....	8
1.2.2 Sistemas de información gerencial.....	8
1.2.3 Sistemas de apoyo a las decisiones.....	9
1.2.4 Sistemas expertos.....	9
1.2.5 Sistemas de apoyo a las decisiones híbrido.....	10
1.3 Selección de la tecnología de información para resolver el proceso de asignación de becas.....	11
Capítulo 2	
Modelos de representación del conocimiento.....	15
2.1 Representación del conocimiento.....	15
2.1.1 Tripletas Objeto-Atributo-Valor.....	16
2.1.2 Redes semánticas.....	16
2.1.3 Marcos.....	17
2.1.4 Representación via declaraciones lógicas.....	17
2.1.5 Sistema basado en reglas.....	18
2.2 Selección del modelo de representación del conocimiento para el desarrollo de la base de conocimientos del SATDAB.....	19
Capítulo 3	
La base de conocimientos del SATDAB.....	21
3.1 Adquisición del conocimiento del SATDAB.....	21
3.1.1 Selección del dominio.....	22
3.1.2 Selección del ingeniero en conocimientos.....	22
3.1.3 Selección del experto.....	22
3.1.4 Reunión inicial.....	22
3.1.5 Estudio del problema.....	22
3.1.6 Siguiendo reuniones.....	23
3.1.7 Adquisición del conocimiento via inducción de reglas.....	28
3.2 Representación del conocimiento del SATDAB.....	30
3.2.1 Identificación de objetos, atributos y valores.....	30
3.2.2 Construcción de la base de conocimientos.....	30
3.2.3 Tabla Atributo-Valor.....	37
3.3 Inferencia de la base de conocimientos del SATDAB.....	42
3.4 Validación de la base de conocimientos del SATDAB.....	42

Capítulo 4

Implementación del SATDAB	47
4.1 Introducción al SATDAB.....	47
4.2 Estructura del sistema.....	48
4.3 El proceso de traducción.....	50
4.3.1 Elección del lenguaje de programación.....	50
4.3.2 Codificación.....	53
4.3.3 Interfaz de usuario.....	55
4.4 Probando al SATDAB.....	57
4.4.1 Análisis estadístico de estimación de la proporción.....	57
4.4.2 Análisis de ejecución del SATDAB.....	63
Conclusiones	67
Referencias	69
Apéndice A. Red de inferencia de la base de conocimientos del SATDAB.....	71
Apéndice B. Manual de usuario.....	91
Apéndice C. Código fuente de la base de conocimientos del SATDAB.....	101

Introducción

Las muchas aplicaciones computacionales confirman el hecho de que la informática es la impulsora hacia la automatización y síntesis de procesos para mejorar las formas de trabajo y auxiliar la toma de decisiones. Los sistemas informáticos, donde la experiencia, juicio e intuición de un humano son muy importante para la toma de decisiones, están llegando a ser cada vez más comunes, y su desarrollo más sistematizado.

Descripción general del problema

En los inicios de la U.T.M. la asignación de becas era un proceso simple y rápido, debido al poco estudiantado. Sin embargo, con el paso de los años, la población estudiantil se ha incrementado, con lo que el proceso manual de asignación de becas se hace engorroso y tardado, sumándose a este problema el hecho de que es *una persona* quien ha realizado este proceso por varios años.

La asignación de un porcentaje de beca (100%, 75%, 50% ó 25%) se realiza por medio de una evaluación de las calificaciones, los porcentajes semestrales de asistencias a diferentes actividades extraclase y la situación económica de los estudiantes. Las fuentes de información se encuentran distribuidas en distintos lugares, como son los archivos de bases de datos (registros de calificaciones), las listas de asistencias a sala de cómputo, biblioteca, deportes, entrega de lecturas mensuales, así como las solicitudes de beca que los estudiantes completan al ingresar a la institución..

Para que el Jefe del Departamento de Servicios Escolares pueda asignar un tipo de beca a un estudiante, primero analiza la solicitud de beca e identifica la situación económica en que se encuentra la familia del estudiante, verifica las calificaciones de un semestre, clasificándolas en altas, medias o bajas, y posteriormente verifica los porcentajes de participación del estudiante en las diferentes actividades extraclase. Es aquí donde la heurística del Jefe del Departamento de Servicios Escolares es muy importante, ya que considera de igual valor tanto las calificaciones como la participación del estudiante (e.g., no es tan importante que se tenga un alto porcentaje de beca, si es que las calificaciones no son tan altas), teniendo un peso bastante considerable a la situación económica del estudiante. Una vez que se cuenta con la información completa, el Jefe del Departamento de Servicios Escolares en base a su juicio, experiencia y sentido común asigna un tipo de beca.

De esta forma, debido a la *estructura* en que se encuentran los datos de los estudiantes y a la *subjetividad* del proceso de asignación de becas donde el juicio, experiencia y sentido común del Jefe del Departamento de Servicios Escolares es muy importante (i.e., su propia heurística), se propone al "*Sistema de Apoyo de Toma de Decisiones para la Asignación de Becas en la U.T.M. (SAITDAB)*", como un medio de automatización para el proceso manual de asignación de becas; esto se hace apoyándose en técnicas y

herramientas provistas por las tecnologías de *sistemas de apoyo a las decisiones* y de *sistemas expertos* (i.e., el SATDAB es un *sistema de apoyo a las decisiones híbrido*). La razón por la que se escogió esta tecnología híbrida es debido a las facilidades para la estructuración de los datos, así como para la adquisición y representación del conocimiento de la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares.

Hipótesis

La tecnología informática de sistema de apoyo a las decisiones híbrido es la que se adapta formalmente para resolver el problema de asignación de becas en la U.T.M.

Metas y objetivos

El desarrollo de un *prototipo* SATDAB es considerado como la meta principal del trabajo de tesis que se presenta. Para cumplir esta tarea, se realiza el siguiente trabajo de investigación:

- Selección de tecnologías de información para atacar el problema de asignación de becas (i.e., se comparan tecnologías informáticas de acuerdo a sus ventajas y desventajas, con la finalidad de seleccionar una que resuelva el problema planteado).
- Desarrollo del modelo adecuado para los datos (i.e., métodos analíticos) y conocimiento (i.e., se hace una comparación de ventajas y desventajas de los modelos de representación del conocimiento, y de acuerdo a este análisis se selecciona un modelo en el que se hará el análisis y diseño la base de conocimientos del prototipo SATDAB).
- Análisis del dominio del conocimiento (i.e., adquisición de la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares en la U.T.M.).
- Análisis y diseño de la base de conocimientos (basados en el modelo de representación de conocimientos seleccionado).
- Desarrollo de la estructura del sistema (basados en la arquitectura formal de la tecnología de información seleccionada).
- Selección de herramientas para los módulos de implementación (i.e., se analiza las ventajas y desventajas del software disponible, tomando como base el modelo de representación del conocimiento elegido).
- Análisis de resultados del SATDAB implementado.
- Análisis de la eficiencia de inferencia y ejecución del SATDAB construido.

Dos son los prototipos que son implementados para su comparación. El primer prototipo está basado en el modelo formal de un sistema experto puro, el segundo prototipo está basado en el modelo de un sistema de apoyo a las decisiones híbrido. La novedad de este tema de tesis es la estructuración de un sistema informático con modelos cuantitativos y cualitativos.

Contenido de la tesis

Este trabajo esta integrado por cuatro capítulos, que describen el tema de investigación realizado. En el primer capítulo, se hace un análisis de tecnologías de información para resolver el problema de asignación de becas.

En el segundo capítulo se hace un análisis de diferentes modelos de representación del conocimiento para diseñar la base de conocimientos del prototipo SATDAB (i.e., basados en la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares).

En el tercer capítulo se explica el análisis y diseño del prototipo SATDAB. Se da una introducción al SATDAB, sus alcances y limitaciones. Se explica detenidamente el proceso de adquisición y representación del conocimiento. Mediante ejemplos, se verifica la consistencia y acabado de la base de conocimientos, para finalizar con la elección de la estrategia de inferencia y búsqueda para la base de conocimientos diseñada.

El cuarto capítulo describe las características de la implementación del SATDAB y se comparan los resultados de dos prototipos implementados basados en distinta tecnología informática.

Por último se da una conclusión al trabajo de investigación, los resultados obtenidos, los alcances, limitaciones y mejoras al prototipo SATDAB. Adicionalmente se proporcionan tres apéndices que describen la red de inferencia de la base de conocimientos diseñada, el manual de referencia y código fuente del prototipo SATDAB.

Basados en los módulos desarrollados, y como resultado de este trabajo de tesis, el prototipo final SATDAB es implementado en la plataforma PC bajo Windows OS, y donado al Departamento de Servicios Escolares.

Capítulo 1

Tecnología de información para la toma de decisiones

Desde los inicios de la informática, su principal objetivo ha sido reducir costos administrativos en las organizaciones; esto ha acarreado una evolución constante de los sistemas informáticos que sirvan de soporte a la toma de decisiones. En la actualidad, la evolución de la tecnología informática está ocasionando nuevos paradigmas, de manera que la información se ha convertido en un componente esencial en la ejecución estratégica organizacional.

1.1 El proceso de asignación de becas como un proceso de toma de decisiones

El proceso de toma de decisiones implica la existencia de un mínimo de los siguientes factores ([Ignizio, 91]):

- Debe haber un problema.
- Debe haber una persona que tome decisiones.
- Debe haber una necesidad para resolver el problema.
- Debe haber soluciones alternativas para el problema.

Una vez que se tengan estos elementos, hay una variedad de métodos para derivar posibles soluciones para el problema en consideración y presentarlos a la persona que toma la decisión. La implementación y desarrollo de herramientas (e.g., medios informáticos) que den soporte a las decisiones se le llama *análisis de la decisión* (ido., [Ignizio, 91]), y cuyo propósito es proveer información a la persona que tome decisiones para usarla en sus conclusiones.

Descripción del proceso de asignación de becas

La asignación de becas en la U.T.M. la ha hecho el Jefe del Departamento de Servicios Escolares por más de cinco años, y es quien evalúa y designa un tipo de beca para cada estudiante. Con el paso de los años, y debido al crecimiento de la población estudiantil de la universidad, el proceso manual de asignación de becas se ha hecho una tarea difícil y que lleva mucho tiempo en llevarse a cabo. El problema aumenta si se considera que

los datos de los estudiantes (i.e., las calificaciones semestrales, los porcentajes de participación en distintas actividades extraclase y las solicitudes de beca), están distribuidas en distintos lugares, haciendo tardado su recolección para que el Jefe del Departamento de Servicios Escolares las analice una por una.

La distribución de los datos de los estudiantes es la siguiente: las calificaciones se encuentran almacenadas en archivos de bases de datos, los porcentajes de participación son registrados en listas de asistencia durante un semestre, y las solicitudes de beca son llenadas por los estudiantes a su ingreso en la institución. Una vez que el Jefe del Departamento de Servicios Escolares cuenta con toda la información, analiza caso por caso, y de acuerdo a su juicio, experiencia y sentido común, designa un tipo de beca para cada estudiante, pudiendo explicar el por qué asignó un determinado tipo de beca a un estudiante.

De forma natural, al momento de asignar las becas, el Jefe del Departamento de Servicios Escolares emplea modelos cuantitativos (i.e., algoritmos) y cualitativos (i.e., heurísticas). Los modelos cuantitativos usados son promediar las calificaciones de las distintas materias que los estudiantes cursan en un semestre (y que pueden ser distintas en cantidad para los semestres y carreras), recolectar las asistencias de participación que se realizan durante el semestre y promediarlas para obtener porcentajes finales, y hacer registros estadísticos de las becas asignadas para ser almacenadas. Subjetivamente el Jefe del Departamento de Servicios Escolares compara y analiza para cada estudiante su promedio, su porcentaje de participación, su situación económica y de acuerdo a su criterio (i.e., su propia heurística), asigna tipos de beca. Esto lo hace mediante la manipulación natural de variables con valores numéricos o simbólicos (i.e., hace una combinación de métodos analíticos y de heurísticas).

El proceso de asignar un tipo de beca por parte del Jefe del Departamento de Servicios Escolares es muy particular, parte de hechos (datos de los estudiantes) evalúa promedios, participación y situación económica (obteniéndola mediante la combinación de variables con valores simbólicos y numéricos), y al final decide una beca para un estudiante. El problema principal radica en el dominio del experto¹ que es bastante inestable, ya que no siempre se asignará un tipo de beca para estudiantes con semejantes promedios, porcentajes de participación y situación económica, de manera que se hace difícil hacer un modelo del dominio para obtener resultados exactos.

En base a las características que rodea el problema de asignación de becas, se propone a un sistema informático como una solución al problema del proceso manual de asignación de becas, y así, independizarlo de una persona. Este sistema informático deberá cumplir con las características propias que rodean el proceso de asignación de becas como lo son:

¹ v. [Ignizio, 91], capítulo 5, *Knowledge acquisition*.

- Capacidad para utilizar datos (i.e., provenientes de archivos de bases de datos).
- Capacidad para manejar conocimiento (i.e., la heurística empleada por el Jefe del Departamento de Servicios Escolares en el proceso manual de asignación de becas).
- Soportar la manipulación de variables con valores numéricos y simbólicos.
- Combinación de modelos cuantitativos (i.e., algoritmos) y modelos cualitativos (i.e., heurísticas).
- Capacidad para utilizar coeficientes de verosimilitud (por las características del dominio del experto).
- Los resultados a los que llegue el sistema informático serán parecidos a los que llegaría el dominio del experto (debido a su inestabilidad).
- Capacidad para explicar los resultados.

Así, se pretende que el sistema informático sea lo más equiparable posible al proceso manual de asignación de becas que realiza el Jefe del Departamento de Servicios Escolares.

Identificación del proceso de asignación de becas como un proceso de toma de decisiones

En base a la descripción del problema, se corrobora que el proceso de asignación de becas es un proceso de toma de decisiones, debido a que cumple con lo siguiente:

- Existe un problema (i.e., el problema de asignación de becas).
- Existe una persona que toma decisiones (i.e., el Jefe del Departamento de Servicios Escolares quien ha tomado decisiones en asignar tipos de becas a los estudiantes de la U.T.M. por varios años).
- Existe una necesidad por resolver el problema de asignación de becas; esto es debido a los distintos factores a evaluar, la distribución y cantidad de datos, y al incremento de la población estudiantil de la U.T.M., todo con la finalidad de agilizar el proceso manual de asignación de becas.
- Las soluciones para resolver el problema de asignación de becas son las distintas tecnologías de información existentes, y que debido a su sistematización y uso, han demostrado ser un medio eficaz para agilizar los procesos administrativos en las organizaciones.

Una vez identificado que el proceso de asignación de becas cumple con los requerimientos de un proceso de toma de decisiones, se pasará a la selección de la tecnología de información que pueda darle solución.

1.2 Evolución de los sistemas de información

La *evolución de los sistemas de información* se ha venido dando debido a las necesidades y actividades de la administración de los diferentes niveles jerárquicos de las organizaciones. A continuación se describen algunos de los principales sistemas de información que han surgido para dar soporte a la toma de decisiones.

1.2.1 Sistemas de procesamiento de datos

Un *sistema de procesamiento de datos* es un sistema de información que usa procedimientos estándares para coleccionar y procesar día a día los datos que en forma rutinaria fluyen en una organización [Fuller, 94].

A continuación se dan las ventajas y desventajas más importantes de esta tecnología, y que son un resumen de las expuestas por [Fuller, 94], [Laudon, 95] y [Olson, 92].

Ventajas

- Procesan los datos de una forma rápida.
- Procesan grandes cantidades de datos.
- Registran datos históricos que pueden ser útiles para otros sistemas de información.

Desventajas

- Utilizan un modelo cuantitativo.
- Para poder tomar decisiones a partir de un sistema de procesamiento de datos, es necesario valerse de métodos analíticos (e.g., estadística, histogramas, teoría de inventarios, etcétera).

1.2.2 Sistemas de información gerencial

Un *sistema de información gerencial* es un conocimiento relevante, producido por la salida de la operación del procesamiento de datos y que es adquirido para realizar un propósito específico [Olson,92].

Ahora se darán las ventajas y desventajas más importantes de esta tecnología; éstas fueron tomadas de [Fuller, 94] y [Olson,92].

Ventajas

- Rápido acceso a la información.
- Genera información útil en un formato resumido que es fácilmente entendido.

Desventajas

- Se necesita de un personal experimentado para su cuidadoso diseño, siendo su costo de desarrollo muy elevado.
- Utiliza modelos analíticos.

1.2.3 Sistemas de apoyo a las decisiones

Un *sistema de apoyo a las decisiones* es un sistema iterativo que da apoyo a los tomadores de decisiones, usando datos y modelos para resolver problemas no estructurados [Olson, 92].

En los siguientes puntos se dan las ventajas y desventajas más importantes de esta tecnología; son tomadas de las características descritas en [Ignizio, 91] y [Olson,92].

Ventajas

- Capacidad para utilizar algoritmos heurísticos.
- Manejo de variables tanto numéricos como simbólicos.
- Su arquitectura le permite acceder a bases de datos.

Desventajas

- Se requiere de registros en bases de datos para su operación.
- Emplea en su mayoría métodos analíticos.
- Depende del orden de codificación para llegar a una solución, siendo necesario que se le provea todos los datos para llegar a una solución.
- Incapacidad para justificar sus resultados.

1.2.4 Sistemas expertos

Los *sistemas expertos* son modelos y procedimientos que exhiben el nivel de experto en la solución de un problema, que es compatible al del humano, al que se le denomina experto humano [Ignizio, 91].

A continuación se dan las ventajas y desventajas de esta tecnología y que son tomadas de [Chatain, 88], [Hu, 89], [Ignizio, 91] y [SA, 94].

Ventajas

- Los sistemas expertos que codifican y tratan el conocimiento de un experto, alcanzan el nivel de prestaciones de un experto. La base de conocimientos tiene en cuenta la totalidad de los datos particulares del caso tratado, por lo que constituye una de las razones de su eficiencia.
- La separación entre la base de conocimientos y el motor de inferencia proporciona mucha flexibilidad, ya que existe modularidad, modificabilidad y mayor legibilidad del conocimiento.
- Utiliza modelos cuantitativos o cualitativos.
- Manipulación de variables con valores numéricos o simbólicos.
- Para su funcionamiento y para llegar a una solución, no es necesario tener un orden en la estructura de la base de conocimientos.
- Capacidad de utilizar coeficientes de verosimilitud.
- Capacidad para explicar su resultado.

Desventajas

- Costo elevado de desarrollo.
- La extracción del conocimiento es el problema más complejo.
- El desarrollo de un sistema experto lleva varios años.
- Campo de aplicaciones restringidos y específico.
- A menudo se tiene que actualizar su estructura para mantener su funcionamiento.
- Sus soluciones son satisfacibles, no óptimas.
- Sus explicaciones son abstractas.
- Puede acarrear problemas sociales al poner en funcionamiento al sistema.

1.2.5 Sistemas de apoyo a las decisiones híbrido

Actualmente los sistemas de apoyo a las decisiones han empezado a incluir sistemas expertos en su arquitectura. Cuando un sistema experto es empotrado en la arquitectura de un sistema de apoyo a las decisiones, se le denomina *sistema de apoyo a las decisiones híbrido* [Ignizio, 91].

Las ventajas y desventajas de un sistema de apoyo a las decisiones híbrido son tomadas de [Ignizio, 91], y se muestran en los siguientes puntos.

Ventajas

Las ventajas, son las inherentes a los sistemas de apoyo de decisiones y de sistemas expertos.

- Es una lógica extensión y un fortalecimiento, tanto para un sistema de apoyo a las decisiones como para un sistema experto.
- Combinación modelos cuantitativos (i.e., algoritmos) y modelos cualitativos (i.e., heurística).
- Manejo de variables tanto simbólicas como numéricas.
- Manejo de datos (i.e., provenientes de una base de datos), así como de conocimiento (i.e., provenientes de una base de conocimientos).
- Manejo de coeficientes de verosimilitud.
- Capacidad para explicar sus resultados.

Desventajas

- Su construcción esta sujeta a las conexiones de software (si es que no se construye el propio).
- El costo de desarrollo es elevado (con respecto a la construcción de otros sistemas informáticos).

La estructura de un sistema de apoyo a las decisiones híbrido se representa en la Figura 1.1².

² Para un conocimiento detallado de cada uno de los componentes de la estructura de un sistema de apoyo a las decisiones híbrido, v. [Ignizio, 91] capítulo 2, *Background*.

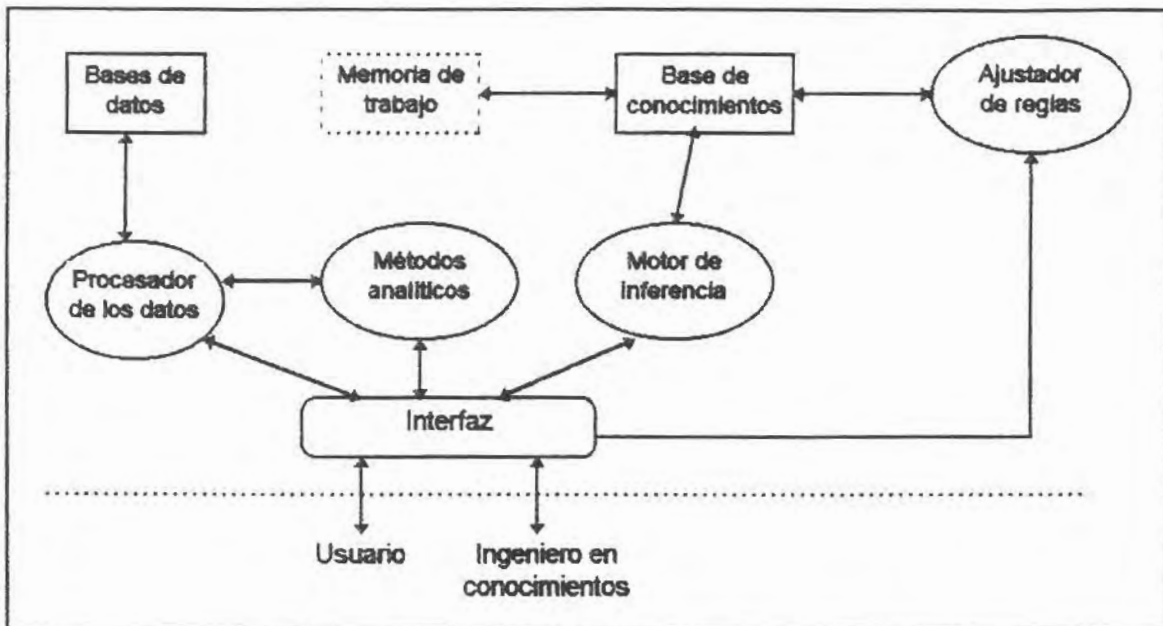


Figura 1.1 Estructura de un sistema de apoyo a las decisiones híbrido

1.3 Selección de la tecnología de información para resolver el problema de asignación de becas

De la selección de varias tecnologías de información, se tiene el siguiente análisis:

- ♦ Si se utiliza un sistema de procesamiento de datos para resolver el problema de asignación de becas, se tiene la ventaja que el proceso se hará rápidamente; sin embargo, la desventaja principal es la implementación y modelaje de la experiencia del Jefe de Servicios Escolares, ya que la arquitectura formal de un sistema de procesamiento de datos no contempla un módulo con esta característica. Si a esto se suma que se cuenta con modelos y herramientas que realizan la representación del conocimiento, resulta innecesario construir lo ya construido. La aplicación más útil que se puede rescatar de esta tecnología para resolver el problema de asignación de becas es utilizar sus características para el almacenamiento de datos de los estudiantes en registros de bases de datos, no para asignación de becas.
- ♦ Debido a la naturaleza misma de los sistema de información gerencial, su modelaje es un proceso que lleva tiempo y requiere de un personal especializado para identificar qué información será de utilidad para la persona que tome decisiones. Además, si se toma en cuenta que esta tecnología maneja métodos analíticos y, al igual que el punto anterior, resulta innecesario modelar lo subjetivo en lo no subjetivo si se cuenta con modelos y herramientas que ya lo hacen. Lo utilizable de esta tecnología son las características de la

de presentación de los resultados de un proceso de asignación de becas (e.g., gráficos, estadísticas de cantidad de becados, tipos de becas, etcétera), pero esta no es una de las metas de este tema de tesis.

- ◆ Las ventajas principales del empleo de un sistema de apoyo a las decisiones para resolver el problema de asignación de becas es que puede incluir algoritmos heurísticos dentro de sus métodos analíticos, puede acceder a bases de datos existentes, siendo sus resultados óptimos. Por el contrario, un sistema de apoyo a las decisiones no tiene en su arquitectura un módulo para formalizar la representación del conocimiento (e.g., la representación de la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares en la asignación de becas), cayendo nuevamente en la justificación de los puntos anteriores para la construcción de lo subjetivo en lo no subjetivo.
- ◆ Utilizar la tecnología de sistemas expertos para la representación de la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares es su principal ventaja. Sin embargo, si se tiene en cuenta que los datos (i.e., hechos) están contenidos en bases de datos, la *arquitectura formal* de un sistema experto no tiene la capacidad para poder acceder a ellos. Si se pone a un lado el formalismo del no acceso a bases de datos, esta tecnología de información es una que se adapta para resolver el problema de asignación de becas, ya que las herramientas informáticas para sistemas expertos actuales así lo permiten.
- ◆ Formalmente hablando, un sistema de apoyo a las decisiones híbrido, cubre las desventajas tanto de la tecnología de los sistemas de apoyo a las decisiones como la de la tecnología de sistemas experto. Esto es debido a que utiliza modelos cuantitativos y cualitativos, manipula variables con valores numéricos y simbólicos, para llegar a una solución no es necesario que su módulo de representación del conocimiento tenga un orden definido, capacidad para utilizar valores de verosimilitud, capacidad para explicar su resultado y acceso a bases de datos para la parte de sistema experto. Esta tecnología híbrida es una que se adapta *formalmente* para resolver el problema de asignación de becas en la U.T.M. como un proceso de toma de decisiones.

Con el propósito de comparar tecnologías de información para solucionar el problema de asignación de becas, se desarrollan dos prototipos SATDAB. Uno está basado en el modelo de sistemas expertos puro, y el otro en el modelo del sistema de apoyo a las decisiones híbrido.

Conclusiones

- De la descripción del problema de asignación de becas, se identifica que cumple con los requerimientos de un proceso de toma de decisiones.
- De la selección de varias tecnologías de información para resolver el problema de asignación de becas, y basados en sus características y arquitecturas formales, se concluye que las tecnologías de sistemas de apoyo a las decisiones híbrido y la de sistemas expertos son dos que se adaptan para resolver el problema de asignación de becas.

Capítulo 2

Modelos de representación del conocimiento

Uno de los mayores problemas del desarrollo del proyecto de tesis SATDAB es la adquisición y representación del conocimiento del Jefe del Departamento de Servicios Escolares. Así, con la finalidad de realizar un análisis y diseño de la base de conocimientos, se tiene que elegir un modelo de representación del conocimiento que lo satisfaga.

El modelo de representación del conocimiento a elegir debe tener una cercana correspondencia con el formato que el Jefe del Departamento de Servicios Escolares utiliza de forma natural al asignar becas.

2.1 Representación del conocimiento

El problema de la representación del conocimiento surge desde el momento de hacerlo en un dispositivo electrónico. Se debe decidir por un modelo de representación que sea adecuado para resolver el problema en consideración o limitarse a las herramientas informáticas con que se cuenten.

Para un análisis y diseño de una base de conocimientos, un modelo de representación tiene que satisfacer las siguientes características ([Ignizio, 91]):

- Mantener una correspondencia lo más cercana posible entre el formato del modelo y el utilizado por el dominio del experto.
- Proveer un formato compatible con la computadora.
- Establecer una representación que pueda ser fácilmente direccionada, recuperada, modificada y actualizada.
- Suficiencia de representación.
- Suficiencia de inferencia.
- Eficiencia de inferencia.
- Facilidad y flexibilidad para la adquisición y representación del conocimiento.

A continuación se describen las características de cinco modelos de representación del conocimiento más comunes y que servirán de base para la elección del un modelo para el análisis y diseño de la base de conocimientos del SATDAB, basados en la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares en la asignación de becas.

2.1.1 Tripleta Objeto-Atributo-Valor (OAV)

Una *tripleta OAV* provee una forma conveniente de representación de hechos en una base de conocimientos. Cada tripleta OAV está asociado con una entidad específica (i.e., un *objeto*) [Ignizio, 91].

A continuación se dan las ventajas y desventajas del modelo de representación de la tripleta OAV, y que son tomadas de [Chatain, 88], [Harmol, 88] e [Ignizio, 91].

Ventajas

- Las tripletas OAV proveen un orden y relación entre objetos.
- Sirve de base a otros modelos de representación del conocimiento (e.g., redes semánticas y marcos), y por tanto, se puede emigrar a uno de ellos para una mejor definición.
- Las asociaciones de objetos se hacen por medio de clases y la inferencia es hecha por medio de la herencia.

Desventajas

- Se necesita experiencia en el análisis y diseño orientado a objetos.
- Posibilidad de explosión combinatoria cuando el número de objetos y sus relaciones es muy grande.
- Es utilizado en problemas estructurados.

2.1.2 Redes semánticas

Una *red semántica* está compuesta de múltiples tripletas OAV. Puede representar muchos objetos y muchos atributos por cada objeto [Ignizio, 91].

Para su análisis posterior en la selección del modelo de representación del SATDAB, se dan las ventajas y desventajas de este modelo y que son una recolección de las descritas en [Chatain, 88] e [Ignizio, 91].

Ventajas

- Las redes semánticas proveen una representación conveniente de asociaciones entre entidades.
- Puede expresar frases utilizando lenguaje natural.
- Ofrece una visión general sobre las relaciones y dependencias de un área de conocimiento.
- Tiene la flexibilidad para definir nuevos nodos y enlaces.

Desventajas

- Las representaciones operativas necesitan de un procedimiento que las manipule (e.g., algoritmos).
- Posibilidad de explosión combinatoria en la búsqueda de información cuando el número de nodos y enlaces es grande.

- Existe un estrecho compromiso entre la complejidad de la estructura de los datos y la complejidad de su interpretación.
- Los enunciados de las relaciones entre objetos deben ser formuladas fuera de la red.

2.1.3 Marcos

Un *marco* está formado por un objeto al que se le añaden ranuras, que contienen atributos y valores del objeto. Puede contener valores predeterminados, punteros a otros marcos, y un conjunto de reglas y procedimientos [Ignizio, 91].

Las ventajas y desventajas de este modelo, que se dan a continuación, son tomadas de [Chatain, 88], [Hu, 89], e [Ignizio, 91].

Ventajas

- La ventaja de sus propias características: valores predeterminados, conocimiento declarativo, adhesión procedimental que es disponible para expertos y especialistas para extraer su conocimiento.
- Las propiedades, relaciones y eventos pueden ser fácilmente ajustados en ranuras de un objeto de acuerdo a sus conocimientos y situaciones.
- Pueden representarse restricciones en la ejecución de razonamiento.

Desventajas

- La desventaja principal radica en su diseño, ya que es complicado y se necesita un amplio conocimiento en el modelaje orientado a objetos.
- Debido a la herencia de los marcos, es necesario poner especial cuidado cuando una superclase es insertada en una clase existente.
- La profundidad de un marco puede llegar a ser mucha y por tanto prohíbe una eficiente búsqueda.
- Para el modelaje del conocimiento en marcos, es necesario tener experiencia en el desarrollo de bases de conocimiento.

2.1.4 Representación vía declaraciones lógicas

El más utilizado en este modelo es el *cálculo de predicados*. Un *predicado* es simplemente una declaración acerca de un objeto o una relación que posee [Ignizio, 91].

A continuación se dan las ventajas y desventajas de este modelo de representación, y que son tomadas de [Chatain, 88], [Hu, 89], e [Ignizio, 91].

Ventajas

- Proporcionan un medio natural de representación el conocimiento de forma declarativa.
- Sus expresiones lógicas son concisas y fácilmente entendidas.
- Se puede deducir nuevo conocimiento a partir de otro conocimiento mediante prueba de teoremas.

Desventajas

- Desvía la atención hacia la matemática y la lógica, perdiendo de vista importantes características del conocimiento adquirido.
- Dos aserciones no pueden ser expresadas más que separadamente, sin poder extraer conclusiones de las similitudes entre ellas.
- Una generalización se expresa únicamente mediante una lista de sus elementos.

2.1.5 Sistema basado en reglas

El sistema basado en reglas¹ es uno de los modelos de representación de conocimiento más populares. Está basado en el sistema de reglas de producción (i.e., IF-THEN-ELSE).

Las ventajas y desventajas de este modelo, que a continuación se presentan, son un resumen de las expuestas en [Chatain, 88], [Hu, 89], e [Ignizio, 91].

Ventajas

- Muchos de los shells y ambientes de programación de sistemas expertos para la representación del conocimiento están basados en el modelo de sistema basado en reglas.
- El uso de reglas es un modo sencillo de representación del conocimiento y como consecuencia, se requiere de menor tiempo y esfuerzo para elaborarlos.
- Las reglas son transparentes, siendo entendibles por personas ajenas a la elaboración de la base de conocimientos. Esto hace que las reglas puedan ser actualizadas (i.e., añadir y borrar conocimiento).
- Envuelve a otros modelos (e.g., la tripleta OAV y marcos).
- La validación del contenido del sistema basado en reglas es un proceso simple.
- Representa una *introducción* al modelaje de bases de conocimientos.

Desventajas

- Pérdida de coherencia lógica en una base de conocimientos grande, debido al número de reglas y la dificultad de verificación manual de dicha coherencia.
- Inflexibilidad de la misma regla, ya que reduce la libertad de expresión del conocimiento del experto (i.e., la información debe ser declarada explícitamente en la premisa y en el consecuente).
- Cuando la base de reglas es grande, puede ser difícil determinar qué regla añadir o cambiar para corregir el comportamiento del sistema.
- La secuencia de las reglas afecta la eficiencia en una sesión de consulta.
- La estructura de una regla provee un poder insuficiente para expresar complejos y largos conceptos debido a que las reglas son simples condiciones.
- El costo de los shells o ambientes de programación es elevado.

¹ Para un estudio detallado, v. ([Ignizio, 91]) en el capítulo 4 Knowledge representation, da una buena introducción al modelo basado en reglas.

2.2 Selección del modelo de representación del conocimiento para el desarrollo de la base de conocimientos del SATDAB

De la descripción de diferentes modelos de representación del conocimiento, se tiene el siguiente análisis:

- ♦ Considerando las ventajas y desventajas del modelo de representación del conocimiento OAV, se nota que para su construcción se requiere de un fuerte conocimiento del modelo orientado a objetos. Así, aunque se cuenta con herramientas de programación para desarrollar aplicaciones orientadas a objetos (e.g., Borland C/C++, Nexpert Object, CLIPS) se descarta este modelo debido a la complejidad que involucra desarrollar un diseño en un modelo orientado a objetos en el que se tiene poca experiencia.
- ♦ El empleo de redes semánticas ofrece una forma de representación versátil, pero no se cuenta con información suficiente para el desarrollo de un modelo, solo se conocen sus características. Aunado a esto, es bien sabido que, comparándolo con otros modelos de representación del conocimiento, son pocas las aplicaciones donde ha tenido éxito el empleo de redes semánticas.
- ♦ Los marcos, debido a sus propias características, es un modelo de representación del conocimiento que tiene muchas ventajas. Sin embargo, la desventaja más fuerte radica en su elaboración, ya que se necesita de experiencia en el análisis y diseño de bases de conocimientos, además de sólidas bases del modelaje orientado a objetos. Al igual que el modelo basado en la tripleta OAV, se cuenta con el software para el desarrollo de un modelo basado en marcos (i.e., Borland C/C++), pero no se tiene los conocimientos suficientes, ni la información suficiente para hacer un adecuado análisis y diseño de un modelo que represente la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares en la asignación de becas.
- ♦ El empleo de la lógica de predicados es una opción para representar el conocimiento del Jefe del Departamento de Servicios Escolares, ya que se cuenta con un software de desarrollo (e.g., PROLOG), y con los conocimientos básicos de los cursos de inteligencia artificial sobre el cálculo de predicados. Sin embargo, su desventaja principal es que desvía la atención hacia la matemática y la lógica, perdiendo de vista el problema principal. Además, si se considera que una de las características fundamentales del cálculo de predicados es la prueba de hipótesis, sería una contradicción a la forma natural, que el Jefe del Departamento de Servicios escolares utiliza, al asigna becas (i.e., parte de hechos a metas).
- ♦ El sistema basado en el modelo del sistema basado en reglas, es uno de los más conocidos y populares. Basados en este modelo, son muchas las aplicaciones que han tenido éxito. Si se toma en cuenta que se tienen el software para la construcción de un prototipo (e.g., CLIPS, EXSYS y RT-Expert²) y la documentación suficiente, este

² v. Apéndice 2, RT-Expert.

modelo es una buena opción para representar la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares. Además, se cuenta con la experiencia de los cursos de sistemas expertos, donde la base principal del modelaje de una base de conocimientos fue el modelo del sistema basado en reglas. Aunado a esto, una de sus ventajas que justifican la elección para el desarrollo de la base de conocimientos del SATDAB es que representa una *introducción* al modelaje de una base de conocimientos, ya que el empleo de reglas, hace que sea fácil y entendible el conocimiento representado para el ingeniero en conocimientos. Además, si se considera que el Jefe del Departamento de Servicios Escolares asigna una beca en forma condicional y natural (e.g., Si se obtiene buenas calificaciones ENTONCES obtiene un tipo de beca del 100%), se justifica aun más su elección.

Conclusiones

De las ventajas y desventajas de los distintos modelos de representación del conocimiento, se eligió al modelo del sistema basado en reglas para la construcción de la base de conocimientos del SATDAB, debido a las siguientes características:

- El modelo del sistema basado en reglas tiene una cercana equiparación con el dominio del experto.
- Provee las facilidades para la adquisición y representación de la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares debido a la sencillez de la estructura de una regla.
- El conocimiento puede ser fácilmente accesado por cualquier persona ajena al desarrollo de una base de conocimientos para ser actualizada.
- Se cuenta con el software de desarrollo para aplicaciones en el modelo del sistema basado en reglas.
- Representa una introducción en el análisis y diseño de bases de conocimientos.

Capítulo 3

La base de conocimientos del SATDAB

En el capítulo 1 *Tecnología de información para la toma de decisiones*, se hizo un análisis de un conjunto de tecnologías de información para solucionar el problema de asignación de becas en la U.T.M.

Por otro lado, en el capítulo 2 *Modelos de representación del conocimiento*, se hizo un análisis de modelos de representación del conocimiento para seleccionar uno en el que se hará el análisis y diseño de la representación de la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares en la asignación de becas.

En este capítulo 3 *La base de conocimientos del SATDAB*, se presenta una propuesta de adquisición y representación del conocimiento para el prototipo SATDAB. Se hace una descripción detallada de la experiencia obtenida de la persona que asigna becas en la U.T.M. La representación del conocimiento se realiza tomando en cuenta al modelo del sistema basado en reglas¹, se identifican los objetos, atributos y valores. Por último se describe la selección de la estrategia de inferencia y la validación de la base de conocimientos del SATDAB.

3.1 Adquisición del conocimiento del SATDAB

La adquisición del conocimiento es uno de los objetivos principales en la construcción del SATDAB. Tanto la adquisición, representación y validación del conocimiento, son etapas que se retroalimentan para fortalecer una base de conocimientos.

La etapa de adquisición del conocimiento es una que toma tiempo y esfuerzo en llevarse a cabo. Siguiendo la sugerencias de [Ignizio, 91], se hace el análisis del dominio del conocimiento², y que ayuda al ingeniero en conocimientos a obtener la experiencia de un humano.

¹ v. Capítulo 2, *Modelos de representación del conocimiento*, para ver la discusión de la elección de este modelo de representación del conocimiento para el SATDAB.

² Hay muchas metodologías de adquisición del conocimiento, sin embargo [Ignizio, 91] da un método sencillo y fácil de comprender.

3.1.1 Selección del dominio

Hablar del dominio, se refiere al área de acción del experto humano (i.e., el campo que delimita el conocimiento humano). De acuerdo a la naturaleza del problema de asignación de becas, consiste de clasificación de elementos (i.e., calificaciones, situación económica y trabajo extraclase). Además, el juicio y experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares (i.e., las heurísticas que usa), hace que las técnicas y herramientas dadas por la tecnología de sistemas de apoyo a las decisiones híbrido y de sistemas expertos tengan ventaja sobre otras alternativas. Se nota que el dominio es estable en el sentido de que el proceso de asignación de becas ha sido el mismo por muchos años y no se espera que cambie en un futuro cercano. Sin embargo, es fuertemente inestable debido a lo cambiante del Jefe del Departamento de Servicios Escolares en la asignación de becas, ya que un tipo de beca asignado no siempre puede ser el mismo para estudiantes con semejantes calificaciones, participación y situación económica. Identificado este problema, uno de los objetivos de la implementación de un prototipo final SATDAB, es que sus resultados sean parecidos a los que llegaría el dominio del conocimiento.

3.1.2 Selección del ingeniero en conocimientos

El papel del ingeniero en conocimientos lo desarrolla el autor de este proyecto de tesis. Esto no quiere decir que se tenga experiencia en modelado de bases de conocimientos, más bien se pretende demostrar que un ingeniero en computación puede realizar el papel de ingeniero en conocimiento con éxito, basándose en los cursos de inteligencia artificial y de sistemas expertos tomados en su carrera.

3.1.3 Selección del experto

Para que una persona sea un experto en un área delimitada, tienen que pasar muchos años para formarse como tal. En estas circunstancias, no se pretende describir a la persona que asigna las becas en la U.T.M. como un experto; mas bien, éste hará el papel de experto, ya que tiene varios años trabajando en la institución, y una de sus funciones ha sido el de asignar becas a los estudiantes, haciéndolo de acuerdo a su juicio y experiencia. Además, se contó y se cuenta de toda la colaboración y disponibilidad del asignador de becas para el mejoramiento de la base de conocimientos del SATDAB.

3.1.4 Reunión inicial

Una vez que se identificó el dominio y el experto, se pasó a la primera reunión con el asignador de becas y el ingeniero en conocimiento (i.e., el autor de este tema de tesis). Se le explicó al asignador de becas el proyecto SATDAB, cuya finalidad es la de funcionar

como un sistema informático que le ayudará a liberarse del trabajo de asignar becas a la comunidad estudiantil de la U.T.M. Se le explicó que se pretende hacer un proyecto de tesis, en el que se aplican técnicas y herramientas de la tecnología de sistemas de apoyo a las decisiones híbrido, y que el SATDAB hará un trabajo semejante al que él lleva a cabo. Una vez que se le explicó al Jefe del Departamento de Servicios Escolares lo que es y no es el SATDAB, se contó con su aprobación y toda su disponibilidad para realizarlo.

3.1.5 Estudio del problema

Una vez que se contó con la disponibilidad del asignador de becas, se pasó al estudio del problema. Se pidieron las formas de solicitud de becas y se familiarizó con la terminología. Se le pidió al experto que diera una breve sesión de cómo asigna las becas a los estudiantes de la universidad, en donde no se hicieron preguntas; la finalidad fue la de escuchar y aprender cómo hace las asignaciones de becas. Se pudo observar que el Jefe del Departamento de Servicios Escolares considera de igual importancia los aspectos académico y de participación del estudiante en diferentes actividades extraclase, pero le da un significativo peso a la situación económica.

3.1.6 Siguiendo reuniones

Se hicieron planes con el experto para que cada semana se revisaran los avances que se tengan de este proyecto. Las metas y objetivos de cada reunión son las de despejar dudas del ingeniero en conocimiento en la evaluación de becas económicas. Se identificó las fuentes de información para evaluar a los estudiantes; siendo los siguientes:

- El archivo `alumnos.dbf` que contienen información general de los estudiantes de la U.T.M., y el archivo `definitivi.dbf`, en el que se guardan las calificaciones finales de un curso.
- La otra fuente de información es el llenado de la forma SE 05, *Solicitud de beca de estudios*, en el que se recopila información referente a la identificación del estudiante (i.e., nombre, dirección, lugar de procedencia, estado civil), y si el estudiante trabaja para sostenerse económicamente (i.e., empresa o institución donde trabaja, domicilio, profesión u oficio y el sueldo mensual). Otro aspecto es verificar si el estudiante ha cursado sus estudios preuniversitarios en escuelas particulares o públicas. Posteriormente se pide información referentes a los padres (e.g., nombres, dirección, escolaridad, profesión u oficio, lugar de trabajo, asociaciones o clubes a los que pertenecen, sueldo mensual). Al final de la solicitud de beca de estudios, se pide información referente a los ingresos económicos familiares (i.e., el ingreso económico mensual de cada uno de los integrantes de la familia del estudiante). Un punto importante que se identificó es la referente a la persona que es el soporte económico de la familia, ya que no es lo mismo que sea el padre con respecto a la madre del estudiante quien sostenga a la familia, o bien, que sea el mismo estudiante el soporte económico de su familia o de él mismo. Aquí es donde se aplica la heurística del asignador de becas, ya que de acuerdo a su criterio y filosofía del la Universidad, los

estudiantes de la U.T.M. son de tiempo completo, y con ello un alumno que sostenga a su familia o que se sostenga el mismo, su estado económico es muy malo, por lo que es muy posible que obtenga un alto porcentaje de beca. Otra heurística observada es la referente al lugar de procedencia de los estudiantes, ya que no es lo mismo que provenga de la capital del estado, que de la sierra oaxaqueña o que vivan en Huajuapán de León. Por último, la solicitud de beca de estudios da información general de la familia del estudiante (i.e., el medio de transporte que tanto la familia como el estudiante utilizan normalmente, el número de automóviles y modelo; si la casa de la familia del estudiante es propia, prestada, rentada, material de construcción y número de habitaciones que tenga la vivienda familiar). Toda esta información puede ser almacenada en un archivo contenedor de base de datos para que el SATDAB pueda manejarlo.

- La tercera fuente de información es la referente al trabajo extracurricular del estudiante. Se identificó que actualmente no existe una fuente electrónica de información. Sin embargo, existen registros estadísticos manuales, y que pueden ser utilizados para capturarse en un archivo contenedor de bases de datos.
- Una vez que el asignador de becas cuenta con la información referente a la situación económica del estudiante, su promedio semestral y su porcentaje de participación en actividades extracurriculares, realiza el proceso de asignación de becas. Se pudo notar que el asignador de becas da un apoyo considerable a los alumnos con una situación económica muy mala dándoles por lo general un 100% de beca, no tomando muy en cuenta sus calificaciones, pero si su participación. En el caso de los estudiantes con una excelente situación económica, no les asigna ningún porcentaje de beca (estos casos son excepcionales, debido a las condiciones económicas de la región). Para los demás se basa en lo que el estudiante pide de beca y lo que el asignador de becas piensa de acuerdo al promedio y la participación. Si la situación económica del estudiante es regular, el asignador de becas puede tomar a la participación como de más importancia, pero si la situación del estudiante es buena (i.e., un punto medio entre excelente y muy mala), es de igual importancia sus calificaciones como su participación para que le asigne un porcentaje mayor (i.e., es más riguroso). En caso de que dude en asignar un porcentaje, hace un promedio de lo que el asignador piense que un estudiante pueda tener de beca y lo que éste último solicite, al final verifica el valor que más se acerque al porcentaje de un tipo de beca y lo asigna al estudiante.

Una vez acotado el problema, se identificaron los atributos, tipos y valores legales³. La Tabla 3.1, lista los atributos identificados.

Nombre	Tipo	Valores legales
Calificación del curso	Númérico	0.0 - 10.0
Participación del curso	Númérico	0% - 100%
Ingreso mensual	Númérico	No. Salarios mínimos

³ v. [Ignizio, 91], capítulo 3, *Knowledge representation*.

Localización de la vivienda familiar	Simbólico	Fraccionamiento
		Colonia
		Barrio
		Ranchería
		Pueblo
		Otro
El material de construcción de la vivienda familiar	Simbólico	Ladrillo y teja
		Adobe y teja
		Ladrillo y concreto
		Palma y madera
		Otro
Número de autos de la familia	Numérico	-
Modelo del auto más reciente	Simbólico	Nuevo
		Seminuevo
		No nuevo
		Otro
El soporte económico de la familia	Simbólico	Padre
		Madre
		Estudiante
		Hermano
		Otro
Vivienda familiar	Simbólico	Propio
		Prestado
		Rentado
Vivienda estudiante	Simbólico	Propio
		Prestado
		Rentado
El transporte del estudiante	Simbólico	Coche propio
		Taxi
		Autobús
		Motocicleta
		Otro
Integrantes de la familia	Numérico	-
Hijos de la familia	Numérico	-
Hijos estudiando a nivel medio-superior o superior	Numérico	-
Habitaciones de la vivienda familiar	Numérico	-
Promedio del curso	Simbólico	Muy bueno

		Bueno
		Regular
		Malo
		Muy malo
Porcentaje de participación	Simbólico	Muy bueno
		Bueno
		Regular
		Malo
		Muy malo
Estado económico	Simbólico	Excelente
		Muy bueno
		Bueno
		Regular
		Malo
Beca	Simbólico	100%
		75%
		50%
		25%
		Sin beca

Tabla 3.1 Atributos-Valor identificados

Se puede notar que son muchos los atributos a evaluar, y muchos los valores simbólicos que son redundantes, así se puede simplificar la Tabla 3.1, reduciendo el espacio de estados y de reglas. La Tabla 3.2 es una propuesta para simplificar la Tabla 3.1.

Nombre	Tipo	Valores legales
Calificación del curso	Númérico	0.0 - 10.0
Participación del curso	Númérico	0% - 100%
Ingreso mensual	Númérico	Número de salarios mínimos
Localización de la vivienda familiar	Simbólico	Buena Mala Regular
El material de construcción de la vivienda familiar	Simbólico	Buena Mala
Número de autos de la familia	Númérico	-

Modelo del auto más reciente	Simbólico	Nuevo No nuevo
El soporte económico de la familia	Simbólico	Madre Estudiante Otro
Vivienda familiar	Simbólico	Propio No propio
Vivienda estudiante	Simbólico	Propio No propio
El transporte del estudiante	Simbólico	Bueno Malo
Integrantes de la familia	Numérico	-
Hijos de la familia	Numérico	-
Hijos estudiando a nivel medio superior o superior	Numérico	-
Habitaciones de la vivienda familiar	Numérico	-
Promedio del curso	Simbólico	Muy bueno Bueno Regular Malo Muy malo
Porcentaje de participación	Simbólico	Muy bueno Bueno Regular Malo Muy malo
Estado económico	Simbólico	Excelente Muy bueno Bueno Regular Malo
Beca	Simbólico	100% 75% 50% 25% Sin beca

Tabla 3.2 Valores simplificados

La Tabla 3.2 es más fácil de evaluar, ya que los valores simbólicos son menores. La reducción se hizo en base a valores que son semejantes; por ejemplo, los atributos originales de Vivienda familiar que son Propia, Prestada y Rentada, se reducen a su equivalente Propia y No propia (Prestada y Rentada). De manera similar se hizo con los demás atributos simbólicos con la viabilidad de reducirse.

Al tratar de identificar reglas en base a los atributos de la Tabla 3.2, surgieron algunas incertidumbres, esto fue al no poder acotar bien la experiencia del experto asignador de becas. Para darle solución, se tuvo que apoyarse en la adquisición vía inducción de reglas.

3.1.7 Adquisición del conocimiento vía inducción de reglas

Se utiliza este tipo de adquisición de conocimiento para una parte del proceso de adquisición del conocimiento, específicamente en la asignación final de una beca, al haberse ya evaluado los datos iniciales. La Tabla 3.3 muestra los atributos con sus valores.

Atributo	Beca 100%	Beca 75%	Beca 50%	Beca 25%
Promedio del curso	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Regular
Estado económico	Malo	Malo	Regular	Regular
Porcentaje de participación	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo

Tabla 3.3 Ejemplo de identificación de objetos, atributos y valores

Una vez identificado los atributos y valores, se puede notar la mucha variabilidad de asignación de un tipo de beca. En el caso de un estudiante cuya situación económica es mala, el asignador de becas generalmente le asigna una beca del 100% o del 75%, y en casos muy especiales, le asigna un 50%; de igual forma sucede con los demás atributos. A continuación se da una propuesta de construcción de un árbol de decisión para la creación de reglas.

Construcción del árbol de decisión

Tomando arbitrariamente al atributo Promedio del curso de la Tabla 3.3, se procede a la construcción del árbol de decisión correspondiente, como se muestra en la Figura 3.1.

De forma alternativa, se puede desarrollar un árbol de decisión simplificado, para podar vértices y reordenar nodos. Note que en el nodo de Estado económico, la arista Regular conduce a un estado imposible de alcanzar. Así, el árbol de decisión alternativo se muestra en la Figura 3.2.

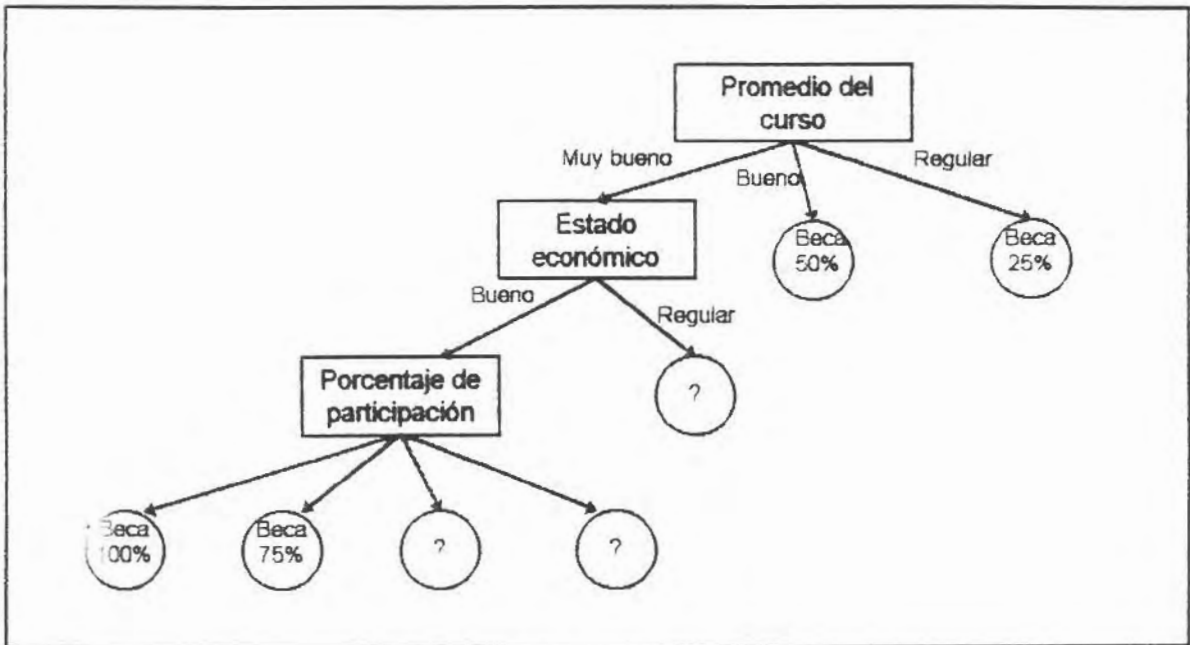


Figura 3.1 Ejemplo de un árbol de decisión

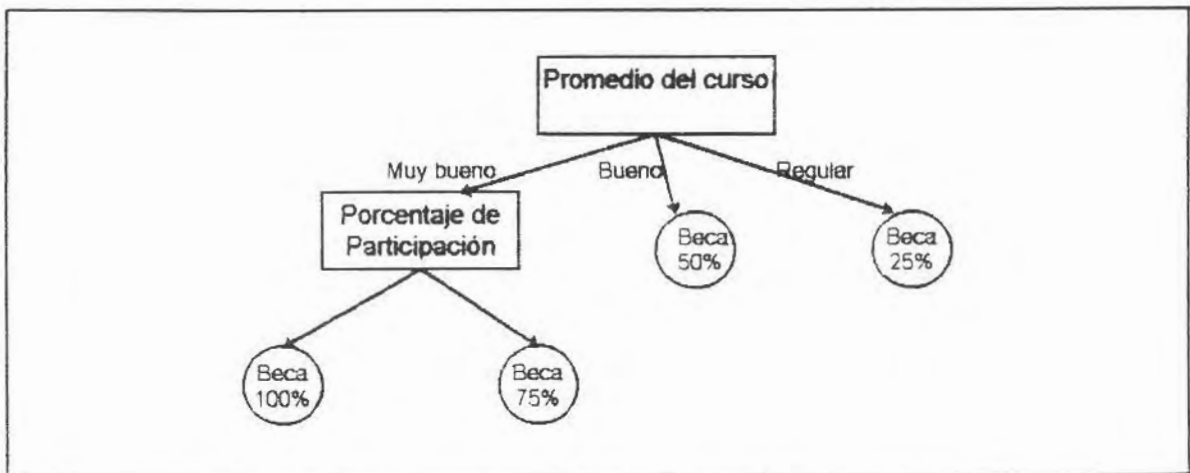


Figura 3.2 Ejemplo de un árbol de decisión simplificado

Para la construcción de la base de reglas a partir de este árbol de decisión se siguen los pasos del algoritmo de construcción de un árbol de decisión⁴.

⁴ v. [Ignizio, 91], capítulo 5, Knowledge acquisition.

Regla 1	IF	el promedio del curso es muy bueno
	AND	el porcentaje de participación es muy bueno
	THEN	la beca es del 100%
Regla 2	IF	el promedio del curso es muy bueno
	AND	el porcentaje de participación es buena
	THEN	la beca es del 75%
Regla 3	IF	el promedio del curso es bueno
	THEN	la beca es del 50%
Regla 4	IF	el promedio del curso es regular
	THEN	la beca es del 25%

A partir de este conjunto de reglas se puede fortalecer, añadiendo nuevas premisas. Así pues, se nota que el método de inducción de reglas es un medio simple para adquirir conocimiento.

Como se puede ver, el asignador de becas no hace simplemente operaciones con números, mas bien, utiliza su juicio y experiencia al asignar becas. Así, se demuestra que el SATDAB, necesita de los elementos provistos por la tecnología de sistemas de apoyo a las decisiones híbridos (en la parte de sistema experto) para la evaluación y asignación de becas.

Ahora que se ha identificado las fuentes de información, objetos, atributos, valores simplificados y la forma de construcción de un árbol de decisión para formar reglas, se pasa a la fase de representación del conocimiento del SATDAB.

3.2 Representación del conocimiento del SATDAB

La representación de la base de conocimientos del SATDAB, está fundamentada en el modelo del sistema basado en reglas. En esta sección se presentará la información obtenida durante las reuniones con el asignador de becas y las reglas obtenidas en la etapa de adquisición del conocimiento vía inducción de reglas.

3.2.1 Identificación de objetos, atributos y valores

En la sección anterior (véase la Tabla 3.1) se identificaron los atributos y sus valores respectivos, así como una simplificación (véase la Tabla 3.2). Debido a la naturaleza del problema, el objeto es el *Estudiante* que es el motivo de asignación de becas. Una vez que se conocen el objeto, atributos y valores, se pasa a la etapa de construcción de base de reglas.

3.2.2 Construcción de la base de conocimientos

Como se ha mencionado, el SATDAB se fundamenta en el modelo de representación del conocimiento: sistema basado en reglas. A continuación la Tabla 3.4, da una propuesta de la base de reglas para el SATDAB, y está basado en la información proporcionada por el asignador de becas en la U.T.M..

Nombre de la regla	Nombre de la pre-misa	Con-dicion es y co-nec-tores	Atributos	Valores
Regla 1:	Cal 1 Cal 2 Cal 10	IF AND THEN	la calificación del curso es la calificación del curso es el promedio del curso es	< 10 >= 9 Muy bueno
Regla 2:	Cal 3 Cal 4 Cal 11	IF AND THEN	la calificación del curso es la calificación del curso es el promedio del curso es	< 9 >= 8 Bueno
Regla 3:	Cal 5 Cal 6 Cal 12	IF AND THEN	la calificación del curso es la calificación del curso es el promedio del curso es	< 8 >= 7 Regular
Regla 4:	Cal 7 Cal 8 Cal 13	IF AND THEN	la calificación del curso es la calificación del curso es el promedio del curso es	< 7 >= 6 Malo
Regla 5:	Cal 9 Cal 14	IF THEN	la calificación del curso es el promedio del curso es	< 6 Muy malo
Regla 6:	Part 1 Part 2 Part 10	IF AND THEN	la participación del curso es la participación del curso es el porcentaje de participación del curso es	< 100% >= 90% Muy bueno
Regla 7:	Part 3 Part 4 Part 11	IF AND THEN	la participación del curso es la participación del curso es el porcentaje de participación del curso es	< 90% >= 80% Bueno
Regla 8:	Part 5 Part 6 Part 12	IF AND THEN	la participación del curso es la participación del curso es el porcentaje de participación del curso es	< 80% >= 70% Regular
Regla 9:	Part 7 Part 8 Part 13	IF AND THEN	la participación del curso es la participación del curso es el porcentaje de participación del curso es	< 70% >= 60% Malo
Regla 10:	Part 9 Part 14	IF THEN	la participación del curso es el porcentaje de participación del curso es	< 60% Muy malo
Regla 11:	Eco 1 Eco 39	IF THEN	el ingreso familiar es el estado económico es	< 10 salarios mínimos mensuales Ecciente
Regla 12:	Eco 2 Eco 3 Eco 40	IF AND THEN	el ingreso familiar es el ingreso familiar es el estado económico es	<= 10 salarios mínimos mensuales > 8 salarios mínimos mensuales Muy bueno

Regla 13:	Eco 4	IF	la localización de la vivienda familiar es	Bueno
	Eco 5	AND	el material de construcción de la vivienda familiar es	Bueno
	Eco 40	THEN	el estado económico es	Muy bueno
Regla 14:	Eco 6	IF	el número de autos de la familia es	>= 1
	Eco 7	AND	el modelo del auto más reciente es	Nuevo
	Eco 40	THEN	el estado económico es	Muy bueno
Regla 15:	Eco 8	IF	el soporte económico de la familia no es	El estudiante
	Eco 9	AND	la vivienda familiar es	Propio
	Eco 6	AND	el número de autos de la familia es	>= 1
	Eco 10	AND	el transporte del estudiante es	Propio
	Eco 40	THEN	el estado económico es	Muy bueno
Regla 16:	Eco 8	IF	el soporte económico de la familia no es	El estudiante
	Eco 5	AND	el material de construcción de la vivienda familiar es	Bueno
	Eco 11	AND	el número de autos de la familia es	>= 1
	Eco 10	AND	el transporte del estudiante es	Propio
	Eco 40	THEN	el estado económico es	Muy bueno
Regla 17:	Eco 12	IF	el ingreso familiar es	<= 8 salarios mínimos mensuales
	Eco 13	AND	el ingreso familiar es	> 5 salarios mínimos mensuales
	Eco 41	THEN	el estado económico es	Bueno
Regla 18:	Eco 14	IF	el soporte económico de la familia no es	Otro
	Eco 4	AND	la localización de la vivienda familiar es	Bueno
	Eco 9	AND	la vivienda familiar es	Propio
	Eco 15	AND	la vivienda del estudiante es	Propio
	Eco 5		el material de construcción de la vivienda familiar es	Bueno
	Eco 16	AND	los integrantes de la familia son	>= 4 miembros
	Eco 17	AND	los hijos de la familia son	>= 2 integrantes
Eco 18	AND	los hijos estudiando a nivel medio-superior o superior son	>= 2 integrantes	
	Eco 10	AND	el transporte del estudiante es	Propio
	Eco 41	THEN	el estado económico es	Bueno
Regla 19:	Eco 14	IF	el soporte económico de la familia no es	Otro
	Eco 4	AND	la localización de la vivienda familiar es	Bueno
	Eco 5	THEN	el material de construcción de la vivienda familiar es	Bueno
	Eco 19	AND	el número de habitaciones de la vivienda familiar es	<= 10 habitaciones
	Eco 16	AND	los integrantes de la familia son	>= 4 miembros
	Eco 17	AND	los hijos de la familia son	>= 2 miembros
	Eco 18	AND	los hijos estudiando a nivel medio-superior o superior son	>= 2 miembros
	Eco 20	AND	el número de autos de la familia es	<= 1
	Eco 21	AND	el modelo del auto más reciente es	No nuevo
	Eco 22	AND	el transporte del estudiante es	Propio
	Eco 41	THEN	el estado económico es	Bueno
Regla 20:	Eco 14	IF	el soporte económico de la familia no es	Otro
	Eco 4	AND	la localización de la vivienda familiar es	Bueno
	Eco 9	AND	la vivienda familiar es	Propio
	Eco 15	AND	la vivienda del estudiante es	Propio
	Eco 17	AND	los hijos de la familia son	>= 2 miembros
	Eco 18	AND	los hijos estudiando a nivel medio-superior o superior son	>= 2 miembros
	Eco 41	THEN	el estado económico es	Bueno
Regla 21:	Eco 14	IF	el soporte económico de la familia es	Otro

Regla 22:	Eco 23	AND	la localización de la vivienda familiar no es	Malo	
	Eco 9	AND	la vivienda familiar es	Propio	
	Eco 11	AND	el número de autos de la familia es	>= 2	
	Eco 41	THEN	el estado económico es	Bueno	
Regla 23:	Eco 12	IF	el soporte económico de la familia es	Otro	
	Eco 13	AND	la localización de la vivienda familiar no es	Malo	
	Eco 9	AND	la vivienda familiar es	Propio	
	Eco 5	AND	el material de construcción de la vivienda familiar es	Bueno	
Regla 24:	Eco 6	AND	el número de autos de la familia es	>= 1	
	Eco 10	AND	el transporte del estudiante es	Propio	
	Eco 41	THEN	el estado económico es	Bueno	
	Regla 25:	Eco 24	IF	el soporte económico de la familia es la	Madre
Eco 4		AND	la localización de la vivienda familiar es	Bueno	
Eco 9		AND	la vivienda familiar es	Propio	
Eco 15		AND	la vivienda del estudiante es	Propio	
Regla 26:	Eco 5	AND	el material de construcción de la vivienda familiar es	Bueno	
	Eco 6	AND	el número de autos de la familia es	>= 1	
	Eco 41	THEN	el estado económico es	Bueno	
	Regla 27:	Eco 24	IF	el soporte económico de la familia es la	Madre
Eco 4		AND	la localización de la vivienda familiar es	Bueno	
Eco 19		AND	el número de habitaciones de la vivienda familiar es	<= 10 habitaciones	
Regla 28:		Eco 25	AND	los integrantes de la familia son	>= 3 miembros
	Eco 17	AND	los hijos de la familia son	>= 2 miembros	
	Eco 18	AND	los hijos estudiando a nivel medio-superior o superior son	>= 2 miembros	
	Eco 41	THEN	el estado económico es	Bueno	
Regla 29:	Eco 26	IF	el ingreso familiar es	<= 5 salarios mínimos mensuales	
	Eco 27	AND	el ingreso familiar es	> 2 salarios mínimos mensuales	
	Eco 42	THEN	el estado económico es	Regular	
Regla 30:	Eco 14	IF	el soporte económico de la familia es	Otro	
	Eco 28	AND	la localización de la vivienda familiar es	Regular	
	Eco 9	AND	la vivienda familiar es	Propio	
	Eco 29	AND	la vivienda del estudiante es	No propio	
Regla 31:	Eco 42	THEN	el estado económico es	Regular	
	Regla 32:	Eco 14	IF	el soporte económico de la familia es	Otro
		Eco 28	AND	la localización de la vivienda familiar es	Regular
		Eco 30	AND	la vivienda familiar es	No propio
Eco 29		AND	la vivienda del estudiante es	No propio	
Regla 33:	Eco 42	THEN	el estado económico es	Regular	
	Regla 34:	Eco 14	IF	el soporte económico de la familia es	Otro
		Eco 28	AND	la localización de la vivienda familiar es	Regular
		Eco 9	AND	la vivienda familiar es	Propio
Eco 15		AND	la vivienda del estudiante es	Propio	
Regla 35:	Eco 5	AND	el material de construcción de la vivienda familiar es	Bueno	
	Eco 19	AND	el número de habitaciones de la vivienda familiar es	<= 10 habitaciones	
	Eco 22	AND	el transporte del estudiante es	No propio	
	Eco 42	THEN	el estado económico es	Regular	
Regla 36:	Eco 14	IF	el soporte económico de la familia es	Otro	
	Eco 28	AND	la localización de la vivienda familiar es	Regular	
	Eco 19	AND	el número de habitaciones de la vivienda familiar es	<= 10 habitaciones	
	Eco 16	AND	los integrantes de la familia son	>= 4 miembros	

	Eco 17	AND	los hijos de la familia son	>=	2 miembros
	Eco 18	AND	los hijos estudiando a nivel medio-superior o superior son	>=	2 miembros
	Eco 42	THEN	el estado económico es		Regular
Regla 30:	Eco 24	IF	el soporte económico de la familia es la		Madre
	Eco 28	AND	la localización de la vivienda familiar es		Regular
	Eco 9	AND	la vivienda familiar es		Propio
	Eco 15	AND	la vivienda del estudiante es		Propio
	Eco 5	AND	el material de construcción de la vivienda familiar es		Bueno
	Eco 22	AND	el transporte del estudiante es		No propio
	Eco 42	THEN	el estado económico es		Regular
Regla 31:	Eco 24	IF	el soporte económico de la familia es la		Madre
	Eco 31	AND	la localización de la vivienda familiar no es		Bueno
	Eco 9	AND	la vivienda familiar es		Propio
	Eco 29	AND	la vivienda del estudiante es		No propio
	Eco 22	AND	el transporte del estudiante es		No propio
	Eco 42	THEN	el estado económico es		Regular
Regla 32:	Eco 24	IF	el soporte económico de la familia es la		Madre
	Eco 28	AND	la localización de la vivienda familiar es		Regular
	Eco 5	AND	el material de construcción de la vivienda familiar es		Bueno
	Eco 19	AND	el número de habitaciones de la vivienda familiar es	<=	10 habitaciones
	Eco 22	AND	el transporte del estudiante es		No propio
	Eco 42	THEN	el estado económico es		Regular
Regla 33:	Eco 24	IF	el soporte económico de la familia es la		Madre
	Eco 28	AND	la localización de la vivienda familiar no es		Regular
	Eco 16	AND	los integrantes de la familia son	>=	4 miembros
	Eco 17	AND	los hijos de la familia son	>=	2 miembros
	Eco 18	AND	los hijos estudiando a nivel medio-superior o superior son	>=	2 miembros
	Eco 22	AND	el transporte del estudiante es		No propio
	Eco 42	THEN	el estado económico es		Regular
Regla 34:	Eco 32	IF	el ingreso familiar es	<=	2 salarios mínimos mensuales
	Eco 43	THEN	el estado económico es		Malo
Regla 35	Eco 33	IF	la localización de la vivienda familiar es		Malo
	Eco 30	AND	la vivienda familiar es		No propio
	Eco 29	AND	la vivienda del estudiante es		No propio
	Eco 43	THEN	el estado económico es		Malo
Regla 36	Eco 31	IF	la localización de la vivienda familiar no es		Bueno
	Eco 34	AND	el material de construcción de la vivienda familiar es		Malo
	Eco 19	AND	el número de habitaciones de la vivienda familiar es	<=	10 habitaciones
	Eco 16	AND	los integrantes de la familia son	>=	4 miembros
	Eco 35	AND	el número de autos de la familia es	=	0
	Eco 22	AND	el transporte del estudiante es		No propio
	Eco 43	THEN	el estado económico es		Malo
Regla 37	Eco 31	IF	la localización de la vivienda familiar no es		Bueno
	Eco 29	AND	la vivienda del estudiante es		No propio
	Eco 16	AND	los integrantes de la familia son	>=	4 miembros
	Eco 17	AND	los hijos de la familia son	>=	2 miembros
	Eco 18	AND	los hijos estudiando a nivel medio-superior o superior son	>=	2 miembros
	Eco 22	AND	el transporte del estudiante es		No propio
	Eco 43	THEN	el estado económico es		Malo
Regla 38:	Eco 36	IF	el ingreso familiar es	<=	3 salarios mínimos

	Eco 24 Eco 31 Eco 43	AND AND THEN	el soporte económico de la familia es la la localización de la vivienda familiar no es el estado económico es	mensuales Madre Regular Malo
Regla 39:	Eco 24 Eco 31 Eco 29 Eco 43	IF AND AND THEN	el soporte económico de la familia es la la localización de la vivienda familiar no es la vivienda del estudiante es el estado económica es	Madre Bueno No propio Malo
Regla 40:	Eco 24 Eco 33 Eco 34	IF AND AND	el soporte económico de la familia es la la localización de la vivienda familiar el material de construcción de la vivienda familiar es	Madre Malo Malo
	Eco 22 Eco 43	AND THEN	el transporte del estudiante es el estado económico es	No propio Malo
Regla 41:	Eco 24 Eco 33 Eco 37	IF AND AND	el soporte económico de la familia es la la localización de la vivienda familiar el número de habitaciones de la vivienda familiar es	Madre Malo <= 8 habitaciones
	Eco 22 Eco 43	AND THEN	el transporte del estudiante es el estado económico es	No propio Malo
Regla 42:	Eco 38 Eco 43	IF THEN	el soporte económico de la familia es la el estado económico es	El estudiante Malo
Regla 43:	Eco 43 Cal 10 Cal 11 Cal 12 Part 10 Part 11 Part 12 Beca 100%	IF AND OR OR AND OR OR THEN	el estado económico es el promedio del curso es el promedio del curso es el promedio del curso es el porcentaje de participación del curso es el porcentaje de participación del curso es el porcentaje de participación del curso es la beca es	Malo Muy bueno Bueno Regular Muy bueno Bueno Regular 100%
Regla 44:	Eco 42 Cal 10 Cal 11 Cal 12 Part 10 Part 11 Part 12 Beca 100%	IF AND OR OR AND OR OR THEN	el estado económico es el promedio del curso es el promedio del curso es el promedio del curso es el porcentaje de participación del curso es el porcentaje de participación del curso es el porcentaje de participación del curso es la beca es	Regular Muy bueno Bueno Regular Muy bueno Bueno Regular 100%
Regla 45:	Eco 43 Cal 10 Cal 11 Cal 12 Part 10 Part 11 Part 12 Beca 100%	IF AND OR OR AND OR OR THEN	el estado económico es el promedio del curso es el promedio del curso es el promedio del curso es el porcentaje de participación del curso es el porcentaje de participación del curso es el porcentaje de participación del curso es la beca es	Bueno Muy bueno Bueno Regular Muy bueno Bueno Regular 100%
Regla 46:	Eco 42 Cal 10 Cal 11 Part 10 Part 11 Beca 100%	IF AND OR AND OR THEN	el estado económico es el promedio del curso es el promedio del curso es el porcentaje de participación del curso es el porcentaje de participación del curso es la beca es	Muy bueno Muy bueno Bueno Muy bueno Bueno 100%
Regla 47:	Eco 43 Cal 12 Cal 13 Cal 14 Part 11 Part 12 Part 13	IF AND OR OR AND OR OR	el estado económico es el promedio del curso es el promedio del curso es el promedio del curso es el porcentaje de participación del curso es el porcentaje de participación del curso es el porcentaje de participación del curso es	Malo Regular Malo Muy malo Bueno Regular Malo

	Beca 100%	THEN	la beca es	75%
Regla 48:	Eco 42	IF	el estado económico es	Regular
	Cal 12	AND	el promedio del curso es	Regular
	Cal 13	OR	el promedio del curso es	Malo
	Part 11	AND	el porcentaje de participación del curso es	Bueno
	Part 12	OR	el porcentaje de participación del curso es	Regular
	Part 13	OR	el porcentaje de participación del curso es	Malo
	Beca 75%	THEN	la beca es	75%
Regla 49:	Eco 41	IF	el estado económico es	Bueno
	Cal 11	AND	el promedio del curso es	Bueno
	Cal 12	OR	el promedio del curso es	Regular
	Cal 13	OR	el promedio del curso es	Malo
	Part 10	AND	el porcentaje de participación del curso es	Muy bueno
	Part 11	OR	el porcentaje de participación del curso es	Bueno
	Part 13	OR	el porcentaje de participación del curso es	Malo
	Beca 75%	THEN	la beca es	75%
Regla 50:	Eco 40	IF	el estado económico es	Muy bueno
	Cal 10	AND	el promedio del curso es	Muy bueno
	Cal 11	OR	el promedio del curso es	Bueno
	Part 10	AND	el porcentaje de participación del curso es	Muy bueno
	Part 11	OR	el porcentaje de participación del curso es	Bueno
	Part 12	OR	el porcentaje de participación del curso es	Regular
	Beca 75%	THEN	la beca es	75%
Regla 51:	Eco 42	IF	el estado económico es	Regular
	Eco 43	OR	el estado económico es	Malo
	Cal 14	AND	el promedio del curso es	Muy malo
	Beca 50%	THEN	la beca es	50%
Regla 52:	Eco 42	IF	el estado económico es	Regular
	Eco 43	OR	el estado económico es	Malo
	Part 14	AND	el porcentaje de participación del curso es	Muy malo
	Beca 50%	THEN	la beca es	50%
Regla 53:	Eco 41	IF	el estado económico es	Bueno
	Cal 12	AND	el promedio del curso es	Regular
	Cal 13	OR	el promedio del curso es	Malo
	Cal 14	OR	el promedio del curso es	Muy malo
	Part 11	AND	el porcentaje de participación del curso es	Bueno
	Part 12	OR	el porcentaje de participación del curso es	Regular
	Part 13	OR	el porcentaje de participación del curso es	Malo
	Beca 50%	THEN	la beca es	50%
Regla 54:	Eco 40	IF	el estado económico es	Muy bueno
	Cal 12	AND	el promedio del curso es	Regular
	Cal 13	OR	el promedio del curso es	Malo
	Part 11	AND	el porcentaje de participación del curso es	Bueno
	Part 12	OR	el porcentaje de participación del curso es	Regular
	Part 13	OR	el porcentaje de participación del curso es	Malo
	Beca 50%	THEN	la beca es	50%
Regla 55:	Eco 41	IF	el estado económico es	Bueno
	Cal 14	AND	el promedio del curso es	Muy malo
	Beca 25%	THEN	la beca es	25%
Regla 56:	Eco 41	IF	el estado económico es	Bueno
	Part 14	AND	el porcentaje de participación del curso es	Muy malo
	Beca 25%	THEN	la beca es	25%
Regla 57:	Eco 40	IF	el estado económico es	Muy bueno
	Eco 41	OR	el estado económico es	Bueno
	Cal 14	AND	el promedio del curso es	Muy malo
	Part 14	AND	el porcentaje de participación del curso es	Muy malo
	Beca 25%	THEN	la beca es	25%

Regla 58:	Eco 41	IF	el estado económico es	Bueno
	Cal 13	AND	el promedio del curso es	Malo
	Cal 14	OR	el promedio del curso es	Muy malo
	Part 12	AND	el porcentaje de participación del curso es	Regular
	Part 13	OR	el porcentaje de participación del curso es	Malo
	Part 14	OR	el porcentaje de participación del curso es	Muy malo
	Beca 25%	THEN	la beca es	25%
Regla 59:	Eco 40	IF	el estado económico es	Muy bueno
	Cal 13	AND	el promedio del curso es	Malo
	Cal 14	OR	el promedio del curso es	Muy malo
	Part 12	AND	el porcentaje de participación del curso es	Regular
	Part 13	OR	el porcentaje de participación del curso es	Malo
	Part 14	OR	el porcentaje de participación del curso es	Muy malo
	Beca 25%	THEN	la beca es	25%
Regla 60:	Eco 40	IF	el estado económico es	Muy bueno
	Cal 14	AND	el promedio del curso es	Muy malo
	Beca 25%	THEN	la beca es	25%
Regla 61:	Eco 40	IF	el estado económico es	Muy bueno
	Part 14	AND	el porcentaje de participación del curso es	Bueno
	Beca 25%	THEN	la beca es	25%
Regla 62:	Eco 39	IF	el estado económico es	Excelente
	Beca 0%	THEN	la beca es	Sin beca

Tabla 3.4 Propuesta de la base de reglas del SATDAB

Esta base de reglas, da una pauta para una implementación de prototipos SATDAB. Ahora que se han identificado las principales reglas del SATDAB, se pasará a la descripción de la tabla atributo valor.

3.2.3 Tabla Atributo-Valor

A continuación de se construye la tabla Atributo-Valor⁵, en el cual se identifican los atributos y los valores legales de la base de reglas propuesta. La Tabla 3.5 ilustra la Tabla Atributo-Valor para la base de reglas construida.

Regla	Cláusula	Atributo	Valor
Premisas			
1	Cal 1	Calificación del curso	< 10
1	Cal 2	Calificación del curso	> = 9
2	Cal 3	Calificación del curso	< 9
2	Cal 4	Calificación del curso	> = 8
3	Cal 5	Calificación del curso	< 8
3	Cal 6	Calificación del curso	> = 7
4	Cal 7	Calificación del curso	< 7
4	Cal 8	Calificación del curso	> = 6

⁵ v., [Ignizio, 91], capítulo 4 Knowledge representation.

5	Cal 9	Calificación del curso	< 6
6	Part 1	Participación del curso	< 100%
6	Part 2	Participación del curso	>= 90%
7	Part 3	Participación del curso	< 90%
7	Part 4	Participación del curso	>= 80%
8	Part 5	Participación del curso	< 80%
8	Part 6	Participación del curso	>= 70%
9	Part 7	Participación del curso	< 70%
9	Part 8	Participación del curso	>= 60%
10	Part 9	Participación del curso	< 60%
11	Eco 1	Ingreso familiar mensual	> 10 salarios mínimos
12	Eco 2	Ingreso familiar mensual	<= 10 salarios mínimos
12	Eco 3	Ingreso familiar mensual	> 8 salarios mínimos
17	Eco 12	Ingreso familiar mensual	<= 8 salarios mínimos
17	Eco 13	Ingreso familiar mensual	> 5 salarios mínimos
25	Eco 26	Ingreso familiar mensual	<= 5 salarios mínimos
25	Eco 27	Ingreso familiar mensual	> 2 salarios mínimos
34	Eco 32	Ingreso familiar mensual	<= 2 salarios mínimos
38	Eco 36	Ingreso familiar mensual	<= 3 salarios mínimos
13	Eco 4	Localización de la vivienda familiar	Bueno
18	Eco 4	Localización de la vivienda familiar	Bueno
19	Eco 4	Localización de la vivienda familiar	Bueno
20	Eco 4	Localización de la vivienda familiar	Bueno
22	Eco 13	Localización de la vivienda familiar	Malo
40	Eco 33	Localización de la vivienda familiar	Malo
41	Eco 33	Localización de la vivienda familiar	Malo
35	Eco 33	Localización de la vivienda familiar	Malo
23	Eco 4	Localización de la vivienda familiar	Bueno
24	Eco 4	Localización de la vivienda familiar	Bueno
26	Eco 28	Localización de la vivienda familiar	Regular
27	Eco 28	Localización de la vivienda familiar	Regular
28	Eco 28	Localización de la vivienda familiar	Regular
29	Eco 28	Localización de la vivienda familiar	Regular
30	Eco 28	Localización de la vivienda familiar	Regular
32	Eco 28	Localización de la vivienda familiar	Regular
33	Eco 28	Localización de la vivienda familiar	Regular
21	Eco 23	Localización de la vivienda familiar no es	Malo
31	Eco 31	Localización de la vivienda familiar no es	Bueno
36	Eco 31	Localización de la vivienda familiar no es	Bueno
37	Eco 31	Localización de la vivienda familiar no es	Bueno
39	Eco 31	Localización de la vivienda familiar no es	Bueno
13	Eco 5	Material de construcción de la vivienda familiar	Bueno
16	Eco 5	Material de construcción de la vivienda familiar	Bueno
18	Eco 5	Material de construcción de la vivienda familiar	Bueno
19	Eco 5	Material de construcción de la vivienda familiar	Bueno
22	Eco 5	Material de construcción de la vivienda familiar	Bueno
23	Eco 5	Material de construcción de la vivienda familiar	Bueno
28	Eco 5	Material de construcción de la vivienda familiar	Bueno
30	Eco 5	Material de construcción de la vivienda familiar	Bueno
32	Eco 5	Material de construcción de la vivienda familiar	Bueno
34	Eco 34	Material de construcción de la vivienda familiar	Malo
40	Eco 34	Material de construcción de la vivienda familiar	Malo
14	Eco 6	Número de autos de la familia	>= 1
15	Eco 6	Número de autos de la familia	>= 1
16	Eco 6	Número de autos de la familia	>= 1
19	Eco 20	Número de autos de la familia	<= 1
21	Eco 11	Número de autos de la familia	>= 2
22	Eco 6	Número de autos de la familia	>= 1
23	Eco 6	Número de autos de la familia	>= 1
36	Eco 35	Número de autos de la familia	= 0
14	Eco 7	Modelo del auto más reciente	Nuevo
19	Eco 21	Modelo del auto más reciente	No nuevo
18	Eco 14	SopORTE económico de la familia	Otro
19	Eco 14	SopORTE económico de la familia	Otro
20	Eco 14	SopORTE económico de la familia	Otro
21	Eco 14	SopORTE económico de la familia	Otro
22	Eco 14	SopORTE económico de la familia	Otro
26	Eco 14	SopORTE económico de la familia	Otro

27	Eco 14	Soporte económico de la familia	Otro
28	Eco 14	Soporte económico de la familia	Otro
29	Eco 14	Soporte económico de la familia	Otro
23	Eco 24	Soporte económico de la familia	Madre
24	Eco 24	Soporte económico de la familia	Madre
30	Eco 24	Soporte económico de la familia	Madre
31	Eco 24	Soporte económico de la familia	Madre
32	Eco 24	Soporte económico de la familia	Madre
33	Eco 24	Soporte económico de la familia	Madre
38	Eco 24	Soporte económico de la familia	Madre
40	Eco 24	Soporte económico de la familia	Madre
41	Eco 24	Soporte económico de la familia	Madre
42	Eco 38	Soporte económico de la familia	Estudiante
15	Eco 9	Vivienda familiar	Propio
18	Eco 9	Vivienda familiar	Propio
20	Eco 9	Vivienda familiar	Propio
21	Eco 9	Vivienda familiar	Propio
22	Eco 9	Vivienda familiar	Propio
23	Eco 9	Vivienda familiar	Propio
26	Eco 9	Vivienda familiar	Propio
28	Eco 9	Vivienda familiar	Propio
30	Eco 9	Vivienda familiar	Propio
31	Eco 9	Vivienda familiar	Propio
27	Eco 30	Vivienda familiar	No propio
35	Eco 30	Vivienda familiar	No propio
17	Eco 15	Vivienda del estudiante	Propio
20	Eco 15	Vivienda del estudiante	Propio
23	Eco 15	Vivienda del estudiante	Propio
28	Eco 15	Vivienda del estudiante	Propio
30	Eco 15	Vivienda del estudiante	Propio
26	Eco 29	Vivienda del estudiante	No propio
27	Eco 29	Vivienda del estudiante	No propio
31	Eco 29	Vivienda del estudiante	No propio
35	Eco 29	Vivienda del estudiante	No propio
37	Eco 29	Vivienda del estudiante	No propio
39	Eco 29	Vivienda del estudiante	No propio
15	Eco 10	Transporte del estudiante	Propio
16	Eco 10	Transporte del estudiante	Propio
18	Eco 10	Transporte del estudiante	Propio
19	Eco 10	Transporte del estudiante	Propio
22	Eco 10	Transporte del estudiante	Propio
28	Eco 22	Transporte del estudiante	No propio
30	Eco 22	Transporte del estudiante	No propio
31	Eco 22	Transporte del estudiante	No propio
32	Eco 22	Transporte del estudiante	No propio
33	Eco 22	Transporte del estudiante	No propio
36	Eco 22	Transporte del estudiante	No propio
37	Eco 22	Transporte del estudiante	No propio
40	Eco 22	Transporte del estudiante	No propio
18	Eco 16	Integrantes de la familia	>= 4 miembros
24	Eco 25	Integrantes de la familia	>= 3 miembros
29	Eco 16	Integrantes de la familia	>= 4 miembros
33	Eco 16	Integrantes de la familia	>= 4 miembros
36	Eco 16	Integrantes de la familia	>= 4 miembros
37	Eco 16	Integrantes de la familia	>= 4 miembros
18	Eco 17	Hijos de la familia	>= 2 miembros
19	Eco 17	Hijos de la familia	>= 2 miembros
20	Eco 17	Hijos de la familia	>= 2 miembros
24	Eco 17	Hijos de la familia	>= 2 miembros
29	Eco 17	Hijos de la familia	>= 2 miembros
33	Eco 17	Hijos de la familia	>= 2 miembros
37	Eco 17	Hijos de la familia	>= 2 miembros
18	Eco 18	Hijos estudiando a nivel medio-sup. o superior	>= 2 miembros
19	Eco 18	Hijos estudiando a nivel medio-sup. o superior	>= 2 miembros
20	Eco 18	Hijos estudiando a nivel medio-sup. o superior	>= 2 miembros
24	Eco 18	Hijos estudiando a nivel medio-sup. o superior	>= 2 miembros
29	Eco 18	Hijos estudiando a nivel medio-sup. o superior	>= 2 miembros
33	Eco 18	Hijos estudiando a nivel medio-sup. o superior	>= 2 miembros

37	Eco 18	Hijos estudiando a nivel medio-sup. o superior	>= 2 miembros
19	Eco 19	Habitaciones de la vivienda familiar	<= 10 habitaciones
24	Eco 19	Habitaciones de la vivienda familiar	<= 10 habitaciones
28	Eco 19	Habitaciones de la vivienda familiar	<= 10 habitaciones
32	Eco 19	Habitaciones de la vivienda familiar	<= 10 habitaciones
36	Eco 19	Habitaciones de la vivienda familiar	<= 10 habitaciones
41	Eco 37	Habitaciones de la vivienda familiar	<= 8 habitaciones
Conclusiones intermedias			
43	Cal 10	Promedio del curso	Muy bueno
44	Cal 10	Promedio del curso	Muy bueno
45	Cal 10	Promedio del curso	Muy bueno
46	Cal 10	Promedio del curso	Muy bueno
50	Cal 10	Promedio del curso	Muy bueno
43	Cal 11	Promedio del curso	Bueno
44	Cal 11	Promedio del curso	Bueno
45	Cal 11	Promedio del curso	Bueno
46	Cal 11	Promedio del curso	Bueno
49	Cal 11	Promedio del curso	Bueno
50	Cal 11	Promedio del curso	Bueno
43	Cal 12	Promedio del curso	Regular
44	Cal 12	Promedio del curso	Regular
45	Cal 12	Promedio del curso	Regular
47	Cal 12	Promedio del curso	Regular
48	Cal 12	Promedio del curso	Regular
49	Cal 12	Promedio del curso	Regular
53	Cal 12	Promedio del curso	Regular
54	Cal 12	Promedio del curso	Regular
47	Cal 13	Promedio del curso	Malo
48	Cal 13	Promedio del curso	Malo
49	Cal 13	Promedio del curso	Malo
53	Cal 13	Promedio del curso	Malo
54	Cal 13	Promedio del curso	Malo
58	Cal 13	Promedio del curso	Malo
59	Cal 13	Promedio del curso	Malo
47	Cal 14	Promedio del curso	Muy malo
51	Cal 14	Promedio del curso	Muy malo
53	Cal 14	Promedio del curso	Muy malo
55	Cal 14	Promedio del curso	Muy malo
57	Cal 14	Promedio del curso	Muy malo
58	Cal 14	Promedio del curso	Muy malo
59	Cal 14	Promedio del curso	Muy malo
60	Cal 14	Promedio del curso	Muy malo
43	Part 10	Porcentaje de participación del curso	Muy bueno
44	Part 10	Porcentaje de participación del curso	Muy bueno
45	Part 10	Porcentaje de participación del curso	Muy bueno
46	Part 10	Porcentaje de participación del curso	Muy bueno
49	Part 10	Porcentaje de participación del curso	Muy bueno
50	Part 10	Porcentaje de participación del curso	Muy bueno
43	Part 11	Porcentaje de participación del curso	Bueno
44	Part 11	Porcentaje de participación del curso	Bueno
45	Part 11	Porcentaje de participación del curso	Bueno
46	Part 11	Porcentaje de participación del curso	Bueno
47	Part 11	Porcentaje de participación del curso	Bueno
48	Part 11	Porcentaje de participación del curso	Bueno
49	Part 11	Porcentaje de participación del curso	Bueno
43	Part 11	Porcentaje de participación del curso	Bueno
53	Part 11	Porcentaje de participación del curso	Bueno
54	Part 11	Porcentaje de participación del curso	Bueno
43	Part 12	Porcentaje de participación del curso	Regular
44	Part 12	Porcentaje de participación del curso	Regular
45	Part 12	Porcentaje de participación del curso	Regular
47	Part 12	Porcentaje de participación del curso	Regular
48	Part 12	Porcentaje de participación del curso	Regular
50	Part 12	Porcentaje de participación del curso	Regular
53	Part 12	Porcentaje de participación del curso	Regular
54	Part 12	Porcentaje de participación del curso	Regular

58	Part 12	Porcentaje de participación del curso	Regular
59	Part 12	Porcentaje de participación del curso	Regular
47	Part 13	Porcentaje de participación del curso	Malo
48	Part 13	Porcentaje de participación del curso	Malo
49	Part 13	Porcentaje de participación del curso	Malo
53	Part 13	Porcentaje de participación del curso	Malo
54	Part 13	Porcentaje de participación del curso	Malo
58	Part 13	Porcentaje de participación del curso	Malo
59	Part 13	Porcentaje de participación del curso	Malo
52	Part 14	Porcentaje de participación del curso	Muy malo
52	Part 14	Porcentaje de participación del curso	Muy malo
56	Part 14	Porcentaje de participación del curso	Muy malo
57	Part 14	Porcentaje de participación del curso	Muy malo
58	Part 14	Porcentaje de participación del curso	Muy malo
59	Part 14	Porcentaje de participación del curso	Muy malo
61	Part 14	Porcentaje de participación del curso	Muy malo
62	Eco 39	Estado económico	Excelente
50	Eco 40	Estado económico	Muy bueno
54	Eco 40	Estado económico	Muy bueno
57	Eco 40	Estado económico	Muy bueno
59	Eco 40	Estado económico	Muy bueno
60	Eco 40	Estado económico	Muy bueno
61	Eco 40	Estado económico	Muy bueno
49	Eco 41	Estado económico	Bueno
53	Eco 41	Estado económico	Bueno
51	Eco 41	Estado económico	Bueno
56	Eco 41	Estado económico	Bueno
58	Eco 41	Estado económico	Bueno
44	Eco 42	Estado económico	Regular
46	Eco 42	Estado económico	Regular
48	Eco 42	Estado económico	Regular
51	Eco 42	Estado económico	Regular
52	Eco 42	Estado económico	Regular
43	Eco 43	Estado económico	Malo
45	Eco 43	Estado económico	Malo
47	Eco 43	Estado económico	Malo
51	Eco 43	Estado económico	Malo
52	Eco 43	Estado económico	Malo
Conclusiones			
43	Beca 100%	la beca es del	100%
44	Beca 100%	la beca es del	100%
45	Beca 100%	la beca es del	100%
46	Beca 100%	la beca es del	100%
47	Beca 100%	la beca es del	100%
48	Beca 75%	la beca es del	75%
49	Beca 75%	la beca es del	75%
50	Beca 75%	la beca es del	75%
51	Beca 50%	la beca es del	50%
52	Beca 50%	la beca es del	50%
53	Beca 50%	la beca es del	50%
54	Beca 50%	la beca es del	50%
55	Beca 25%	la beca es del	25%
56	Beca 25%	la beca es del	25%
57	Beca 25%	la beca es del	25%
58	Beca 25%	la beca es del	25%
59	Beca 25%	la beca es del	25%
60	Beca 25%	la beca es del	25%
61	Beca 25%	la beca es del	25%
62	Beca 0%	la beca es del	Sin beca

Tabla 3.5 Tabla Atributo-Valor de la base de reglas del SATDAB

Como se puede notar, se identifican las premisas, las conclusiones intermedias, las conclusiones finales, los atributos y los valores de cada una de las reglas.

Ahora que se conoce a detalle la estructura de la base de reglas del SATDAB, se pasa a la identificación de la estrategia de inferencia y de búsqueda.

3.3 Inferencia de la base de conocimientos del SATDAB

Existen estándares definidos para la selección de una estrategia de inferencia, basándose en la naturaleza del problema a resolver (e.g., identificación, reconocimiento, diagnóstico, configuración, etcétera). Si se considera que la forma natural del Jefe del Departamento de Servicios Escolares es partir de hechos (i.e., datos de los estudiantes) y posteriormente mediante un análisis determina un tipo de beca (i.e., el propósito es podar el espacio de estados y encontrar un tipo de beca), entonces se puede notar que la estrategia de encadenamiento hacia adelante es la que lo equipara (i.e., pertenece al grupo de diagnóstico). Otra característica que fundamenta esta elección es que existen muchas *conclusiones intermedias* con muchas *conclusiones* (c.f., Tabla 3.5), por lo que el problema se adapta aún más al encadenamiento hacia adelante.

Con respecto a la técnica de búsqueda, se ha elegido la de profundidad por la limitante de los ambientes de programación para sistemas expertos y shells para sistemas expertos con que se cuenta (e.g., el ambiente de programación RT-Expert y el shell EXSYS solo tienen implementado la búsqueda en profundidad).

La red de inferencia que muestra la poda del espacio de estados de la base de conocimientos del SATDAB es mostrada en el Apéndice A.

3.4 Validación de la base de conocimientos del SATDAB

La validación⁶ de la base de reglas del SATDAB, fue una en la que se tuvo especial atención. Conjuntamente con la construcción de la base de reglas, se verificó que tuviera consistencia y acabado. En esta sección solo se darán unos ejemplos de la validación de algunas de las reglas del SATDAB, debido a lo complejo de su documentación y que generalmente el ingeniero en conocimientos lo hace intuitivamente.

Se toma un conjunto de las reglas propuestas que parecieran ser muy redundantes, para ejemplificar el proceso de validación del SATDAB. La Tabla 3.6 muestra una selección de las reglas que se usarán.

⁶ v. [Ignizio, 91], capítulo 8 *Validation*, para poder comprender mejor los ejemplos de validación.

Nombre de la regla	Nombre de la pre-misa	Condición es y conectores	Atributos	Valores
Regla 5:	Cal 9 Cal 14	IF THEN	la calificación del curso es el promedio del curso es	< 6 Muy malo
Regla 22:	Eco 12 Eco 13 Eco 9 Eco 5 Eco 6 Eco 10 Eco 41	IF AND AND AND AND AND THEN	el soporte económico de la familia es la localización de la vivienda familiar no es la vivienda familiar es el material de construcción de la vivienda familiar es el número de autos de la familia es el transporte del estudiante es el estado económico es	Otro Malo Propio Bueno > 1 = Propio Bueno
Regla 55:	Eco 41 Cal 14 Beca 25%	IF AND THEN	el estado económico es el promedio del curso es la beca es	Bueno Muy malo 25%
Regla 26:	Eco 14 Eco 28 Eco 9 Eco 29 Eco 42	IF AND AND AND THEN	el soporte económico de la familia es la localización de la vivienda familiar es la vivienda familiar es la vivienda del estudiante es el estado económico es	Otro Regular Propio No propio Regular
Regla 27:	Eco 14 Eco 28 Eco 30 Eco 29 Eco 42	IF AND AND AND THEN	el soporte económico de la familia es la localización de la vivienda familiar es la vivienda familiar es la vivienda del estudiante es el estado económico es	Otro Regular No propio No propio Regular

Tabla 3.6 Conjunto de reglas para los ejemplos de validación

Pareciera ser que estas reglas tienen mucha redundancia en su estructura. Las siguientes secciones muestran la validación y acabado de estas reglas.

Verificación de la consistencia

Tomando las reglas 26 y 27, se tiene el siguiente análisis.

La regla 26 *no es redundante* con respecto a la regla 27 (y viceversa) ya que

$$\{P(\text{Regla 26})\} \text{ no es igual } \{P(\text{Regla 27})\} \text{ y}$$

$$\{C(\text{Regla 26})\} \text{ es igual a } \{C(\text{Regla 27})\}$$

La regla 26 *no está en conflicto* con la regla 27 (y viceversa) ya que

$$\{P(\text{Regla 26})\} \text{ no es igual } \{P(\text{Regla 27})\} \text{ y}$$

$$\{C(\text{Regla 26})\} \text{ no contradice a } \{C(\text{Regla 27})\}$$

La regla 26 no se encuentra subasumida con la regla 27 (y viceversa) ya que

$\{P(\text{Regla } 26)\}$ no es un subconjunto de $\{P(\text{Regla } 27)\}$ y
 $\{C(\text{Regla } 26)\}$ es igual a $\{C(\text{Regla } 27)\}$

La regla 26 y la regla 27 no tiene premisas innecesarias ya que

$\{C(\text{Regla } 26)\}$ es igual a $\{C(\text{Regla } 27)\}$ y ninguno elemento de
 $\{P(\text{Regla } 26)\}$ no está en conflicto con algún elemento de $\{P(\text{Regla } 27)\}$

Para ejemplificar la no existencia de reglas circulares, se tomaran las reglas 5, 22 y 55. El grafo de dependencia de reglas se ilustra en la Figura 3.3.

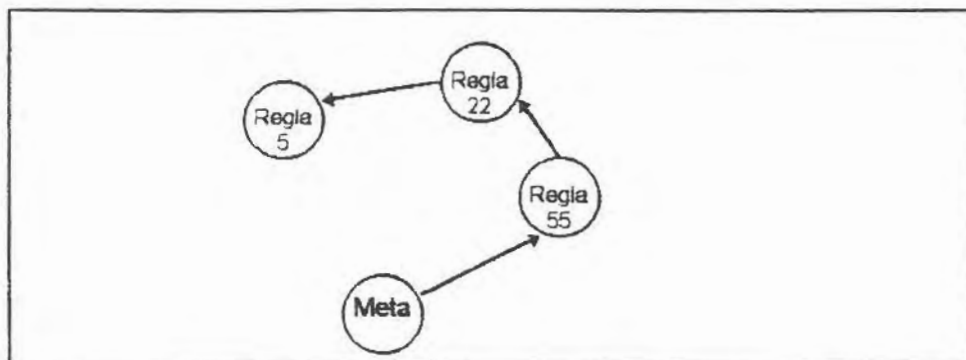


Figura 3.3 Ejemplo de validación de reglas circulares.

El encadenamiento de las reglas 5, 22 y 55 no es circular, ya que siempre conducen a una meta.

Verificación del acabado

No existen atributos-valores sin referencias, esto se puede comprobar comparando la Tabla 3.2 y la Tabla 3.6. Así se tiene:

- No existe ningún atributo cuyo valor no se haga referencia.
- Todos los atributos son legales.
- Todas las conclusiones son alcanzables.
- Todas las conclusiones metas son alcanzables, ya que las conclusiones intermedias también lo son.

A continuación, la Tabla 3.7, da un ejemplo de una matriz de dependencia de reglas para verificar el acabado de la base de reglas del SATDAB; se toman las mismas reglas del ejemplo anterior (i.e, las reglas 5, 22 y 55).

	Regla 5	Regla 22	Regla 55	Pregunta
Regla 5		*#		*
Regla 22	*#			*
Regla 55	*	*	Meta	

Tabla 3.7 Ejemplo de una matriz de dependencia de reglas

De la Tabla 3.8 se cumple lo siguiente:

- Hay signos de (*) en cualquier regla-columna, por lo que la premisa asociada es alcanzable.
- Hay signos de (#) en cualquier regla-columna, por lo que la conclusión intermedia es alcanzable.
- Hay signos de (*) en la columna-meta, por lo que la meta es alcanzable.

Con ejemplos de validación de la base de reglas del SATDAB, se infiere que es consistente y el acabado esta completo.

Conclusiones

En base a la propuesta de la base de conocimientos del SATDAB, se concluye que:

- El dominio del experto es inestable.
- Las reglas de inferencia están bien estructuradas.
- La estrategia de inferencia de encadenamiento hacia adelante es la que se adapta a las características de las reglas de inferencia desarrolladas para podar el espacio de estados, esto es debido a la naturaleza misma del proceso de asignación de becas por parte del dominio.
- Debido a las características del software disponible, la técnica de búsqueda seleccionada es la de profundidad.
- Las reglas de inferencia tienen consistencia y acabado.

Capítulo 4

Implementación del SATDAB

La conclusión del análisis y diseño de un sistema informático es su implementación en un lenguaje de programación. En este capítulo se dan las características de la estructura del SATDAB, así como la codificación y las facilidades de comunicación entre los módulos desarrollados. Al final del capítulo, se hace un análisis de los resultados obtenidos al probar los prototipos.

4.1 Introducción al SATDAB

Definición

Se puede definir al SATDAB como un “sistema informático que ayuda a la asignación de becas en la U.T.M., independizándolo de una persona”

Motivación

El proyecto de tesis SATDAB surgió con la idea de aportar al Departamento de Servicios Escolares de la U.T.M., de un medio informático para la automatización de sus procesos administrativos.

Justificación

El proyecto de tesis SATDAB tiene una justificación administrativa, ya que hará que el proceso de asignación de becas en el Departamento de Servicios Escolares se automatice.

Plataforma y software de desarrollo

Debido al uso de computadoras PC's en el Departamento de Servicios Escolares, el proyecto de tesis SATDAB, se desarrolla en esta plataforma. Para la implementación de dos prototipos SATDAB, se hizo un análisis de las herramientas del software disponible¹, de forma que se eligieron por los siguientes: el shell para sistemas expertos EXSYS v.3.0 (para la construcción de la base de conocimientos de un primer prototipo SATDAB), el ambiente de programación para sistemas expertos RT-Expert v.1.4 (para

¹ v. sección 4.3.1 Elección del lenguaje de programación.

la construcción de la base de conocimientos de un segundo prototipo SATDAB), el lenguaje de programación Borland C/C++ v.3.1 (para la conexión de RT-Expert y acceso a archivos de bases de datos), el lenguaje de programación Visual BASIC v.3.0. Versión profesional (para la interfaz de usuario en Windows OS), y dBASE III (para la creación y manipulación de archivos de bases de datos).

4.2 Estructura del sistema

La estructura del prototipo SATDAB está basada en el modelo de un sistema de apoyo a las decisiones híbrido². Así, haciendo referencia a la Figura 1.1 se describen a continuación cada uno de los componentes aplicables al modelo del SATDAB desarrollado.

Bases de datos

Los archivos de bases de datos a los que accesa el SATDAB son los referentes a las calificaciones definitivas de los estudiantes y datos generales (i.e., código, nombre, lugar de residencia, etcétera). Debido a la ausencia de archivos contenedores de asistencias a las diferentes actividades extraclase y datos económicos, se construyeron dos archivos de bases de datos con estas características.

Métodos analíticos

Los algoritmos utilizados para el proyecto de tesis SATDAB consisten de promedios de calificaciones, promedios de asistencias a actividades extraclase, registro estadístico de las becas asignadas.

Procesador de los datos

Consiste de las subrutinas en C/C++ para leer la información de los distintos archivos de bases de datos y procesarlos (i.e., ya sea haciendo cálculos numéricos, mandándolos a otros archivos de bases de datos o a la base de conocimientos).

Memoria de trabajo

La memoria de trabajo del SATDAB es tomada de un shell para sistemas expertos o de un ambiente de programación, ahorrándose el trabajo de construirla. En la memoria de trabajo se guardan todas las reglas que están siendo "preparadas" (triggered) para que

² v. Capítulo 1, *Tecnología de información para la toma de decisiones.*

posteriormente, de acuerdo a los resultados de la poda del espacio de estados en el proceso de inferencia, unas cuantas reglas sean “disparadas” (fired).

Ajustador de reglas

El ajustador de reglas es simplemente un editor de reglas. Los shells para sistemas expertos generalmente tienen implementado en su entorno este módulo (e.g., EXSYS). Por otro lado, los ambientes de programación para sistemas expertos utilizan un editor de textos (e.g., RT-Expert compila las reglas en C³, y por simplicidad se utiliza el editor de Borland C/C++; CLIPS tiene su propio editor de reglas)

Motor de inferencia

Tanto los shells para sistemas expertos como los ambientes de programación ya tienen implementado este módulo. Así, EXSYS tiene la característica de utilizar las estrategias de inferencia hacia adelante como la estrategia de inferencia hacia atrás. En RT-Expert las reglas introducidas (archivos .dsl, .afs, y .rul) por medio del ajustador de reglas, son compiladas y transformadas a archivos (.c), (.h) y (.obj); así, debido a las características propias de programas compilados, el mecanismo de inferencia es mucho más rápido (contrario a lo que sucede con los shells para sistemas expertos que funcionan como un intérprete). La desventaja de RT-Expert, es que solo se puede utilizar la estrategia de inferencia hacia adelante⁴. Por otro lado, CLIPS puede utilizar tanto la estrategia de inferencia hacia adelante como hacia atrás; su desventaja principal es lo complejo de implementar una aplicación.

Base de conocimientos

La construcción de la base de conocimientos del SATDAB es el trabajo de mayor importancia del proyecto de tesis SATDAB. Debido a las facilidades de los shells para sistemas expertos y ambientes de programación, se ahorra la construcción de los módulos de la estructura de una base de conocimientos. De esta forma, se puso especial atención a la elaboración de la propuesta de una base de conocimientos para el SATDAB.

³ v. [RT-Pm, 94]; puede conseguirse más información en [RT-Mail, 94].

⁴ En [RT-Pm, 94], hace mención de que se puede utilizar la estrategia de inferencia hacia atrás, pero no lo describe a detalle, por lo que no se sabe en realidad como funciona en este ambiente de programación. Así, por la falta de documentación se omite este tipo estrategia de inferencia.

Interfaz

La interfaz funcional del prototipo SATDAB (para la comunicación de los módulos diseñados) está hecha en C/C++. La interfaz de usuario final se elabora en Windows OS.

Usuarios

Dos son los tipos de usuarios del SATDAB: el usuario final y el ingeniero en conocimientos. Cumpliendo con el objetivo de liberar el trabajo de asignación de becas de una sola persona, el SATDAB puede ser utilizado por el personal del Departamento de Servicios Escolares. El papel de ingeniero en conocimientos es el autor de este proyecto de tesis.

Ahora que se conoce la estructura del SATDAB, se pasa a la descripción de las características de la codificación del SATDAB.

4.3 El proceso de traducción

El paso de la codificación traduce una representación del software, dada por un diseño detallado, a una realización en el lenguaje programación [Press, 93]. La codificación lleva consigo apearse a las restricciones de un lenguaje de programación, por lo que no siempre la codificación es una representación fiel de lo modelado. La siguiente sección explica la elección del software de implementación de la base de reglas del SATDAB.

4.3.1 Elección del lenguaje de programación

El punto de partida para la construcción de un prototipo SATDAB es su base de conocimientos. De esta forma, se debe de elegir un software que satisfaga lo más posible las características del análisis y diseño realizado.

Considerando que para implementar bases de conocimientos, los ambientes de programación y shells para sistemas expertos ahorran el trabajo de construcción de varios módulos de un sistema de apoyo a las decisiones híbrido (en la parte de sistema experto), úramente se necesita hacer una selección del ellos para implementar la base de conocimientos del SATDAB.

Así, se cuenta con el siguiente software disponible en la que se puede construir la base de conocimientos del SATDAB:

CLIPS v.6.0

Ventajas

- Utilización de tres modelos de representación de conocimiento: sistema basado en reglas, marcos y objetos.
- Comunicación con C/C++.
- Las aplicaciones pueden ser hechas para en DOS OS o Windows OS.
- Es un ambiente de programación gratuito, disponible en Internet.

Desventajas

- Poca transparencia en la comunicación con C/C++.

EXSYS v. 3.0

Ventajas

- Tiene un tutorial para un aprendizaje rápido y fácil.
- Realiza internamente el proceso de validación de las reglas.
- Utiliza dos estrategias de inferencia: encadenamiento hacia adelante y hacia atrás.
- Es capaz de utilizar la tecnología de pizarrón.
- Comunicación con programas externos.

Desventajas

- El introducir reglas es un proceso lento y tedioso.
- Acepta a los más veinticinco reglas.
- La comunicación con programas externos no es transparente.

RT-Expert v.1.4

Ventajas

- Utiliza el lenguaje de programación Decision Support Language, cuyos archivos son compilados (por un compilador de C/C++) y transformados a otros archivos (.c), (.h) y (.obj), con lo que el proceso de inferencia es rápido.
- Transparencia en la comunicación con C/C++.
- Es un ambiente de programación gratuito, disponible en Internet.

Desventajas

- Poca documentación.
- La estrategia de inferencia hacia atrás no está lo suficientemente documentada para poder utilizarla y así poder analizar el comportamiento de las aplicaciones.
- Depende del lenguaje de programación C/C++ para poder compilar el código escrito en Decision Support Language.

Borland C/C++ v.3.1.

Ventajas

- Rapidez en la ejecución de un programa compilado.
- Capacidad para hacer aplicaciones bajo DOS OS o Windows OS.

Desventajas

- Construcción de la estructura para la base de conocimientos.
- Implementación de los algoritmos de búsqueda e inferencia.
- Construcción de la memoria de trabajo.
- Construcción del ajustador de reglas.
- Construcción del motor de inferencia.

Interfaz de dBASE III para Borland C/C++

Ventajas

- Se libera de la construcción de una interfaz propia.
- Basada en el modelo orientado a objetos.

Desventajas

- Debido a su acceso secuencial a archivos de bases de datos (.dbf), resulta lento buscar registros.

Visual BASIC v. 3.0 Versión profesional

Ventajas

- Facilidad para implementar una interfaz gráfica en Windows OS.

Desventajas

- Por ser un lenguaje interprete, la ejecución de los programas no es tan rápida como en un programa compilado.
- Construcción de la estructura para la base de conocimientos.
- Implementación de los algoritmos de búsqueda e inferencia.
- Construcción de la memoria de trabajo.
- Construcción del ajustador de reglas.
- Construcción del motor de inferencia.

Así, tomando en cuenta las ventajas y desventajas del software disponible, se hace la siguiente selección de software para la construcción de dos prototipos SATDAB:

- EXSYS y RT-Expert, para la codificación de la base de reglas diseñada. EXSYS servirá de base para realizar pruebas de eficiencia de resultados aproximados a los que llegaría el Jefe del Departamento de Servicios Escolares al asignar becas, y RT-Expert para la implementación del prototipo final SATDAB (basado en las pruebas de EXSYS). La característica principal de RT-Expert es que

compila las reglas escritas en un editor, y los traduce a archivos (.c), (.h) y (.obj), por lo que el proceso de inferencia es rápido.

- Borland C/C++ v.3.1, como fundamento a la compilación del ambiente de programación RT-Expert. También es útil, para acceder a los archivos contenedores (.dbf), que tienen la información de los alumnos de la U.T.M..
- La interfaz en C/C++ para dBASE III, por que es la única con que se cuenta.
- Visual BASIC v.3.0, Versión profesional, para la interfaz de usuario en Windows OS.
- dBASE III, para manejo y creación de archivos de bases de datos (.dbf).

Una vez hecha la selección de los lenguajes de programación y herramientas informáticas, se pasa a la codificación de la base de reglas.

4.3.2 Codificación

El principal objetivo de la codificación de la base de reglas diseñada es la creación de un prototipo final. Se ha creado una interfaz de usuario, cuya meta principal es la comunicación a archivos de bases de datos existentes y creadas (i.e., entrada), ejecución de la base de reglas implementada (i.e., proceso de asignación de becas), y mostrar sus resultados, esto mediante un informe resumido, justificación del por qué se llegó a cierto resultado (i.e., salida). Ahora se mostrará las características de los distintos archivos creados.

Descripción de archivos

Los archivos de bases de datos se muestran en la Tabla 4.1.

Archivo	Descripción
dat_eco.dbf	Contiene los datos económicos de los estudiantes.
definit1.dbf	Contiene las calificaciones de los estudiantes
trab_def.dbf	Contiene los porcentajes finales de participación de los estudiantes en diferentes actividades extracurriculares.
resul_be.dbf	Contiene los datos de los resultados que arroja el prototipo SATDAB para cada alumno.
reglas.dbf	Contiene las reglas de inferencia en lenguaje natural, para ser mostradas en el proceso de justificación.
regla_01.dbf	Contiene las reglas que fueron disparadas al terminar una sesión con un estudiante.

Tabla 4.1 Archivos de bases de datos diseñados.

Los archivos implementados en RT-Expert, se muestran en la Tabla 4.2.

Archivo	Descripción
obt_cal.dsl	Contiene las reglas que evalúan las calificaciones finales del semestre de los estudiantes.
obt_part.dsl	Contiene las reglas que evalúan la participación semestral de los estudiantes en diferentes actividades extraclase.
obt_eco.dsl	Contiene las reglas que verifican la situación económica del estudiante.
obt_beca.dsl	Contiene las reglas que evalúan el promedio semestral, el porcentaje de participación y la situación económica del estudiante.
estud.ars	Contiene la estructura que almacena los datos que son leídos de las bases de datos, así como los resultados de la inferencia.
constant.ars	Contiene las constantes que se manejan en los archivos (.dsl).
variable.ars	Contiene las variables utilizadas en archivo obt_eco.dsl.
variable.rul	Contiene las constantes de las variables del archivo variable.ars.

Tabla 4.2 Archivos implementados en RT-Expert

Los archivos implementados en EXSYS, se muestran en la Tabla 4.3.

Archivo	Descripción
beca.rul	Contiene las reglas del primer prototipo SATDAB.

Tabla 4.3 Archivos implementados en EXSYS.

Los archivos implementados en C/C++ se muestran en la Tabla 4.4.

Archivo	Descripción
main.cpp	Maneja los archivos generados por el compilador de RT-Expert.
dbf.h	Interfaz en C++ para el manejo de archivos de bases de datos (.dbf)
dbf.cpp	
test.pro	Archivo proyecto que liga a main.cpp y a los archivos generados por RT-Expert.
test.exe	Es el resultado de la compilación en un proyecto los archivos creados por RT-Expert y main.cpp. Su finalidad es la de asignar un tipo de beca, y los datos son leídos y almacenados en archivos de bases de datos (.dbf).

Tabla 4.4 Archivos implementados en Borland C/C++.

Archivo principal implementado en Visual BASIC se muestra en la Tabla 4.5.

Archivo	Descripción
main.vbp	Archivo proyecto que liga a varios archivos (ventanas y archivos propios de Visual BASIC).

Tabla 4.5 Archivo principal implementado en Visual BASIC.

Hasta ahora se han dado las características de los archivos diseñados e implementados en distintos lenguajes de programación en el que se desarrollo el prototipo SATDAB. A continuación se describirá los puntos principales de la interfaz de usuario.

4.3.3 Interfaz de usuario

Una de las principales características del prototipo SATDAB es su mecanismo de justificación de resultados. Una vez que se ha realizado un sesión de preguntas económicas y haber obtenido un tipo de beca para un estudiante, el prototipo puede justificar su resultado. RT-Expert no tiene implementado este mecanismo, por lo que se tuvo que construir. EXSYS solo tiene un módulo de reporte que es bastante abstracto.

El mecanismo de justificación implementado utiliza es la de “vuelta hacia atrás” (backtracking) (i.e., parte de un nodo conclusión al nodo padre). La justificación consiste en mostrar al usuario las reglas que fueron “disparadas” (fired) en el proceso de inferencia.

4.3.4 Entorno informático del SATDAB

El entorno informático del SATDAB se puede ver en la Figura 4.1.

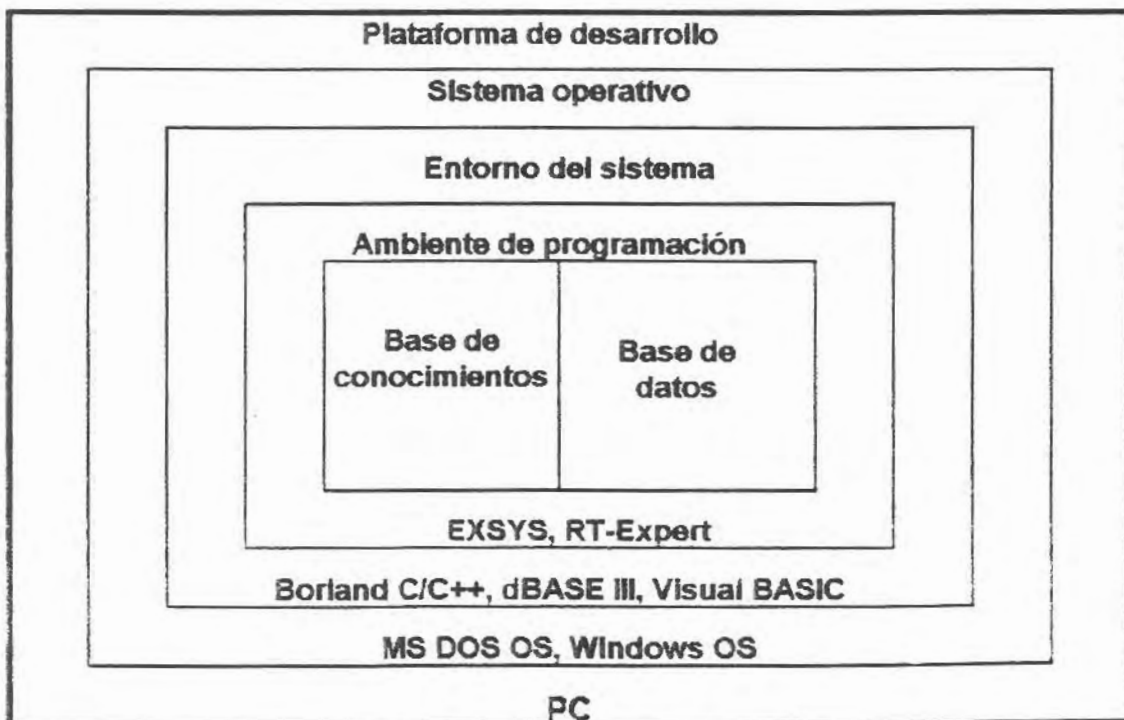


Figura 4.1. Entorno informático del SATDAB

4.3.5 Estructura funcional del SATDAB

La estructura funcional se muestra en la Figura 4.2., y que describe como el SATDAB llega a sus resultados.

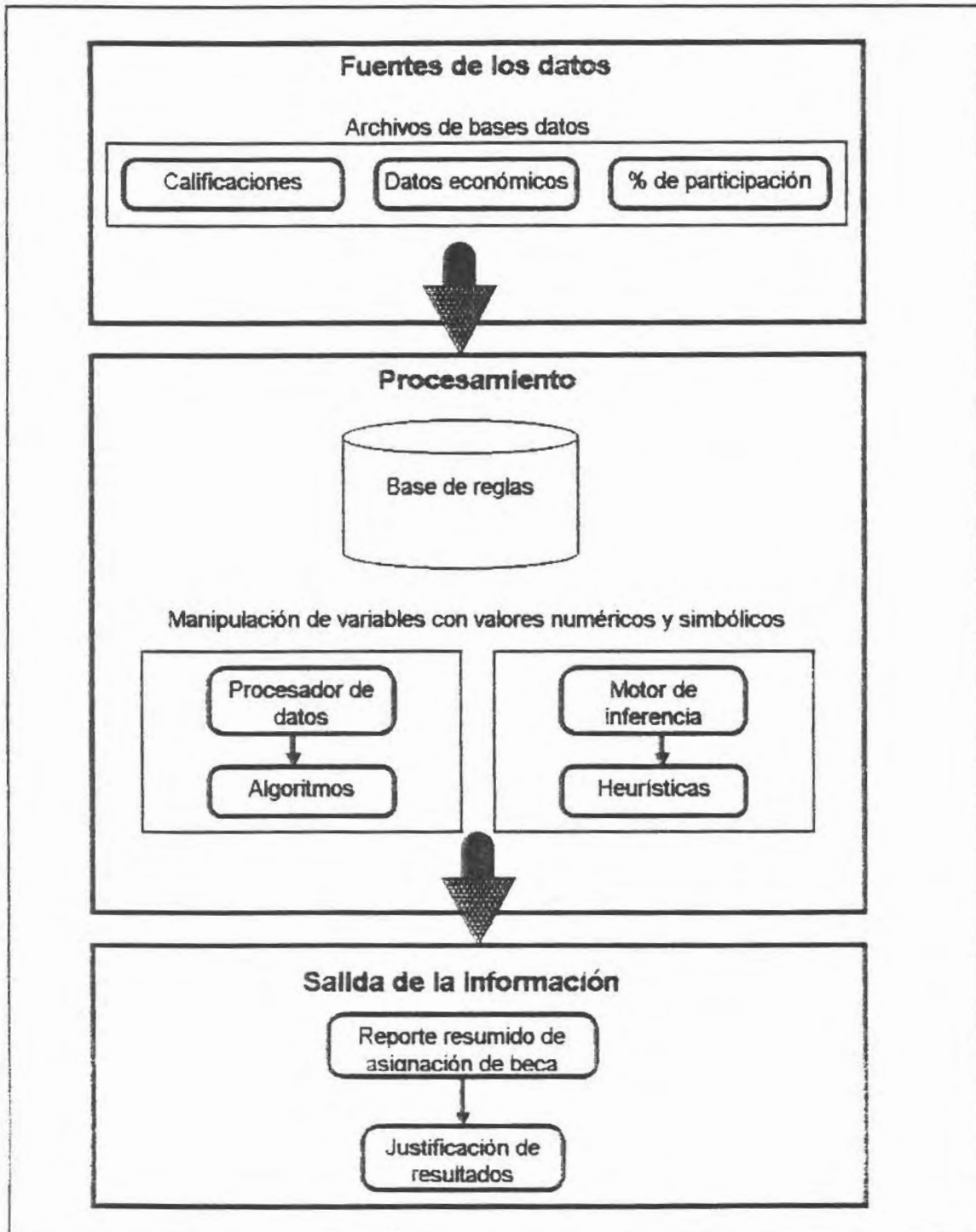


Figura 4.1 Estructura funcional del SATDAB

Hasta ahora se ha descrito las principales características de la codificación del SATDAB. A continuación se muestran los resultados obtenidos al hacer pruebas con los prototipos SATDAB.

4.4 Probando al SATDAB

Las pruebas se enfocarán en el análisis de dos puntos principales: similitud de resultados del SATDAB con respecto a los que llegaría el Jefe del Departamento de Servicios Escolares en la asignación de becas, y ejecución de los prototipos.

4.4.1 Análisis estadístico de estimación de la proporción

Debido al problema del dominio del experto, el interés principal de los resultados que arroje el SATDAB es que tengan una aproximación con los que llegaría el Jefe del Departamento de Servicios Escolares. Así, primero se hizo una prueba piloto con un grupo de estudiantes de la U.T.M., para hacer un cálculo de la estimación de la proporción y que servirá de base para calcular el tamaño de la muestra adecuada. Posteriormente se harán más pruebas, esperando que la distribución muestral de proporciones tienda a la normal estandarizada y así hacer una inferencia estadística de resultados favorables para una población infinita.

Prueba piloto

Una vez que se han implementado dos prototipo SATDAB, se escogió aleatoriamente a un grupo a 36 estudiantes de la U.T.M. al que se les aplicó una prueba. Los resultados que se obtuvieron se muestran en la Tabla 4.6.

Debido a que el primer prototipo en EXSYS sirve de base para la construcción del segundo prototipo en RT-Expert, los *resultados* son totalmente iguales en ambos casos.

Los resultados mostrados en la Tabla 4.6 fueron en su mayoría favorables a criterio del Jefe del Departamento de Servicios Escolares. El dar una dictamen favorable, no quiere decir que el asignador de becas estuvo totalmente de acuerdo con la beca asignada por el SATDAB, más bien, en varios casos no coincidieron exactamente los resultados del SATDAB con la beca asignada por el Jefe del Departamento de Servicios Escolares. Así, por ejemplo, para código 96020015, el asignador de becas le otorgó un 75%, y para el código 96020188 le asignó un 100%; el SATDAB les otorgó un 100% de beca en ambos casos. Aquí se nota que ambos estudiantes tienen muy semejantes datos y el asignador de becas les otorgó una beca distinta en ambos casos. Este es un problema del dominio, que no siempre llegará a las mismas conclusiones. Pero para ambos resultados del SATDAB el asignador de becas le dio un visto bueno.

Código	Situación económica obtenida por el sistema	Promedio del curso	% de asistencias	% beca asignada por el prototipo en EXSYS	% beca asignada por el prototipo en RT-Expert	¿De acuerdo con la beca asignada?
96020001	Excelente	7.05	25%	0%	0%	SI
96020002	Mala	7.06	60%	100%	100%	SI
96020002	Mala	7.43	84%	100%	100%	SI
96020069	Mala	7.55	91%	100%	100%	SI
96020073	Mala	3.26	76%	50%	50%	SI
96020155	Mala	6.46	68%	75%	75%	SI
96020041	Mala	6.55	88%	75%	75%	SI
96020047	Regular	6.85	64%	75%	75%	SI
96020015	Mala	7.53	74%	100%	100%	SI
96020170	Buena	5.81	64%	50%	50%	SI
96020035	Regular	6.25	93%	100%	100%	SI
95020003	Regular	7.00	38%	50%	50%	SI
96020146	Mala	6.11	74%	75%	75%	SI
96020107	Mala	5.71	24%	50%	50%	SI
96020088	Regular	5.75	61%	50%	50%	SI
96020188	Mala	7.06	76%	100%	100%	SI
96020081	Regular	6.27	67%	75%	75%	SI
96020182	Mala	7.08	84%	100%	100%	SI
96020167	Buena	9.00	71%	100%	100%	SI
96020136	Regular	5.58	68%	50%	50%	SI
96020005	Mala	6.71	65%	75%	75%	SI
95020086	Buena	7.50	13%	25%	25%	NO
95020088	Regular	6.00	58%	50%	50%	SI
96020008	Bueno	6.10	43%	25%	25%	NO
96020060	Regular	7.73	57%	50%	50%	NO
96020030	Mala	6.31	88%	75%	75%	NO
96020059	Mala	6.24	81%	75%	75%	SI
96020052	Mala	8.25	84%	100%	100%	SI
96020009	Buena	6.13	46%	50%	50%	SI
96020072	Mala	6.34	79%	75%	75%	SI
96020104	Mala	6.45	75%	75%	75%	SI
96020001	Mala	6.62	72%	75%	75%	SI
96020054	Mala	6.57	60%	75%	75%	SI
96020162	Mala	6.04	88%	75%	75%	SI
96020032	Regular	6.51	70%	75%	75%	SI
96020138	Mala	6.43	67%	75%	75%	SI
Población		: 308 (Estudiantes en el verano de 1996)				
Muestra		: 36				
Dictamen favorable		: 32				
Dictamen no favorable		: 4				

Tabla 4.6 Resultados de una prueba con el prototipo SATDAB

Otro caso en el que el resultado del SATDAB fue aceptado por el Jefe del Departamento de Servicios Escolares es el estudiante 9602005. El SATDAB le asignó un porcentaje de beca del 75%, y el dominio un 100%. Aquí, el Jefe del Departamento de Servicios Escolares aceptó el porcentaje de beca asignado por el SATDAB tomando como base si el estudiante apelara a la beca, se le otorgaría un porcentaje de beca mayor si este aumentara sus calificaciones o trabajo extraclase (i.e., el estudiante estaría condicionado).

Son cuatro los casos en esta prueba piloto en los que el Jefe del Departamento de Servicios Escolares no estuvo de acuerdo. Para el estudiante 95020086, el SATDAB le asignó un porcentaje de beca del 25%, sin embargo, el dominio le asignó un 75%. Aquí, el dominio identificó que el estudiante tuvo casi un 60% de participación y al menos pasó el semestre, por lo que consideró que el porcentaje asignado por el SATDAB era muy bajo. De igual forma sucedió con el estudiante 96020060, pero en este caso el dominio mostró mayor inestabilidad al no ser equitativo en su asignación (considerando al estudiante anterior). Por otro lado, la beca asignada por el SATDAB al estudiante 96020060 fue de un 50%, sin embargo el dominio le asignó un 100% ya que consideró que el porcentaje de participación fue de casi un 60% y su calificación fue relativamente alta, por lo que merecía un porcentaje un poco mayor. Así, se puede identificar que el SATDAB generalmente fallará en *resultados* debido a los métodos analíticos que emplea al asignar una beca. Así, en base a la prueba piloto realizada, los resultados arrojados por el SATDAB son en su mayoría aceptables.

En las siguientes secciones se muestra los datos obtenidos al hacer más pruebas con el SATDAB, y cuya finalidad es inferir la obtención de resultados favorables (a criterio del Jefe del Departamento de Servicios Escolares) para una población infinita.

Cálculo del tamaño de la muestra para estimar una proporción cuando se conoce el tamaño de la población

Ahora se hará una investigación por muestreo, por lo que se tiene que conocer el tamaño de la muestra adecuada, para tener un ahorro de tiempo en el análisis estadístico.

Se sabe que el error muestral para poblaciones finitas está dado por:

$$E = Z \sqrt{\frac{PQ}{n}} \cdot \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad (a)$$

Donde:

$$P = 32/36 = 0.8888$$

$$Q = 1 - P = 0.1112$$

$$Z = 1.96$$

$$E = 0.0967$$

$$N = 220$$

$$n$$

Es la estimación puntual de resultados favorables.

Es la estimación puntual de que los resultados sean desfavorables.

Valor del área bajo la curva para un intervalo de confianza del 95%.

Error muestral máximo

Población estudiantil de la U.T.M..

Tamaño de la muestra.

Despejando n de (a) se tiene:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{(N - 1) E^2 + Z^2 P Q}$$

Tomando los datos obtenidos con la prueba piloto, se tiene:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.8888)(0.1112)(220)}{(220 - 1)(0.0967)^2 + (1.96)^2 (0.8888)(0.1112)}$$

$$n = 34.4095 \approx 35$$

El n calculado indica que con muestras de un mínimo de 35 estudiantes se puede hacer una inferencia para estimar la media poblacional.

Tomando 35 muestras⁵ de 35 estudiantes de los 220 que conforman la población⁶. Los resultados se muestran en la Tabla 4.7.

Muestra	Resultados favorables	Proporción (p)	Muestra	Resultados favorables	Proporción (p)
35	35	1	35	31	0.885714286
35	33	0.942857143	35	30	0.857142857
35	33	0.942857143	35	30	0.857142857
35	33	0.942857143	35	30	0.857142857
35	32	0.914285714	35	30	0.857142857
35	32	0.914285714	35	30	0.857142857
35	32	0.914285714	35	30	0.857142857
35	32	0.914285714	35	30	0.857142857
35	32	0.914285714	35	29	0.828571429
35	32	0.914285714	35	29	0.828571429
35	32	0.914285714	35	29	0.828571429
35	32	0.914285714	35	29	0.828571429
35	31	0.885714286	35	29	0.828571429
35	31	0.885714286	35	28	0.8
35	31	0.885714286	35	27	0.771428571
35	31	0.885714286	35	26	0.742857143
35	31	0.885714286	35	26	0.742857143
35	31	0.885714286			
Suma de las proporciones					30.54285714

Tabla 4.7 Muestras de 35 estudiantes con el cálculo de las respectivas proporciones de resultados favorables.

Ahora que se conoce la proporción de resultados favorables, se pasa al cálculo de la media de las proporciones y al error estándar de la distribución.

⁵ Algunos autores (e.g. [Bonilla, 91]) dicen que con 15 muestras es más que suficiente, otros con 18 (e.g. [Miller, 92]).

⁶ La población actual de la U.T.M. es de 550 estudiantes (invierno de 1996), sin embargo, en este documento se hace referencia a una población de 220 estudiantes, ya que se cuenta con datos reales de asignación de becas por parte del Jefe del Departamento de Servicios Escolares.

Distribución gráfica de la media de las proporciones

Después de hacer pruebas con 15 muestras, se notó que la distribución muestral de proporciones mostraba un ligero acercamiento a la normal, por lo que se optó por aumentar el número de muestras en 10. Así con 25 muestras, se pudo ver que la tendencia hacia la normal crecía. Se aumentó el número de muestras a 35, con la que se vio claramente la tendencia de resultados favorables del SATDAB a la distribución normal. El Gráfico 4.1, muestra la tendencia a la normal de resultados favorables del SATDAB.

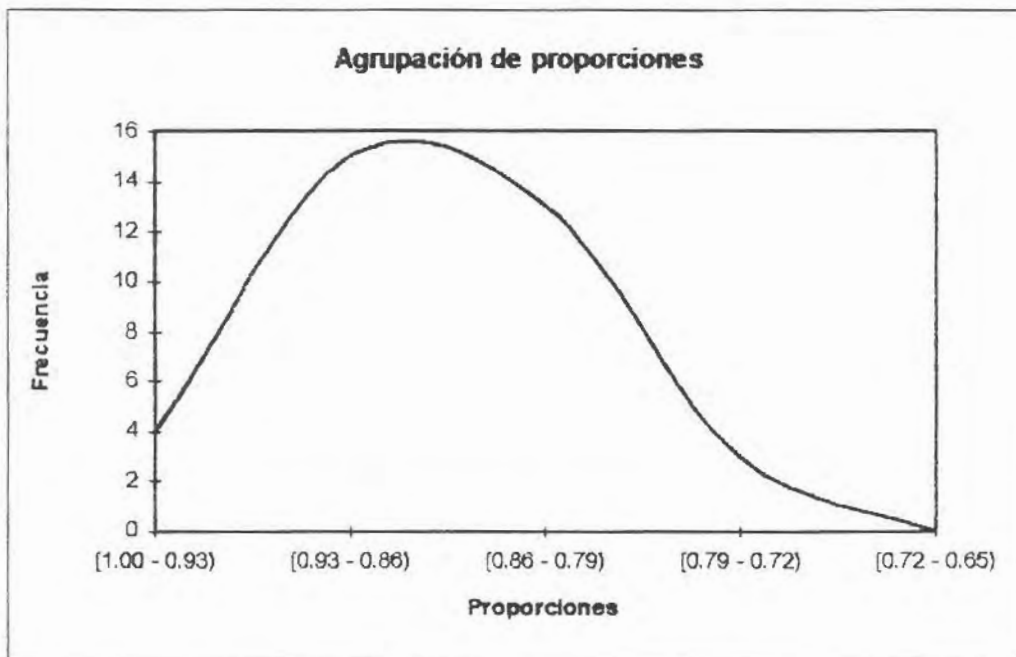


Gráfico 4.1 Agrupación de proporciones

Cálculo de la media de las proporciones y error estándar

Se sabe que el cálculo de la media de proporciones está dada por la siguiente relación:

$$\bar{p} = E(p) = P = \frac{\text{Suma de las proporciones}}{\text{Número de proporciones}}$$

sustituyendo valores se tiene:

$$\bar{p} = E(p) = P = \frac{30.54285714}{35}$$

$$\bar{p} = 0.872653061$$

La Tabla 4.8 muestra la distribución muestral de proporciones de resultados favorables con 35 muestras de 35 estudiantes.

p	f	p - P	(p - P) ^2	f * (p - P) ^2
1	1	0.12734694	0.016217243	0.016217243
0.94285714	3	0.07020408	0.004928613	0.014785839
0.91428571	8	0.04163265	0.001733278	0.013866222
0.88571429	7	0.01306122	0.000170596	0.001194169
0.85714286	7	-0.0155102	0.000240566	0.001683965
0.82857143	5	-0.04408163	0.00194319	0.009715952
0.8	1	-0.07265306	0.005278467	0.005278467
0.77142857	1	-0.10122449	0.010246397	0.010246397
0.74285714	2	-0.12979592	0.01684698	0.033693961
Total	35			0.106682216

Tabla 4.8 Distribución muestral de proporciones de resultados favorables, con muestras de 35 estudiantes.

La relación para el cálculo del error estándar de la distribución de proporciones es:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sum f(p - \bar{p})^2}{\sum f}}$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{0.106682216}{35}}$$

$$\sigma_p = 0.05520927$$

Al observar la Tabla 4.8, se puede notar que la distribución muestral de la proporción tiende a ser simétrica. Cuando la proporción poblacional se aleja de 0.872653061, ya sea acercándose a 1 ó a 0, la forma de la distribución tiende a ser cada vez más asimétrica. Si P es mayor que 0.872653061 la distribución es asimétrica hacia la derecha. Si P es menor que 0.872653061 la distribución es asimétrica hacia la izquierda. Sin embargo, cuando aumenta el tamaño de la muestra de la distribución se vuelve menos asimétrica y tiende al comportamiento normal. De esta forma, la curva normal estandarizada puede ser ajustada a la distribución muestral de proporciones de resultados favorables y decir que tiende a ser normal. El teorema del límite central nos asegura que la distribución de muestreo de las medias se aproxima a la normal al incrementarse el tamaño de la muestra.

Cálculo del intervalo de confianza de resultados del SATDAB para una población infinita

En base a los resultados en los apartados anteriores se procederá a hacer una estimación de la proporción de resultados del SATDAB para una población infinita.

Para calcular el intervalo de confianza se tiene:

$$P \pm Z\sigma_p$$

Sustituyendo valores:

$$0.872653061 \pm (1.96)(0.05520927)$$

$$[0.76444289, 0.98086323] \quad (b)$$

El intervalo (b) que se obtuvo indica que existe una probabilidad de 95% de que el porcentaje de resultados que arroje el prototipo SATDAB, aplicados a la población estudiantil, esté entre el 76% y el 98% en el que el Jefe del Departamento de Servicios Escolares de la U.T.M. esté de acuerdo con los resultados que arroje el prototipo SATDAB.

Así, considerando el problema del dominio del experto, se puede concluir que existe una considerable probabilidad de que las becas asignadas por el SATDAB, se acercarán a las becas que el Jefe del Departamento de Servicios Escolares asigna manualmente.

4.4.2 Análisis de ejecución del SATDAB

Ahora que se conocen la tendencia de los resultados del SATDAB, se verifica los tiempos de ejecución y de inferencia del SATDAB.

La Tabla 4.9 muestra los resultados obtenidos al poner en funcionamiento el prototipo SATDAB basado en RT-Expert⁷.

Población	Tiempo de ejecución (Horas)	Tiempo de inferencia (Segundos)	Número de inferencias	Número de inferencias promedio
100	0.002655556	4.45	546	5.46
500	0.031988889	26.75	2720	5.44
1000	0.106652778	53.24	5414	5.414
5000	2.324144444	211.1	27295	5.459
10000	11.43948333	406.978	54936	5.4936
50000	58.67591944	2142.73917	271547	5.43094
100000	149.1015056	5732.68438	547352	5.47352

Tabla 4.9 Ejecución del SATDAB

⁷ Las pruebas fueron hechas en una computadora PC RighPoint 80286, a 12 Mhz, con 1 Mb de RAM.

La Gráfico 4.2 ilustra la tendencia del tiempo de ejecución del prototipo SATDAB.

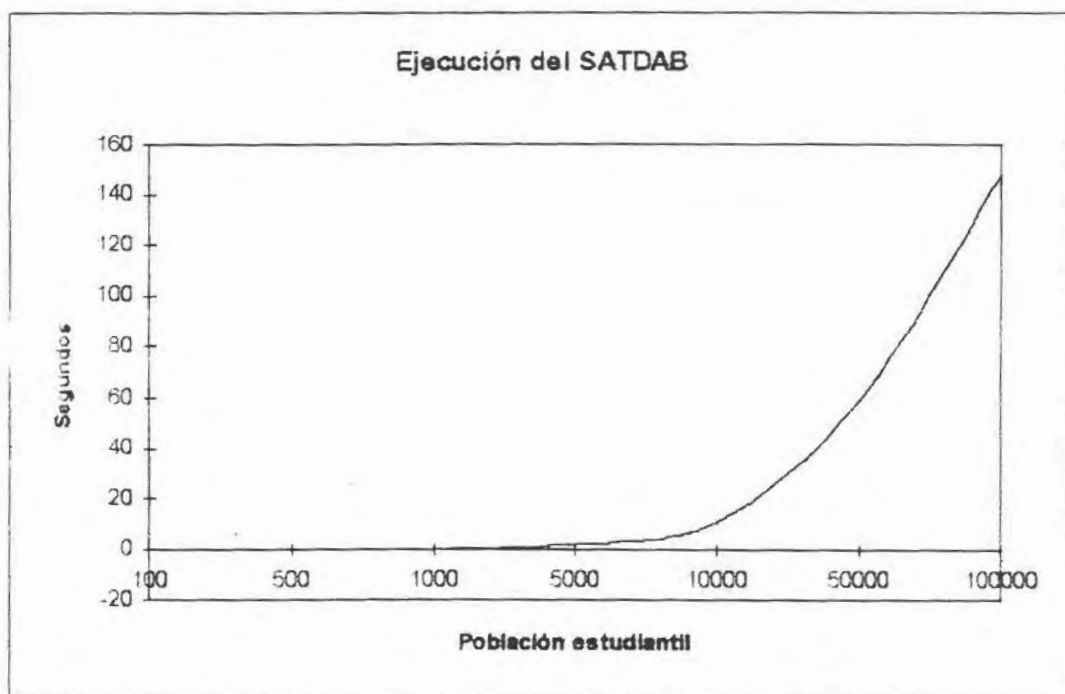


Gráfico 4.2 Tiempo de ejecución del SATDAB

El Gráfico 4.3 ilustra la tendencia del tiempo de inferencia del prototipo SATDAB.

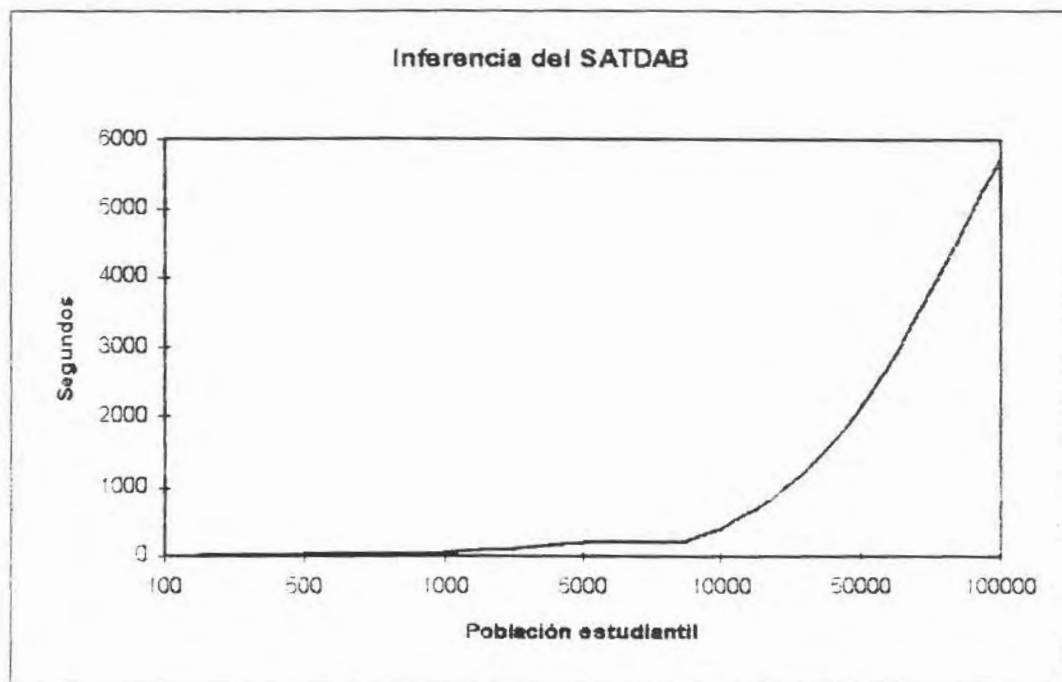


Gráfico 4.3 Tiempo de inferencia del SATDAB

Análisis del tiempo de ejecución del SATDAB

- ♦ Debido a la no transparencia de EXSYS v.3.0, se hace muy difícil hacer un manejo de archivos de bases de datos. EXSYS versión Profesional tiene la capacidad de acceder directamente a archivos de bases de datos, pero no se cuenta con el software. Así, quedó descartado las pruebas de ejecución del prototipo en EXSYS para poblaciones de estudiantes muy grandes.
- ♦ El tiempo de ejecución del prototipo implementado en RT-Expert, muestra que para poblaciones pequeñas es muy rápido, pero conforme ésta aumenta, su tiempo de ejecución es muy lento. La causa identificada por la que el prototipo en RT-Expert es muy lento con poblaciones muy grandes es debido a la interfaz en C++ para el manejo de archivos de bases de datos (.dbf), ya que la búsqueda de registros lo realiza secuencialmente, y como consecuencia hace que la lectura y guardado de los datos sea también muy lenta. Para mejorar el tiempo de ejecución del prototipo en RT-Expert, se tiene que implementar en la interfaz de dBASE III, algoritmos de árboles balanceados para que se pueda acceder más rápido a los registros.

Análisis del tiempo de inferencia del SATDAB

- ♦ La ventaja de EXSYS es el manejo de dos estrategias de inferencia. Al estar haciendo pruebas que serviría de base para RT-Expert, se hizo pruebas con los dos tipos de estrategias de inferencia que maneja EXSYS, obteniéndose resultados totalmente parecidos en ambos casos. La no transparencia de EXSYS v.3.0, hizo que no se pudiera medir el tiempo de inferencia.
- ♦ Se puede notar que una de las ventajas del prototipo en RT-Expert es su tiempo de inferencia. Esto se debe a que en realidad, RT-Expert maneja archivos en C/C++, siendo una aplicación *compilada*. Como es bien sabido, una aplicación compilada (e.g. prototipo basado en RT-Expert) es mucho más rápido que una aplicación procedimental (e.g. prototipo basado en EXSYS). Así, se puede decir el tiempo de inferencia del prototipo basado en RT-Expert es bueno.

Análisis del número de inferencias e inferencias promedio

- ♦ Se nota que el número de inferencias crece linealmente con el aumento de la población. Con respecto al número de inferencias promedio, la Tabla 4.9 muestra que no varía en mucho con distintas poblaciones. Así, considerando que el SATDAB tiene 62 reglas de inferencias, aproximadamente un 8% serán “disparadas” por beca asignada.

Conclusiones

En base a la implementación del prototipo SATDAB y al hacer una pruebas con un grupo de estudiantes de la U.T.M. se concluye que:

- La estructura formal del SATDAB es la de un sistema de apoyo a las decisiones híbrido.
- Al hacer pruebas con la población de estudiantil de la U.T.M., se verificó que los resultados arrojados por el SATDAB son aceptables a criterio del Jefe del Departamento de Servicios Escolares.
- Al hacer un análisis de la distribución muestral de proporciones, la proporción de resultados favorables del SATDAB tiende a la normal.
- El prototipo basado en RT-Expert, mejora en ejecución y transparencia al prototipo basado en EXSYS.
- El tiempo de ejecución del prototipo SATDAB basado en RT-Expert es buena para una población de estudiantes pequeña, y muy mala para poblaciones grandes.
- El tiempo de inferencia del prototipo SATDAB basado en RT-Expert es buena debido a que es una aplicación compilada.
- El número de inferencias promedio por beca asignada es baja con respecto al espacio de estados de la base de conocimientos del SATDAB.

Conclusiones

Sumario

- Se hizo un análisis del proceso de asignación de becas como un proceso de toma de decisiones.
- Se hizo un análisis de tecnologías de información como apoyo a la toma de decisiones para resolver el problema de asignación de becas en la U.T.M.
- Se hizo un análisis de modelos de representación del conocimiento para hacer un análisis y diseño de la base de conocimientos del SATDAB.
- Se explico a detalle el proceso de adquisición del conocimiento proveniente del Jefe del Departamento de Servicios Escolares de la U.T.M.
- Se dio una propuesta de la base de conocimientos del SATDAB.
- Se identificaron los objetos, atributos y valores.
- Se eligió la estrategia de inferencia de encadenamiento hacia adelante y búsqueda en profundidad.
- Se verificó, por medio de ejemplos, que la base de reglas propuesta tenga consistencia y acabado.
- Se explicó la arquitectura del SATDAB como un modelo de sistema de apoyo a las decisiones híbrido.
- Se hizo un análisis de selección del software disponible para la implementación del SATDAB.
- Se explicaron las características de la codificación de la base de conocimientos diseñada.
- Se hizo un análisis estadístico de estimación de la proporción de los resultados obtenidos por el SATDAB.
- Se hizo un análisis de tiempo de ejecución e inferencia del SATDAB desarrollado.

Conclusiones finales

- Del análisis del problema de asignación de becas, se identifica que es un proceso de toma de decisiones.
- Debido a que en el proceso de asignación de becas se manejan datos (i.e., provenientes de archivos de bases de datos), conocimiento (i.e., la experiencia del Jefe del Departamento de Servicios Escolares), combina modelos cuantitativos (i.e., algoritmos), modelos cualitativos (i.e., heurística del Jefe del Departamento de Servicios Escolares), hay información desordenada, y existe una necesidad de explicar resultados, se escogió a la tecnología *sistema de apoyo a las decisiones híbrido* para resolver el problema de asignación de becas en la U.T.M., ya que su arquitectura se adapta *formalmente* a las características del problema.

- De las características analizadas de los distintos modelos de representación del conocimiento, se eligió al modelo del *sistema basado en reglas*, debido a que cumple en mucho las características de selección de un modelo de representación del conocimiento.
- Al hacer un análisis del dominio del experto y pruebas con el SATDAB, se identificó que es inestable.
- Se verificó a partir de ejemplos que la base de conocimientos propuesta tiene consistencia y acabado.
- El mecanismo de inferencia de encadenamiento hacia adelante es el que se adapta de forma natural a la inferencia del dominio del experto.
- Al hacer un análisis estadístico de estimación de la proporción poblacional, se infiere que se tendrá una probabilidad de 95% de que se tenga del 76% al 98% de que el Jefe del Departamento de Servicios Escolares de la U.T.M. esté de acuerdo con los resultados que arroje el SATDAB.
- El SATDAB es un medio informático que automatiza el proceso manual de asignación de becas.

Posibles extensiones

- Implementar los métodos de búsqueda de árboles balanceados para mejorar la interfaz en C++ de dBASE III.
- Mejorar la interfaz de usuario mediante la creación de mecanismos de comunicación a otras aplicaciones en Windows OS.

Referencias

Libros

- [Bonilla, 91] Gildaberto Bonilla
"Métodos prácticos de inferencia estadística"
Trillas.
1991
- [Chatain, 88] Jean Noel Chatain
"Sistemas expertos: métodos y herramientas"
España: Paraninfo.
1988
- [Harmol, 88] Paul Harmol, David King
"Sistemas expertos: aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial"
Madrid, España
1988
- [Hu, 89] David Hu
"C/C++ for expert systems"
MIS: PRESS
U.S.A.
1989
- [Ignizio, 91] James P. Ignizio
"Introduction to Expert Systems. The development and Implementation of rule-based expert systems"
Singapour: McGraw-Hill International Editions.
1991
- [Fuller, 94] Floyd Fuller, William Manning
"Computers and information procesing"
USA: Bloyd & Fraser Publishing Co.
1994
- [Laudon, 95] Kenneth C. Laudon, Carol Guercio Traver, Jane Price Laudon
"Information technology: concepts and issues"
USA: Bloyd & Fraser Publishing Co.
1995

- [Miller, 92] Irwin Miller, John E. Freund Richard A. Jonhson
"Probabilidad y estadística para ingenieros"
Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
1992
- [Olson, 92] David L. Olson, James F. Courtney, Jr.
"Decision support models and expert systems"
Singapur: Maxwell Macmillan International
1992
- [Press, 93] Roger S. Pressman.
"Ingeniería del software. Un enfoque práctico"
McGraw-Hill, España.
1993
- [RT-Pm, 94] The Real-Time Intelligent Systems Corporation (RTIS)
"Programmers's manual"
1994

Publicaciones periódicas

- [SA, 94] "Soluciones Avanzadas"
Año 2, No 13, México.
septiembre de 1994

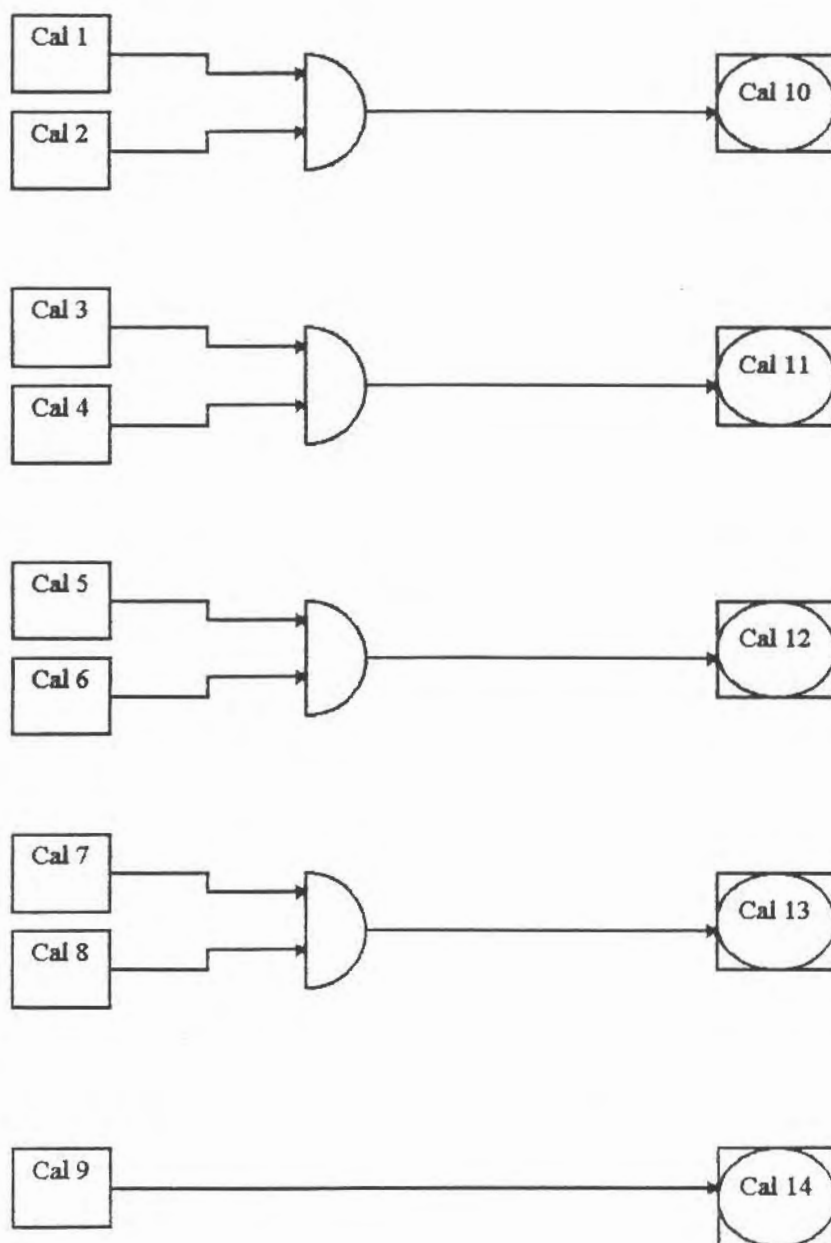
Fuentes electrónicas

- [RT-Mail, 94] 1994 The Real-Time Intelligent Systems Corporation (RTIS)
E-Mail: rtis@world.std.com

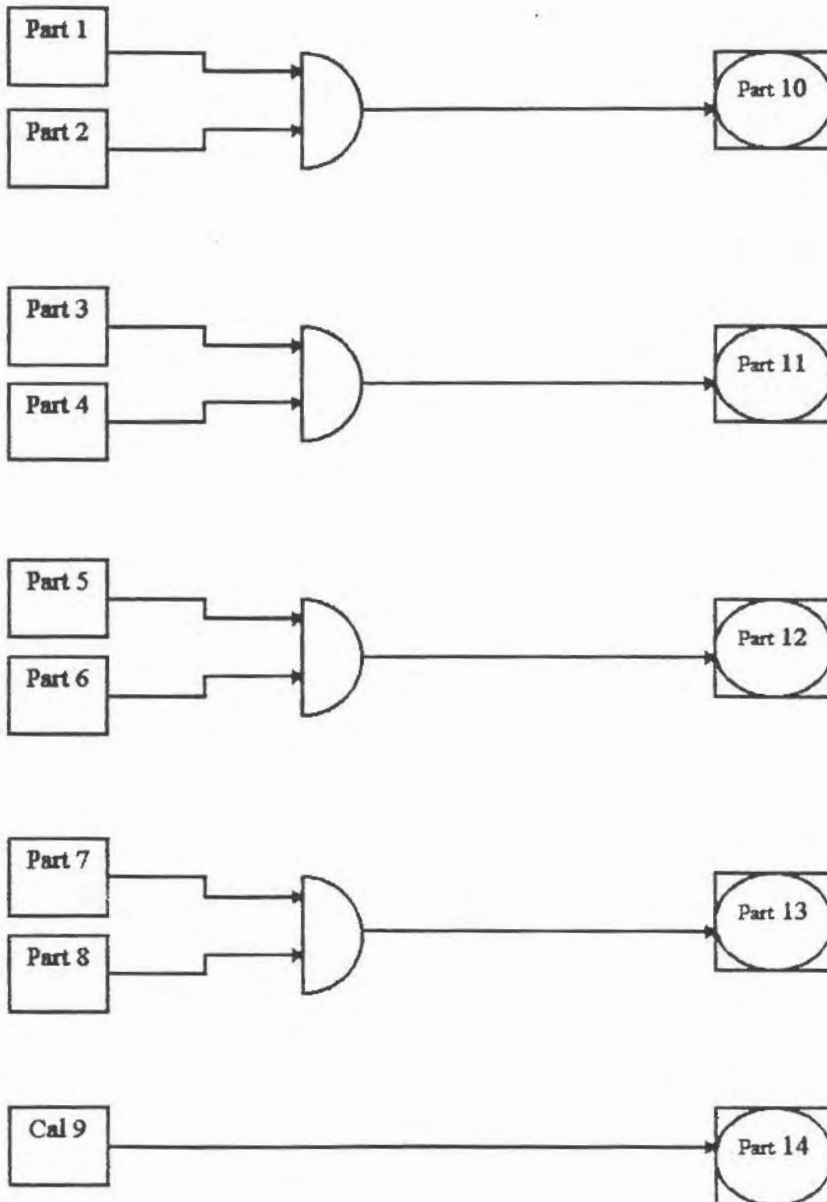
Apéndice A

Red de inferencia de la base de conocimientos del SATDAB

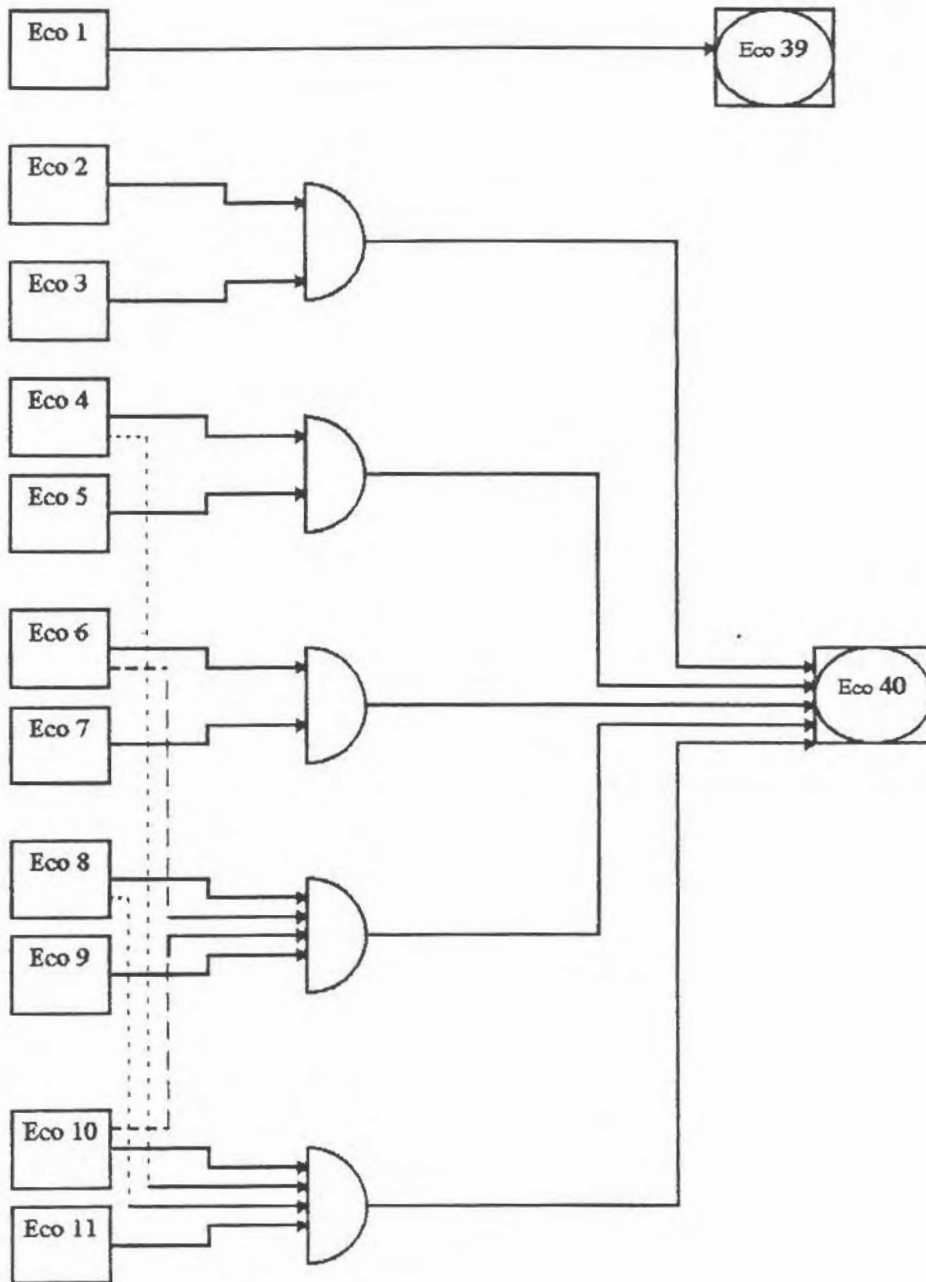
Atributo: Calificaciones



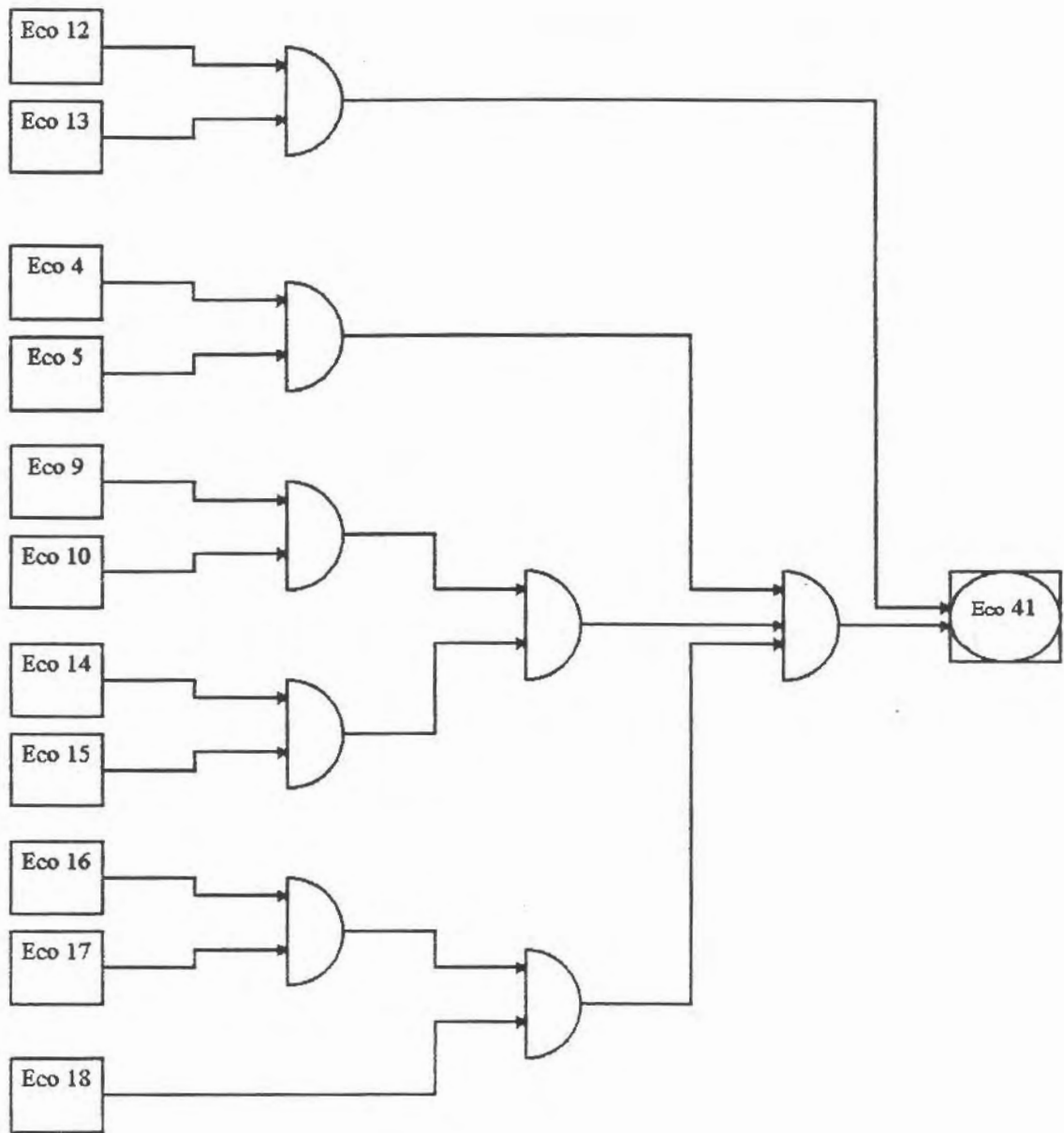
Atributo: Participación



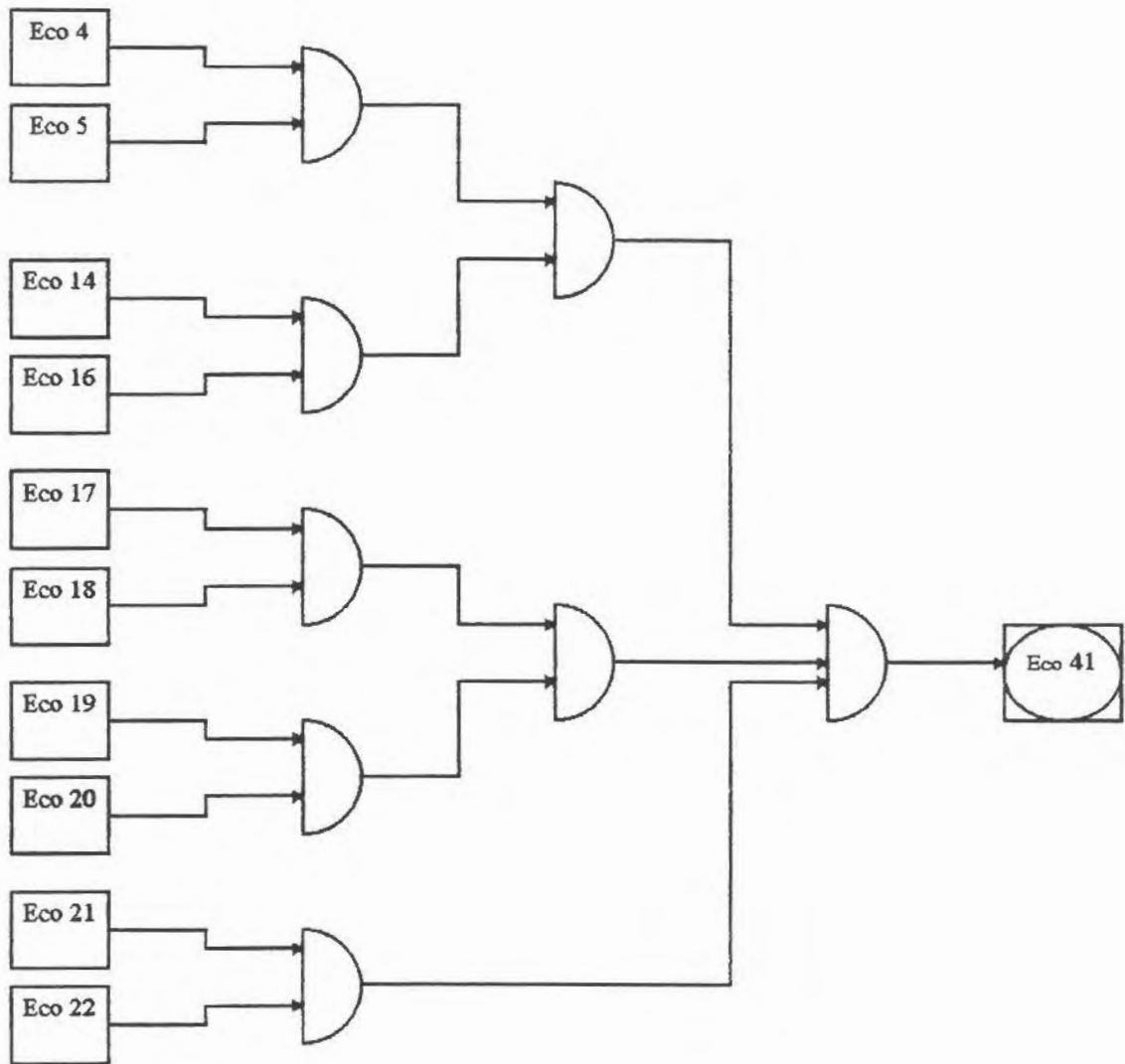
Atributo: Situación económica



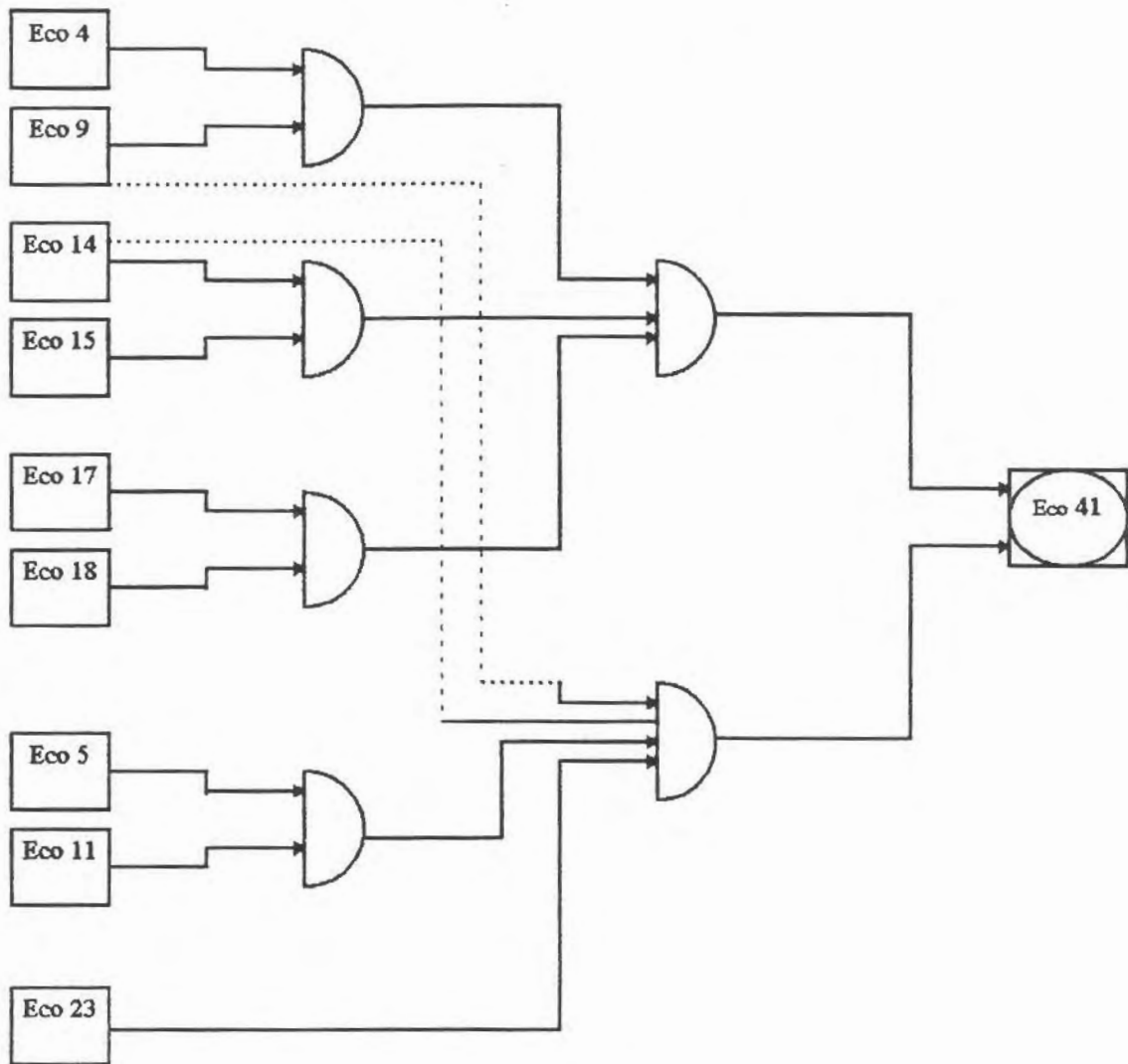
Atributo: Situación económica



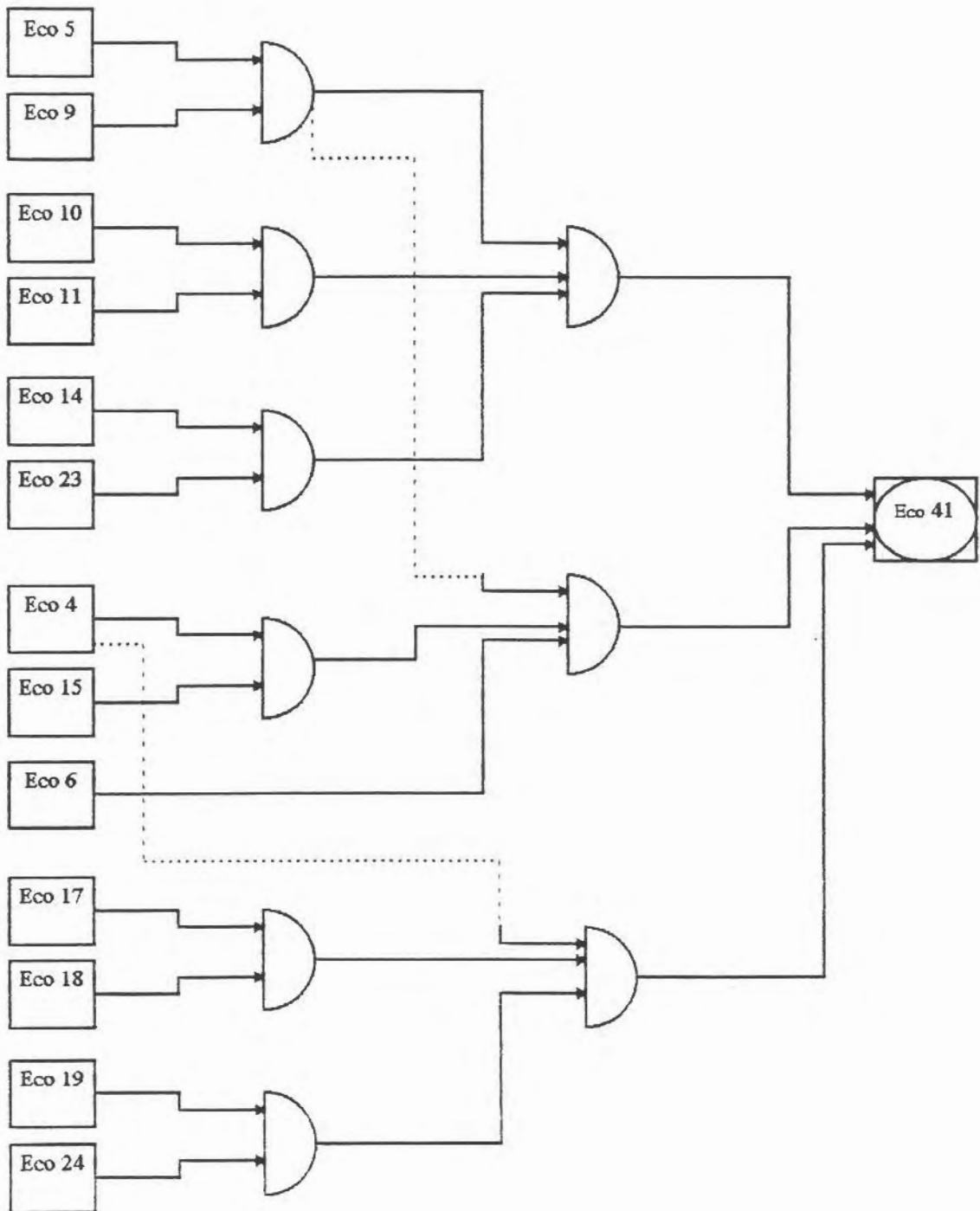
Atributo: Situación económica



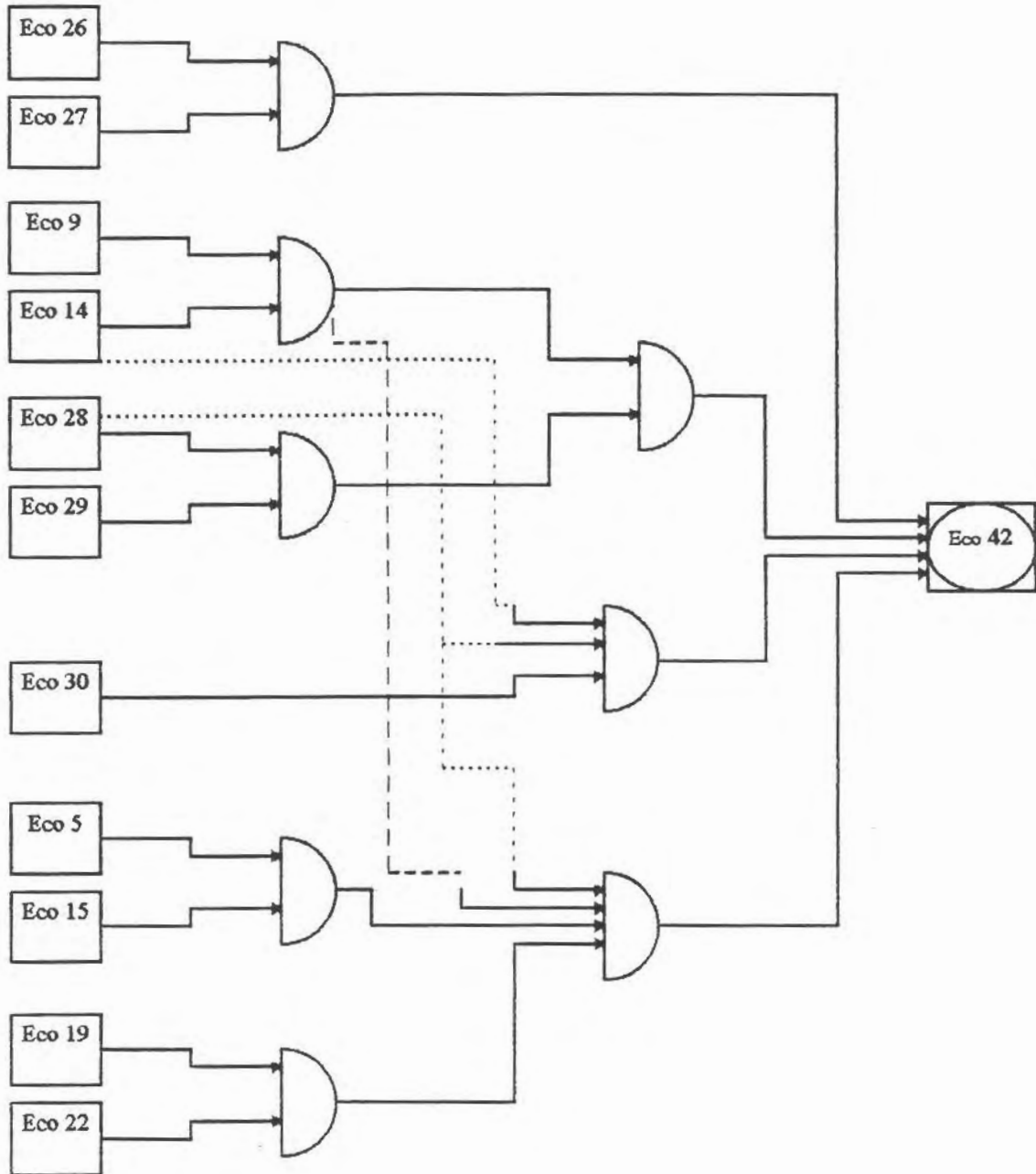
Atributo: Situación económica



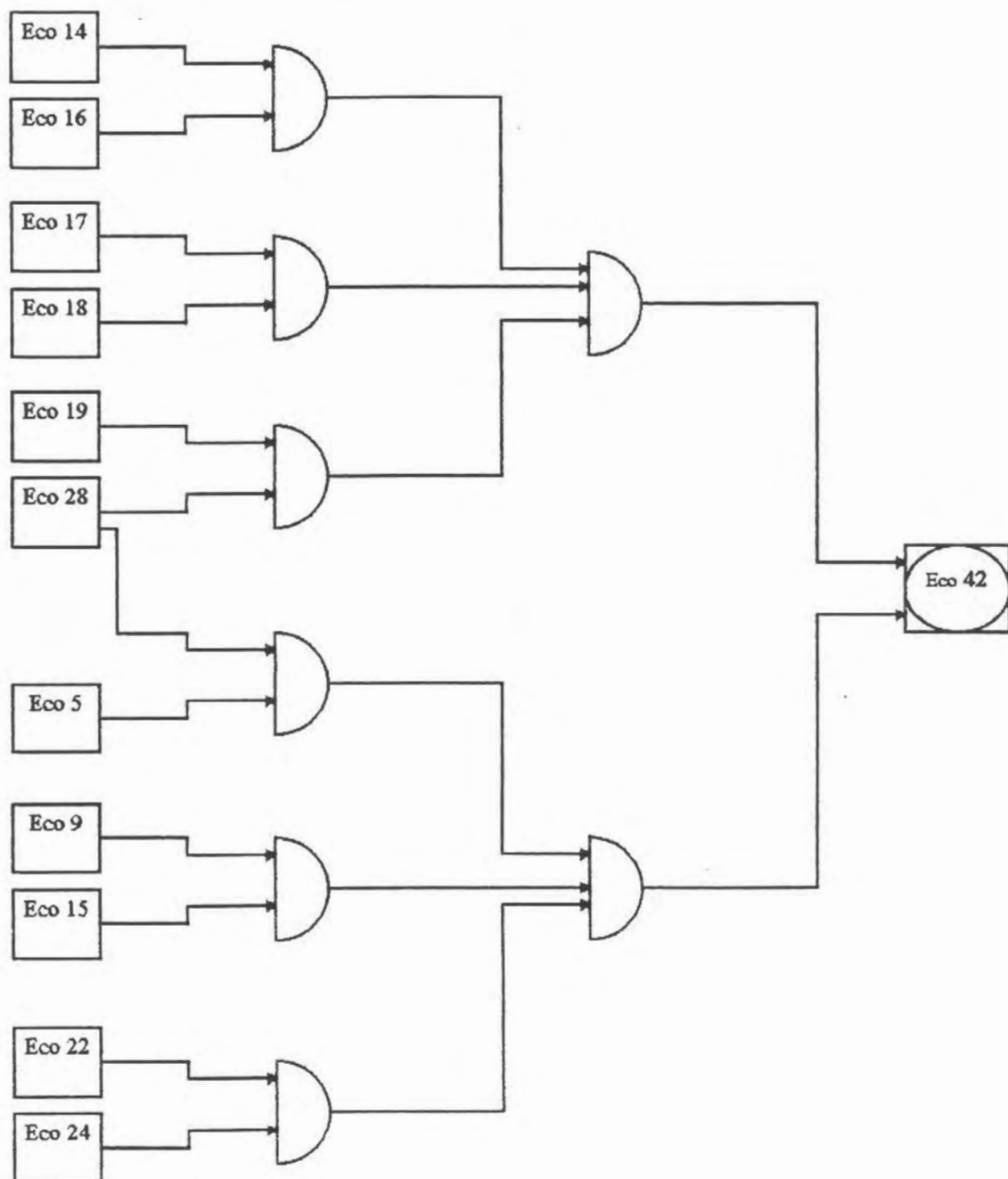
Atributo: Situación económica



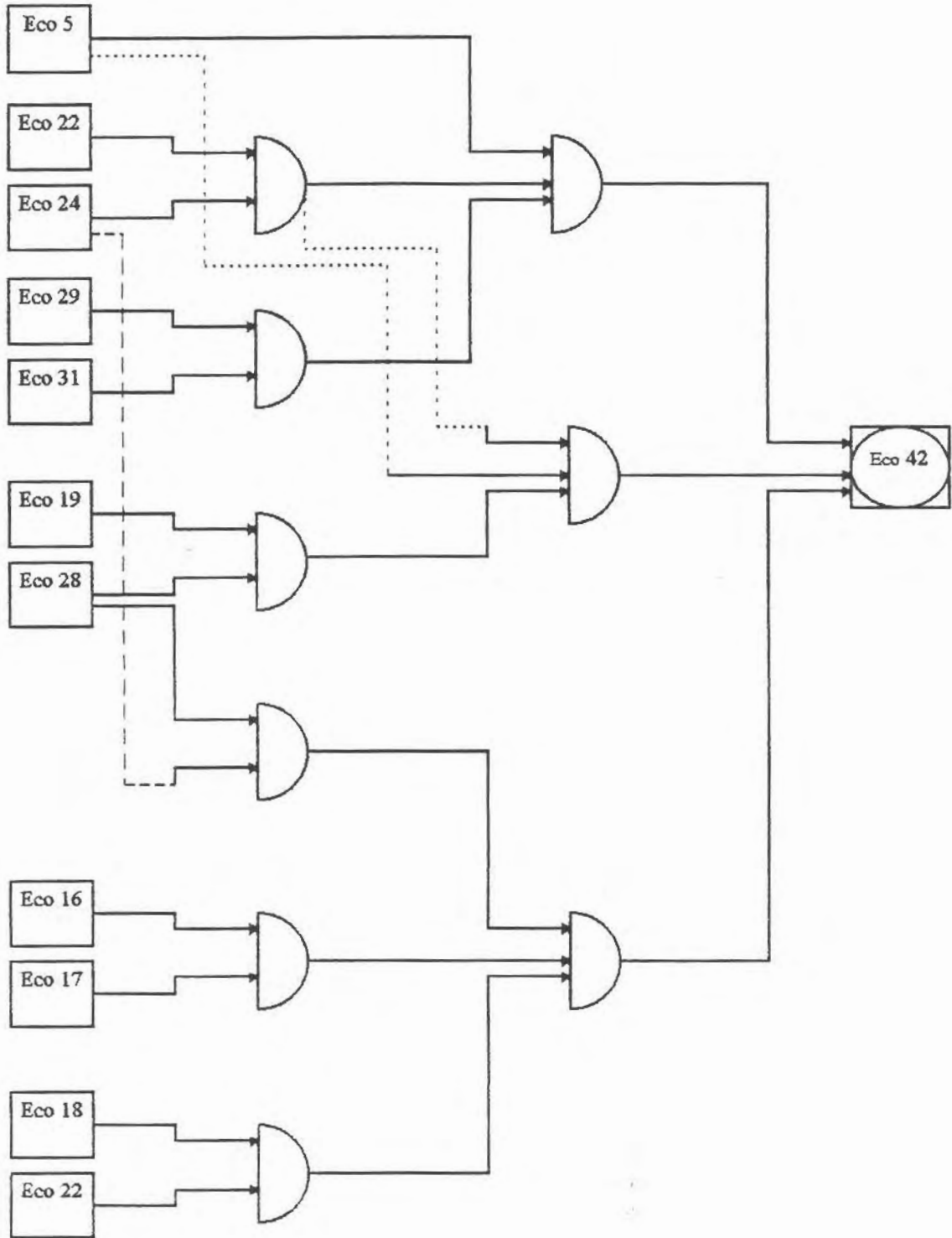
Atributo: Situación económica



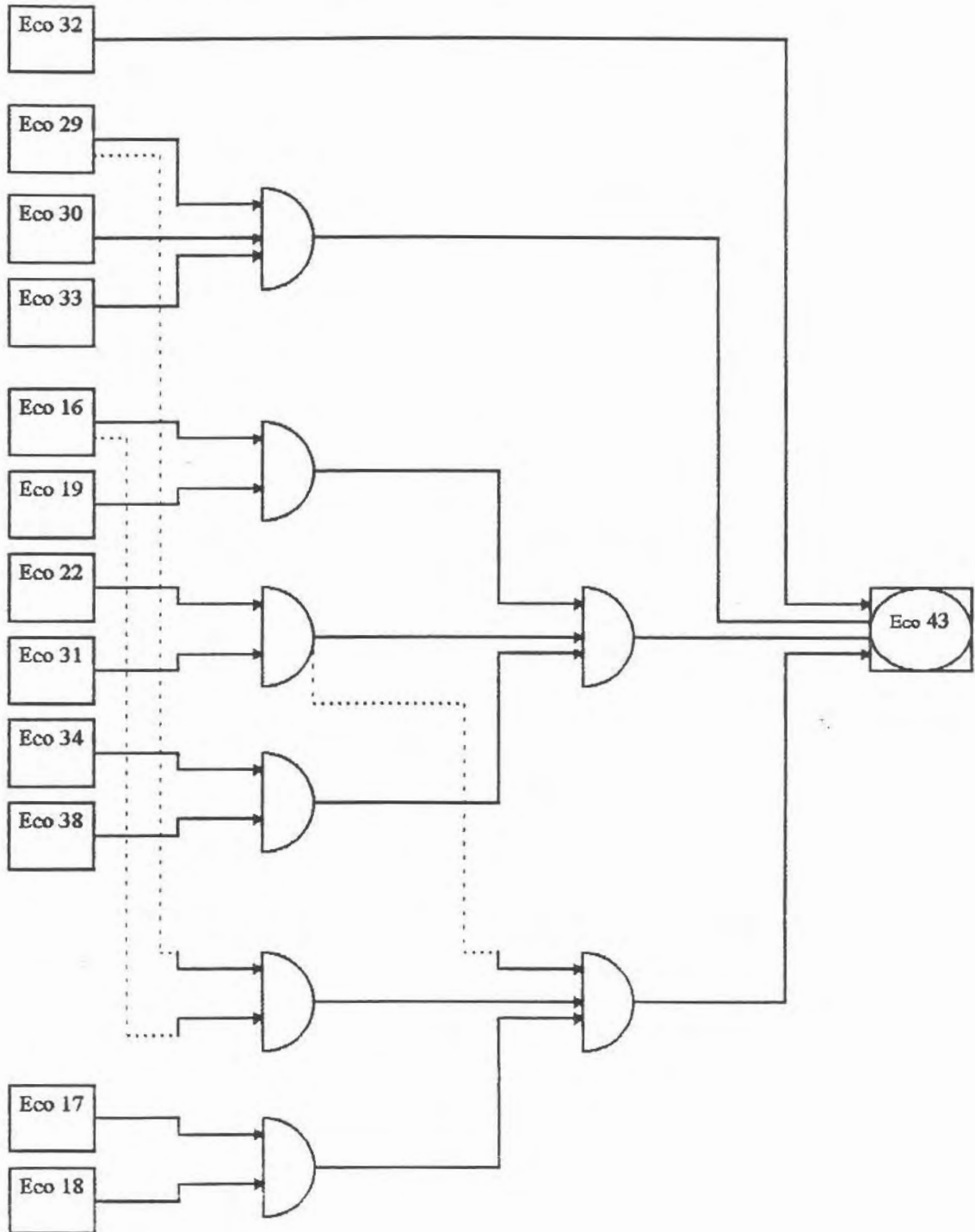
Atributo: Situación económica



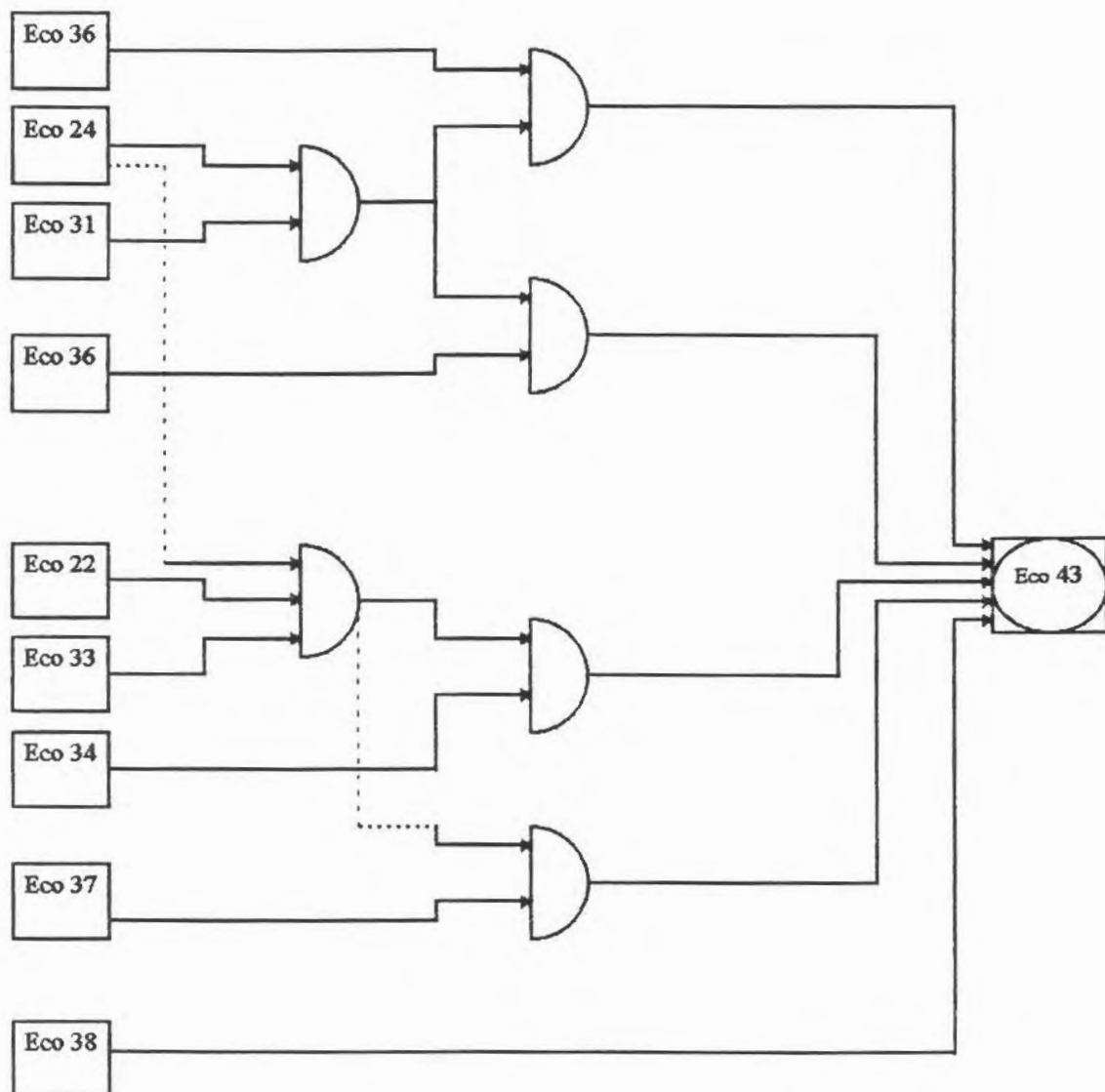
Atributo: Situación económica



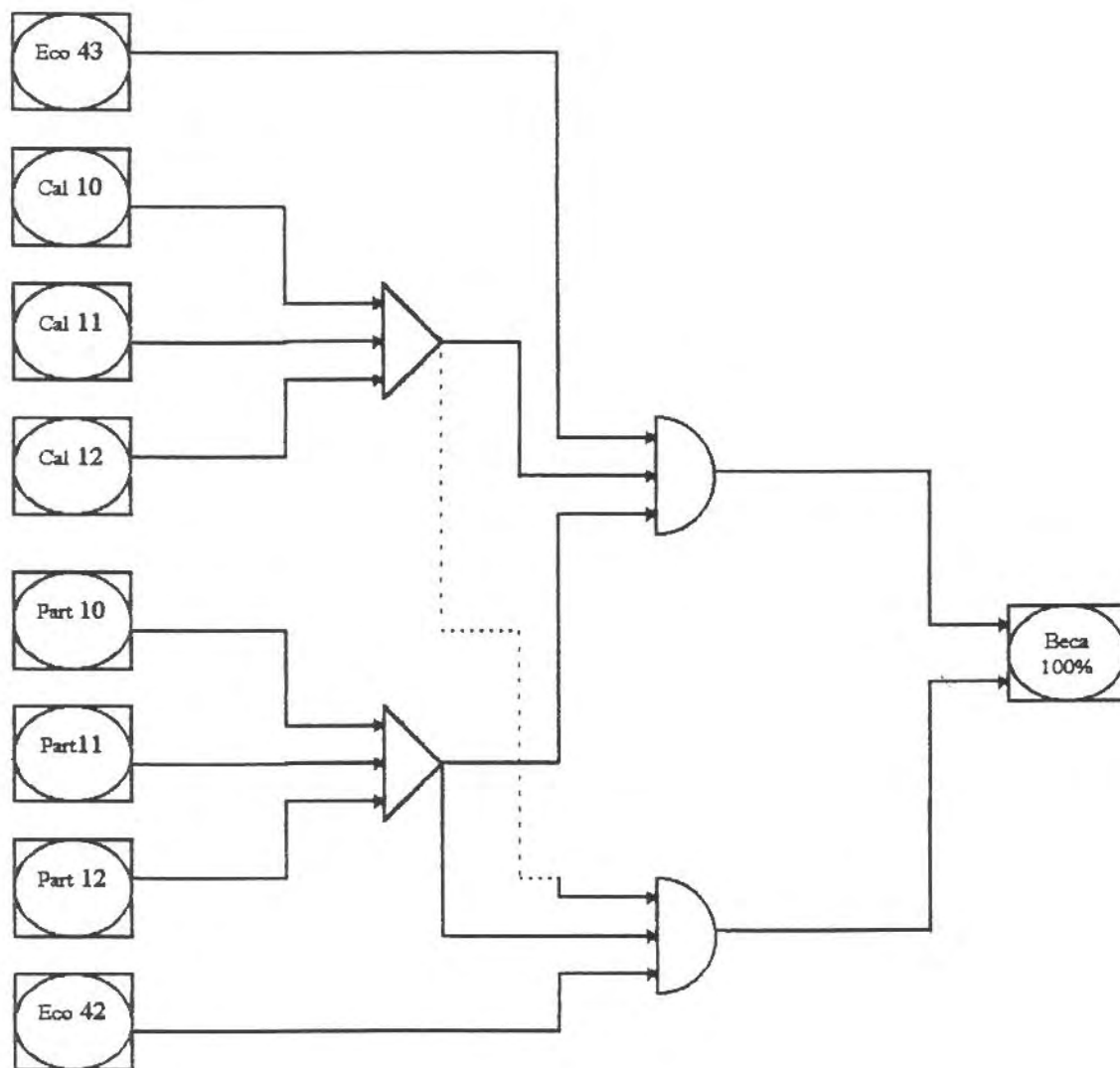
Atributo: Situación económica



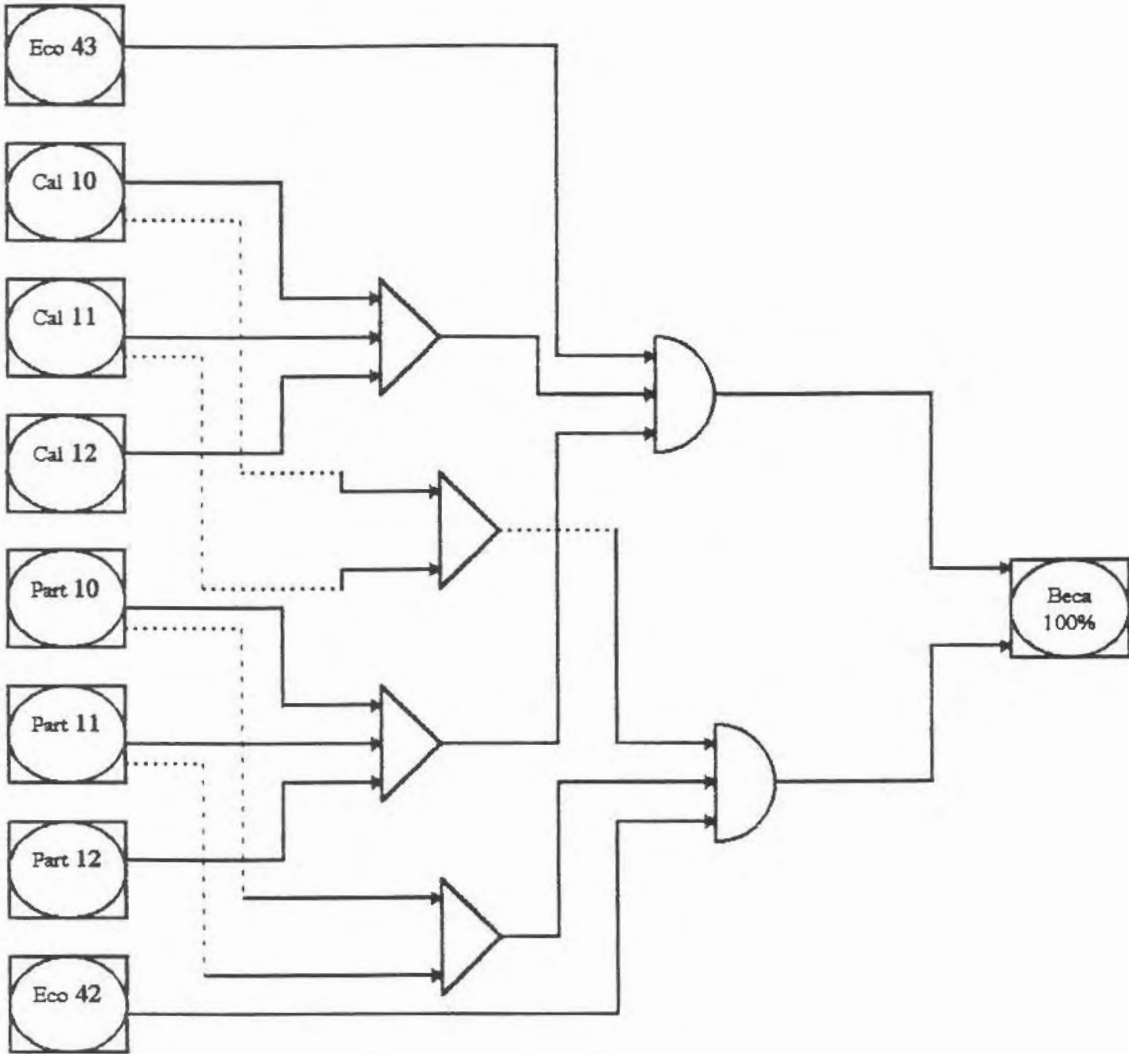
Atributo: Situación económica



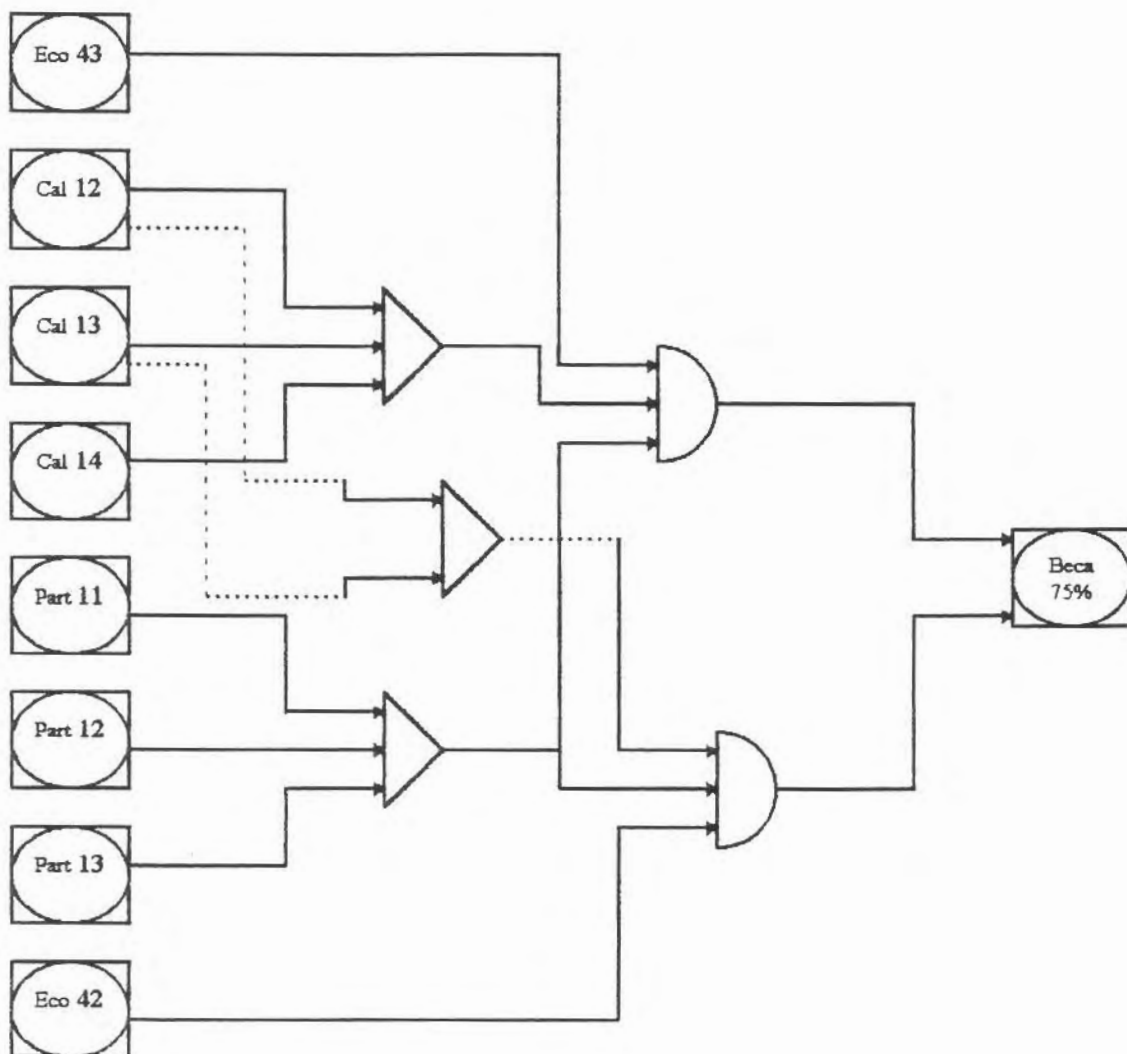
Atributo: Beca



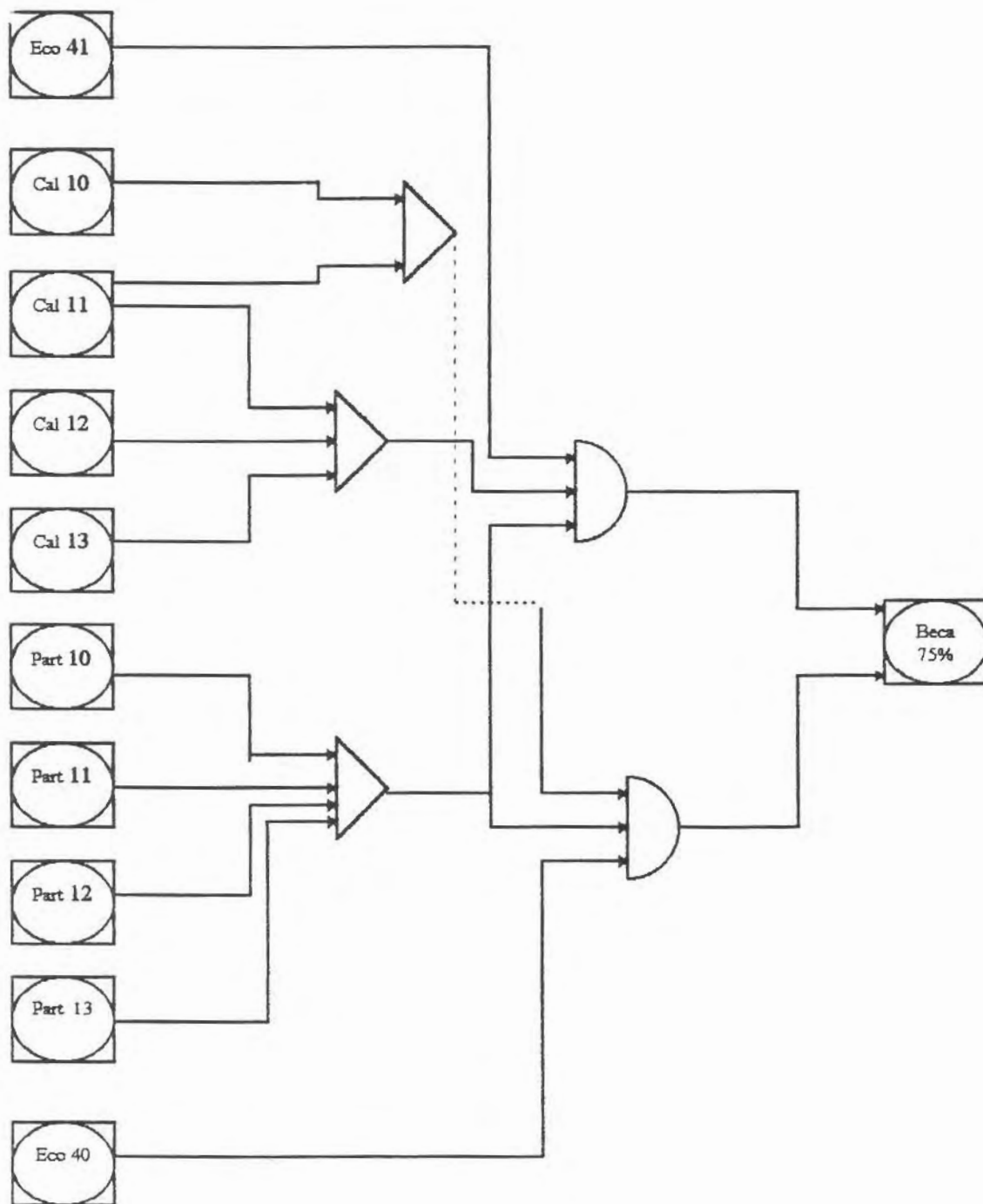
Atributo: Beca



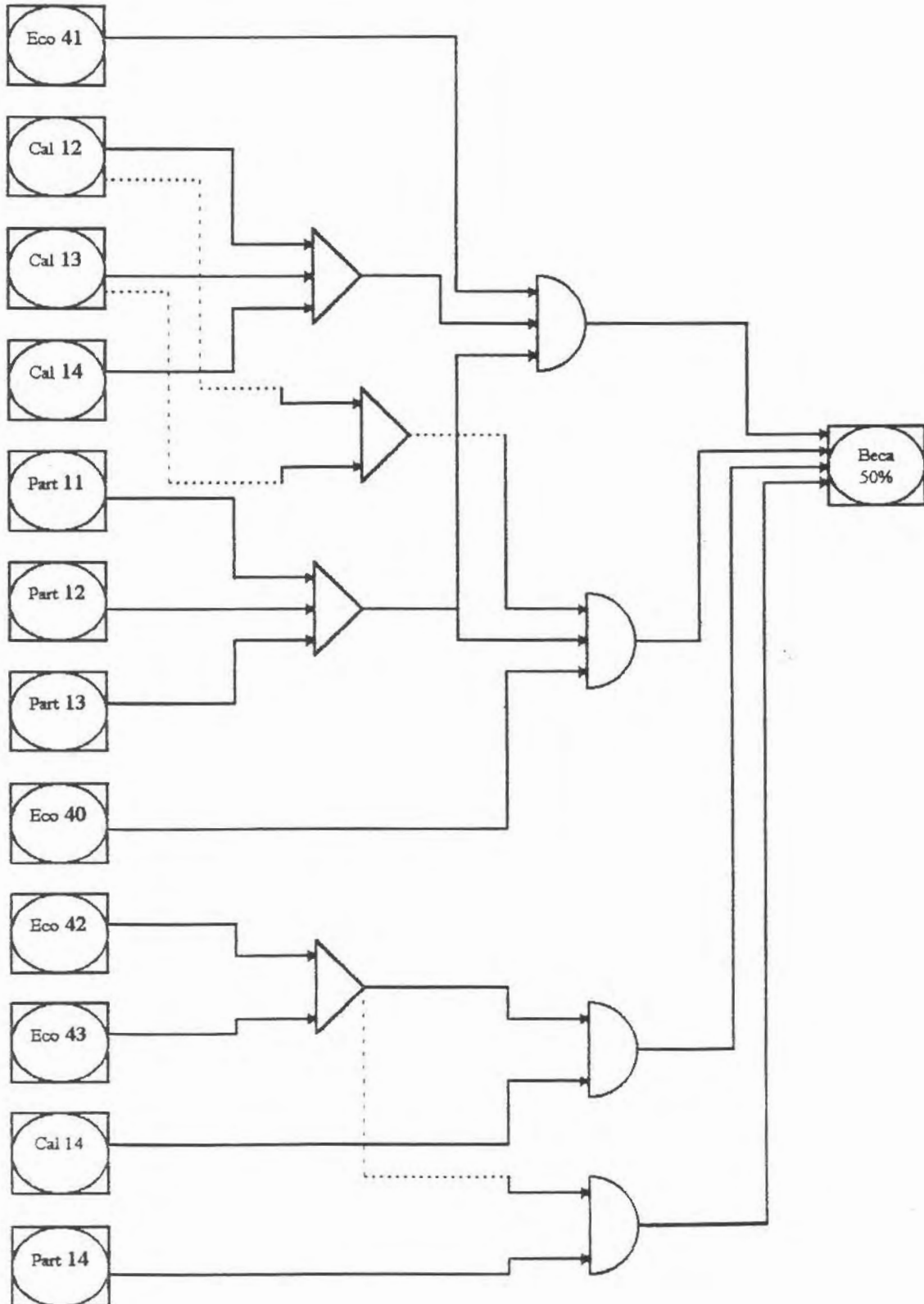
Atributo: Beca



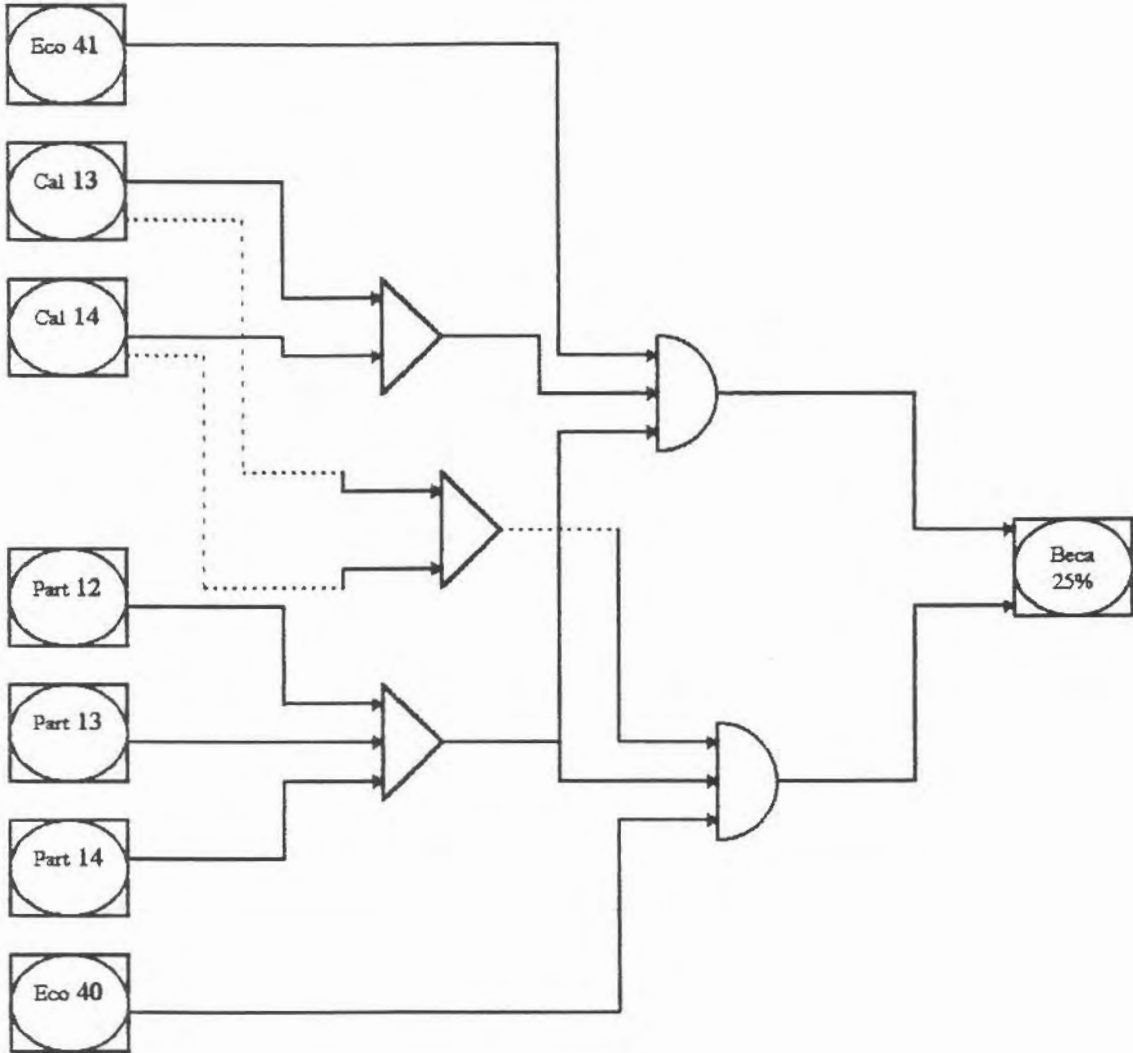
Atributo: Beca



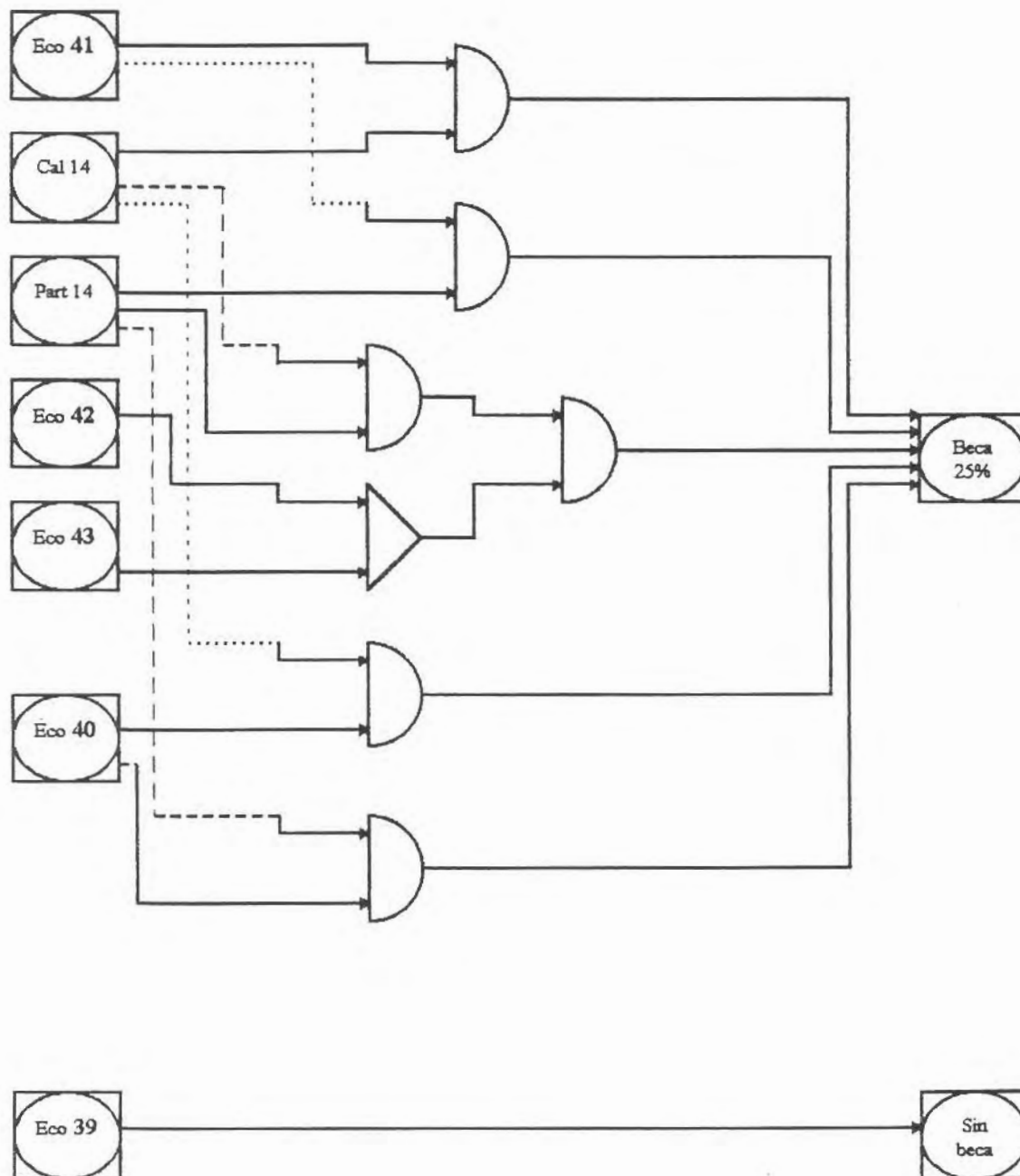
Atributo: Beca



Atributo: Beca



Atributo: Beca



Apéndice B

Manual de usuario

Introducción

El SATDAB es una herramienta informática para cuya finalidad es agilizar el proceso de asignación de becas en la U.T.M., independizándolo de una persona. Se apoya en técnicas y elementos de las tecnologías de sistema de apoyo a las decisiones y sistemas expertos (i.e., es un sistema de apoyo a las decisiones híbrido).

El SATDAB fue desarrollado con la ayuda de tres lenguajes de programación: Decision Support Language (el lenguaje de programación del ambiente de programación de sistemas expertos RT-Expert v.1.4), Borland C/C++ v.3.1 y Visual BASIC v.3.0, Versión profesional (para la interfaz de usuario).

Debido a su interfaz en Windows OS, el SATDAB ofrece un ambiente amigable para su operación.

Requerimientos de equipo

Para una correcta operación del SATDAB se necesita:

- Hardware
 1. Una computadora PC, 80386x o posterior.
 2. Un mínimo de 2 MB de espacio de disco duro (por la cantidad de información en los archivos de bases de datos).
 3. Un mínimo de 4 MB en RAM.

- Software
 1. Microsoft Windows OS 3.1 o posterior.
 2. RT-Expert 1.42 o posterior (para cambios o actualización de la base de conocimientos)
 3. Borland C/C++ 3.1 o posterior (para cambios o actualización de la base de conocimientos)

Contenido de los disquetes

Dos son los disquetes de instalación del SATDAB :

- Disquete 1, contiene los archivos ejecutables, archivos (.dll) y archivos propios de visual BASIC (.vbx).
- Disquete 2, contiene los archivos comprimidos de bases de datos referentes a datos de los estudiantes de la U.T.M.

Instalación del sistema

Para la instalación del SATDAB se siguen los siguientes pasos

- Insertar el disquete 1 en el drive A de su computadora y ejecutar setup. Este proceso se muestra en la Figura B.1.

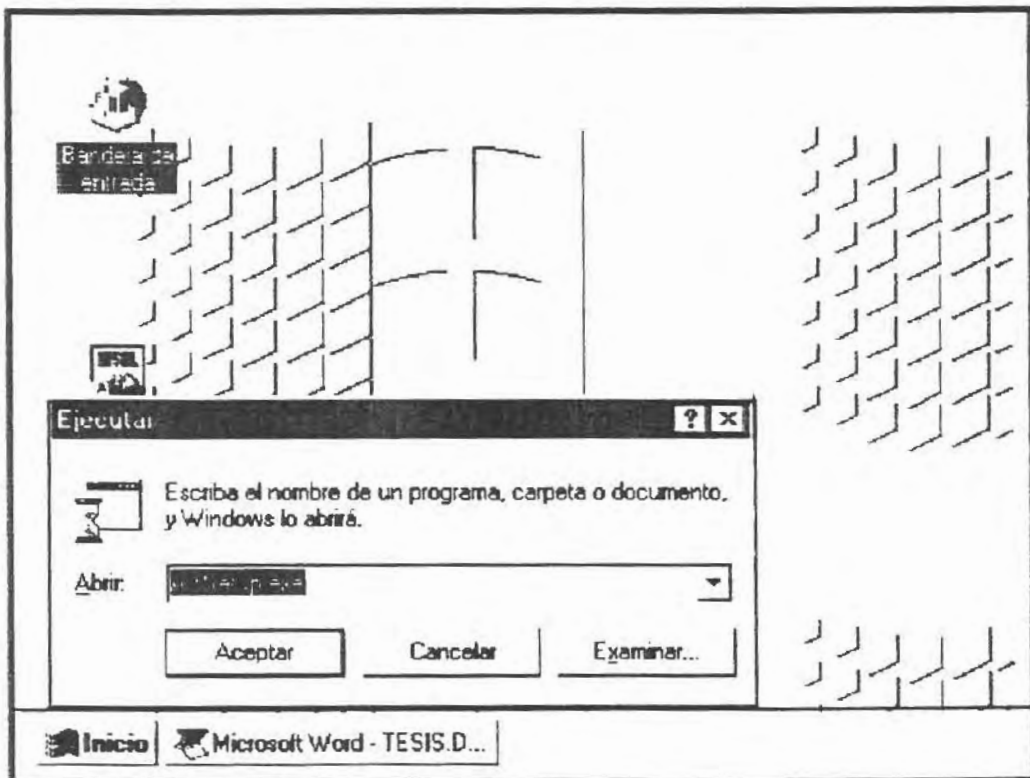


Figura B.1 Ejemplo del proceso de instalación del SATDAB

- Después de inicializarse el setup, le pedirá el directorio en donde se encontrará el SATDAB. La Figura B.2 da un ejemplo de la instalación del SATDAB.
- Una vez elegido el directorio, se inicia el proceso de instalación.

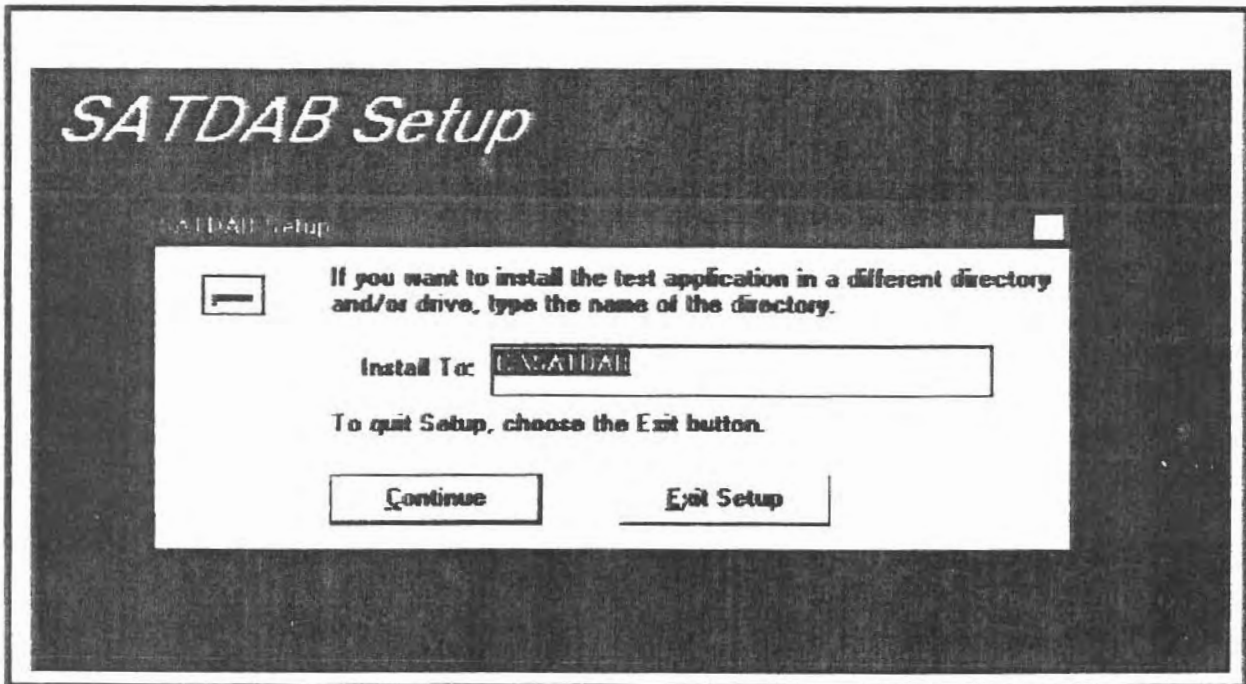


Figura B.2 Elección del directorio de instalación del SATDAB

Guía básica

Las principales funciones de SATDAB son las de hacer un estudio socioeconómico del estudiante, leer datos de diferentes fuentes de archivos de bases de datos (.dbf), ejecutar el proceso de asignación de beca al estudiante y dar un reporte, en el que existe la posibilidad de la justificación de su resultado.

Menú principal

El menú principal es un estándar en los menús de las aplicaciones que se realizan bajo Windows OS. La Figura B.3 muestra la ventana principal del SATDAB.

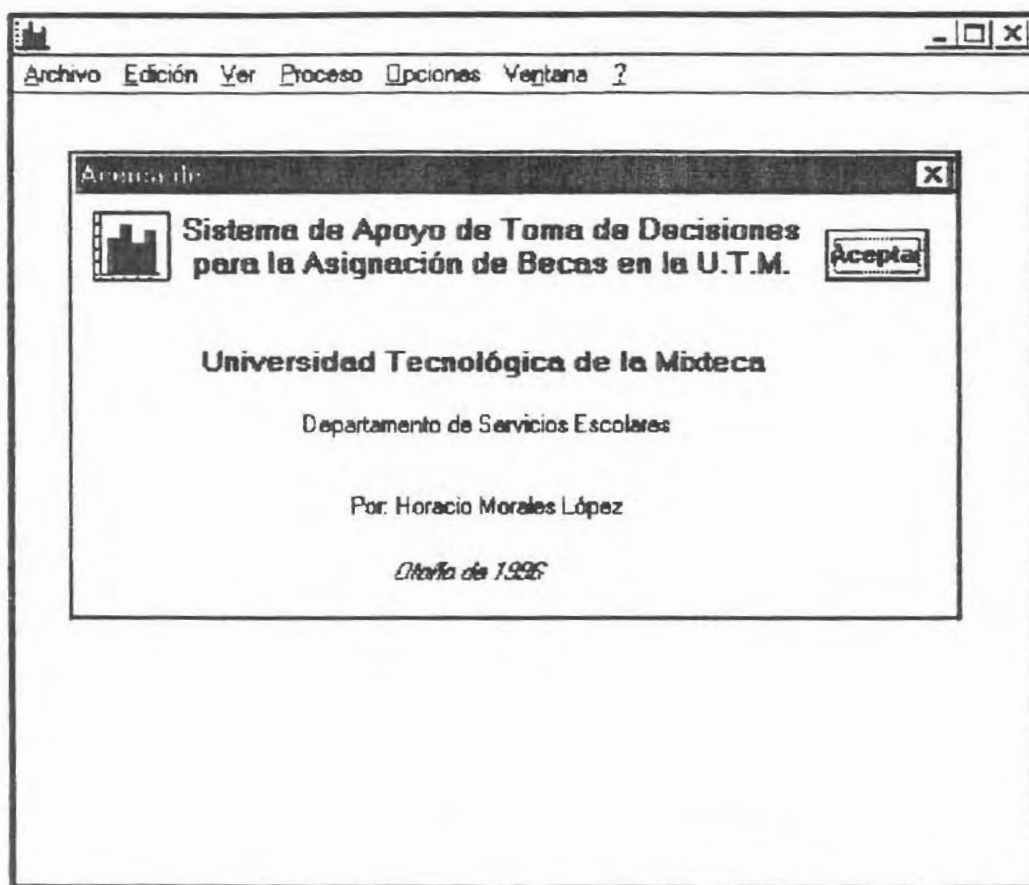


Figura B.3 Menú principal del prototipo SATDAB

La descripción de cada una de las opciones se muestra en la Tabla B.1.

Acerca de...	Es un anuncio del nombre del sistema
Archivo	Opción del menú principal con la que se puede salir del sistema. Se deja como posibles extensiones a desarrollar las opciones como nuevo, guardar, guardar como, preparar página e imprimir.
Edición	Esta opción se deja como desarrollo posterior.
Ver	Es la opción principal del sistema, ya que con esta se puede consultar, realizar el estudio socioeconómico, dar reportes y uno muy importante que es la justificación de resultados.
Opciones	Al ingresar, tiene que dar un código de acceso, y que puede ser elegida aquí.
Ventana	Se deja como posible extensión del SATDAB.
?	Se deja como posible extensión del SATDAB. En este se puede realizar un tutorial y ayudas para la utilización del SATDAB.

Tabla B.1 descripción del menú principal del SATDAB.

Trabajando con el SATDAB

Para operar el SATDAB, primero se debe de dirigir al menú principal y seleccionar Opciones. Una vez que se haga un click en acceso, aparecerá una nueva ventana que le pedirá el código de acceso. Usted debe de teclear correctamente, de lo contrario no podrá utilizar el SATDAB. Este procedimiento se ilustra en la Figura B.4.

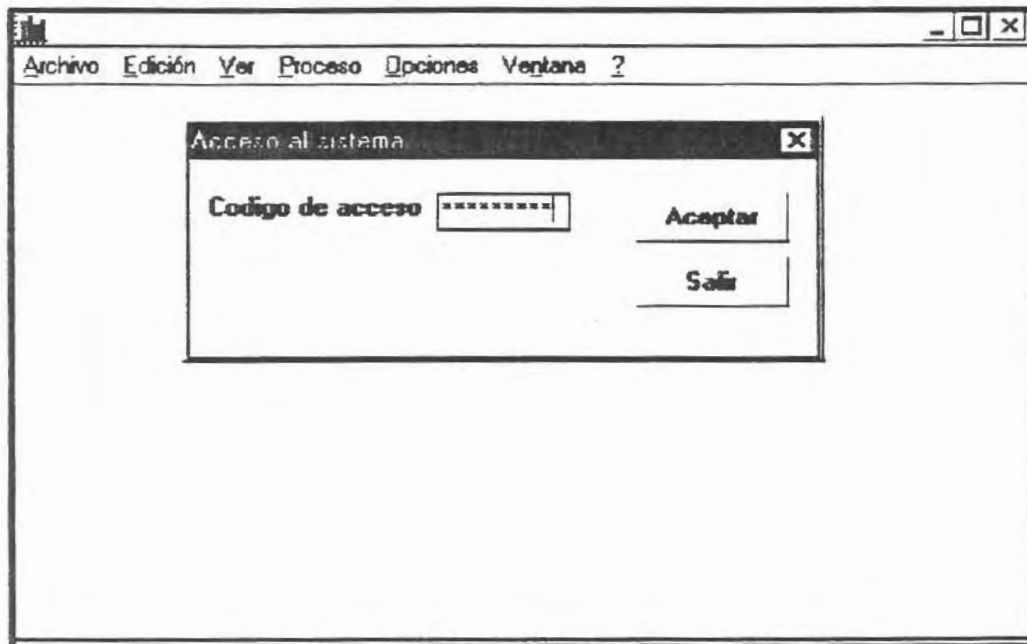


Figura B.4 Procedimiento de acceso al SATDAB.

Ahora que se tiene acceso al SATDAB, se puede hacer una consulta, realizar un estudio, introducir datos de asistencia a actividades extraclase de los estudiantes, etcétera. La Figura B.5 ilustra un ejemplo de consulta por apellido. Se puede realizar una consulta a alumnos que ya se les ha asignado una beca en el un periodo escolar. En caso de que no se encuentre, el SATDAB, dará un mensaje en que especifica que no se ha realizado la asignación en ese periodo o que el estudio socioeconómico no se ha llevado a cabo.

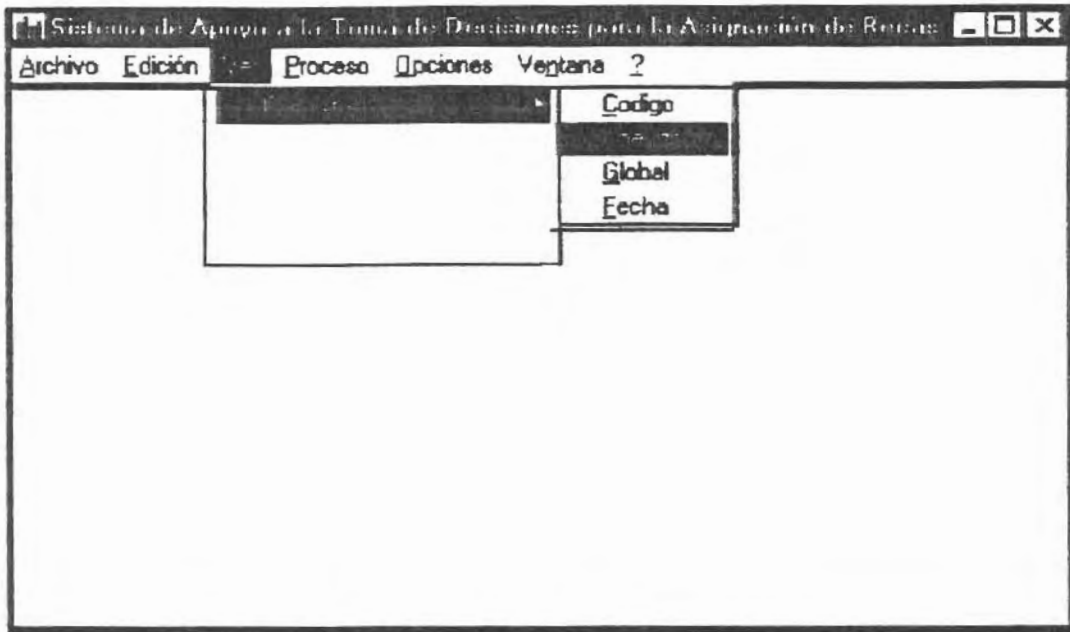


Figura B.5 Ejemplo de consulta del SATDAB

La Figura B.6 ilustra como hacer una consulta por apellido, que es lo que comúnmente se hace, al desconocer un código de un estudiante; se puede buscar al estudiante mediante oprimir el botón de control de la base de datos Alumnos. En la consulta por código, aparece una nueva ventana que pide el código del estudiante.

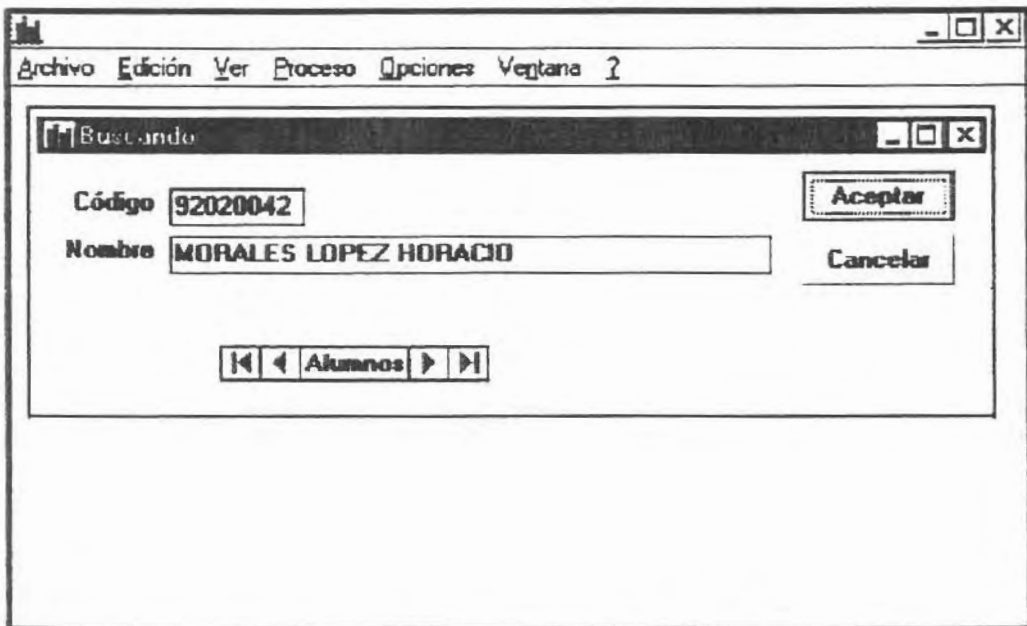


Figura B.6 Buscando a un alumno.

Ahora que el SATDAB sabe del código del estudiante puede buscar los datos y verificar si se encuentra actualizado la beca; en caso de no ser así, el SATDAB llama a un archivo

ejecutable hecho en C/C++, el cual le pasa únicamente el código del estudiante y posteriormente hará el proceso de asignación de beca al estudiante, volviendo nuevamente a Windows OS. La Figura B.7 ilustra este proceso.

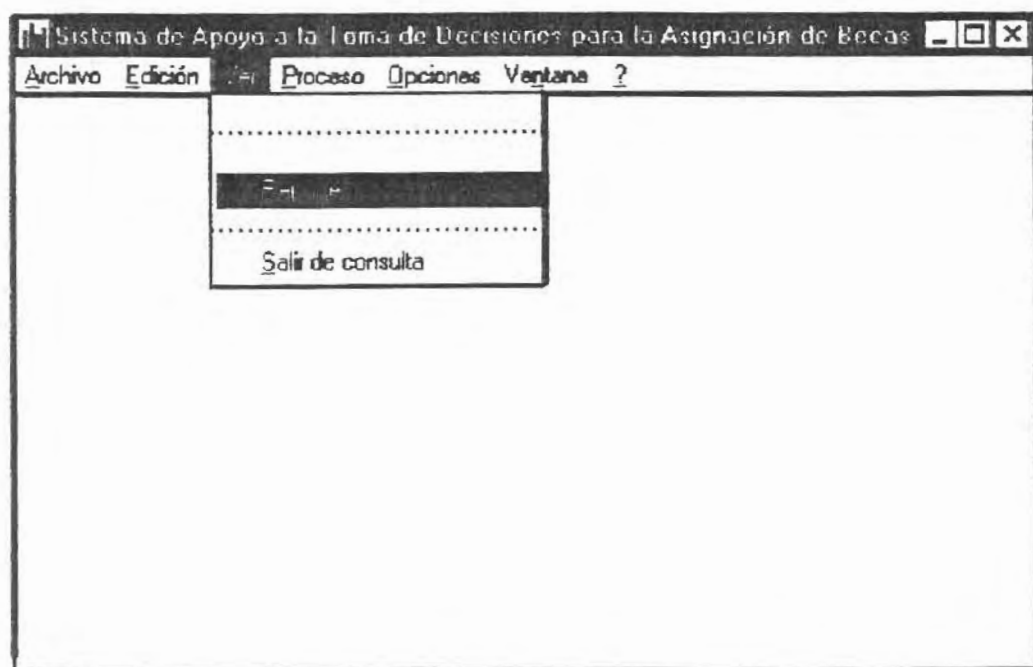


Figura B.7 Procedimiento para realizar un reporte.

Al seleccionar la opción Reporte, el SATDAB dará un informe sobre datos del estudiante, datos del padre o tutor, y los resultados de la beca asignada. Este proceso se muestra en la Figura B.8.

Una de las características principales de la interfaz de usuario SATDAB es la de justificar su resultado. Una vez que se haya hecho una consulta, usted puede dirigirse a la opción de Justificación. Aparecerá una nueva ventana que le indica el mecanismo de inferencia que siguió el SATDAB para asignar un tipo de beca a un estudiante. Este procedimiento se ilustra en la Figura B.9.

Informe de asignación de Becas

Universidad Tecnológica de la Mixteca
Departamento de Servicios Escolares

Fecha: 30/09/96

Nombre del Alumno	MORALES LOPEZ HORACIO
Nombre del Padre o Tutor	C. HECTOR MORALES RAMIREZ
Ocupación del padre o tutor	DIRECTOR DE EDUCACION PRIMARIA
Ingreso Mensual Familiar	\$ 3000
Lugar de Residencia	HUAJUAPAN DE LEON, OAX.
Dependencia Economica	Padre
Promedio del Curso	9.6
Trabajo extracurricular	100 porciento
Beca sugerida	100 porciento

Figura B.7 Ejemplo de un reporte del SATDAB.

x

Regla 211

Si el soporte económico del estudiante es el padre, hermano u otro
 Y la vivienda familiar no se localiza en un pueblo o ranchería
 Y la vivienda familiar es propia
 Y la vivienda del estudiante en Huajuapán es propia
 Y la vivienda familiar es de ladrillo y concreto
 Y el número de autos de la familia es mayor o igual a uno
 Y el transporte del estudiante es el auto de la familia
ENTONCES la situación económica es Buena

Figura B.8 Ejemplo del mecanismo de justificación.

Para terminar el proceso de consulta, se tiene que elegir la opción Salir de consulta, y se podrá hacer nuevamente un proceso de consulta y asignación de becas con más estudiantes.

Para salir del SATDAB, se tiene que elegir Archivo y posteriormente Salir.

El SATDAB tiene módulos de captura de asistencias finales de un curso y calificaciones finales del curso propedéutico, pero esto es una extensión a petición del Departamento de Servicios Escolares.

Apéndice C

Código fuente de la base de conocimientos del SATDAB

El código fuente desarrollado para el SATDAB se clasifica en tres:

- Estructura de los archivos de bases de datos elaborados en dBASE III PLUS.
- Archivos de la base de conocimientos del SATDAB en RT-Expert.
- Archivos en Borland C/C++ para ligar los archivos de bases de datos y los archivos en C de RT-Expert, después de su proceso de compilación.

A continuación se describe cada uno de ellos.

Estructura de los archivos de bases de datos

- Estructura del archivo DAT_ECO.DBF

```
Structure for database: C:DAT_ECO.dbf
Number of data records: 1
Date of last update : 09/30/96
Field  Field Name  Type      Width  Dec
-----
1  CVE_ALU      Numeric   8
2  NOM_TUT     Character 50
3  OCUP_TUT    Character 40
4  DIR1_TUT    Character 50
5  EDOCIV_ALU  Character 11
6  OCUP_ALU    Character  2
7  FAM_INGRE   Numeric   8      2
8  FAM_MIEMB   Numeric   2
9  FAM_SOPORT  Character 13
10 FAM_HIJ     Numeric   2
11 FAM_HIJ_ET  Numeric   2
12 TRANSP_ALU Character 11
13 FAM_CAR    Numeric   1
14 FAM_CAR_MD Character 12
15 FAM_CAS_ST Character  8
16 CAS_ST_ALU Character  8
17 FAM_CAS_MT Character 19
18 FAM_CAS_CT Numeric    2
19 FAM_CAS_LO Character 15
20 BECA_DES   Numeric   5      1
** Total **                270
```

- Estructura del archivo DEFINITI.DBF (utilizado únicamente para leer las calificaciones finales de los estudiantes).

```
Structure for database: C:DEFINITI.dbf
Number of data records: 8952
Date of last update : 09/23/96
Field  Field Name  Type      Width  Dec
-----
1  CVE_ALU      Numeric   8
2  CVE_MAT     Numeric   6
3  CVE_PRO     Numeric   6
4  CAL_DEF     Numeric   4      1
5  TIP_EXA     Numeric   1
6  FEC_EXA     Date      8
** Total **                34
```


- Estructura del archivo TRAB_DEF.DBF (utilizado únicamente para leer apellido paterno, nombre completo y dirección del estudiante).

```
Structure for database: C:ALUMNOS.dbf
Number of data records: 473
Date of last update : 07/31/96
Field  Field Name  Type      Width  Dec
  1  CVE_ALU      Numeric    8
  2  NOM_ALU      Character  25
  3  APA_ALU      Character  20
  4  AMA_ALU      Character  20
  5  COM_ALU      Character  65
  6  SEX_ALU      Numeric    1
  7  CAR_ALU      Numeric    2
  8  CVE_PRE      Numeric    4
  9  CAL_PRO      Numeric    4      1
 10  TUF_ALU      Character  40
 11  DR1_ALU      Character  40
 12  DR2_ALU      Character  40
 13  DR3_ALU      Character  40
 14  TEL_ALU      Character  15
 15  STA_ALU      Numeric    1
** Total **                326
```

- Estructura del archivo TRAB_DEF.DBF

```
Structure for database: C:TRAB_DEF.dbf
Number of data records: 1
Date of last update : 09/30/96
Field  Field Name  Type      Width  Dec
  1  CVE_ALU      Numeric    8
  2  GRUPO        Numeric    6
  3  PORC_COMP    Numeric    5      1
  4  PORC_BIB     Numeric    5      1
  5  PORC_DEP     Numeric    5      1
  6  PORC_LEC     Numeric    5      1
  7  FECHA        Date       8
** Total **                43
```

- Estructura del archivo RESULT_BE.DBF

```
Structure for database: C:RESULT_BE.dbf
Number of data records: 1
Date of last update : 09/29/96
Field  Field Name  Type      Width  Dec
  1  CVE_ALU      Numeric    8
  2  SEM_ALU      Numeric    2
  3  CAL_EDO      Character  9
  4  ECO_EDO      Character  9
  5  TRAB_EDO      Character  9
  6  PORCE_COMP    Numeric    6      2
  7  PORCE_DESE    Numeric    6      2
  8  PORCE_DEF     Character  3
  9  CAL_PROM      Numeric    5      2
 10  PORC_TRAB     Character  3
 11  FECHA        Date       8
** Total **                69
```

- Estructura del archivo REGLA_DISP.DBF

```
Structure for database: C:REGLA_DISP.dbf
Number of data records: 64
Date of last update : 09/21/96
Field  Field Name  Type      Width  Dec
  1  CVE_ALU      Numeric    8
  2  SEM_ALU      Numeric    3
  3  CAL_DISP     Numeric    3
  4  ECO_DISP     Numeric    3
  5  TRAB_DISP     Numeric    3
  6  BECA_DISP     Numeric    3
  7  FECHA        Date       8
** Total **                31
```

Código fuente de los archivos desarrollados en RT-Expert

Los archivos que se desarrollaron en el ambiente de programación de sistemas expertos RT-Expert, constituyen la base de conocimientos del SATDAB. Los archivos están elaborados en tres sub-bases de reglas: calificaciones, participación y situación económica. A continuación se describen cada uno de estos archivos.

Archivos de cabecera

- Código del archivo `STUDENT.AFS`

```
RT-Expert, Decision Support Language
Version 1.42
Copyright © 1994
```

```
NOMBRE DEL ARCHIVO : student.afs
```

```
TITULO : estudiante_tipo
PROPOSITO : Guarda la informacion proveniente de la lectura de los
archivos de base de datos
```

```
EJEMPLO DE LLAMADA : SPECIFICATION student.afs;
ENTRADAS : ninguna
SALIDAS : ninguna
AUTOR : Horacio Morales Lopez
FECHA : 29 de septiembre de 1996
MODIFICACIONES : ninguna
```

```
TYPE estudiante_tipo IS
BEGIN
Codigo : STRING;
Cal_R_Dis : SHORT;
Eco_R_Dis : SHORT;
Trab_R_Dis : SHORT;
IS_R_Dis : SHORT;
familia_ingreso : FLOAT;
familia_miembros : SHORT;
miembro_soporte : SYMBOL;
hijos : SHORT;
hijos_estudian : SHORT;
transporte : SYMBOL;
carros : SHORT;
carros_modelos : SYMBOL;
casa_status : SYMBOL;
casa_condicion : SYMBOL;
estudiante_casa_status : SYMBOL;
material_casa : SYMBOL;
habitaciones_casa : SHORT;
casa_localizacion : SYMBOL;
promedio_semestre : FLOAT;
porcentaje_participa : FLOAT;
beca_deseada : FLOAT;
calificacion_status : SYMBOL;
economico_status : SYMBOL;
participa_status : SYMBOL;
beca : FLOAT;
END;
```

• Código del archivo CONSTANT.AFS

RT-Expert, Decision Support Language
Version 1.42
Copyright © 1994

NOMBRE DEL ARCHIVO : constant.afs

TITULO : ninguno
PROPOSITO : Declaracion de constantes utilizados en el proceso de inferencia
EJEMPLO DE LLAMADA : SPECIFICATION cosntant.afs;
ENTRADAS : ninguna
SALIDAS : ninguna
AUTOR : Horacio Morales Lopez
FECHA : 21 de septiembre de 1996
MODIFICACIONES : ninguna

Beca_del_100,
Beca_del_75,
Beca_del_50,
Beca_del_25,
Sin_beca ARE SYMBOLIC CONSTANT;

Excelente,
Muy_bueno,
Bueno,
No_bueno,
Regular,
Malo,
Muy_malo ARE SYMBOLIC CONSTANT;

Propio,
No_propio,
Nuevo,
No_nuevo ARE SYMBOLIC CONSTANT;

Madre,
Madre,
El_mismo,
Hermano,
Otro ARE SYMBOLIC CONSTANT;

Calificacion,
Participacion ARE FLOAT;

Archivos de la base de conocimientos del SATDAB

• Código del archivo OBT_CAL.DSL

RT-Expert, Decision Support Language
Version 1.42
Copyright © 1994

NOMBRE DEL ARCHIVO : obt_cal.dsl

TITULO : obtener_Calificacion
PROPOSITO : Obtener el valor para el atributo calificacion_status
EJEMPLO DE LLAMADA : obtener_Calificacion(student_type Estudiante)
ENTRADAS : student_type
SALIDAS : calificacion_status
AUTOR : Horacio Morales Lopez
FECHA : 22 de septiembre de 1996
MODIFICACIONES : ninguna

SPECIFICATION student.afs;

```

RTSUB obtener_Calificacion( Estudiante: ATTRIB student_type ) IS
DECLARE
SPEC constant.afs;
BEGIN
-- Regla 1
IF Estudiante.promedio_periodo <= 10
AND Estudiante.promedio_periodo >= 9
THEN
BEGIN
Estudiante.calificacion_status := Muy_bueno;
END;

-- Regla 2
IF Estudiante.promedio_periodo < 9
AND Estudiante.promedio_periodo >= 8
THEN
BEGIN
Estudiante.calificacion_status := Bueno;
END;

-- Regla 3
IF Estudiante.promedio_periodo < 8
AND Estudiante.promedio_periodo >= 7
THEN
BEGIN
Estudiante.calificacion_status := Regular;
END;

-- Regla 4
IF Estudiante.promedio_periodo < 7
AND Estudiante.promedio_periodo >= 6
THEN
BEGIN
Estudiante.calificacion_status := Malo;
END;

-- Regla 5
IF Estudiante.promedio_periodo < 6
THEN
BEGIN
Estudiante.calificacion_status := Muy_malo;
END;
END;

```

• Código del archivo OBT_ECO.DSL

RT-Expert, Decision Support Language
Version 1.42
Copyright © 1994

NOMBRE DEL ARCHIVO : obt_part.dsl

```

TITULO           : obtener_Edo_Trabajo
PROPOSITO        : Obtener el valor para el atributo participacion
EJEMPLO DE LLAMADA : obtener_Edo_Trabajo( student_type Estudiante )
ENTRADAS         : student_type
SALIDAS          : participa_status
AUTOR            : Horacio Morales Lopez
FECHA            : 22 de septiembre de 1996
MODIFICACIONES   : ninguna

```

SPECIFICATION student.afs;

RTSUB obtener_Edo_Trabajo(Estudiante : ATTRIB student_type) IS

```

DECLARE
SPEC constant.afs;

```

BEGIN

```

-- Rule 1
IF Estudiante.percent_trabajo <= 100

```

```

AND Estudiante.porcent_trabajo >= 90
THEN
BEGIN
Estudiante.participa_status := Muy_bueno;
END;

-- Rule 2
IF Estudiante.porcent_trabajo < 90
AND Estudiante.porcent_trabajo >= 80
THEN
BEGIN
Estudiante.participa_status := Bueno;
END;

-- Rule 3
IF Estudiante.porcent_trabajo < 80
AND Estudiante.porcent_trabajo >= 70
THEN
BEGIN
Estudiante.participa_status := Regular;
END;

--Rule 4
IF Estudiante.porcent_trabajo < 70
AND Estudiante.porcent_trabajo >= 60
THEN
BEGIN
Estudiante.participa_status := Malo;
END;

--Rule 5
IF Estudiante.porcent_trabajo < 60
THEN
BEGIN
Estudiante.participa_status := Muy_malo;
END;
END;

```

• Código del archivo `OBT_ECO.DSL`

```

RT-Expert, Decision Support Language
Version 1.42
Copyright © 1994

```

NOMBRE DEL ARCHIVO : `obt_eco.dsl`

```

TITULO           : obtener_Edo_Economico
PROPOSITO        : Obtener el valor para el atributo economico_status
EJEMPLO DE LLAMADA : obtener_Edo_Economico( student_type Estudiante )
ENTRADAS         : student_type
SALIDAS          : participa_status
AUTOR            : Horacio Morales Lopez
FECHA            : 22 de septiembre de 1996
MODIFICACIONES  : No se habia contemplado que en la region mixteca hubiera
sueldos          : muy altos, por lo que al hacer una prueba, se detecto que
no se            : tenia una regla con estas características, así se agrego
la regla        : numero cero.
                 : 5 de octubre de 1996

```

SPEC `student.afs;`

RTSUB `obtener_Edo_Economico(Estudiante : ATTRIB student_type) IS`

```

DECLARE
SPEC constant.afs;
SPEC job_var.afs;
INIT
RULES job_var.rul;
PRAGMA ORDER IS RECENCY;

```

BEGIN

```

-- Rule 0
IF Estudiante.familia_ingreso > (10*salary_minimum*working_days)

```

```

THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      :- Excelente;
END;

-- Rule 1
IF  Estudiante.familia_ingreso    > (8*salary_minimum*working_days)
AND Estudiante.familia_ingreso    > (10*salary_minimum*working_days)
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      :- Muy_bueno;
END;

-- Rule 2
IF  Estudiante.casa_localizacion = Bueno
AND Estudiante.material_casa = Bueno
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      :- Muy_bueno;
END;

-- Rule 3
IF  Estudiante.carros              >= 1
AND Estudiante.carros_modelos     = Nuevo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      :- Muy_bueno;
END;

-- Rule 4
IF  Estudiante.familia_soporte    /= El_mismo
AND Estudiante.casa_status        = Propio
AND Estudiante.carros             >= 1
AND Estudiante.transportacion     = Bueno
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      :- Muy_bueno;
END;

-- Rule 5
IF  Estudiante.familia_soporte    /= El_mismo
AND Estudiante.material_casa      = Bueno
AND Estudiante.carros             >= 2
AND Estudiante.transportacion     = Bueno
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      :- Muy_bueno;
END;

-- Rule 6
IF  Estudiante.familia_ingreso    <= (8*salary_minimum*working_days)
AND Estudiante.familia_ingreso    > (5*salary_minimum*working_days)
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      :- Bueno;
END;

-- Rule 7
IF  Estudiante.familia_soporte    = Otro
AND Estudiante.casa_localizacion = Bueno
AND Estudiante.casa_status        = Propio
AND Estudiante.estudiante_casa_status = Propio
AND Estudiante.material_casa      = Bueno
AND Estudiante.familia_miembros  >= 4
AND Estudiante.hijos              >= 2
AND Estudiante.hijos_estudian    >= 2
AND Estudiante.transportacion     = Bueno
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      :- Bueno;
END;

-- Rule 8
IF  Estudiante.familia_soporte    = Otro
AND Estudiante.casa_localizacion = Bueno
AND Estudiante.material_casa      = Bueno
AND Estudiante.habitaciones_casa  <= 10
AND Estudiante.familia_miembros  >= 4
AND Estudiante.hijos              >= 2
AND Estudiante.hijos_estudian    >= 2

```

```

AND Estudiante.carros <- 1
AND Estudiante.carros_modelos = No_nuevo
AND Estudiante.transportacion = Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status := Bueno;
END;

-- Rule 9
IF Estudiante.familia_soporte = Otro
AND Estudiante.casa_localizacion = Bueno
AND Estudiante.casa_status = Propio
AND Estudiante.estudiante_casa_status = Propio
AND Estudiante.hijos >= 2
AND Estudiante.hijos_estudian > 2
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status := Bueno;
END;

-- Rule 10
IF Estudiante.familia_soporte = Otro
AND Estudiante.casa_localizacion /- Malo
AND Estudiante.casa_status = Propio
AND Estudiante.material_casa = Bueno
AND Estudiante.carros >= 2
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status := Bueno;
END;

-- Rule 11
IF Estudiante.familia_soporte = Otro
AND Estudiante.casa_localizacion /- Malo
AND Estudiante.casa_status = Propio
AND Estudiante.material_casa = Bueno
AND Estudiante.carros >= 1
AND Estudiante.transportacion = Bueno
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status := Bueno;
END;

-- Rule 12
IF Estudiante.familia_soporte = Madre
AND Estudiante.casa_localizacion = Bueno
AND Estudiante.casa_status = Propio
AND Estudiante.estudiante_casa_status = Propio
AND Estudiante.material_casa = Bueno
AND Estudiante.carros >= 1
AND Estudiante.carros_modelos = No_nuevo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status := Bueno;
END;

-- Rule 13
IF Estudiante.familia_soporte = Madre
AND Estudiante.casa_localizacion = Bueno
AND Estudiante.habitaciones_casa <- 10
AND Estudiante.familia_miembros >= 3
AND Estudiante.hijos >= 2
AND Estudiante.hijos_estudian >= 2
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status := Bueno;
END;

-- Rule 14
IF Estudiante.familia_ingreso <- (5*salary_minimum*working_days)
AND Estudiante.familia_ingreso > (2*salary_minimum*working_days)
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status := Regular;
END;

-- Rule 15
IF Estudiante.familia_soporte = Otro
AND Estudiante.casa_localizacion = Regular
AND Estudiante.casa_status = Propio
AND Estudiante.estudiante_casa_status = No_propio

```

```

THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Regular;
END;

-- Rule 16
IF  Estudiante.familia_soporte    = Otro
AND Estudiante.casa_localizacion = Regular
AND Estudiante.casa_status       = No_propio
AND Estudiante.estudiante_casa_status = No_propio
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Regular;
END;

-- Rule 17
IF  Estudiante.familia_soporte    = Otro
AND Estudiante.casa_localizacion = Regular
AND Estudiante.casa_status       = Propio
AND Estudiante.estudiante_casa_status = Propio
AND Estudiante.material_casa      = Bueno
AND Estudiante.habitaciones_casa  <= 10
AND Estudiante.transportacion    = Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Regular;
END;

-- Rule 18
IF  Estudiante.familia_soporte    = Otro
AND Estudiante.casa_localizacion = Regular
AND Estudiante.habitaciones_casa < 10
AND Estudiante.familia_miembros  >= 4
AND Estudiante.hijos             >= 2
AND Estudiante.hijos_estudian    <= 2
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Regular;
END;

-- Rule 19
IF  Estudiante.familia_soporte    = Madre
AND Estudiante.casa_localizacion = Regular
AND Estudiante.casa_status       = Propio
AND Estudiante.estudiante_casa_status = Propio
AND Estudiante.material_casa      = Bueno
AND Estudiante.transportacion    = Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Regular;
END;

-- Rule 20
IF  Estudiante.familia_soporte    = Madre
AND Estudiante.casa_localizacion <= Bueno
AND Estudiante.casa_status       = Propio
AND Estudiante.estudiante_casa_status = No_propio
AND Estudiante.transportacion    = Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Regular;
END;

-- Rule 21
IF  Estudiante.familia_soporte    = Madre
AND Estudiante.casa_localizacion = Regular
AND Estudiante.material_casa      = Bueno
AND Estudiante.habitaciones_casa <= 10
AND Estudiante.transportacion    = Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Regular;
END;

-- Rule 22
IF  Estudiante.familia_soporte    = Madre
AND Estudiante.casa_localizacion = Regular
AND Estudiante.familia_miembros  >= 4
AND Estudiante.hijos             >= 2
AND Estudiante.hijos_estudian    >= 2
AND Estudiante.transportacion    = Malo

```



```

THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Regular;
END;

-- Rule 23
IF Estudiante.familia_ingreso    <- (2*salary_minimum*working_days)
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Malo;
END;

-- Rule 24
IF Estudiante.casa_localizacion  = Malo
AND Estudiante.casa_status       = No_propio
AND Estudiante.estudiante_casa_status = No_propio
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Malo;
END;

-- Rule 25
IF Estudiante.casa_localizacion  /- Bueno
AND Estudiante.material_casa     = Malo
AND Estudiante.habitaciones_casa <- 10
AND Estudiante.familia_miembros >= 4
AND Estudiante.carros            = 0
AND Estudiante.transportacion   = Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Malo;
END;

-- Rule 26
IF Estudiante.casa_localizacion  /- Bueno
AND Estudiante.estudiante_casa_status = No_propio
AND Estudiante.familia_miembros >= 4
AND Estudiante.hijos            >= 2
AND Estudiante.hijos_estudian   >= 2
AND Estudiante.transportacion   = Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Malo;
END;

-- Rule 27
IF Estudiante.familia_ingreso    <- (4*salary_minimum*working_days)
AND Estudiante.familia_soporte   = Madre
AND Estudiante.casa_localizacion /- Bueno
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Malo;
END;

-- Rule 28
IF Estudiante.familia_soporte    = Madre
AND Estudiante.casa_localizacion /- Bueno
AND Estudiante.estudiante_casa_status = No_propio
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Malo;
END;

-- Rule 29
IF Estudiante.familia_soporte    = Madre
AND Estudiante.casa_localizacion = Malo
AND Estudiante.material_casa     = Malo
AND Estudiante.transportacion   = Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Malo;
END;

-- Rule 30
IF Estudiante.familia_soporte    = Madre
AND Estudiante.casa_localizacion = Malo
AND Estudiante.habitaciones_casa < 8
AND Estudiante.transportacion   = Malo
THEN
BEGIN

```

```
Estudiante.economico_status      := Malo;
END;
```

```
-- Rule 31
IF Estudiante.familia_soporte = El_mismo
THEN
BEGIN
Estudiante.economico_status      := Malo;
END;
END;
```

• Código del archivo `OBT_BECA.DSL`

```
RT-Expert, Decision Support Language
Version 1.42
Copyright © 1994
```

```
NOMBRE DEL ARCHIVO : obt_beca.dsl
```

```
TITULO           : obtener_Beca
PROPOSITO        : Obtener el valor para el atributo economico_status
EJEMPLO DE LLAMADA : obtener_Beca( student_type Estudiante )
ENTRADAS         : student_type
SALIDAS         : beca
AUTOR            : Horacio Morales Lopez
FECHA           : 22 de septiembre de 1996
MODIFICACIONES  : No se habia contemplado que en la region mixteca hubiera
sueldos        muy altos, por lo que al hacer una prueba, se detecto que
no se          tenia una regla con estas características, así se agrego
las           premisas correspondientes del atributo economico_status =
Excelente.    5 de octubre de 1996
```

```
SPECIFICATION student.afs
RTSUB obtener_Beca( Estudiante : ATTRIB student_type ) IS
DECLARE
SPEC constant.afs;
INIT
```

```
PRAGMA ORDER IS RECENCY;
BEGIN
```

```
-- Rule 1
IF Estudiante.economico_status      = Malo
AND Estudiante.calificacion_status  /= Muy_malo
AND Estudiante.calificacion_status  /= Malo
AND Estudiante.participacion_status /= Muy_malo
AND Estudiante.participacion_status /= Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                      := 100;
END;
```

```
-- Rule 2
IF Estudiante.economico_status      = Regular
AND Estudiante.calificacion_status  /= Muy_malo
AND Estudiante.calificacion_status  /= Malo
AND Estudiante.participacion_status /= Muy_malo
AND Estudiante.participacion_status /= Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                      := 100;
END;
```

```
-- Rule 3
IF Estudiante.economico_status      = Bueno
AND Estudiante.calificacion_status  /= Muy_malo
AND Estudiante.calificacion_status  /= Malo
AND Estudiante.participacion_status /= Muy_malo
AND Estudiante.participacion_status /= Malo
THEN
BEGIN
```

```

Estudiante.beca                :- 100;
END;

-- Rule 4
IF Estudiante.economico_status = Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_malo
AND Estudiante.calificacion_status /- Malo
AND Estudiante.calificacion_status /- Regular
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_malo
AND Estudiante.participacion_status /- Malo
AND Estudiante.participacion_status /- Regular
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                :- 100;
END;

-- Rule 5
IF Estudiante.economico_status = Malo
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Bueno
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                :- 75;
END;

-- Rule 6
IF Estudiante.economico_status = Regular
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_malo
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                :- 75;
END;

-- Rule 7
IF Estudiante.economico_status = Bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_malo
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                :- 75;
END;

-- Rule 8
IF Estudiante.economico_status = Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_malo
AND Estudiante.calificacion_status /- Malo
AND Estudiante.calificacion_status /- Regular
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_malo
AND Estudiante.participacion_status /- Malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                :- 75;
END;

-- Rule 9
IF Estudiante.economico_status /- Excelente
AND Estudiante.economico_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.economico_status /- Bueno
AND Estudiante.calificacion_status = Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                :- 50;
END;

-- Rule 10
IF Estudiante.economico_status /- Excelente
AND Estudiante.economico_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.economico_status /- Bueno
AND Estudiante.participacion_status = Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                :- 50;
END;

```

```
-- Rule 11
IF Estudiante.economico_status = Bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Bueno
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.participacion_status /- Bueno
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca := 50;
END;

-- Rule 12
IF Estudiante.economico_status = Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_malo
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca := 50;
END;

-- Rule 13
IF Estudiante.economico_status = Bueno
AND Estudiante.calificacion_status = Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca := 25;
END;

-- Rule 14
IF Estudiante.economico_status = Bueno
AND Estudiante.participacion_status = Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca := 25;
END;

-- Rule 15
IF Estudiante.economico_status /- Excelente
AND Estudiante.economico_status /- Regular
AND Estudiante.economico_status /- Malo
AND Estudiante.calificacion_status = Muy_malo
AND Estudiante.participacion_status = Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca := 25;
END;

-- Rule 16
IF Estudiante.economico_status = Bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Regular
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.participacion_status /- Bueno
THEN
BEGIN
Estudiante.beca := 25;
END;

-- Rule 17
IF Estudiante.economico_status = Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Bueno
AND Estudiante.calificacion_status /- Regular
AND Estudiante.participacion_status /- Muy_bueno
AND Estudiante.participacion_status /- Bueno
THEN
BEGIN
Estudiante.beca := 25;
END;

-- Rule 18
IF Estudiante.economico_status = Muy_bueno
AND Estudiante.calificacion_status = Muy_malo
THEN
BEGIN
```

```

Estudiante.beca                := 25;
END;

-- Rule 19
IF   Estudiante.economico_status = Muy_bueno
AND  Estudiante.participacion_status = Muy_malo
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                := 25;
END;

-- Rule 20
IF   Estudiante.economico_status = Excelente
THEN
BEGIN
Estudiante.beca                := 0;
END;

END;

```

• Código del archivo MAKEFILE

```

RT-Expert, Decision Support Language
Version 1.42
Copyright © 1994

NOMBRE DEL ARCHIVO : makefile

TITULO              : ninguno
PROPOSITO           : Ligar los archivos generados por el compilador de RT-
Expert a
                    Borland C/C++
EJEMPLO DE LLAMADA : make makefile
ENTRADAS            : ninguna
SALIDAS             : archivo .exe
AUTOR               : Horacio Morales Lopez
FECHA               : 22 de septiembre de 1996
MODIFICACIONES     : No se habia contemplado que en la region mixteca hubiera
sueldos
                    muy altos, por lo que al hacer una prueba, se detecto que
no se
                    tenia una regla con estas características, así se agregó
las
                    premisas correspondientes del atributo economico_estatus =
Excelente.
                    5 de octubre de 1996

RTX = c:\borland\rtexpert

# The include directory - where to find the RT-Expert '*.h' files.
RTXINC = $(RTX)\include

.SUFFIXES: .dsl .afs

.dsl.c:
    rtx1 -I$(RTXINC) $(<
    rtx2

.dsl.h:
    rtx1 -I$(RTXINC) $(<
    rtx2

.afs.h:
    afs2h $(<

CFLAGS = -v -ml -I$(RTXINC);c:\borland\INCLUDE -L$(RTX);c:\borland\LIB

OBJS = main.obj get_cal.obj get_eco.obj get_part.obj get_beca.obj

all: main.exe
clean:
del *.exe
del *.obj
del *.lst
del dslcs

```

```

main.exe: $(OBJS)
$(CC) @&&|
$(CFLAGS) $(OBJS) rtx_bc3.lib
|
main.obj: main.c student.h obt_cal.h obt_eco.h obt_part.h obt_beca.h

obt_cal.obj: obt_cal.c
obt_cal.c: obt_cal.dsl student.afs constant.afs measure.afs
obt_cal.h: obt_cal.dsl student.afs
obt_eco.obj: obt_eco.c
obt_eco.c: obt_eco.dsl student.afs constant.afs job_var.afs
obt_eco.h: obt_eco.dsl student.afs
obt_partobj: obt_part.c
obt_part.c: obt_part.dsl student.afs constant.afs measure.afs
obt_part.h: obt_part.dsl student.afs
obt_beca.obj: obt_beca.c
obt_beca.c: obt_beca.dsl student.afs constant.afs measure.afs
obt_beca.h: obt_beca.dsl student.afs
student.h: student.afs
constant.h: constant.afs
measure.h: measure.afs

```

Archivos en Borland C/C++

- Código del archivo MAIN.CPP

```

Borland International
Borland C/C++ v. 3.1
Copyright © 1991

NOMBRE DEL ARCHIVO : beca.cpp

TITULO : main
PROPOSITO : Leer de los archivos de bases de datos informacion
relacionada con las actividades academicas y registros económicos de los
estudiantes de la U.T.M..
EJEMPLO DE LLAMADA : beca 92020042
ENTRADAS : un codigo de un estudiante
SALIDAS : La informacion obtenida durante el proceso de inferencia
es guardada en los archivos de bases de datos: resul_be.dbf
y regla_di.dbf.
AUTOR : Horacio Morales Lopez
FECHA : 22 de septiembre de 1996
MODIFICACIONES : ninguna

#include<iostream.h>
#include<stdlib.h>
#include<conio.h>
#include<string.h>
#include<ldate.h>
#include"dbf.h"
extern "C"{
#include"student.h"
#include"get_cal.h"
#include"get_eco.h"
#include"get_part.h"
#include"get_beca.h"
};
dsl_student_type Estudiante[1];
int obtDatos( void );
int obtCal( void );
int obtEco( void );
int ponerDatos( void );
int guardar_reglas_fir(void);

int main( int argc, char *argv[] )
{
if( argc < 2 )
{

```

```

cerr << "Use: main codigo\n";
return 0;
}
init_obt_Calificacion(Estudiente);
init_obt_Edo_Economico(Estudiente);
init_obt_Edo_Trabajo(Estudiente);
init_obtener_Beca(Estudiente);
Estudiante[0].dsl_data.Code = new char[9];
Estudiante[0].dsl_data.Code = argv[1];

if( !(obtDatos()))
{
cout<<" No se encontraron los datos de trabajo";
return 0;
}
if( obtCal() != 1)
{
cout<<"\n\nError...no se leyeron las calificaciones";

return 0;
}
if( obtEco() != 1)
{
cout<<"Error...no se leyeron los datos economicos";
return 0;
}
obtener_Calificacion( Estudiente + 0);
obtener_Edo_Economico( Estudiente + 0);
obtener_Edo_Trabajo( Estudiente + 0);
obtener_Beca( Estudiente + 0);
clrscr();
cout<<"Evaluacion { ";
cout<<"\nCodigo      : " << Estudiante[0].dsl_data.Code ;
cout<<"\nNombre       : " << Estudiante[0].dsl_data.Nombre ;
cout<<"\nSemestre     : " << Estudiante[0].dsl_data.Semester;
cout<<"\nEl promedio de este periodo es de      : "
<<Estudiante[0].dsl_data.promedio_periodo;
cout<<"\nLa calificacion es                       : "
<<af_desym(Estudiente[0].dsl_data.calification_status);
cout<<"\nla situacion economica es                : "
<<af_desym(Estudiente[0].dsl_data.economic_status );
cout<<"\nTrabajo extraclase de este periodo es : "
<<Estudiante[0].dsl_data.percent_trabajo<<"%";
cout<<"\nEl trabajo extraclase es                 : "
<<af_desym(Estudiente[0].dsl_data.scholar_work_status );
cout<<"\nLa beca es                                : "
<<Estudiante[0].dsl_data.scholarship<<"%";
cout<<" } \n\n\n\n\n\n\n\n\n\n";
if( !(ponerDatos() ) )
    cout<<"\nNo se guardaron los datos";
    if( !(guardar_reglas_fir() ) )
        cout<<"\nNo se guardaron los datos";
return 1;
}

int obtDatos( void )
{
int mes, len;
Date D_aux;
char* codigo = new char[9];
Dbf *myDbf = new Dbf();
if( !( myDbf->open("alumnos.dbf")) )
{
cout<<"No se pudo abrir alumnos.dbf";
return 0;
}
else
{
if( !( myDbf->seek_by_string( 0, Estudiante[0].dsl_data.Code )) )
{
cout<<"No pudo encontrar ->"<<Estudiante[0].dsl_data.Code<<"-";
Estudiante[0].dsl_data.Nombre = "Prueba con estudiante no registrado";
}
else
{
len = myDbf -> fwidth( 4 ) + 1;
Estudiante[0].dsl_data.Nombre = new char[ len ];
myDbf->get_string( 4, Estudiante[0].dsl_data.Nombre);
myDbf->close();
delete myDbf;
}
}
}

```

```

}
Date D;
D.Year();
D.Month();
D.Day();
mes = D.Month();

if( mes <= 6 )
{
D_aux.SetYear(D.Year() - 1);
D_aux.SetMonth(D.Month() - 6 + 12);
D_aux.SetDay(D.Day() );
} //end if
else
{
D_aux = D;
D_aux.SetMonth(D_aux.Month() - 6);
} //end else
Date DD;
DD.Year();
DD.Month();
DD.Day();
myDbf = new Dbf();
if( !( myDbf->open("trab_def.dbf") ) )
{
cout<<"\nError de lectura, no se encontro trab_def.dbf";
return 0;
}
for( int i = 0 ; i < myDbf->nrec() ; i++)
{
myDbf->seek(i);
myDbf->get_string( 0, codigo );
if( !(strcmp(Estudiante[0].dsl_data.Code, codigo)) )
{
DD = myDbf->get_date( 6 ); // Supongo que es el 6
if( DD >= D_aux && DD <= D )
{
float grupo, semestre, anio;
float suma, computo, biblioteca, lectura, deportes;
Date d;
grupo = myDbf->get_number( 1 );
anio = d.Year();
semestre = grupo - (anio - 1900) * 10000;
Estudiante[0].dsl_data.Semester = semestre/100;
if( semestre == 0)
{
computo = myDbf->get_number( 2 );
biblioteca = myDbf->get_number( 3 );
lectura = myDbf->get_number( 5 );
suma = computo + biblioteca + lectura;
Estudiante[0].dsl_data.percent_trabajo = suma/3;
myDbf->close();
return 1;
}
else
{
computo = myDbf->get_number( 2 );
biblioteca = myDbf->get_number( 3 );
deportes = myDbf->get_number( 4 );
lectura = myDbf->get_number( 5 );
suma = computo + biblioteca + deportes + lectura;
Estudiante[0].dsl_data.percent_trabajo = suma/3;
myDbf->close();
return 1;
}
} //End if
} //End if
} //End for
cout<<"\nNo se encontraron los datos del trabajo extracurricular para este
periodo";
return 0;
}
int obtCal( void )
{
Date D, D_aux;
Date DD;
int contador = 0;
float promedio;
float califRec, suma = 0.0;
char* codigo = new char[9];
int mes;

```



```

Dbf *myDbf;
myDbf = new Dbf();
if( !( myDbf->open("definit1.dbf")) )
{
return 0;
}

D.Year();
D.Month();
D.Day();
mes = D.Month();
if( mes <= 6 )
{
D_aux.SetYear(D.Year() - 1);
D_aux.SetMonth(D.Month() - 6 + 12);
D_aux.SetDay(D.Day() );
}
else
{
D_aux = D;
D_aux.SetMonth(D_aux.Month() - 6);
}
DD.Year();
DD.Month();
DD.Day();
for( int i = 0 ; i < myDbf->nrec() ; i++)
{
myDbf->seek(i);
myDbf->get_string( 0, codigo );
if( !(strcmp(Estudiante[0].dsl_data.Code, codigo)) )
{
DD = myDbf->get_date( 5 );
if( DD >= D_aux && DD <= D )
{
contador++;
califRec = myDbf->get_number( 3 );
suma += califRec;
}
}
}
if( suma > 0 && contador > 0 )
{
promedio = suma/contador;
}
else
{
cout<<"\n\nNo existen calificaciones de este periodo";
return 0;
}

Estudiante[0].dsl_data.promedio_periodo = promedio;

myDbf->close();
return 1;
}

int obtEco( void )
{
int len;
char* cadena;
Dbf *myDbf = new Dbf();
if( !( myDbf->open("dat_eco.dbf")) )
{
return 0;
}
if( !( myDbf->seek_by_string( 0, Estudiante[0].dsl_data.Code )) )
{
return 0;
}
Estudiante[0].dsl_data.family_income = myDbf->get_number( 6 );
Estudiante[0].dsl_data.family_members = myDbf->get_number( 7 );
len = myDbf -> fwidth( 3 ) + 1;
cadena = new char[ len ];
myDbf->get_string( 8, cadena );

if( strcmp("Madre",cadena) == 0)
Estudiante[0].dsl_data.family_member_support = af_sym("Madre");
else
{
if( strcmp("El_mismo",cadena) == 0)
Estudiante[0].dsl_data.family_member_support = af_sym("El_mismo");
else

```

```

{
Estudiante[0].dsl_data.family_member_support = af_sym("Otro");
}
}
Estudiante[0].dsl_data.family_sons = myDbf->get_number( 9 );
Estudiante[0].dsl_data.family_sons_study = myDbf->get_number( 10 );
len = myDbf -> fwidth( 11 ) + 1;
cadena = new char[ len ];
myDbf->get_string( 11, cadena );
if( strcmp("Auto",cadena) == 0 )
{
Estudiante[0].dsl_data.transportation = af_sym("Bueno");
}
else
{
Estudiante[0].dsl_data.transportation = af_sym("Malo");
}
Estudiante[0].dsl_data.family_cars = myDbf->get_number( 12 );
len = myDbf -> fwidth( 13 ) + 1;
cadena = new char[ len ];
myDbf->get_string( 13, cadena );
if( (strcmp("Nuevo",cadena) == 0) ||
(strcmp("Seminuevo",cadena) == 0) )
{
Estudiante[0].dsl_data.family_cars_models = af_sym("Nuevo");
}
else
{
Estudiante[0].dsl_data.family_cars_models = af_sym("No_nuevo");
}
len = myDbf -> fwidth( 14 ) + 1;
cadena = new char[ len ];
myDbf->get_string( 14, cadena );
if( strcmp("Propia",cadena) == 0 )
{
Estudiante[0].dsl_data.family_house_status = af_sym("Propio");
}
else
{
Estudiante[0].dsl_data.family_house_status = af_sym("No_propio");
}
len = myDbf -> fwidth( 15 ) + 1;
cadena = new char[ len ];
myDbf->get_string( 15, cadena );
if( strcmp("Propia",cadena) == 0 )
{
Estudiante[0].dsl_data.student_house_status = af_sym("Propio");
}
else
{
Estudiante[0].dsl_data.student_house_status = af_sym("No_propio");
}
len = myDbf -> fwidth( 16 ) + 1;
cadena = new char[ len ];
myDbf->get_string( 16, cadena );
if( strcmp("Ladrillo_y_concreto",cadena) == 0 )
{
Estudiante[0].dsl_data.family_material_house = af_sym("Bueno");
}
else
{
Estudiante[0].dsl_data.family_material_house = af_sym("Malo");
}
Estudiante[0].dsl_data.family_rooms_house = myDbf->get_number( 17 );
len = myDbf -> fwidth( 18 ) + 1;
cadena = new char[ len ];
myDbf->get_string( 18, cadena );
if( strcmp("Fraccionamiento",cadena) == 0 )
{
Estudiante[0].dsl_data.family_house_location = af_sym("Bueno");
}
else
{
if( (strcmp("Pueblo",cadena) == 0) ||
(strcmp("Rancheria",cadena) == 0) )
{
Estudiante[0].dsl_data.family_house_location = af_sym("Malo");
}
else
{
Estudiante[0].dsl_data.family_house_location = af_sym("Regular");
}
}
}

```



```

char* codigo = new char[9];
int mes;
Date D, DD, D_aux;
D.Year();
D.Month();
D.Day();
Dbf *myDbf = new Dbf();
if( !( myDbf->open("rule_fir.dbf") ) )
{
cout<<"\n\nError al leer el archivo";
return 0;
}
mes = D.Month();
if( mes <= 6 )
{
D_aux.SetYear(D.Year() - 1);
D_aux.SetMonth(D.Month() - 6 + 12);
D_aux.SetDay(D.Day() );
}
else
{
D_aux = D;
D_aux.SetMonth(D_aux.Month() - 6);
}
DD.Year();
DD.Month();
DD.Day();
for( int i = 0 ; i < myDbf->nrec() : i++)
{
myDbf->seek(i);
myDbf->get_string( 0, codigo );
if( !(strcmp(Estudiante[0].dsl_data.Code, codigo)) )
{
DD = myDbf->get_date( 10 );
if( DD >= D_aux && DD <= D )
{
myDbf->put_string( 0, Estudiante[0].dsl_data.Code);
myDbf->put_number( 1, Estudiante[0].dsl_data.Semester);
myDbf->put_number( 2, Estudiante[0].dsl_data.Cal_R_Disparada);
myDbf->put_number( 3, Estudiante[0].dsl_data.Eco_R_Disparada);
myDbf->put_number( 4, Estudiante[0].dsl_data.Trab_R_Disparada);
myDbf->put_number( 5, Estudiante[0].dsl_data.IS_R_Disparada_Cal);
myDbf->put_number( 6, Estudiante[0].dsl_data.IS_R_Disparada_Eco);
myDbf->put_number( 7, Estudiante[0].dsl_data.IS_R_Disparada_Trab);
myDbf->put_number( 8, Estudiante[0].dsl_data.IS_R_Disparada_Sum);
myDbf->put_number( 9, Estudiante[0].dsl_data.IS_R_Disparada_Asig);
myDbf->put_date( 10, D);
myDbf->close();
delete myDbf;
return 1;
} //endif
} //endif
} //endnext
long nRec;
nRec = myDbf->nrec();
myDbf->seek( nRec );
myDbf->add_rec();
myDbf->put_string( 0, Estudiante[0].dsl_data.Code);
myDbf->put_number( 1, Estudiante[0].dsl_data.Semester);
myDbf->put_number( 2, Estudiante[0].dsl_data.Cal_R_Disparada);
myDbf->put_number( 3, Estudiante[0].dsl_data.Eco_R_Disparada);
myDbf->put_number( 4, Estudiante[0].dsl_data.Trab_R_Disparada);
myDbf->put_number( 5, Estudiante[0].dsl_data.IS_R_Disparada_Cal);
myDbf->put_number( 6, Estudiante[0].dsl_data.IS_R_Disparada_Eco);
myDbf->put_number( 7, Estudiante[0].dsl_data.IS_R_Disparada_Trab);
myDbf->put_number( 8, Estudiante[0].dsl_data.IS_R_Disparada_Sum);
myDbf->put_number( 9, Estudiante[0].dsl_data.IS_R_Disparada_Asig);
myDbf->put_date( 10, D);
myDbf->close();
delete myDbf;
return 1;
}
}

```