

**DEPARTAMENTO DE ORGANIZACION DE EMPRESAS  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

**CONOCIMIENTO Y BASES DE DATOS:  
UNA PROPUESTA  
DE INTEGRACION INTELIGENTE**

**Margarita ALONSO MARTINEZ**

**TESIS DOCTORAL DIRIGIDA POR:  
Prof. Dr. D. José María SARABIA ALZAGA**

3

## EL CONOCIMIENTO EN LOS SISTEMAS EXPERTOS.

### **3.1 ADQUISICION DE CONOCIMIENTO.**

En la aplicación de un sistema experto a la resolución de un problema, el conocimiento contenido en el sistema es un componente fundamental. Hechos y reglas son necesarios en la formulación de la solución. Los hechos, proposiciones sobre un dominio, pueden recoger aspectos concretos del mundo real, o bien, aspectos abstractos, entendidos como combinaciones de hechos concretos y no directamente observables. Las reglas, a su vez, describen la estructura del conocimiento, conocimiento estático, pero permiten también representar conocimiento cambiante, conocimiento dinámico. Las meta-reglas contienen conocimiento sobre como aplicar las reglas, y también, otras metarreglas. Cuando hechos, reglas y metarreglas contienen conocimiento derivado de la experiencia se denominan heurísticos.

El conocimiento que un experto humano posee sobre un determinado dominio, se debe en gran parte a la experiencia adquirida en la resolución de problemas que pertenecen al dominio. Los procesos de razonamiento seguidos por el experto son guiados, en gran parte, por su experiencia en resolver problemas similares. Estos

procesos se denominan inferencias. Conocimiento más inferencia son las herramientas del experto para la resolución y consisten en conocimiento acerca del entorno de la tarea a realizar: hechos y reglas de inferencia y habilidad para llevar a cabo esa tarea, que puede ser representada mediante reglas.

La adquisición de conocimiento es el proceso de obtener información y conocimiento de uno o más expertos, y/o de una fuente documental, ordenar ese conocimiento/información siguiendo algún criterio y transferirlo a un programa, sistema experto, en una forma capaz de ser procesado por un ordenador.<sup>152</sup> La adquisición del conocimiento, y el estructurar ese conocimiento en una forma manejable por un programa, son problemas actuales que surgen en el desarrollo de los sistemas expertos.

El problema radica, en que la información que se toma del experto necesita ser estructurada de una forma tal que permita su reducción a un conjunto de reglas que puedan ser almacenadas e interrogadas por un ordenador.

Es aquí donde se inicia el conflicto, porque es difícil que el experto estructure formalmente sus decisiones. Así, cuando un experto realiza una tarea o resuelve un determinado problema, puede tener cierta dificultad para formalizar el conjunto predefinido de reglas que aplicará a la resolución del mismo. Incluso, cuando a un experto se le pregunta, cómo ha resuelto un problema particular, puede tener dificultad en expresar en palabras el razonamiento seguido.

El complejo proceso de adquisición de conocimiento del experto humano, por parte del sistema, va a requerir usualmente la intervención de un analista o ingeniero de conocimiento, para producir el enlace entre el experto y el sistema. De ahí, que el desarrollo de un sistema experto requiera el trabajo interactivo del experto, el ingeniero de conocimiento y el usuario del sistema. El experto, aportando su conocimiento en la resolución de problemas del ámbito, el usuario describiendo las necesidades y capacidades a dotar al sistema y el ingeniero de conocimiento actuando como intermediario en la transmisión de conocimientos al sistema. Uno de los aspectos más

---

<sup>152</sup> HAYES-ROTH, F., WATERMAN, D. Y LENAT, D. (1.983): " Building Expert Systems " Addison Wesley Massachusetts.

difíciles de la tarea del ingeniero de conocimiento es ayudar al experto a estructurar el conocimiento sobre el dominio, identificando y formalizando conceptos.

El conocimiento de un sistema experto puede, sin embargo, ser adquirido de otras fuentes distintas al experto humano. El sistema podría adquirir conocimiento a partir de datos empíricos, ejemplos de resolución u otras fuentes, tal y como lo haría un experto humano para obtener conocimiento. En estos casos, la transferencia de información al programa, podría ser automática o parcialmente automática. El estado actual de la investigación en transferencia automática de la información a partir, por ejemplo, de grandes bases de datos está en sus inicios, puesto que, además de los datos propiamente dichos y sus relaciones, el sistema debe incorporar conocimiento sobre cómo combinar de forma dinámica los datos para llevar a cabo inferencias. Cuando el conocimiento se obtiene del experto humano, los procesos de razonamiento pueden ser explicitados por éste, facilitando así el proceso de adquisición.

### **3.2 TECNICAS, ETAPAS y AYUDAS.**

La evolución en el proceso de adquisición del conocimiento y su implantación en un programa ha sido notable. En los años 50 y 60 el conocimiento experto usado en muchos de los programas de Inteligencia Artificial era transformado en un código, en el que se entremezclaba el conocimiento con los mecanismos de razonamiento. El programa obtenido perdía eficacia a medida que se sucedían las actualizaciones; las frecuentes modificaciones impedían mantener la consistencia del conocimiento. El experto no participaba en el proceso de implantación del sistema.

En los actuales sistemas, el experto interactúa con el ingeniero de conocimiento para construir el sistema. La figura 15 muestra esa interacción. El conocimiento del experto en el dominio se incorpora en estructuras de datos que forman la base de conocimiento, uno de los componentes del sistema. Las principales ventajas obtenidas en la separación de los distintos componentes han sido dos: *transparencia*, el sistema es

comprensible tanto para el que lo desarrolla como para el que lo usa y *flexibilidad*, aceptando modificaciones y/o ampliaciones del conocimiento contenido en la base.

Tres son las etapas principales, que el ingeniero de conocimiento debe llevar a cabo, para el desarrollo de un sistema experto: adquisición del conocimiento, análisis del problema e implantación.

Durante el proceso de adquisición del conocimiento es, a menudo, necesario que el ingeniero de conocimiento entreviste personalmente al experto. Es ésta una fase delicada y muy importante para el correcto desarrollo del sistema.

Existen técnicas y, como consecuencia, herramientas apropiadas para llevar a cabo esta fase de desarrollo. La entrevista, el análisis de tareas, el análisis de protocolos y las técnicas multidimensionales, son un ejemplo de aquellas.

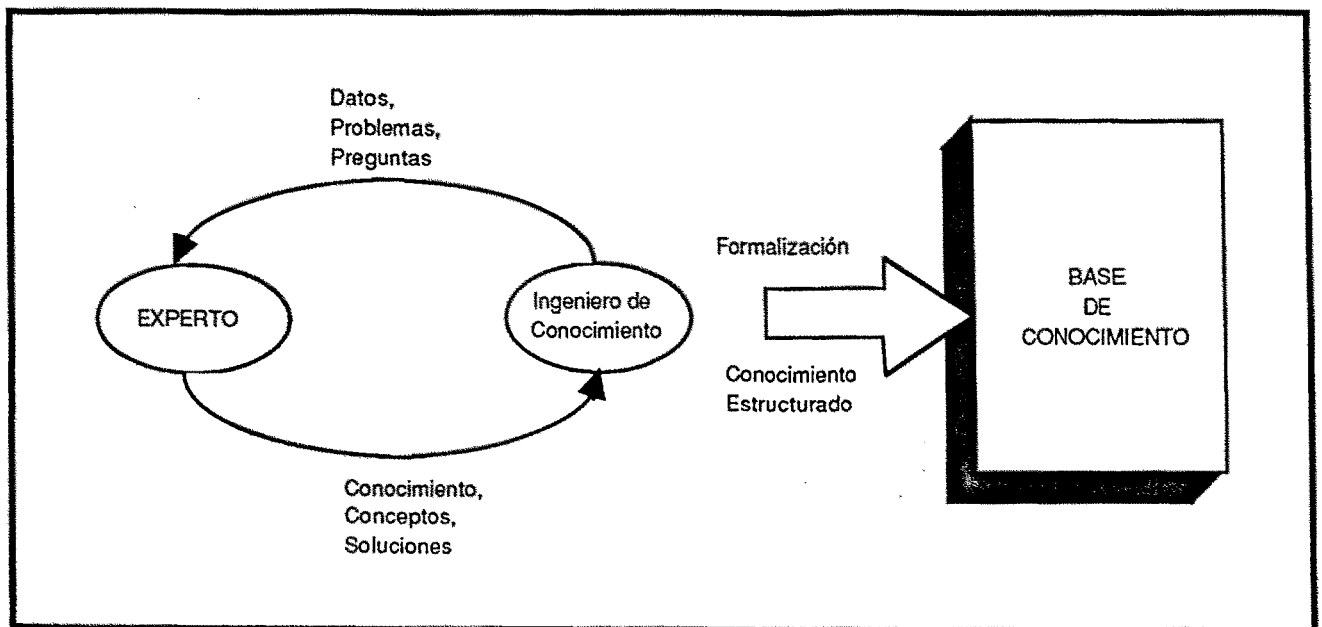


Fig.15. Proceso de Adquisición de Conocimiento

### 3.2.1 LA TÉCNICA DE LA ENTREVISTA.

La entrevista como técnica de adquisición de conocimiento, presenta cinco tipos principales: <sup>153</sup>

- a) No estructurada, en ella el ingeniero de conocimiento pregunta al experto, cuestiones generales sobre el dominio, registrando las respuestas. La grabación obtenida se transcribe, más tarde, obteniendo los hechos y reglas que formarán parte del sistema experto.
- b) Estructurada, se realiza en un proceso por etapas. En la entrevista estructurada, también se registra la información obtenida para, transcribirla más tarde y generar las reglas correspondientes. Las etapas en una entrevista estructurada, podrían ser:

Etapa 1 Se solicita al experto un esbozo de la tarea a realizar, que puede incluir una descripción de posibles soluciones, una descripción de las variables que afectan a la elección de la solución y una lista de reglas que conectan las variables y las soluciones.

Etapa 2 Por cada regla obtenida en la etapa anterior, se interrogará al experto acerca de las condiciones de su activación. Se pone de manifiesto así el alcance de la aplicación de cada regla, generando, si se considera necesario, nuevas reglas.

Etapa 3 Repetir la etapa 2, hasta que el experto deje de aportar nueva información.

- c) Centrada, en un determinado aspecto del conocimiento. El ingeniero de conocimiento decide de antemano qué materia le interesa comprender y la entrevista se enfoca hacia las cuestiones o puntos precisos objeto de interés. La entrevista puede ser estructurada o no, y su utilidad está en la exploración de aspectos concretos de un dominio.

---

<sup>153</sup> SMITH, P. (1.991): "Knowledge Elicitation Techniques" ECCAI, ACAI 91.

- d) Estructurada y evaluada posteriormente por el experto. El ingeniero de conocimiento, una vez elaboradas las reglas, las muestra al experto para su aprobación. Es una técnica que permite evaluar el conocimiento sobre el dominio en el propio proceso de la entrevista.
- e) Simulación de escenarios. En ella se pide al experto que resuelva una serie de problemas tipo. El experto justifica sus decisiones e intenta comunicar el proceso seguido de toma de decisiones.

En general, la técnica de la entrevista al experto es adecuada para iniciar la adquisición de conocimiento, identificando el conjunto de objetos y sus relaciones y organizar éstos en forma de listas o tablas.

Sin embargo, el realizar una entrevista que capture en su totalidad el conocimiento específico del experto no es una tarea trivial. A menudo, el entrevistador debe mezclar preguntas en distintos estilos para, por ejemplo, centrar un tema o conocer ciertos aspectos de materia con detalle.

El proponer las preguntas idóneas, es fundamental. En este sentido, las preguntas del entrevistador deben centrarse en el conocimiento que tiene el experto sobre objetos, relaciones e inferencias. El ingeniero de conocimiento debe disponer de un repertorio de "buenas preguntas". Estas se pueden agrupar en: preguntas para iniciar el diálogo y preguntas para continuarlo.

Un ejemplo de preguntas posibles para iniciar el diálogo podrían ser las siguientes:

¿Cómo realiza su tarea?

¿Recuerda el último caso?

¿Qué hechos o hipótesis intenta establecer cuando piensa en un problema?

¿Qué factores influyen en su razonamiento acerca de un problema?

¿Qué tipo de valores puede tener este objeto?

¿Qué rango de valores es admisible?

¿Este factor depende de otros factores y, en caso afirmativo, de cuáles?



Las preguntas dirigidas a continuar el diálogo podrían ser de diversos tipos:

- \* Orientadas a obtener más información:
  - ¿Dígame más acerca de...?
  - ¿Puede describir lo que quiere decir con...?
- \* Para comprobar que un tema ha sido completado:
  - ¿Hay algo más que quiera añadir?
- \* Para clarificar un tema determinado:
  - ¿No entiendo el significado, puede explicarlo?
  - ¿Cómo se relaciona con la materia que nos interesa?
- \* Desarrollo de alguno de los puntos mencionados por el experto:
  - ¿Cómo/ Cuándo lleva a cabo esto?
  - ¿Qué hace después?
- \* Para revisar la información obtenida y comprobar su precisión:
  - Voy a intentar resumir, por favor, indíqueme errores-

Incluso cuando se plantean las preguntas adecuadas, pueden surgir ambigüedades en la entrevista verbal. Cuando un experto informa sobre cómo resuelve un determinado problema, usa el lenguaje para transmitir su experiencia. El lenguaje se convierte, de este modo, en una herramienta para representar la experiencia del experto. El grado en que el lenguaje empleado por el experto revela procesos cognitivos, puede variar en función del estilo empleado por el propio experto y de la habilidad del entrevistador para clarificar el informe del experto.

En este sentido, las ambigüedades más comunes pueden presentar las siguientes formas:

- a) El lenguaje empleado por el experto puede delatar componentes importantes del proceso de aprendizaje. Si, por ejemplo, el experto dice: "Esta es la clave del sistema". Las preguntas adecuadas a proponer al experto son:

¿Qué significa que es una clave?

¿Una clave de qué?

¿Cómo sabe que es una clave?

- b) El experto puede emplear comparaciones como: "Mejor", "Inferior", "mayor", que requieren una clarificación. Por ejemplo, "Este es el mejor sistema", las preguntas serían:

¿Cómo sabe que es el mejor?

¿Mejor comparado con qué?

¿Mejor en qué sentido?

- c) A veces, se emplean palabras que condensan complejos procesos, por ejemplo: "La incorrección de los resultados de la prueba, requieren una revisión del sistema". En este caso, la palabra incorrección condensa un proceso cognitivo que debe manifestarse:

¿Cómo sabe que es incorrecto?

¿Qué pasos/operaciones ha realizado para determinar que es incorrecto?

- d) A menudo, las palabras empleadas pueden definir una posibilidad o una necesidad y no estar claramente especificadas al describir una relación, es el caso de: Posible/Imposible, Necesario/Innecesario. Así, por ejemplo: "El elemento XYZ no es necesario en el proceso". Las preguntas:

¿Qué pasaría si se utilizara?

¿Por qué no aconseja su utilización?

¿Cómo sabe que no es apropiado?

- e) Otro grupo de palabras habituales pueden, erróneamente, significar universalidad, es el caso de: "Siempre", "Nunca", "Todo", "Nada". Por ejemplo: "Este proceso no funcionará nunca". En este caso, el ingeniero de conocimiento debería conocer:

¿Qué características especiales tiene el procedimiento para no funcionar?

¿Cómo sabe que no funciona?

¿Podría funcionar en otra circunstancia?

La realización de la entrevista es difícil, porque requiere atención a distintos niveles a la vez, por parte del ingeniero de conocimiento. Además de realizar las preguntas y controlar los progresos obtenidos, debe tener en cuenta el tiempo a emplear, la personalidad del entrevistado, la posible influencia mutua etc. Es conveniente, por esto, en cada entrevista disponer de algún medio objetivo, para registrar la conversación. Util es, en este sentido, disponer de un pequeño magnetófono donde registrar la entrevista.

Un ejemplo de aplicación en una regla del conocimiento obtenido mediante entrevista al experto, se recoge a continuación:

<b>FORMULACION DE REGLA</b>	<b>TEXTO DE LA REGLA</b>
<b>Frase del experto</b>	Si una persona que está realizando un trabajo, dispone de todas las herramientas adecuadas para realizarlo completamente, entonces el trabajo se puede finalizar.
<b>Representación Externa</b>	Si los requerimientos de herramientas para todas las tareas que componen un trabajo son iguales o menores que aquellas de que dispone la persona que lo está realizando, entonces la conclusión del trabajo se completará.
<b>Representación Interna</b>	Si las herramientas requeridas $\leq$ las herramientas disponibles, entonces la conclusión del trabajo se realizará completamente.
<b>Nombre de Regla</b>	<b>Conclusión del Trabajo</b>

Parte de las dificultades que plantea hoy, el proceso de adquisición de conocimiento se deben, en gran medida, a la realización de incorrectas entrevistas al experto. La metodología empleada en la entrevista puede afectar a la calidad de los datos, con influencia negativa inmediata sobre la Base de Conocimiento, pero también afecta al tiempo dedicado a la recopilación de los datos, prolongando innecesariamente esta fase de desarrollo del sistema.

### **3.2.2 OTRAS TECNICAS.**

Otras técnicas posibles para la adquisición del conocimiento del experto son las correspondientes al: 1) análisis de tareas, 2) análisis de protocolos y 3) técnicas multidimensionales.

- 1) El análisis de tareas consiste en desagregar en tareas más pequeñas, el trabajo a realizar, indicando la secuencia de su ejecución. Este tipo de técnica, se aplica bien al conocimiento procedural.

La técnica pretende una clasificación de los factores que intervienen en la solución del problema, definiendo el experto una jerarquía lógica de procesos elementales. De ésta forma, crea una estructura lógica para la resolución del problema. Las reglas se obtienen directamente de la estructura creada para formar la base de Conocimiento.

- 2) El análisis de protocolos trata de observar al experto en la resolución de su tarea habitual, acompañándole en el transcurso de su trabajo diario. La observación de la actividad del experto se apoya, normalmente, en el empleo de cintas de video, cintas de audio, o notas escritas.

El comportamiento del experto en la resolución del problema se registra y se analiza después, con la intención de identificar los estados de la solución. Se pretende con el análisis de protocolos, localizar los objetos, las relaciones entre estos y, las inferencias aplicadas por el experto.

El ingeniero de conocimiento, requiere del experto que "piense en voz alta". Así, mientras lleva a cabo su tarea habitual, el experto responderá preguntas como:

¿Qué objetivos se buscan?

¿Qué métodos emplea?

La principal ventaja del análisis de protocolos radica en que no se produce desfase en el tiempo entre el pensamiento y su aplicación, minorándose así las posibles distorsiones entre los actos de resolución llevados a cabo por el experto y, la descripción de los mismos proporcionada por el propio experto.

- 3) La técnica multidimensional fue desarrollada por psicólogos cognitivos con el fin de modelizar los procesos de pensamiento difíciles de verbalizar. Esta se ha utilizado principalmente, para acceder al conocimiento conceptual del experto sobre el dominio, y permitir una representación directa del conocimiento, sin necesidad de transcripción posterior.

Esta característica de automaticidad, hace a esta técnica barata en cuanto tiempo de dedicación del ingeniero de conocimiento y permite obtener una representación estructurada del conocimiento del experto sin necesidad de transcripción posterior.

La aplicación de esta técnica, requiere las siguientes etapas:

- a) Identificación de los elementos: se trata de especificar un conjunto de objetos homogéneos y representativos del problema. Algunas de estas formas de identificación pueden ser: sugerir una lista de elementos, pedir al experto que nombre algunos ejemplos, etc.
- b) Identificación de las características que se pueden atribuir a los objetos o elementos.
- c) Relacionar características y elementos y analizar los resultados. El ingeniero de conocimiento lleva la entrevista, ayudado normalmente

por el experto, porque es este, la persona adecuada para analizar e interpretar resultados

Es deseable, en muchos casos, el combinar distintas técnicas de adquisición de conocimiento para mejorar resultados. En cualquier caso, la comunicación con el experto debe ser bien planeada, dirigida y técnicamente realizada por el ingeniero de conocimiento. Este debe considerar la técnica a emplear, teniendo en cuenta la personalidad del experto y el tiempo disponible para su realización.

Un resumen de las técnicas de adquisición de conocimiento descritas, se muestra en el siguiente cuadro:

TECNICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Entrevista Estructurada No estructurada	Adecuada para reunir conocimiento básico, acerca de objetos, de relaciones, acciones e información conceptual: hechos, reglas, etc.	Confía en la memoria del experto. Su desarrollo, puede requerir tiempo tanto del experto como del ingeniero de conocimiento.
Análisis de Protocolos	Captura conocimiento sobre procesos, conocimiento heurístico y comportamientos	El empleo de tiempo es importante. Puede interferir en la forma en que se realiza la tarea
Análisis de Tareas	Adecuado para subproblemas	Muy limitado
Técnica Multidimensional	Buena en las primeras etapas de adquisición de conocimiento. Captura relaciones, valores, acciones y conceptos. Es adecuada también para capturar incertidumbre y para obtener conocimiento ordenado	Dificultad para el análisis de resultados.

El ingeniero de conocimiento debe encontrar el punto de equilibrio entre el acercamiento al experto con una planificación de preguntas preparadas de antemano, y el estar abierto a cualquier cambio en el planteamiento anterior, en base a lo que el entrevistado haga o diga. De la misma forma, tendrá que evaluar el coste en tiempo y eficacia, al dejar al experto que explique sin interrupciones su proceso de razonamiento, o bien, controlar aquel, interrumpiendo al experto. Es necesario, además, que los entrevistadores concedan al experto el tiempo suficiente para la explicación. Es necesario aprender escuchando.

Por otra parte, al ser la adquisición de conocimiento un proceso que involucra personas además de técnicas y que se realiza cara a cara, en la mayoría de los casos requiere de cierta sensibilidad y flexibilidad por parte de los protagonistas, particularmente, de parte del ingeniero de conocimiento para valorar el desarrollo de la entrevista y modificarla, si es necesario, según las reacciones del entrevistado. No es posible, a este respecto, proponer una determinada estrategia o estilo, ya que, la experiencia muestra que las tácticas apropiadas, en cualquier situación particular, dependen de los individuos involucrados.

Sí es verdad, que la forma en que se realizan las preguntas tiene influencia en las respuestas obtenidas. Es necesario tener cuidado en no proponer preguntas largas, demasiado complejas o repetitivas. Se debe proponer una pregunta cada vez, corta y clara, resistiendo la tentación de repetir o elaborar demasiado las preguntas. Se intentará, también, emplear un vocabulario que se acerque al lenguaje utilizado por el experto. La colaboración entre el experto y el ingeniero de conocimiento es básica para la mejor comprensión del conocimiento cuya adquisición se pretende. El tono y la forma de las preguntas propuestas al experto deben invitar a la colaboración de este.

Un intento de sistematizar el proceso de adquisición de conocimiento, lleva a establecer un conjunto de pasos a seguir por el ingeniero de conocimiento, que constituye una propuesta de desarrollo de un sistema experto: 154

---

154 FLETCHER, E. J., MOSES, J., SMITH, P. and SURTEES, M. (1.990): "A Practical Evaluation of Knowledge Elicitation Techniques" Expersys-90, ITT, París.

- 1-> Compresión inicial del problema.
- 2-> Definir el dominio del problema.
- 3-> ¿Se pueden enumerar fácilmente los elementos del dominio?. Si no, ir al paso 11.
- 4-> ¿Hay alguna herramienta de adquisición de conocimiento que pueda ser aplicada?. Si no, ir al paso 11.
- 5-> Usar la herramienta anterior para construir un prototipo del sistema experto.
- 6-> Evaluar el sistema.
- 7-> Realizar entrevista al experto orientada a refinar el sistema.
- 8-> Refinar el sistema.
- 9-> Volver al punto 5 y repetir el proceso hasta finalizar la obtención de reglas.
- 10-> Fin
- 11-> ¿Conoce el experto la técnica de análisis de tareas?. Si no ir al paso 20.
- 12-> Usar la técnica de análisis de tareas.
- 13-> Obtener reglas.
- 14-> Producir un prototipo.
- 15-> Evaluar el sistema.
- 16-> Realizar una entrevista al experto orientada a refinar el sistema experto.
- 17-> Refinar el sistema.
- 18-> Volver al punto 14 y repetir el proceso hasta finalizar la obtención de reglas.
- 19-> Fin.
- 20-> ¿El tiempo es crítico, particularmente en la fase de obtención del conocimiento?. Si la respuesta es afirmativa, enseñar al experto la técnica de análisis de tareas e ir al paso 12.
- 21-> Emplear la técnica de entrevista estructurada.



- 22-> Transcribir la entrevista.
- 23-> Obtener reglas.
- 24-> Producir un prototipo.
- 25-> Evaluar el sistema.
- 26-> Realizar una entrevista al experto orientada a refinar el sistema experto.
- 27-> Refinar el sistema.
- 28-> Volver al punto 14 y repetir el proceso hasta finalizar la obtención de reglas.
- 29-> Fin.

La mayor parte de las herramientas disponibles para adquisición de conocimiento, se corresponden con metodologías desarrolladas para un tipo particular de aplicación o un determinado dominio. Pocas se han desarrollado para su empleo en diversidad de dominios. Ejemplos de herramientas que pertenecen a esta última categoría son: KADS <sup>155</sup> , AQUINAS <sup>156</sup> , KITTEN <sup>157</sup>

Es posible, también, que en el proceso de adquisición de conocimiento la tarea de captación realizada por el ingeniero de conocimiento no se dirija a una única persona sino a varios expertos que integran un grupo de trabajo especializado en un determinado dominio. Las técnicas de adquisición de conocimiento varían en este caso respecto de las ya comentadas.

El concepto de grupo tiene un contenido muy amplio y puede ser utilizado para designar conjuntos de personas de características muy dispares. En psicología social se considera el grupo como un conjunto de personas que reúne muy pocos requisitos: "Un grupo consiste en dos o más personas que comparten normas con respecto a ciertas

- 
- 155 ANJEWIERDEN, A. (1.987): "The KAD system". En SMITH, P. "Knowledge-Elecitation Techniques" ECCAI 1.991
  - HICKMAN, F. et al. (1.989): "A practical guide to the KADS methodology". En SMITH, P. "Knowledge-Elecitation Techniques" ECCAI 1.991
  - 156 BOOSE, J. H. (1.988): "Uses of Repertory Grid-Centered Knowledge Acquisition Tools for Knowledge-Based Systems". En CHORAFAS, D. N. (1.990): "Knowledge Engineering: Knowledge Acquisition, Knowledge Representation, the Role of the Knowledge Engineer, and Domains Fertile for AI Implementation" MacGraw-Hill New York.
  - 157 SHAW, M.L.G. y GAINES, B.R.(1.987): "KITTEN: Knowledge Initiation and Transfer Tools for Experts and Novices" En SMITH, P. "Knowledge-Elecitation Techniques" ECCAI 1.991

cosas y cuyos roles sociales están estrechamente intervenculados" <sup>158</sup>. En el grupo y entre los individuos que lo componen se dan interacciones que afectan tanto a las personas, componentes individuales del grupo, como al propio grupo direccionando su comportamiento.

En dinámica de grupo -estudio del comportamiento del grupo- se considera a éste con un criterio más restringido que involucra un número reducido de miembros, que interaccionan "cara a cara", que son conscientes de la existencia del grupo y de su pertenencia a él. Para Olmsted <sup>159</sup> un grupo será definido como: "una pluralidad de individuos que se hallan en contacto los unos con los otros, y que tienen conciencia de cierto elemento común de importancia". Las características que definen un grupo, tal como lo entiende la dinámica de grupo serían las siguientes:

- a) Una asociación identificable constituida por dos o más personas.
- b) Conciencia de pertenecer al grupo, ésta se manifiesta en una identificación consciente de unos con otros.
- c) Objetivos comunes de los miembros del grupo.
- d) Apoyo mutuo para alcanzar los objetivos propuestos.
- e) Comunicación entre sus miembros.
- f) Comportamiento unitario del grupo.
- g) Disponer de una estructura interna.

La organización interna del grupo se la proporciona la técnica de grupo empleada, entendiendo por técnicas de grupo aquellos procedimientos o medios sistematizados de organizar y desarrollar la actividad de grupo, basados en las propuestas de la Dinámica de Grupo.

Los procedimientos que integran las técnicas de grupo van dirigidos a estimular las interacciones del grupo tanto internas como externas y alcanzar los objetivos propuestos. Las técnicas de grupo varían en función de los objetivos que se persiguen.

---

<sup>158</sup> ORTEGA, E. (1.981): "Manual de Investigación comercial". Ed. Pirámide S.A. Madrid

<sup>159</sup> ORTEGA, E. : (1.981) "Manual de Investigación ..". (Op. cit.)

Para seleccionar la técnica más adecuada se tendrán en cuenta factores como: objetivos preestablecidos, número de personas que integran el grupo, características de sus miembros -edades, intereses, experiencia, predisposición-. La aplicación de las técnicas, una vez decidida la apropiada, tiene también normas de ejecución basadas en la Dinámica de Grupo. Estas requieren: el conocimiento de la estructura posibilidades y riesgos de la técnica a emplear, el establecimiento de un objetivo claro y preciso y un ambiente adecuado y cordial junto con una actitud cooperante de las personas implicadas.

La reunión de grupo es una técnica de carácter cualitativo, que se puede aplicar entre otras a las siguientes situaciones: obtener información sobre un determinado dominio del que no se tiene conocimiento previo, determinar comportamientos, actitudes, opiniones, motivaciones, hábitos, etc. de las personas que integran el grupo, obtener información complementaria sobre un determinado aspecto en un dominio conocido, orientar estudios posteriores.

La aplicación de la reunión de grupo como técnica apropiada para la adquisición de conocimiento exige: a) una definición clara de objetivos por parte del ingeniero de conocimientos, teniendo en cuenta que éstos van a guiar la reunión contribuyendo a su eficacia, b) un tamaño apropiado de grupo que facilite la comunicación entre sus miembros y las funciones de moderador por parte del ingeniero de conocimiento, c) un lugar donde llevar a cabo la reunión que presente comodidad para los asistentes, medios materiales de grabación y/o filmación, en su caso, teniendo en cuenta que las grabaciones de las reuniones facilita su análisis posterior.

Las funciones del ingeniero de conocimiento en las técnicas de grupo pueden variar entre, un papel moderador estrictamente dirigido a iniciar el diálogo y reconducirlo en caso de escapar de los objetivos previstos, o bien, puede ejercitar un papel mucho más activo en el control de la reunión, realizando preguntas, ordenando las intervenciones y regulando tiempos en el debate.

### **3.2.3 FASES DE DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO.**

La adquisición de conocimiento es un proceso que el ingeniero de conocimiento desarrolla en sucesivas etapas y que tiene como fin construir un sistema experto.

El primer paso en este proceso es familiarizarse con el problema y el dominio al que este pertenece. Incluye el localizar fuentes de información, ya sean publicaciones, personas expertas, otros. Una vez producido el acercamiento al problema, el ingeniero de conocimiento está en condiciones de conversar con el experto o expertos y plantear las preguntas adecuadas para identificar el problema y caracterizarle informalmente, delimitándole. Conocidas las restricciones del problema, el ingeniero de conocimiento junto con el experto establece los conceptos básicos y las relaciones que intervienen en la solución. Mientras tanto se decide, por parte del ingeniero de conocimiento, el formalismo a utilizar para dar estructura al conocimiento. En este punto, el ingeniero de conocimiento dispone de información sobre conceptos y procesos de resolución, y puede optar por emplear una herramienta que se adecúe a las características del conocimiento que presenta el problema a resolver, facilitando así el desarrollo del sistema. La adecuación del formalismo de representación de conocimiento elegido y de la herramienta aplicada en la construcción del sistema, se evalúa en una última fase, contrastando con el experto la eficacia de resolución del prototipo construido.

Como resumen del proceso anterior, el desarrollo de un sistema experto comprende dos fases principales, fases recogidas en la figura 16. La primera fase incluye, la identificación y conceptualización del problema. Entendiendo por identificación, la clara definición del problema a partir del conocimiento proporcionado por fuentes documentales y básicamente por el experto. La conceptualización pone de manifiesto los conceptos clave y las relaciones necesarias para caracterizar el problema. La segunda fase está constituida por la formalización, implantación y prueba de una adecuada estructura para el sistema, que incluye el reformular conceptos, rediseñar representaciones y refinar el sistema implantado. La revisión es el resultado de las críticas y sugerencias del experto para conseguir una mejora en el rendimiento del sistema.

La caracterización de los procesos pertenecientes a cada fase es la siguiente:

a) Etapa de identificación, que incluye:

- 1) Selección de las personas implicadas en el proceso de adquisición de conocimiento. La interacción entre el experto en el dominio y el ingeniero de conocimiento, es habitual en esta etapa de desarrollo. El experto aportará su conocimiento y experiencia, y el ingeniero de conocimiento intentará su comprensión contrastando lo aprendido con la realización de pruebas o la consulta a otros expertos.

Es posible que intervengan en el proceso más de dos personas, bien porque la consulta va dirigida a múltiples expertos, bien porque son varios los ingenieros de conocimiento que intervienen en el proceso.

- 2) Definición del problema. Se trata de delimitar las características del problema y la estructura de conocimiento que permitirá su solución, ajustándose a los recursos disponibles.

Un ejemplo de preguntas a plantear al experto en esta etapa son:

¿Qué tipo de problemas se pretende resolver con el sistema?

¿Cómo se pueden definir estos?

¿Qué subproblemas surgen en su desarrollo?

¿Qué datos hay disponibles?

¿Qué aspectos del problema considera más relevantes para la solución?

En esta etapa, el experto y el ingeniero de conocimiento trabajan conjuntamente para definir el problema. El experto describirá problemas típicos, pertenecientes al dominio, explicando cómo resolverlos y el razonamiento subyacente en cada resolución. El objetivo es identificar y verbalizar el conocimiento relevante para la solución del problema y conocer los elementos clave para su descripción.

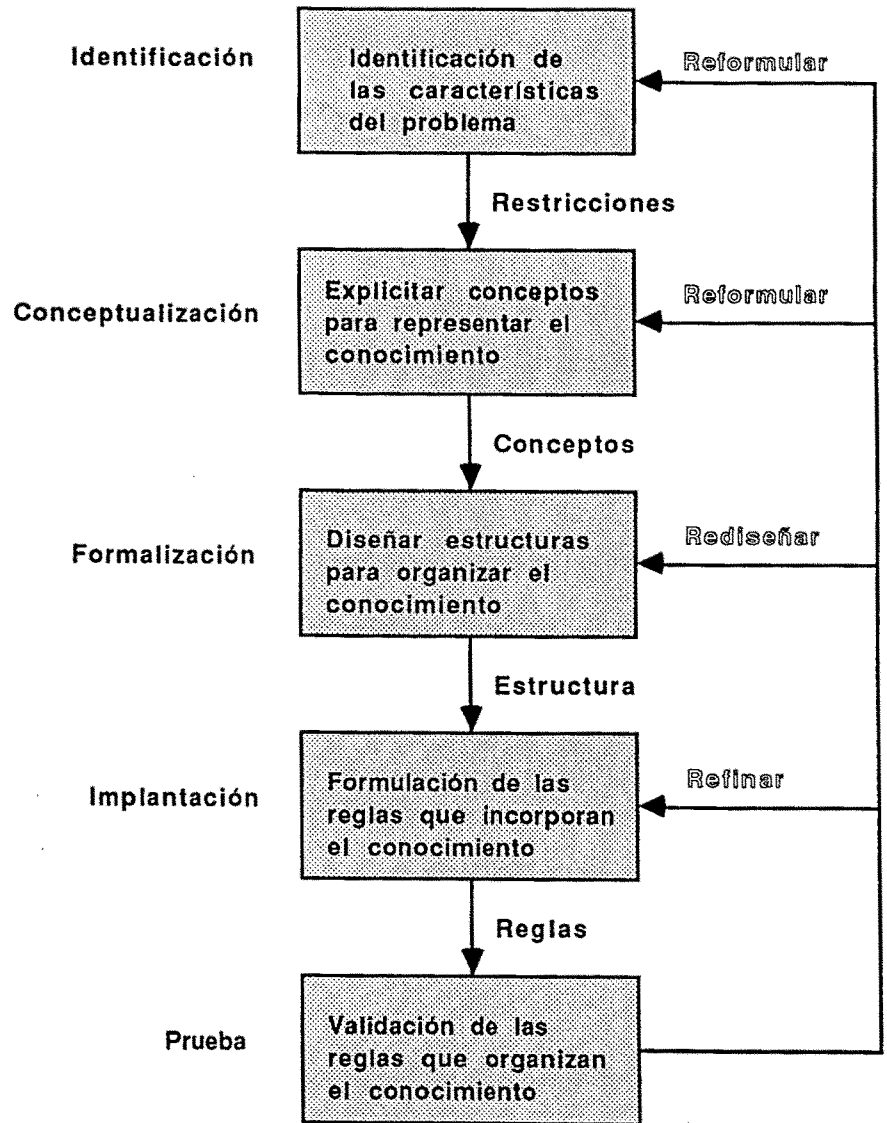


Fig. 16. Etapas en la adquisición de conocimiento

- 3) Definición de los recursos necesarios para adquirir el conocimiento, implantar el sistema y probarlo. Los recursos se refieren a: fuentes de conocimiento, tiempo, facilidades y herramientas de proceso e inversión necesaria. Todos ellos son importantes y todos ellos pueden limitar el desarrollo del sistema.
- b) Conceptualización del problema: conceptos clave y relaciones se explicitan y se incorporan como conocimiento al sistema. Las representaciones gráficas de conceptos y relaciones facilitan el trabajo del ingeniero de conocimiento y la visualización de la base conceptual. El trabajo conjunto del ingeniero de conocimiento y el experto se requiere también en esta etapa, con el fin de obtener un correcto y completo análisis del problema, antes de implantar un sistema prototipo.

Preguntas propuestas al experto en esta etapa serían de tipo:

- ¿Qué procesos implica la solución del problema?
- ¿Qué restricciones plantean esos procesos?
- ¿Qué tipo de datos son válidos?
- ¿Qué datos se proporcionan y cuales se infieren?
- ¿Cómo se describen los objetos del dominio?
- ¿Qué subtareas se pueden diferenciar?
- ¿Qué estrategias conlleva cada una?

Al igual que la etapa de identificación, la conceptualización debe utilizar ejemplos específicos de resolución y modificar, en caso necesario, conceptos y relaciones preestablecidos si no son consistentes con las soluciones alcanzadas en los ejemplos utilizados como prueba.

- c) Etapa de formalización: los procesos de formalización estructuran el conocimiento basándose en los diferentes esquemas de representación disponibles. Conceptos clave, subproblemas y características de la

información, obtenidos en la etapa anterior, se representan ahora mediante el adecuado esquema de representación de conocimiento.

Tres factores son importantes en el proceso de formalización: el espacio de hipótesis, el modelo de proceso y las características de los datos. El espacio de las hipótesis se refiere a la formalización de conceptos y a la determinación de cómo éstos se relacionan para formar hipótesis. Ejemplos de posibles preguntas a responder en esta fase serían: ¿La descripción de los conceptos tiene una buena representación en el esquema elegido? ¿Las relaciones entre conceptos son causales o espacio-temporales? ¿Tienen éstas representación explícita?. Explicitar el modelo de proceso que permita obtener la solución forma parte también de la formalización del conocimiento. Así como, el caracterizar los datos en el dominio.

El responder a preguntas del tipo que se plantean a continuación puede permitir esa caracterización:

¿Los datos son escasos y dispersos o, por el contrario, se dispone de gran cantidad de datos redundantes?

¿Los datos llevan asociada incertidumbre?

¿La interpretación lógica de los datos depende del orden de su ocurrencia en el tiempo?

¿Los datos son fiables, correctos, precisos o son poco fiables, incorrectos o imprecisos?

¿Los datos son consistentes y completos respecto del problema a resolver?

- d) Etapa de implantación. El conocimiento sobre el dominio puesto de manifiesto en la etapa de formalización, especifica las estructuras de datos, las reglas de inferencia y las estrategias de control. Este conocimiento formalizado en un esquema de representación, junto con una herramienta de resolución compatible, permite el desarrollo de un prototipo de sistema experto.



La utilización de herramientas para la construcción de la base de conocimiento o del prototipo de sistema experto, facilita el trabajo del ingeniero de conocimiento. En caso de no disponer de una herramienta adecuada para el desarrollo del nuevo sistema, el ingeniero de conocimiento tendría necesidad de construirla.

- e) Etapa de prueba. En ella se lleva a cabo la evaluación del prototipo construido y del esquema de representación que incorpora. Una vez que el sistema prototipo se ha ejecutado desde el principio hasta el fin con dos o tres ejemplos de prueba, está en condiciones de ser contrastado su funcionamiento con variedad de ejemplos que pongan de manifiesto las posibles deficiencias de la base de conocimiento y de las estructuras de inferencia. El ingeniero de conocimiento solicita, en este caso, al experto aquellos problemas que permitan evaluar efectivamente el rendimiento del sistema.

Los elementos que inciden principalmente en el rendimiento de un sistema son: las características de entrada-salida, las reglas de inferencia, las estrategias de control y los ejemplos de prueba. Las características de entrada-salida se refieren al proceso de adquisición de conocimiento y a la presentación de las conclusiones del sistema. El proceso de adquisición de conocimiento puede presentar deficiencias en el método empleado para su captura, bien porque se ha realizado incorrectamente, con propuesta al experto de preguntas erróneas o mal formuladas, o bien porque se ha producido pérdida de información. Las conclusiones obtenidas por el programa pueden ser adecuadas o inadecuadas. Así, las conclusiones obtenidas pueden ser muy pocas o demasiadas, con especificación de insuficientes o demasiadas hipótesis intermedias. Las conclusiones pueden no estar apropiadamente organizadas u ordenadas y la salida puede ofrecerse en un inapropiado nivel de detalle.

Los errores de razonamiento tienen, usualmente, su emplazamiento en el conjunto de reglas de inferencia. Las reglas pueden ser incorrectas, inconsistentes, incompletas o estar omitidas. El error puede estar tanto en las premisas como en la conclusión de la regla. Si, por ejemplo, las premisas de una regla son incorrectas, su aplicación puede ser inapropiada afectando la lógica del razonamiento. Y aunque las premisas y conclusiones fueran correctas, es posible que aparezcan errores en su enlace.

La estrategia de control usada para establecer la secuencia de resolución de un problema puede producir errores, especialmente cuando aquella no se ajusta a la secuencia aconsejada por el experto. Finalmente, la selección de un test poco apropiado para la prueba puede hacer fallar el prototipo al plantear un problema que se escapa del alcance del sistema.

En cada una de las fases de adquisición de conocimiento se requieren, por tanto, continuas revisiones que pueden implicar, reformulaciones de conceptos, rediseño de representaciones, o el refinar el sistema implantado. El refinar un prototipo lleva, normalmente, a revisar las fases de implantación y prueba, con el fin de ajustar las reglas y sus estructuras de control al comportamiento esperado del sistema. Cuando la dificultad se presenta en el proceso de razonamiento, el ingeniero de conocimiento puede plantearse la modificación de la arquitectura de la base de conocimiento, volviendo a la etapa de formalización para establecer una nueva representación; se trata ahora de un rediseño de la representación del conocimiento. Si los problemas son todavía más serios, el error puede estar en la conceptualización o en la identificación del problema; como consecuencia, sería necesaria la reformulación de algunos de los conceptos -objetos, relaciones, procesos- utilizados en el programa, con el recurso a nuevas fuentes de conocimiento en caso necesario.

#### **3.2.4 AYUDAS PARA EL DESARROLLO.**

El proceso de adquisición de conocimiento en sus distintas fases, puede facilitarse con el empleo de técnicas y ayudas específicas. Estas se agrupan en tres categorías principales: a) editores de texto e interfaces, de incidencia en las operaciones de captura del conocimiento, b) detectores de errores en el conocimiento capturado, basados en el empleo de ayudas a la explicación del razonamiento seguido por el sistema y, c) depuradores de la base de conocimiento, orientados a mejorar el rendimiento del sistema.

Los editores de texto son una herramienta para la adquisición de conocimiento. Su empleo facilita la adquisición y disminuye la comisión de errores. En este sentido, ayudan al usuario a evitar errores tipográficos y sintácticos, permitiendo controlar inconsistencias semánticas entre el nuevo conocimiento y el ya contenido en la base. Un buen editor de texto puede establecer la diferencia entre el éxito y el fracaso en la adquisición del conocimiento.

Ejemplos de editores de texto que controlan errores tipográficos y sintácticos son los asociados a los sistemas EMYCIN, STAMMER y ROSIE. Estos comprenden la sintaxis del lenguaje empleado en la construcción del sistema y pueden detectar, de este modo, errores de escritura. Si, por ejemplo, se intenta añadir una nueva regla de producción a la base de conocimiento del sistema, el usuario puede esperar del editor de texto que: señale los distintos campos de la regla, que provea las opciones por defecto, y que controle la sintaxis comprobando especialmente las palabras clave.

Algunos editores más sofisticados como KAS, ACE, ONCOCIN, RLL controlan no solo la sintaxis en la captura de conocimiento, sino también los aspectos semánticos de la misma. Comprueban, por ejemplo, que los nuevos datos a incorporar sean consistentes y completos, controles que quedan fuera de una exploración estrictamente sintáctica. Por otra parte, las comprobaciones semánticas son más difíciles de implantar en el sistema que las sintácticas y requieren una buena definición semántica del lenguaje de representación.

Otra facilidad de los editores es aquella que permite llevar una estadística permanente de los cambios producidos en la base de conocimiento y de las peticiones de información relevante solicitadas. Así, por ejemplo, cuando una regla es creada o modificada en EMYCIN, la fecha, el tiempo empleado y la identificación del usuario que la produce quedan registrados y almacenados junto a la regla, permitiendo determinar, más tarde, qué usuario es responsable de qué actos en la base de conocimiento.

Mostrar y explicar el razonamiento seguido en la solución de un problema forma parte de un sistema experto constituyéndose, además, en una facilidad que ayuda tanto al experto como al ingeniero de conocimiento a refinar y perfeccionar el sistema. A través de las facilidades de explicación se pueden sugerir cambios en la base de conocimiento, para clarificar aquellos procesos de solución que llevan al sistema a respuestas incorrectas o, aquellos hechos contenidos en la base de conocimiento que originan procesos incorrectos. La depuración de un programa a través de una traza de las operaciones efectuadas, es un procedimiento usado ampliamente en programación y su empleo especializado en los sistemas expertos ayuda al ingeniero de conocimiento a examinar, seguir y comprender el funcionamiento del sistema.

Los procesos de explicación de los sistemas expertos incorporan, comúnmente, la posibilidad de reconstruir la cadena de razonamiento una vez finalizado éste. La reconstrucción del proceso de inferencia sirve para explicar el comportamiento del sistema y muestra las reglas implicadas en la búsqueda de la solución. En EMYCIN, por ejemplo, se ofrece esta facilidad de explicación que junto a la facilidad de revisar y añadir reglas del editor, produce un sistema interactivo para el análisis y refinamiento de la base de conocimiento.

Otro tipo de explicación es aquella proporcionada por los sistemas que solicitan información al usuario antes de alcanzar conclusiones. El usuario puede controlar, en estos casos, el razonamiento del sistema preguntando:

¿Por qué más información?

Mostrando el sistema en su respuesta la regla evaluada en ese punto del proceso.

Información sobre:

¿Qué pasaría si...?

Puede considerarse, también, como una facilidad explicativa del sistema. La respuesta a preguntas del tipo

¿Qué pasaría si X es cierta? o

¿Por qué no se encuentra Y entre las conclusiones?

Pueden aportar información al usuario sobre el comportamiento del sistema.

Localizados, mediante las ayudas de explicación, los posibles focos de fallos de funcionamiento del sistema y delimitadas, como consecuencia, las partes de la base de conocimiento que deben ser objeto de revisión, queda el llevar a cabo ésta sin errores e inconsistencias. El control de consistencia semántica facilita las revisiones de la base de conocimiento. TEIRESIAS es un ejemplo de aplicación de esta ayuda. Otro posible método para seleccionar una adecuada revisión de la base de conocimiento es aquél, que comprueba el comportamiento del sistema en un buen número de problemas evaluando el impacto de las posibles revisiones. Aquella que produzca un mayor rendimiento del sistema será la que se lleve a efecto. Los sistemas EXPERT y EMYCIN incorporan estas facilidades para la revisión y depuración de la base de conocimiento.

### **3.3 VALIDACION DEL CONOCIMIENTO.**

La diversidad de las áreas de aplicación de los sistemas expertos y las características de los problemas sobre los que se aplica -problemas difíciles o mal definidos- requieren una buena metodología de construcción que asegure un adecuado diseño del sistema y una buena calidad del producto final. Un aspecto básico en esa metodología es la validación del sistema.

La validación de un sistema experto tiene como objetivos, asegurar la correcta estructura y la adecuada funcionalidad del sistema. De acuerdo con estos objetivos se pueden considerar diferentes aspectos en el proceso de validación.<sup>160</sup>

- a) Verificación estructural: pretende proveer al constructor del sistema de toda la información relevante respecto de la estructura de la base de conocimiento.
- b) Verificación funcional: permite asegurar un comportamiento adecuado del sistema respecto al problema cuya solución se intenta.
- c) Evaluación: tiene como objetivo proveer criterios para medir las características del sistema con referencia a su estructura y funcionalidad.

### **3.3.1 VERIFICACION ESTRUCTURAL.**

La verificación estructural se configura como un proceso que evalúa el conjunto de características estructurales del sistema, dependientes éstas del formalismo de representación empleado. Los métodos de verificación estructural pueden ser compartidos por diferentes sistemas, siempre que éstos empleen el mismo formalismo de representación.

La verificación estructural analiza las estructuras declarativas del lenguaje de representación empleado así como las implicaciones semánticas. Por ejemplo, si el formalismo de representación empleado es el de reglas de producción, las propiedades siguientes formarían parte del proceso de análisis de la verificación estructural:

- Reglas redundantes.
- Encadenamientos circulares entre reglas.
- Reglas no aplicadas.
- Objetivos no alcanzados.
- Situaciones de inconsistencia, etc.

---

<sup>160</sup> BRENDER et al. (1.989): " VALID project:State of the art ". En LOPEZ, B., MESEGUER, P. y PLAZA, E. "Knowledge Based Systems Validation: A State of the Art". AICOM Vol.3 N° 2 Junio 1.990

Las propiedades analizadas se pueden clasificar en críticas y no críticas. Las propiedades críticas representan condiciones que deben ser satisfechas por el sistema, al pertenecer estas a la semántica del lenguaje de representación como condiciones obligatorias. Si realizado del proceso de verificación del sistema, se concluye que éste no satisface las propiedades críticas, el sistema presentaría errores graves de funcionamiento. Las propiedades que pertenecen a esta categoría están referidas a la consistencia de la base de conocimiento o a la circularidad de las reglas.

Las propiedades no críticas dan información acerca de la estructura del sistema pero no se constituyen en condiciones obligatorias para el mismo. La redundancia entre reglas es un ejemplo de este tipo de propiedades.

La verificación estructural es en la actualidad uno de los aspectos más importantes en la validación de sistemas expertos y su estudio se centra principalmente en las representaciones basadas en reglas de producción, debido a la estrecha relación entre este formalismo de representación y el conocimiento a representar facilitando, así, el establecimiento de objetivos y métodos de la verificación estructural.

Alguna de las herramientas más relevantes de verificación estructural son: el verificador de reglas ONCOCIN <sup>161</sup>, que detecta las siguientes situaciones: a) de conflicto: dos reglas pueden ser aplicadas en la misma situación pero con resultados contradictorios, b) de redundancia: dos reglas pueden ser aplicadas en la misma situación y con los mismos resultados, c) de omisión de reglas: se da una situación en la que es necesario realizar una inferencia particular, pero no hay ninguna regla que se aplique a la situación para producir la conclusión deseada. La comprobación del conjunto de reglas de la base de conocimiento, se lleva a cabo por el sistema realizando la siguiente secuencia de operaciones: a) toma todos los atributos usados en la parte de condición de la regla y para el conjunto de reglas, b) construye una tabla, mostrando todas las posibles combinaciones de los valores de los atributos de las condiciones y el valor

---

<sup>161</sup> SUWA, M. et al. (1.982): "An approach to verifying completeness and consistency in a rule-based expert systems". En CHANG, C. L., COMBS, J. B. Y STACHOWITZ, R. A. (1.990): "A Report on the Expert Systems Validation Associate (EVA)" Expert Systems With Applications Vol. I pp. 217-230.

correspondiente atribuido, y, c) comprueba en la tabla las situaciones: de conflicto, redundancia y omisión de reglas, mostrando la tabla con el resumen de los potenciales errores encontrados.

El sistema INDE <sup>162</sup> detecta inconsistencias, reglas incompletas y reglas no activables en las bases de conocimiento basadas en reglas y con encadenamiento hacia adelante. El sistema divide la base de conocimientos en subconjuntos de reglas mutuamente excluyentes. Estos subconjuntos se denominan conceptos y son usados por el sistema para detectar inconsistencias. La base de reglas es potencialmente inconsistente si existe un concepto donde un atributo que pertenece a la parte de acción de la regla forme parte de dos reglas diferentes con diferentes valores. La base de reglas es incompleta si todas las reglas que concluyen el mismo atributo no están incluidas en la unión de todos los conceptos. Una regla es no aplicable si no está incluida en la unión de todos los conceptos.

Los anteriores sistemas y en general los sistemas actuales de verificación estructural analizan modelos simplificados de sistemas expertos centrándose, principalmente, en detecciones de inconsistencias y contemplando el sistema como un conjunto de reglas que se aplican tan pronto como sus condiciones se cumplen, teniendo en cuenta solo valores booleanos verdaderos. Sin embargo, los actuales sistemas incorporan estructuras explícitas de control ofreciendo, así mismo, alguna utilidad para gestionar la incertidumbre.

Algunos aspectos no incorporados en los actuales sistemas de verificación estructural, y que pueden considerarse como principales problemas pendientes, son los siguientes:

- a) Análisis de propiedades lógicas adicionales. Implica considerar, además de la consistencia como principal propiedad estructural a comprobar, otras

---

<sup>162</sup> PIPARD E.(1.988): "Detection d'incoherences et d'incompletitudes dans les bases de regles: le systeme INDE". En LOPEZ, B., MESEGUER, P. y PLAZA, E. "Knowledge Based Systems Validation: A State of the Art". AICOM Vol.3 Nº 2 Junio 1.990



propiedades que como la circularidad y la redundancia pueden ser causa de serios defectos de funcionamiento del sistema.

- b) **Análisis de propiedades informativas.** Las propiedades estructurales que analizan los sistemas actuales son esencialmente lógicas. Estas propiedades aseguran el buen funcionamiento del sistema, pero no proveen información acerca de la estructura del conocimiento codificado en la base de conocimiento. El determinar que áreas de la base de conocimiento no son relevantes en un determinado razonamiento, o el establecer que partes de la base de conocimiento son responsables del grado de certidumbre de una determinada solución, son ejemplos de propiedades informativas acerca del conocimiento almacenado en la base.
- c) **Incorporar la lógica de primer orden a los sistemas de verificación estructural.** La mayoría de los sistemas actuales de verificación estructural trabajan sobre formalismos de representación basados en reglas de producción. Sin embargo, muchos de los actuales sistemas expertos se basan en la lógica de primer orden para la representación del conocimiento y parece necesario que las herramientas de verificación estructural se desarrollen en este sentido.
- d) **Incorporar la comprobación de las estrategias de control en los sistemas de verificación.** Los sistemas expertos incorporan sofisticados procedimientos de control en los cuales el conocimiento estratégico y heurístico sobre cómo resolver un problema está codificado.
- e) **Incorporar el control de la incertidumbre.** Muchos sistemas expertos trabajan incorporando distintos tipos de incertidumbre, pero ésta no se considera en los sistemas actuales de verificación estructural. Así, los sistemas que trabajan con incertidumbre son tratados como sistemas booleanos, lo que lleva a una excesiva simplificación que no permite obtener información real sobre su estructura.

### 3.3.2 VERIFICACION FUNCIONAL.

La verificación funcional intenta asegurar que el modelo de dominio contenido en la base de conocimiento de un sistema se corresponda con la semántica del mundo real, ajustándose a las propiedades y a las relaciones que se pueden establecer entre las entidades que configuran el dominio.

La verificación funcional se realiza en ciclos, detectándose primero los resultados incorrectos para, a continuación, analizar el contenido de la base de conocimiento y modificar su estructura en orden a corregir el mal funcionamiento del sistema. Este ciclo es a menudo parte del proceso de adquisición del conocimiento y se denomina "refinamiento del sistema". En esta fase es posible la adición, borrado y modificación de estructuras de conocimiento, así como, de componentes de esas estructuras.

El desarrollo de metodologías y técnicas para llevar a cabo la verificación funcional de los sistemas ha dado todavía escasos resultados. Algunos de los intentos en este sentido se comentan a continuación.

Entre ellos, los sistemas para el refinamiento de conocimiento. SEEK y SEEK2 desarrollados en la Rutgers University. SEEK <sup>163</sup>, es un programa interactivo que unifica refinamiento de conocimiento y procesos de validación. Requiere dos fuentes de conocimiento: a) Aquella que proviene del experto en el dominio formando parte de la estructura de la base de conocimiento y, b) experiencia de casos, a través de un archivo de casos con sus correspondientes soluciones. SEEK ofrece en su entorno de trabajo información acerca del rendimiento del sistema y facilidades para experimentar con modificaciones de la estructura de la base de conocimiento. SEEK ayuda interactivamente al usuario:

- a) Ofreciendo información sobre el resultado de la evaluación de la base de conocimiento con respecto al archivo de casos.

---

<sup>163</sup> POLITAKIS P.(1.985): " Empirical Analysis of Expert Systems". En CHANG, C. L., COMBS, J. B. Y STACHOWITZ, R. A. (1.990): "A Report on the Expert Systems Validation Associate (EVA)" Expert Systems With Applications Vol. I pp. 217-230.

- b) Usando análisis estadístico sobre el funcionamiento de la base de conocimiento.
- c) El usuario puede pedir a SEEK que muestre el resultado de un posible proceso de refinamiento para, posteriormente, incorporar al sistema los cambios correspondientes siempre que el usuario así lo indique.

SEEK analiza el sistema experto evaluando el comportamiento de cada regla y proporcionando información sobre el número de casos en los cuales el resultado de la aplicación de la regla ha sido satisfactorio -se ha alcanzado la solución correcta-, y el número de casos en los que la regla se ha usado insatisfactoriamente -la solución obtenida ha sido incorrecta-. Los avisos de refinamiento de reglas producidos por SEEK se generan de forma automática y se basan en un análisis empírico del comportamiento de las reglas. Alguno de los posibles tipos de avisos producidos por SEEK son: incremento del factor de certidumbre de la regla; endurecimiento de las condiciones de la regla, por adición de componentes en la parte de antecedente, provocando una mayor dificultad en la satisfacción de las condiciones de la regla afectada; disminución del factor de certidumbre de la regla, etc.

Los avisos propuestos por SEEK se materializan, por tanto, en cambios específicos sobre las reglas de la base de conocimiento. Estos cambios se presentan al experto como una propuesta de experimentación, en la cual el experto puede elegir y probar. El exacto impacto de un cambio en el modelo se determina mediante la prueba, incorporando condicionalmente los cambios en el modelo y contrastando este con el archivo de casos.

El sistema SEEK2 <sup>164</sup> amplía las posibilidades de su predecesor:

- a) SEEK2 permite trabajar con formatos de base de conocimiento más generales que SEEK, al soportar éste una única forma de expresión de la base de conocimiento: solo reglas escritas de forma tabular.

---

<sup>164</sup> GINSBERG et al. (1.985): "SEEK2: a generalised approach to automatic knowledge base refinement". En LOPEZ, B., MESEGUER, P. y PLAZA, E. "Knowledge Based Systems Validation: A State of the Art". AICOM Vol.3 Nº 2 Junio 1.990

- b) La salida de SEEK2 es una versión completa y refinada de la base de conocimiento obtenida a partir de las decisiones de modificación tomadas por el sistema sin intervención del experto. SEEK2 incorpora a la base de conocimiento aquel refinamiento que permite obtener mejores resultados de cara a la solución final. La condición de parada del sistema se alcanza cuando ninguna nueva prueba supera el resultado de la actual.
- c) SEEK2 incorpora un lenguaje de propósito especial que permite al ingeniero de conocimiento definir conceptos y heurísticos de una forma clara y flexible. La definición de estrategias y heurísticos, para el refinamiento del sistema, pueden variar en función del dominio, pero también, en función del grado de desarrollo de la base de conocimiento. El lenguaje de refinamiento ofrece el soporte adecuado para expresar conocimiento específico sobre el dominio y dirigir el refinamiento del sistema.

La verificación funcional es uno de los aspectos menos estudiados en la investigación sobre validación de sistemas y en general se diseña para cada aplicación concreta.

### **3.3.3 EVALUACION.**

La evaluación intenta medir el rendimiento de un sistema experto y requiere, por tanto, la definición de un conjunto de medidas para evaluar un sistema experto. Los problemas que pertenecen al entorno de la evaluación son, entre otros: la definición de un objetivo estándar y realista para establecer comparaciones, el control de las desviaciones, el control de las variables, la adaptación de la evaluación al estado de desarrollo del sistema y, finalmente, la definición de protocolos de evaluación.

La evaluación requiere la definición de un buen objetivo estándar, es decir, una respuesta correcta, aceptada generalmente como tal, y con la que comparar los resultados obtenidos. Pero la dificultad está en cómo establecer el estándar. En MYCIN,

por ejemplo, la evaluación se establece comparando su respuesta con la opinión del experto humano<sup>165</sup>, mientras que en CADUCEUS la evaluación se realiza, comparando sus diagnósticos con los publicados en la literatura médica respecto de los casos seleccionados. El método más frecuente de fijación de objetivos es el indicado en MYCIN.

Además de alcanzar un resultado conforme al objetivo preestablecido, el establecimiento de un estándar realista para la evaluación, lleva a fijar el número de casos que el sistema debe resolver, de conformidad con el estándar establecido, para garantizar el buen funcionamiento del sistema

En cuanto a las desviaciones de los resultados respecto al estándar, se tendrá en cuenta que éste ha sido establecido por acuerdo de un grupo de expertos, y es posible que existan desviaciones entre los diagnósticos de los diferentes expertos humanos. La evaluación del sistema Pneumon-IA <sup>166</sup>, para el diagnóstico de neumonías, muestra que las desviaciones entre los diferentes expertos humanos puede ser tan grande como las desviaciones entre la opinión de los expertos y la respuesta del sistema.

Otro factor de la evaluación, el control de variables, se refiere al control de las especificaciones establecidas al inicio de la construcción del sistema y que deben ser evaluadas, teniendo en cuenta, el estado de desarrollo del sistema.

Por último, el establecimiento de un protocolo de evaluación debe recoger en sumario los aspectos anteriores: qué se quiere evaluar, el estándar con respecto al que se evalúa, cuando realizar la evaluación, cómo establecer el control de desviaciones, etc.

El conjunto de medidas que constituye la evaluación de un sistema experto pueden agruparse, en medidas referidas a la estructura y contenido del sistema, y en medidas referidas a la funcionalidad del mismo.

Las medidas que pertenecen al primer grupo se obtienen a través del examen de la base de conocimiento y se refieren:

---

<sup>165</sup> BUCHANAN, B.G. y SHORTLIFFE, E.H. (1.985): " The problem of Evaluation In: Rule-Based Systems: The MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming". En LOPEZ, B., MESEGUER, P. y PLAZA, E. "Knowledge Based Systems Validation: A State of the Art". AICOM Vol.3 N° 2 Junio 1.990

<sup>166</sup> VERDAGER et al. (1.989): "Validation to systeme expert Pneumon-IA". En LOPEZ, B., MESEGUER, P. y PLAZA, E. "Knowledge Based Systems Validation: A State of the Art". AICOM Vol.3 N° 2 Junio 1.990

- a) Al uso de los elementos estructurales de la base de conocimiento. Se obtienen por análisis estadístico y evalúan la estructura del formalismo de representación empleado.
- b) Inteligibilidad del conocimiento que contiene el sistema, basándose en que la utilidad de éste depende de su comprensión por el usuario.
- c) Profundidad y amplitud del razonamiento, teniendo en cuenta: el número de pasos necesarios hasta alcanzar una conclusión, la cantidad y relevancia de la información requerida y el orden en que esa información es solicitada.

Las medidas que evalúan la funcionalidad del sistema requieren información acerca del comportamiento del mismo. Se precisa, por tanto, disponer de un conjunto de casos resueltos para realizar las medidas correspondientes a la evaluación. Estas son: ejecución eficiente, razonamiento eficiente, razonamiento correcto, análisis de sensibilidad, precisión, robustez, utilidad y transferibilidad.

La ejecución eficiente se mide básicamente por el tiempo de respuesta del sistema. En aplicaciones de control de procesos es muy importante conocer el tiempo que tarda el sistema en producir una salida, ya que son sistemas tiempo-dependientes, almacenando la información correspondiente al tiempo de respuesta en el conjunto de reglas de la base de conocimiento.

La eficiencia en el razonamiento es una medida que se relaciona con el tipo de comunicación entre el sistema experto y el usuario. Tiene valor en ella: la elección del vocabulario, el orden de las preguntas y respuestas, la habilidad del sistema experto para explicar las decisiones tomadas y ajustar éstas explicaciones al nivel de experiencia del usuario.

El razonamiento correcto expresa el grado, en que la solución obtenida, se acerca al estándar prefijado. Esta medida debe considerar niveles estándar mínimos teniendo en cuenta el nivel de desarrollo del sistema.

El análisis de sensibilidad se realiza mediante cambio sistemático de los valores de las variables y los parámetros de entrada en un sistema experto, dentro de un

determinado rango de interés, con observación de su efecto sobre el rendimiento del sistema. Por ejemplo, en los sistemas que trabajan con incertidumbre, el análisis de sensibilidad mostraría, las entradas para las que el rango de valor de los factores de certidumbre aplicados no provocarían cambios en los resultados del sistema.

La precisión del sistema se relaciona con su ejecución bajo condiciones de: información incompleta, información típica e información atípica buscando comparar los resultados obtenidos.

La robustez del sistema se evalúa generando entradas de información aleatorias: entradas estándar -información razonable y coherente dada por el usuario y que proviene de casos resueltos con anterioridad- o entradas no estándar -información inconexa-, y observando el comportamiento del sistema en su capacidad para detectar posibles errores, o bien, su no detección continuando con la ejecución de forma normal

La transferibilidad es una cualidad del sistema que puede determinar su posterior uso como producto comercial. Características como la fuente de conocimiento usada y la metodología empleada en la construcción del sistema son, entre otras, las que determinan su empleo potencial.

La validación de los sistemas expertos es, en la actualidad, un campo de investigación no suficientemente estructurado y desarrollado. Respecto a la evaluación esta situación es todavía peor: no hay normas acerca de cómo enfocar el problema de la evaluación y no hay especificaciones acerca de las mediciones que forman parte de este proceso, definiendo algunos autores éstas en función de sus necesidades. Sin embargo la evaluación trabaja sobre conceptos y técnicas vinculadas a la estructura y funcionalidad del sistema, propiciando su desarrollo una mejor comprensión de las estructuras y comportamiento del sistema.

Un esquema de la aplicación de los procesos de validación a la modelización del conocimiento se muestra en la Figura.17.

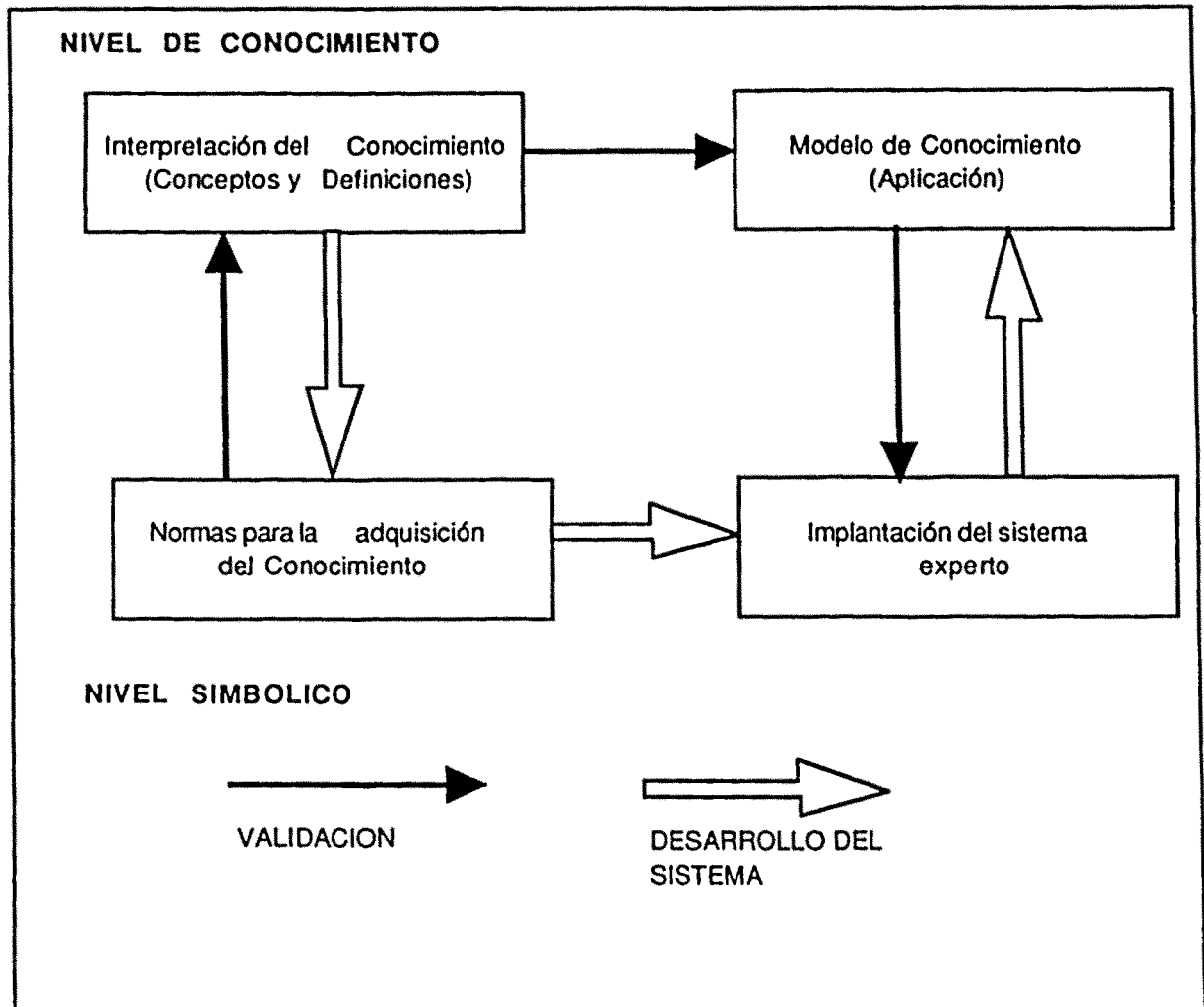


Fig.17. Modelización del Conocimiento

Al contemplar en su conjunto los procesos de validación, se pone de manifiesto su relevancia en aspectos metodológicos y prácticos en el desarrollo de los sistemas expertos. De una parte, proveen una metodología de verificación y evaluación de su rendimiento y, de otra, dada la importancia creciente en número y complejidad de las aplicaciones de los sistemas expertos, proporcionan un conjunto de métodos de evaluación que aseguran la calidad y funcionalidad de los mismos. Sin embargo, las técnicas y herramientas de validación se reinventan y desarrollan por cada nueva aplicación. No hay herramientas genéricas de evaluación aplicables a las diferentes



arquitecturas de sistemas y, tampoco se han precisado sistemáticamente los requisitos de validación para los distintos tipos de aplicaciones.

El proyecto VALID del programa Esprit II tiene como punto principal de investigación el diseñar un entorno integrado de validación donde los diferentes aspectos de esta -verificación, refinamiento, y evaluación- puedan ser analizados y resueltos. Este entorno debe plantearse como genérico para hacer posible su aplicación a diferentes sistemas. El estudio aborda el desarrollo de un lenguaje de validación de un cierto nivel de abstracción capaz de expresar los diferentes aspectos de la validación y capaz de trabajar con diferentes tipos de inferencias y arquitecturas de sistemas.

### **3.4 HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA LA CONSTRUCCION DE UN SISTEMA EXPERTO.**

En el desarrollo de un sistema experto el ingeniero de conocimiento dispone de herramientas software -programas- que facilitan su trabajo de construcción del sistema. El lenguaje de programación que incorporan estas herramientas es un lenguaje artificial diseñado expresamente para la construcción y depuración de sistemas expertos. El lenguaje provee ayuda al ingeniero de conocimiento en el proceso de adquisición de conocimiento y ofrece especiales facilidades para la construcción del sistema, especialmente en las fases de representación y manipulación del conocimiento.

Dos categorías de herramientas son diferenciables: entorno o concha de sistemas expertos y programas de propósito general. Una concha no es más que el resultado de quitarle a un sistema experto su base de conocimiento, dejándole el motor de inferencia y las ayudas de desarrollo y consulta que contenía. Los sistemas PROSPECTOR <sup>167</sup> y MYCIN <sup>168</sup> son un ejemplo: el resultado de quitar a PROSPECTOR su conocimiento sobre geología lo convierte en KAS, una concha de sistema experto para

---

<sup>167</sup> DUDA, R. et al.(1.978): "Development of the PROSPECTOR consultation system for mineral exploration". En WATERMAN, D. A. (1.986): "A Guide to Expert Systems". Addison-Wesley Publishing Company, Inc Massachusetts.

<sup>168</sup> SHORTLIFFE, E. (1.976): "Computer-Based Medical Consultations : MYCIN". En WATERMAN, D. A. (1.986): "A Guide to Expert Systems". Addison-Wesley Publishing Company, Inc Massachusetts.

diagnóstico y clasificación. De modo similar, del sistema MYCIN para diagnóstico y tratamiento de infecciones bacterianas se deriva la concha EMYCIN. La característica principal de éstas conchas es disponer de una estructura de programa para construir un sistema que facilita y hace más rápido su desarrollo. Pero le falta generalidad y flexibilidad, puesto que solo pueden ser aplicadas a una clase restringida de problemas y reducen de forma importante las opciones de diseño.

Las herramientas de propósito general pueden emplearse en diferentes áreas y tipos distintos de problemas. Permiten un mayor control sobre los procesos de acceso y búsqueda de los datos que las conchas, pero son más difíciles de usar.

Los lenguajes de ingeniería del conocimiento son muy variados con características diversas y distintos grados de sofisticación y desarrollo. Pero la mayoría tienen en común un predefinido motor de inferencia, preparado para procesar una base de conocimiento construida de acuerdo con las especificaciones del lenguaje.

La utilización de los lenguajes de ingeniería de conocimiento en la construcción de un sistema experto difiere con respecto a la utilización de lenguajes de programación orientados a la manipulación simbólica y diseñados para construir aplicaciones de inteligencia artificial, principalmente, LISP y PROLOG. En éstos, cuando el ingeniero de conocimiento construye el sistema utiliza el lenguaje para construir tanto la representación del conocimiento como el motor de inferencia para su acceso. Esto quiere decir que el sistema obtenido se ajusta a la medida del problema que se quiere resolver, pero también significa el empleo de mucho tiempo y esfuerzo en su desarrollo. Con los lenguajes de ingeniería de conocimiento se parte de una estructura de sistema dada y la dificultad está en encontrar el lenguaje que se adecúe más al problema que se pretende resolver.

Se comentan a continuación algunos de los lenguajes de ingeniería de conocimiento de más amplia aplicación en la construcción de sistemas expertos, abordando sus características en cuanto posibilidades de representación del conocimiento sobre el dominio y los tipos de aplicación más adecuados.

EMYCIN <sup>169</sup> es una concha de sistema experto desarrollada en la Universidad de Stanford y obtenida a partir de MYCIN, al que se ha eliminado el conocimiento sobre el dominio. El formalismo utilizado por EMYCIN para la representación del conocimiento es el de reglas de producción, con un rígido mecanismo de encadenamiento hacia atrás, que limita su aplicación a problemas de diagnóstico y clasificación principalmente. El sistema dispone de ayudas para la adquisición del conocimiento y mecanismos sofisticados de explicación, que clarifican y minimizan el tiempo de desarrollo de un sistema.

EMYCIN se ha utilizado principalmente en la construcción de sistemas expertos para diagnóstico en áreas como medicina, geología, ingeniería y agricultura, entre otras. Es de destacar el sistema PUFF <sup>170</sup>, que interpreta las medidas de un test de respiración realizado sobre pacientes con posible enfermedad pulmonar. El programa usa las medidas para producir un conjunto de posibles interpretaciones y emitir un diagnóstico del paciente.

Las reglas que forman la base de conocimiento de EMYCIN tienen la forma de: IF "antecedente" THEN "acción", donde el antecedente es una colección de expresiones que pueden ser verdaderas o falsas y, a las que se puede asociar un valor de certidumbre comprendido en el rango -1"falso" +1"cierto". Las acciones son conclusiones que se derivan de los antecedentes, y el conocimiento sobre el contexto se organiza en una estructura jerárquica en árbol.

KAS <sup>171</sup> es una concha de sistema experto basada en PROSPECTOR, del que ha sido eliminado su conocimiento sobre geología. KAS presenta dos métodos básicos para representar el conocimiento: reglas de inferencia a las que se asocia factores de certidumbre y redes semánticas. Los procesos de inferencia se llevan a cabo mediante

---

169 Van MELLE, W. SHORTLIFFE, E. H. y BUCHANAN, B. G. (1.981): "EMYCIN: A domain-independent system that aids in constructing knowledge-based consultation programs" En CUENA, J., FERNANDEZ, G., LOPEZ de MANTARAS, R. y VERDEJO, M. F. (1.986): " **Inteligencia Artificial: Sistemas Expertos**" Alianza Editorial, Madrid.

170 OSBORN, J., KUNZ, J. C. y FAGAN, L. M. (1.978): "PUFF/VM: interpretation of physiological measurements in the pulmonary function laboratory and the intensive care unit" En HAYES-ROTH, F., WATERMAN, D. y LENAT, D. (1.983): " **Building Expert Systems** " Addison Wesley Massachusetts.

171 REBOH, R. (1.981): "Knowledge Engineering Techniques and Tools in the PROSPECTOR Environment" En BONNET, A. (1.984): " **L'intelligence artificielle. Promesses et Réalités**" Inter Editions, Paris.

encadenamiento hacia adelante y hacia atrás de las reglas y la propagación de la incertidumbre a través de la red semántica. El entorno de trabajo de KAS provee facilidades de explicación y adquisición de conocimiento. Se puede clasificar a KAS como un programa de diagnóstico que admite consulta interactiva informando al usuario sobre la mejor estrategia a emplear.

EXPERT <sup>172</sup> es una concha de sistema experto que utiliza reglas de producción como formalismo de representación del conocimiento, llevando a cabo el control de inferencia por encadenamiento hacia adelante de las reglas. Estas características le configuran como un sistema apropiado para problemas de diagnóstico y clasificación. EXPERT presenta en su entorno facilidades de explicación, adquisición de conocimiento y validación de consistencia que permiten desarrollos rápidos de sistemas.

La consistencia de la base de conocimiento se valida por comprobación de casos. Los casos representativos y de los que se conoce el resultado se almacenan y usan para contrastar el sistema después de la adición al mismo de nuevas reglas. Si algún caso no produce las conclusiones correctas, EXPERT muestra el razonamiento seguido en la resolución y el ingeniero de conocimiento puede individualizar las reglas que han producido los resultados erróneos.

EXPERT se ha utilizado para construir programas de diagnóstico en diversas áreas, principalmente en medicina, geología. Algunos ejemplos de programas de diagnóstico en medicina serían: en reumatología, AIRHEUM <sup>173</sup>, que ayuda al diagnóstico médico de enfermedades reumáticas, particularmente en aquellos casos difíciles de diagnosticar por un no especialista en reumatología; en oftalmología Ocular Herpes Model <sup>174</sup>, un programa de diagnóstico de pacientes con herpes ocular.

---

172 WEISS, S. M. y KULIKOWSKI, C. A.(1.979): "EXPERT A system for developing consultation models". En CUENA, J., FERNANDEZ, G., LOPEZ de MANTARAS, R. y VERDEJO, M. F. (1.986): " **Inteligencia Artificial: Sistemas Expertos**" Alianza Editorial, Madrid.

173 LINDBERG, D., SHARP, G., KINGSLAND, L., WEISS, S., HAYES, S., UENO, H. y HAZELWOOD, S. (1.980): "Computer Based Rheumatology Consultant". En WATERMAN, D. A. (1.986): " **A Guide to Expert Systems**". Addison-Wesley Publishing Company, Inc Massachusetts.

174 KASTNER, J., WEISS, S., KULIKOWSKI, C. (1.982): "Treatment Selection and Explanation Expert Medical Consultation: application to a model of ocular herpes simplex". En WATERMAN, D. A. (1.986): " **A Guide to Expert Systems**". Addison-Wesley Publishing Company, Inc Massachusetts.

EXPERT interactúa con el usuario a través de menús, permitiéndole interrumpir en cualquier punto el proceso para añadir nuevos datos o cambiar respuestas a preguntas anteriores. El usuario puede, también, solicitar información en cualquier momento sobre el desarrollo del proceso. El sistema es fácil de usar y permite un desarrollo rápido de prototipos.

OPS5 <sup>175</sup> es un programa de propósito general que utiliza reglas de producción como esquema de representación de conocimiento y encadenamiento hacia adelante como mecanismo de control de inferencia. Los elementos de datos se tratan en OPS5 como objetos caracterizados por conjuntos de pares atributo-valor. Las reglas tienen la forma de "antecedente"——>"consecuente" donde el antecedente describe los elementos de datos y el consecuente especifica las acciones a realizar si el antecedente se encuentra en la base de datos. El proceso de reglas es dirigido por objetivos, siendo el conjunto de reglas sensibles a los objetivos de un problema dado aquéllas que forman el método de resolución del problema. Las reglas asociadas al método de resolución pueden realizar tareas directamente o pueden crear objetivos que indiquen a otras reglas la tarea a realizar.

OPS5 es el último de una serie de lenguajes similares desarrollados en la Universidad Carnegie-Mellon orientados a la modelización de los procesos cognitivos y de memoria humanos. Tanto OPS5 como sus predecesores pertenecientes a la serie OPS <sup>176</sup> han sido utilizados en el desarrollo de aplicaciones en psicología.

OPS5 al emplear un lenguaje de propósito general permite, fácilmente, ajustar el diseño del sistema experto a las características del dominio. Esta generalidad facilita, también, diversas formas de representación de datos y estructuras de control en un sólo programa, permitiendo el proceso de múltiples objetivos en paralelo, con posibilidad de interrupción de un proceso para pasar a otro. Las reglas en OPS5 se construyen a partir

---

175 FORGY, C. L. (1981): "OPS5 Users Manual". En RAUCH-HINDIN, W. B. (1989): "Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Actividad Empresarial, la Ciencia y la Industria" Ed. Díaz de Santos, Madrid.

176 FORGY, C. y McDERMOTT, J. (1977): "OPS: A Domain-Independent Production System Language". En BONNET, A. (1984): "L'intelligence artificielle. Promesses et Réalités" Inter Editions, Paris.

de las estructuras de datos disponibles. Sin embargo, al programa le falta un atractivo entorno de trabajo. No dispone de mecanismos de adquisición de conocimiento ni de explicación y sólo provee facilidades mínimas de edición y depuración. El simbolismo empleado en las reglas es muy opaco y no dispone, como EMYCIN, de la posibilidad de dar una versión de las reglas en lenguaje natural al usuario. A pesar de esto, OPS5 es uno de los lenguajes de ingeniería de conocimiento más utilizados en el desarrollo de sistemas comerciales debido por una parte a una eficiente ejecución y de otra a su validez contrastada.

ROSIE <sup>177</sup> es un programa de propósito general. que combina las reglas de producción como esquema de representación de conocimiento, junto a un lenguaje procedimental <sup>178</sup>. Así, los programas que utilizan ROSIE como herramienta de desarrollo están formados por procedimientos y funciones, definidos cada uno de ellos por un conjunto de reglas. Los procedimientos son equivalentes a subrutinas, puesto que realizan cierta tarea para, una vez realizada, devolver el control de ejecución al punto de llamada en el programa. Las funciones pueden ser generadores o predicados. Los generadores devuelven, después de ser ejecutados, un valor o un conjunto de valores. Un predicado es una función que siempre devuelve el valor verdadero o el valor falso.

ROSIE dispone de una sintaxis parecida al inglés que facilita la lectura de su código. Las premisas de las reglas se construyen a partir de los datos, incluyendo en su entorno de ejecución herramientas de edición y depuración, pero no incluye facilidades de explicación y adquisición del conocimiento.

### **3.5 CRITERIOS DE SELECCION DE HERRAMIENTAS.**

En el desarrollo de un sistema experto hay dos decisiones importantes que tomar. Por una parte, el delimitar el problema cuya solución se pretende y, de otra, la selección de la herramienta más adecuada de construcción del sistema. Si la primera es básica

---

<sup>177</sup> HAYES-ROTH, F. et al. (1.981): "Rationale and motivation for ROSIE". En HAYES-ROTH, F., WATERMAN, D. y LENAT, D. (1.983): " **Building Expert Systems** " Addison Wesley Massachusetts.

<sup>178</sup> Lenguaje que utiliza subrutinas -procedimientos- para organizar y controlar la ejecución del programa.

para el desarrollo posterior del sistema, la selección de la herramienta que mejor se adecúe al sistema que se pretende construir es, también, una decisión clave que puede ahorrar, en caso de ser acertada, importantes recursos en el proceso de desarrollo.

La selección puede presentar ciertas dificultades ya que, para una tarea dada, distintas herramientas pueden ajustarse, igual de bien, a las características de aquella y permitir su solución. Es necesario, por tanto, plantearse una estrategia de selección de la herramienta más adecuada.

Algunas de las preguntas básicas que surgen en la elección de la herramienta y a las que se debe dar respuesta son, por ejemplo:

- ¿La herramienta disponible tiene la potencia y facilidades requeridas?
- ¿Es una herramienta fiable?
- ¿Es una herramienta con garantías de mantenimiento?
- ¿Se ajusta la herramienta a las características del problema?
- ¿Se ajusta la herramienta a las necesidades de la aplicación?

La primera pregunta tiene respuesta en las propias restricciones del proceso de desarrollo. De este modo, si el desarrollo de un sistema experto requiere tiempo, dinero, personal cualificado y cierta infraestructura de equipos informáticos, todos estos factores están influyendo, a su vez, sobre la selección de la herramienta a utilizar. El tomar como punto de partida la utilización de un lenguaje de ingeniería de conocimiento para el desarrollo del sistema, está justificado por las facilidades que éstos ofrecen en la representación y acceso al conocimiento contenido en el sistema y por el soporte que ofrecen para un desarrollo más fácil, rápido y barato que el obtenido como consecuencia del empleo de otras herramientas como, por ejemplo, los lenguajes de programación LISP o PROLOG.

Por otra parte, el desarrollo de un sistema experto puede verse seriamente afectado si la herramienta utilizada en su construcción es poco fiable. Así, por ejemplo, una herramienta experimental suele ser causa de problemas derivados de su posible incompleta u obsoleta documentación, incompletas o escasas pruebas de funcionamiento

o variaciones en las especificaciones del lenguaje. La seguridad en la utilización de una herramienta viene marcada por el uso extensivo de la misma por la comunidad de usuarios y por las referencias con respecto a su robustez y buena depuración disponibles.

Otra cuestión no menos importante es la relacionada con el mantenimiento de la herramienta elegida. Este asegura el adecuado rendimiento de la herramienta durante el tiempo de desarrollo del sistema, así como, en caso necesario aclaraciones sobre su uso.

Las características del problema planteado sugieren posibles tipos de solución que, a su vez, sugieren determinadas características de la herramienta a aplicar. De manera similar, las necesidades operativas de la aplicación, también sugieren las características que debe reunir la herramienta elegida para proporcionar el deseado entorno de trabajo. La elección debe hacerse, considerando solo aquellas herramientas que cubren, al menos, los aspectos más importantes requeridos tanto por el problema como por la aplicación.

Las características del problema relevantes en la elección de la herramienta incluyen los datos, el espacio de búsqueda de la solución y la estructura del problema. Así, con respecto a los datos, en un problema determinado, éstos pueden presentarse, variables en el tiempo, con un alto coste de adquisición, inconsistentes, con errores. Respecto a la búsqueda de la solución, el espacio de búsqueda puede ser grande o pequeño, presentando los problemas con mayor espacio de búsqueda una mayor dificultad. La estructura del problema puede ser tal que permita segmentar éste en subproblemas y dar a cada uno de ellos una solución independiente, facilitando su solución.

Las características de la aplicación incluyen, entre otras, el modo en que el sistema interactúa con los usuarios, el tipo de usuarios finales a quienes se dirige, la documentación del programa y la guía de autoinstrucción que presente el mismo. Un ejemplo sería la forma en que el sistema interactúa con el usuario guiándole en la solución del problema o la dificultad de utilización de la herramienta orientada a usuarios expertos o a principiantes.



Las características de la herramienta hacen referencia a la construcción y modificación de las reglas, al tratamiento de otros esquemas de representación, a la forma en que se construyen los mecanismos de explicación, al tratamiento de los factores de certidumbre, etc. Las características que facilitan la velocidad de desarrollo del sistema son siempre deseables. En este sentido, una herramienta que disponga de un lenguaje de alto nivel y de fácil comprensión es una herramienta más fácil de usar que otra que no disponga de ésta característica.

### **3.6 APORTACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS A LA TOMA DE DECISIONES.**

El proceso de toma de decisiones está integrado por distintas fases que se relacionan con las etapas de solución de problemas enunciadas por Dewey: <sup>179</sup> ¿Cuál es el problema? ¿Cuáles son las alternativas? ¿Cuál es la mejor alternativa?. El análisis formal de la toma de decisiones ha venido aplicando, principalmente, instrumentos matemáticos para solucionar problemas concretos de decisión en la empresa. Estas herramientas matemáticas resultan muy valiosas cuando su aplicación va dirigida a problemas que reúnen ciertas características, entre otras:

- a) Que el objetivo fijado pueda alcanzarse tratando sólo con datos y resultados que puedan ser medidos y valorados numéricamente y estimados con la precisión suficiente para la tarea planteada.
- b) Que la definición del modelo, correspondiente a la situación de decisión, se ajuste a los instrumentos matemáticos a utilizar.
- c) Que el problema sea lo suficientemente limitado, de modo que los cálculos se efectúen en tiempo y coste razonable.

Los sistemas expertos como herramientas aplicadas a la solución de problemas de decisión, presentan características que los diferencian notablemente de los métodos matemáticos anteriores, destacando entre ellas:

---

<sup>179</sup> DEWEY, J. (1.910): "How We Think". En SIMON, H. "La Nueva Ciencia de la Decisión Gerencial" El Ateneo, Buenos Aires 1.982

- a) La manipulación no numérica de símbolos.

El conocimiento que incorpora un sistema experto puede incluir tanto información numérica como literales. Pero el diseño del conocimiento puede ser tal que integre exclusivamente conocimiento simbólico no cuantitativo capaz de registrar los criterios que aplica un experto en la solución de una tarea, su experiencia, sus intuiciones, elementos que pueden resultar, por otra parte, de difícil cuantificación.

- b) La simulación del pensamiento humano mediante respuestas flexibles y adaptativas.

La Base de Conocimiento en un sistema experto es flexible, admitiendo, fácilmente, la incorporación de nuevo conocimiento mediante la adición o supresión de reglas. Característica ésta, que posibilita el registro de las variaciones en el conocimiento del decisor sobre el problema a resolver.

También es variable el entorno en el que se produce la toma de decisiones.

La información acerca de hechos reales o supuestos, a tener en cuenta en el ámbito de la decisión, se modifica fácilmente, añadiendo o eliminando los objetos y las características que los definen. Considerando que son éstos objetos, los elementos que registran el conocimiento sobre el ambiente en el que se produce la decisión.

Son posibles, además, situaciones de aprendizaje donde el sistema *recuerda* determinadas acciones de decisión y sus consecuencias, aplicando ese conocimiento a posibles -futuras- situaciones similares.

- c) La búsqueda heurística de la solución.

La búsqueda de la solución guiada por heurísticos, es decir, por conocimiento que proviene de la experiencia o, sencillamente, del sentido común de un experto conocedor del problema a resolver, es importante para enfrentar los problemas de toma de decisiones.

Muchos de los procesos que éstos engloban no pueden ser sistematizados completamente y como consecuencia, en ocasiones, se producen discontinuidades entre las distintas fases que constituyen el proceso o, incluso, dentro de una misma etapa de decisión. El conocimiento heurístico permite obviar aquéllas y dar continuidad a los procesos de razonamiento para alcanzar la solución del problema.

En los casos de problemas muy amplios en los que la aplicación de las técnicas analíticas resulta inviable por el excesivo tiempo y coste de su utilización, la aplicación de las técnicas heurísticas permite, sino hallar la respuesta óptima, sí hallar la mejor respuesta posible en un plazo de tiempo satisfactorio. Si se tiene en cuenta, además, la capacidad de los sistemas expertos para incorporar variables cualitativas, variables que no precisan valoración numérica y cuyo comportamiento puede asimilarse al de elementos -la experiencia, el sentido común, la intuición, el aprendizaje, elementos especialmente relevantes en los procesos de toma de decisiones-, los sistemas expertos se constituyen en una valiosa herramienta de apoyo al decisor.

- d) Enlace con técnicas de procesamiento de grandes volúmenes de datos y técnicas matemáticas clásicas.

Las aplicaciones más comunes del ordenador están, en la actualidad, relacionadas con la automatización de multitud de actividades de rutina y de procesamiento de datos repetitivos en la empresa. El volumen de información accesible puede llegar a ser muy importante, tanto por la cantidad como por el interés de los datos almacenados. En éstos casos, el acceso y actualización de los datos se produce a través de un Sistema Administrador de Bases de Datos que, además de gestionar de modo eficiente su almacenamiento, facilita su integración, en orden a alcanzar una información más completa y fiable.

Por otra parte, el perfeccionamiento de los modelos matemáticos empleados en la simulación de problemas de toma de decisiones, unido a la mayor disponibilidad de potencia y velocidad de cálculo de los ordenadores hace que su aplicación a la empresa amplíe la gama de decisiones programadas susceptibles de resolverse mediante éstas técnicas.

La combinación, por un lado, de las técnicas matemáticas aplicadas a las variables acumulativas y, de otro, a las técnicas de almacenamiento y proceso de grandes volúmenes de datos, capaces de instrumentar las decisiones tomadas en detalle y a los diferentes niveles administrativos de la empresa, hacen que la automatización alcance no solo a los procedimientos administrativos de rutina, sino también a las decisiones de nivel intermedio tomadas en la empresa.

Los sistemas expertos pueden enlazar con ambos procesos. Incorporando procedimientos de decisión programados a través de la ejecución de rutinas externas al sistema e integrando la información obtenida como parte del conocimiento del propio sistema. Accediendo a la información actual e histórica contenida en las grandes bases de datos con las que trabaja la empresa y disponer, de este modo, de una adecuada y eficaz fuente de conocimientos. Es posible también, que sea el propio sistema quien envíe, para su almacenamiento, información a la base de datos. Información que se incorporará al flujo de datos de la empresa.

Se considera relevante, la posibilidad de acceso y utilización de los datos contenidos en las grandes bases de datos de que dispone la empresa como apoyo al proceso de toma de decisiones.

## APENDICE: APLICACION DE UN SISTEMA EXPERTO A UN MODELO DE TOMA DE DECISION.

### 1 LA AUTOMATIZACION DE LA TOMA DE DECISIONES.

Una primera aproximación a la variedad de formas posibles de toma de decisiones en la empresa permite su clasificación en decisiones *programadas y no programadas* <sup>180</sup>. Las decisiones se programan cuando se refieren a tareas repetitivas y de rutina, para las que se ha elaborado un protocolo de actuación de modo que una vez presentadas no se traten como nuevas. Las decisiones no programadas son aquellas que se corresponden con tareas novedosas, no estructuradas e importantes, para las que no existe un método previsto de actuación, bien porque no han surgido antes, bien porque la naturaleza variable, propia de la tarea, se escapa a su sistematización. Las técnicas de toma de decisiones varían en cada caso, teniendo en cuenta la clasificación anterior.

Respecto a las decisiones programadas, el desarrollo de procedimientos operativos estándar proporcionan pautas formales de actuación a los decisores ante problemas conocidos, al mismo tiempo que establecen un organigrama decisional acerca de qué miembros del colectivo son responsables de qué clases de decisiones.

En cuanto a las decisiones no programadas, las técnicas empleadas no obedecen a procedimientos formales; se basan en el criterio del decisor y ese criterio es dependiente de su experiencia, perspicacia e intuición <sup>181</sup>. La destreza del decisor puede mejorar por aprendizaje admitiendo que la experiencia de enfrentar situaciones de creciente dificultad supone un aumento de la capacidad para la toma de decisiones.

Las primeras aplicaciones del ordenador a la toma de decisiones en la empresa han estado muy relacionadas con la automatización de actividades de rutina y el procesamiento de datos repetitivos, que se corresponden con procesos altamente

---

<sup>180</sup> SIMON, H. (1.982): "La Nueva Ciencia de la Decisión Gerencial" El Ateneo, Buenos Aires.

<sup>181</sup> SIMON, H. (1.982): "La Nueva Ciencia....." (Op. cit.)

programados convertidos, de este modo, en procesos automáticos. Las características de la aplicación del ordenador a las decisiones programadas se pueden resumir:

- a) Alto nivel de automatización en la toma de decisiones de rutina y en el procesamiento de datos que pertenecen al área de trabajo no directivo.
- b) Desarrollo de las técnicas matemáticas, correspondientes a la investigación operativa y su aplicación a la toma de decisiones programadas, extendiéndolas a un número creciente de decisiones en el ámbito de la dirección.
- c) Extensión de la aplicación de las técnicas matemáticas a problemas complejos; problemas que se pueden representar mediante un modelo matemático que imite su comportamiento en condiciones variables y permita la evaluación de los resultados obtenidos.

El desarrollo de las anteriores técnicas de toma de decisiones no excluye la dificultad de someter a tratamiento matemático determinados problemas, escapando éstos a los procedimientos de solución asociados.

La solución de problemas de toma de decisiones no programadas implica algún procedimiento de búsqueda guiada por indicios que, percibidos por el decisor, orientan la solución del problema planteado. La búsqueda heurística como método de resolución de problemas en Inteligencia Artificial, se aproxima a los procesos mentales seguidos por el decisor intentando su simulación; el objetivo es completar la inteligencia natural con la inteligencia artificial en la toma de decisiones, empleando los programas de ordenador como una ayuda a la solución de problemas no estructurados.

La simulación, mediante técnicas de la Inteligencia Artificial, de los procesos de búsqueda de solución en problemas de decisión complejos, puede conducir a la automatización de algunas de éstas tareas y, también, a disponer de medios que colaboren a la mejora de la eficiencia en su realización.

En algunos casos, el mejor conocimiento de ciertos procesos cognitivos en la toma de decisiones no programadas, permite alcanzar su automatización. Su puesta en

práctica, sin embargo, pasaría por la consideración de las ventajas comparativas obtenidas de aquélla respecto del trabajo directo del decisor. Todavía, en la actualidad, la utilización del ordenador en la solución de problemas heurísticos no presenta las ventajas de eficiencia que comparativamente se dan entre las personas y los ordenadores en los problemas científicos de cálculo aritmético.

La mejora de la actividad en la solución de problemas es otro aspecto a considerar. En aquélla, el decisor puede recurrir a las técnicas de la Inteligencia Artificial como una ayuda en el diagnóstico preciso de las dificultades que plantea la solución del problema en un dominio y modificar, en su caso, la estrategia de solución. Se puede, también, determinar con exactitud qué necesita conocer el decisor acerca de un determinado problema -qué debe observar, de qué manera proceder- para su solución eficaz.

## **2 UN MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES DE INVERSION EN LA EMPRESA.**

Las decisiones de inversión pueden contemplarse como un proceso que reúne las características siguientes: el conjunto de operaciones que lo constituyen -cada una de las decisiones de inversión- están relacionadas entre sí, se desarrollan en un periodo de tiempo determinado y trabajan bajo ciertas condiciones externas -entorno económico-. Este enfoque de la toma de decisiones en la empresa permite su tratamiento como un proceso dinámico y adaptativo cuya modelización se facilita con el empleo de los árboles de decisión.

El empleo de árboles de decisión como herramienta a aplicar, particularmente, en el estudio de decisiones de inversión secuenciales se debe principalmente a Magee <sup>182</sup> y permite representar, de una manera gráfica y simplificada, los elementos y relaciones que surgen en el proceso. En los árboles de decisión se distinguen dos clases de elementos:

---

<sup>182</sup> MAGEE, J. F. (1.964): "Decision Trees for Decision Making". Harvard Business Review, volumen. 42, Nº 4 126-138. En GROFF, G. K. y MUTH, J. F. (eds.) (1.974): "Modelos de Decisión" El Ateneo Buenos Aires.

los arcos o ramas y los nodos o vértices. Un arco o rama se representa por una línea orientada que une dos nodos y registra acciones. Los nodos representan los estados o alternativas que se presentan al decisor como consecuencia de cada acción.

Un ejemplo de formulación de un sencillo árbol de decisión se muestra en la Figura 18 <sup>183</sup>. Se trata de determinar la estrategia óptima de entre un conjunto de estrategias posibles  $A = \{a_1, \dots, a_i, \dots, a_m\}$ , dados los estados de la naturaleza  $\mu = \{\mu_1, \dots, \mu_j, \dots, \mu_n\}$  y siendo los resultados condicionales  $\{b_{ij}\}$  ( $i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$ ), con  $b_{ij}$  consecuencia previsible si se opta por la acción  $a_i$ , dándose el estado de la naturaleza  $\mu_j$ .

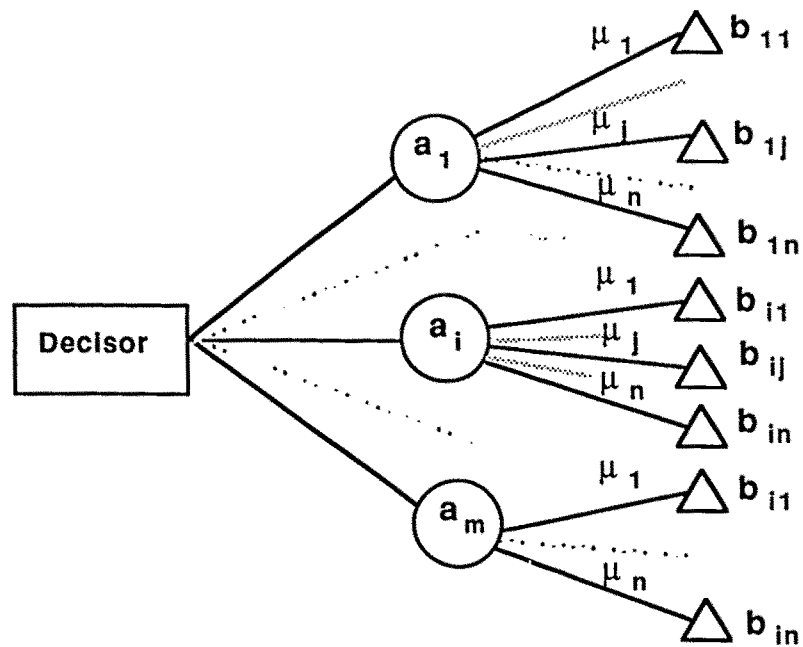


Fig. 18

El decisor se sitúa en la raíz del árbol expresando las primeras ramas las estrategias posibles a desarrollar ( $a_1, \dots, a_i, \dots, a_m$ ); las siguientes ramas conducen a los nodos terminales, representados por el símbolo  $\Delta$ , a los que se ha asociado un

<sup>183</sup> LOPEZ CACHERO, M.(1.989): " Análisis y Adopción de Decisiones" Pirámide S.A. Madrid.



determinado estado de la naturaleza. Así, si el decisor sigue la rama correspondiente a la estrategia  $a_j$  y el estado de la naturaleza que se presenta es  $\mu_j$ , obtendría en  $\Delta$  el resultado  $b_{ij}$ .

Se produce un proceso de decisión secuencial, cuando la decisión a adoptar depende de otras. El ejemplo simplificado de la figura anterior recoge una sola etapa en el proceso de decisión, pero se ha de suponer una sucesión de etapas en las que se produce una selección de estrategias dependiendo de la información disponible y de sus correspondientes implicaciones. El problema consiste en identificar las distintas etapas del proceso, la información del entorno en cada una de ellas, las interrelaciones entre las decisiones concernientes a una etapa con las restantes y los resultados asignables a cada decisión en cada etapa para establecer de esta forma el procedimiento que permita al decisor tomar la decisión óptima. Un proceso de éstas características se muestra en la figura siguiente.

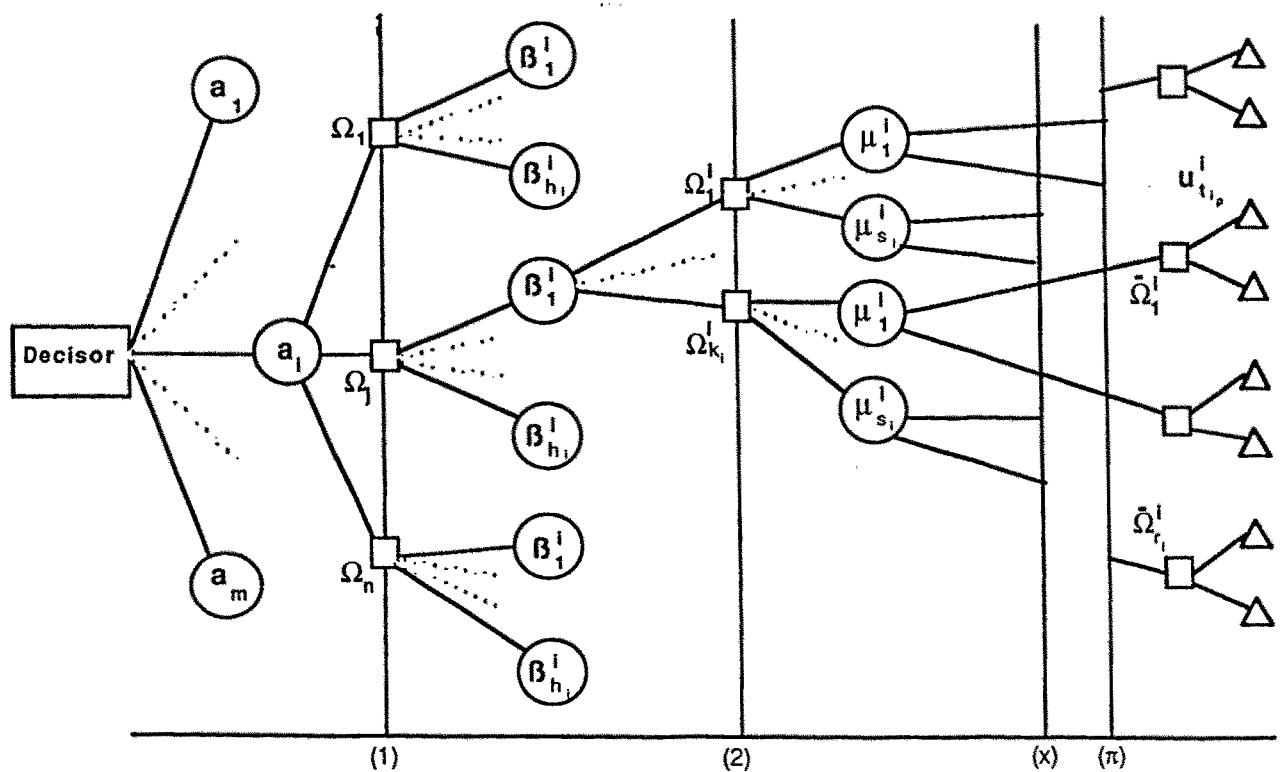


Fig. 19

La Figura 19 <sup>184</sup> muestra al decisor, en una primera fase (1), ante un conjunto de estrategias/acciones  $\{a_1, \dots, a_i, \dots, a_m\}$  a elegir, correspondiendo a cada una de ellas un conjunto de  $n$  posibles estados de la naturaleza,  $\{\Omega_1, \dots, \Omega_j, \dots, \Omega_n\}$ . En la segunda fase, cada acción  $a_i$  de la etapa anterior, está relacionada con un conjunto de nuevas acciones  $\{\beta_1^i, \dots, \beta_n^i\}$  a quienes corresponde los estados de la naturaleza  $\{\Omega_1^i, \dots, \Omega_{ki}^i\}$  y donde se procederá nuevamente a una selección. El proceso continúa en las siguientes etapas y la estructura del esquema representado en la figura se expande a medida que se multiplican el número de etapas, aumentando la profundidad del árbol. El proceso finaliza con la consecución del objetivo buscado.

Cada grupo de acciones y estados de la naturaleza asociados, constituye una etapa del proceso decisional los puntos (1),(2),..., $(x)$ ,..., $(\pi)$ , sobre el eje horizontal representan las distintas etapas del proceso. En cada una de ellas se optará por una acción, del conjunto posible de acciones teniendo en cuenta los distintos estados de la naturaleza. El proceso terminará una vez alcanzados los nodos terminales,  $u_{tp}^i$  que se corresponden con los posibles resultados.

Es posible iniciar el proceso de decisión en la etapa más alejada a la ubicación del decisor y proceder por reducción a la búsqueda de solución, hasta situarse en la etapa inicial donde no hay ya nuevos encadenamientos de decisiones -raíz del árbol-, alcanzando en este punto la solución del problema planteado.

Un ejemplo de aplicación de los árboles de decisión se enuncia y comenta a continuación.

Cierta empresa quiere iniciar una política de expansión comercial, planteándose las siguientes decisiones de inversión:

- a) En una primera fase, y teniendo en cuenta un horizonte de planificación de cinco años, la empresa ampliaría su parque de maquinaria en orden a incrementar la producción. La información que guiaría esta decisión se correspondería con la evolución de las ventas en los últimos cinco años. Se

---

<sup>184</sup> LOPEZ CACHERO, M.(1.989): " Análisis y Adopción...." (Op. cit.)

resolvería la ampliación si en el periodo las ventas anuales se incrementasen un 50 por 100.

Los datos sobre ventas se obtendrán de la Base de Datos que la empresa explota y que le permite integrar los distintos aspectos de su gestión.

En esta primera fase, la decisión de ampliar presenta dos alternativas: la adquisición de una máquina, para un incremento moderado de la producción o, la adquisición de dos máquinas para un incremento máximo de la producción, si el decisor considera buenas las expectativas de demanda.

- b) En una segunda fase y como parte de su política de expansión, la empresa decidiría en el plazo de dos años la apertura de una nueva sucursal con el fin de ampliar la comercialización. Decisión que se tomaría si la previsión de demanda se mantiene alta en el periodo.

El comportamiento de la competencia se considerará en la toma de decisión, de modo que si ésta se presenta, incrementando su actividad, y la empresa no amplía se produciría una pérdida de participación en el mercado. La probabilidad de presencia activa de la competencia es un dato que se solicita en cada nueva ejecución del programa.

Los ingresos anuales esperados de la operación se calculan en un incremento de un 10 por 100 del volumen actual de producción por cada nueva máquina adquirida, estimándose en 3 millones de unidades monetarias, y un incremento del 25 por 100 del volumen actual de ventas con la apertura de la nueva sucursal. El dato, volumen actual de ventas, se tomaría de la información sobre facturación de la base de datos de la empresa, que en el ejemplo propuesto se cifra en 30 millones de unidades monetarias. El coste de cada máquina es de 1 millón de unidades monetarias, su vida útil cinco años y nulo valor residual. El coste de apertura de sucursal se estima en 5 millones de unidades monetarias.

Las probabilidades que se asocian al comportamiento de la demanda en los cinco años que forman el periodo objeto de estudio son las siguientes:

Inicialmente elevada y mantenimiento del nivel a largo plazo	65%
Inicialmente elevada y reducida a largo plazo	10%
Inicialmente baja y mantenimiento del nivel a largo plazo	20%
Inicialmente baja y elevada a largo plazo	5%

La probabilidad de una demanda inicialmente elevada, en el supuesto por encima del 20 por 100 sobre la cifra actual anual de ventas, es del 75 por 100 resultado de sumar a 65 el 10 por 100. Una demanda inicial elevada modifica la probabilidad estimada de ventas a largo plazo, resultando la probabilidad de que la demanda continúe en un nivel elevado igual al 86,66 por 100, consecuencia de dividir 65 por 100 entre 75 por 100. Por otra parte, si la demanda en el periodo inicial es baja -menor o igual que el 20 por 100 sobre la cifra de ventas- resulta un 80 por 100 probable que las ventas en los periodos siguientes continúen bajas.

	Probabilidad Demanda Inicial	Probabilidad condicionada
<b>ALTA</b>	$P(A_1) = 65 + 10 = 75 \%$	$P(A_2 / A_1) = 65 / 75 = 86,66 \%$ $P(B_2 / A_1) = 10 / 75 = 13,33 \%$
<b>BAJA</b>	$P(B_1) = 20 + 5 = 25 \%$	$P(A_2 / B_1) = 5 / 25 = 20 \%$ $P(B_2 / B_1) = 20 / 25 = 80 \%$

Las estimaciones sobre los ingresos esperados asignan a cada uno de los puntos terminales del árbol de decisión el beneficio global que el decisor prevé alcanzar al finalizar el periodo. Elementos que el decisor ha tenido en cuenta en la evaluación son, por una parte, los ingresos y costes esperados de cada una de las opciones de inversión, que se corresponden en el primer periodo con la adquisición de una o dos máquinas, y en el segundo periodo con la apertura o no apertura de sucursal. Se han aplicado, también, porcentajes de reducción de ingresos en situaciones de demanda baja a largo plazo, estimados en función de información disponible sobre comportamientos anteriores de los ingresos en situaciones similares, en el ejemplo los porcentajes aplicados varían entre el 15 y el 10 por ciento dependiendo de una demanda inicial baja o alta respectivamente. La actuación de la competencia se tiene en cuenta valorándose, en su caso, su actividad en una reducción de un 20 por ciento sobre los ingresos globales esperados. Por último, se han considerado como elementos simplificadores del problema: abstracción del coste del dinero y un universo sin inflación.

El resultado de incorporar la información anterior a un árbol de decisión, se muestra en la Figura 20. En el árbol se incluyen nodos de acción; que representan bifurcaciones de decisión, y nodos que se corresponden con hechos aleatorios que escapan al control del decisor. En la figura, las bifurcaciones de acción se representan mediante rectángulos, y se corresponden con decisiones a tomar en distintos tiempos: "Decisión de Expansión", "Adquisición de dos máquinas", "Adquisición de una máquina", "Apertura de Sucursal", "No Apertura Sucursal". Las bifurcaciones de hechos aleatorios se representan mediante círculos y en el ejemplo se evalúan las siguientes: comportamiento de la demanda a corto y largo plazo y comportamiento de la competencia.

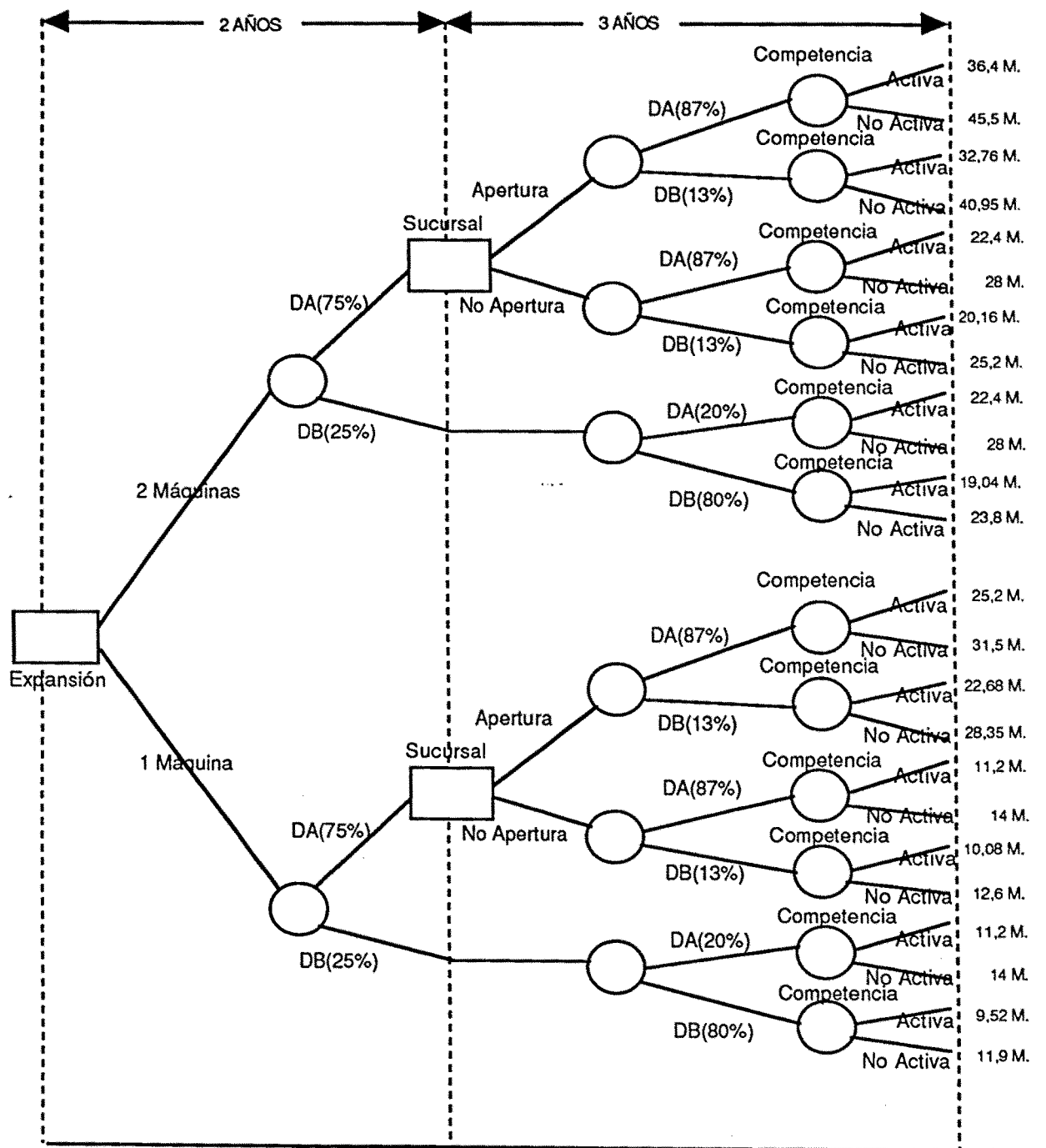


Fig.20. Arbol de Decisión

Se identifican, por tanto, en el problema un conjunto definido de acciones que el decisor ha de enfrentar, junto con un conjunto de estados de la naturaleza que marcan el ambiente o contexto en el que el decisor debe operar y que no son controlables por él. Ese conjunto de circunstancias o características que particularizan la situación de la decisión, en relación con el mundo exterior, son determinantes en la elección de la decisión adecuada.

En la resolución del problema es posible evaluar, aunque muy simplificadas, situaciones de decisión que no precisan valoración cuantitativa y cuya opción se basaría en la experiencia y conocimiento que el decisor tuviera del mercado y de la posición de la empresa en él. En éste sentido, se plantean al decisor preguntas como: ¿su objetivo es el incremento de la producción en el máximo previsto?, ¿pretende comercializar directamente parte de su producción?, etc.

El problema así planteado -más que por su complejidad, por las características del conocimiento a procesar-, es susceptible de aplicación de las técnicas de la Inteligencia Artificial y, más concretamente, la aplicación de un sistema experto para proceder a la búsqueda de su solución. El sistema obtenido ayudaría al decisor en la evaluación de los distintos aspectos que intervienen en el problema y, basándose en ellos, daría respuestas justificadas a las preguntas formuladas por el decisor.

Se trataría, por tanto, de transferir el conocimiento de un experto gerente de empresa a un ordenador de tal modo que la línea de razonamiento seguida por aquél, en la solución del problema, se transforme en un conjunto formalizado de operaciones simbólicas que reproduzcan ese conocimiento experto. Esa transferencia de conocimiento -diseño del conocimiento-, requiere técnicas adecuadas para establecer una "continuidad cognitiva" entre el experto y la máquina, si se tiene en cuenta, además, que el grado de abstracción de conocimiento en el que se produce la comunicación es similar al que usan los humanos para comunicarse y donde se implican hechos y deducciones.

El diseño del conocimiento es la tarea de su formalización en un esquema de conocimiento que pueda ser aplicado, más tarde, a los problemas del mundo real para

obtener su solución. Es posible la utilización de herramientas que faciliten el diseño del conocimiento. La herramienta debe ser tal: que se ajuste, lo más fielmente posible, al modelo de resolución del problema; que tenga en cuenta el conocimiento sobre el dominio y que admita la forma en que el experto resuelve el problema. En el diseño del conocimiento para la búsqueda de solución del problema de decisión planteado, se ha utilizado la herramienta NEXPERT.

NEXPERT utiliza reglas de inferencia y objetos para la representación del conocimiento. Las reglas representan el razonamiento y los objetos describen el universo en el que se produce el razonamiento. La tarea de diseño del conocimiento incluye tanto la definición de las reglas como la descripción de los objetos que conforman el universo en el que aquéllas actúan.

El conjunto de reglas constituye la Base de Conocimiento del sistema y éstas, a su vez, son manipuladas por un mecanismo de control -motor de inferencia- que de forma dinámica e inteligente emplea las reglas para inferir conclusiones sobre el mundo real. La estrategia seguida para la búsqueda de la solución de un problema se basa en una combinación de encadenamiento hacia adelante: usando datos conocidos para alcanzar posibles conclusiones y de encadenamiento hacia atrás usando conclusiones sugeridas para preguntar cuestiones que las implican.

La cantidad de búsqueda necesaria para resolver un problema está muy relacionada con el grado de especificidad de los datos involucrados en el proceso. En este sentido, la calidad del conocimiento disponible es crítica en los resultados del sistema de razonamiento. Frente a búsquedas extensivas propiciadas por datos más generales, la búsqueda se limita disponiendo de datos que presentan condiciones específicas en sus diferentes utilidades.

En el problema propuesto la formalización del conocimiento se realiza mediante reglas. Cada regla aporta una porción de conocimiento y representa una situación y sus inmediatas consecuencias. La estructura simbólica genérica de la regla es la siguiente:





- a) El conjunto de condiciones establecidas en cada regla.
- b) La hipótesis que se asumirá como verificada si las condiciones resultan verdaderas.
- b) Las acciones a realizar como consecuencia de la verificación de la hipótesis.
- d) Las relaciones, enlaces, entre reglas.

El evaluar como verdaderas todas las condiciones establecidas en una regla hace que ésta se aplique y confirma la hipótesis asociada, que podrá ser evaluada a su vez como verdadera, si se utiliza como condición en otra regla. Las relaciones entre las reglas se ponen de manifiesto mediante enlaces gráficos.

Una vez finalizado el proceso de razonamiento, la búsqueda de la solución también concluye y el sistema muestra las conclusiones obtenidas. Estas informarán al usuario acerca de las hipótesis aceptadas y rechazadas y la justificación, si así se solicita, de la aceptación o rechazo en cada caso. El proceso puede ser reiniciado por el decisor, partiendo de diferentes hipótesis y diferentes datos en cada nueva ejecución.

En el problema propuesto se trata de contrastar la hipótesis de trabajo "Expansión". El sistema concluye sobre la verificación o no de la hipótesis a partir de información adicional, solicitada al usuario/decisor, confirmando o no la decisión de expansión una vez entrados los datos. Estos se refieren a: objetivos del decisor, comportamiento de la competencia y comportamiento de la demanda. La evaluación de la hipótesis sugerida se acompaña de información sobre las alternativas de acción seleccionadas en las distintas fases del proceso, informando respecto a la adquisición de una o dos máquinas, y respecto a la apertura o no apertura de sucursal.



Los datos financieros que utiliza el modelo se almacenan como valor de las propiedades o atributos de los objetos, que representan cada una de las decisiones de acción. Así, la decisión sobre ampliación comercial, o no ampliación comercial, registra en el caso de la ampliación, y como propiedades del objeto "Sucursal" los distintos "Rendimientos" esperados. En el caso de no ampliación el objeto "No\_Sucursal" queda, también, caracterizado por los "Rendimientos" esperados. Estos, obtenidos como consecuencia de una valoración previa del decisor, se asignarían en el origen como valor inicial de las propiedades permitiendo su rápida modificación en caso necesario.

La información acerca del entorno en el que se desarrolla la toma de decisiones, queda también representada por objetos, asignándose los valores a las propiedades, en éste caso, mediante solicitud de entrada de datos al usuario/decisor, permitiendo una nueva valoración en cada ejecución del sistema.

La relación de reglas y un ejemplo de objetos utilizados por el sistema en el proceso de búsqueda de la solución se muestra a continuación. El listado de reglas refleja la estructura del razonamiento, y el listado de los objetos y sus propiedades informan acerca del entorno en el que se verifica el razonamiento.

La incorporación de cálculos aritméticos al proceso de reglas y la valoración de las alternativas de decisión que intervienen en la búsqueda de la solución, pueden ser objeto de seguimiento a través de un informe detallado y valorado de cada una de las etapas de ejecución seguidas por el sistema. Se acompaña una relación exhaustiva de las operaciones del proceso.

El sistema asigna, en primer lugar, los valores iniciales a las propiedades para, a continuación, mostrar la(s) hipótesis sugeridas cuya comprobación se pretende. A partir de éste punto se inicia la evaluación de las reglas en un proceso interactivo que solicitará información al usuario/decisor, cuando se requiera, para alcanzar su objetivo, que no es otro, que el confirmar o no las hipótesis de trabajo planteadas. El detalle del proceso informa, también, acerca de los valores asignados tanto a las propiedades de objetos como a las variables utilizadas en el proceso de razonamiento. De este modo la

secuencia de decisiones confirmadas por el sistema se ofrecen valoradas. En cualquier caso, en el proceso, la asignaciones de probabilidad a los distintos estados de la naturaleza que conforman el entorno del problema de decisión, son variables y dependen de la información proporcionada por el decisor en cada ejecución.

Se acompaña el listado de un ejemplo completo de ejecución con evaluación, paso a paso, de cada una de las opciones de decisión.

*Rule 1*

*If*  
there is evidence of **ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MAXIMA**  
*And* **REGISTRO1** is greater than or equal to 2  
*And* **REGISTRO2** is greater than or equal to 2  
*And* **SUCURSAL.Rendimiento\_total1-NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total1** is greater than or equal to 0  
*Then* **ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS**  
is confirmed.  
*And* **DECISION.Ampliar** is set to "SE ACONSEJA APERTURA DE SUCURSAL"  
*And* **SUCURSAL.Rendimiento\_total1** is assigned to **AMPLIAR.Rendimiento**  
*And* **AMPLIAR.Rendimiento\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO** is assigned to **AMPLIAR.Rendimiento**  
*And* **1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO** is assigned to **PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO**  
*And* Reset **PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO**

*Rule 2*

*If*  
there is evidence of **ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MAXIMA**  
*And* **REGISTRO1** is greater than or equal to 2  
*And* **REGISTRO2** is greater than or equal to 2  
*And* **SUCURSAL.Rendimiento\_total1-NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total1** is less than 0  
*Then* **ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS**  
is confirmed.  
*And* **DECISION.Ampliar** is set to "SE ACONSEJA NO APERTURA DE SUCURSAL"  
*And* **NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total1** is assigned to **AMPLIAR.Rendimiento**  
*And* **AMPLIAR.Rendimiento\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO** is assigned to **AMPLIAR.Rendimiento**  
*And* **1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO** is assigned to **PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO**  
*And* Reset **PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO**

*Rule 3*

*If*  
there is evidence of **PRODUCCION\_MAXIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL**  
*Then* **ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL**  
is confirmed.  
*And* **NO\_AMPLIAR.Total1+NO\_AMPLIAR.Total2** is assigned to **DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas**  
*And* **DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO** is assigned to **DECISION.Adq**

*Rule 4*

*If*  
there is evidence of **ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MINIMA**  
*And* **SUCURSAL.Rendimiento\_total2-NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total2** is less than 0  
*Then* **ADQUISICION\_DE\_UNA\_MAQUINA**  
is confirmed.  
*And* **DECISION1.Ampliar** is set to "SE ACONSEJA NO APERTURA DE SUCURSAL"  
*And* **NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total2** is assigned to **AMPLIAR1.Rendimiento**  
*And* **AMPLIAR1.Rendimiento\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO** is assigned to **AMPLIAR1.Rendimiento**  
*And* **1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO** is assigned to **PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO**  
*And* Reset **PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO**

*Rule 5*

*If*

there is evidence of **ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MINIMA**  
*And* **SUCURSAL.Rendimiento\_total2-NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total2** is greater than or equal to 0  
**Then ADQUISICION\_DE\_UNA\_MAQUINA**  
 is confirmed.  
*And* **DECISION1.Ampliar** is set to "SE ACONSEJA APERTURA DE SUCURSAL"  
*And* **SUCURSAL.Rendimiento\_total2** is assigned to **AMPLIAR1.Rendimiento**  
*And* **AMPLIAR1.Rendimiento\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO** is assigned to **AMPLIAR1.Rendimiento**  
*And* **1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO** is assigned to **PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO**  
*And* **Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO**

*Rule 5*

*If*

there is evidence of **PRODUCCION\_MINIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL**  
**Then ADQUISICION\_DE\_UNA\_MAQUINA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL**  
 is confirmed.  
*And* **NO\_AMPLIAR.Total3+NO\_AMPLIAR.Total4** is assigned to **DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina**  
*And* **DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO** is assigned to **DECISION1.Ad**

*Rule 8*

*If*

there is evidence of **PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL**  
*And* **REGISTRO1** is greater than or equal to 2  
**Then ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MAXIMA**  
 is confirmed.  
*And* **SUCURSAL.Total1+SUCURSAL.Total2** is assigned to **SUCURSAL.Rendimiento\_total1**  
*And* **Reset PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION**  
*And* **Reset PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL**

*Rule 7*

*If*

there is evidence of **PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL**  
*And* **REGISTRO2** is greater than or equal to 2  
**Then ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MAXIMA**  
 is confirmed.  
*And* **NO\_SUCURSAL.Total1+NO\_SUCURSAL.Total2** is assigned to **NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total1**  
*And* **Reset PRODUCCION\_MAXIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL**

*Rule 9*

*If*

there is evidence of **PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL**  
**Then ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MINIMA**  
 is confirmed.  
*And* **NO\_SUCURSAL.Total3+NO\_SUCURSAL.Total4** is assigned to **NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total2**  
*And* **Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO**

*Rule 10*

*If*

there is evidence of **PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL**  
**Then ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MINIMA**

is confirmed.

And SUCURSAL.Total13+SUCURSAL.Total14 is assigned to SUCURSAL.Rendimiento\_total2

*Rule 11*

*If*

there is evidence of ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS

And there is evidence of ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL

**Then DECISION\_EXPANSION**

is confirmed.

And DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas+AMPLIAR.Rendimiento is assigned to DECISION.Adquisicion\_dos\_ma

And Reset SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION

And Reset PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION

And Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO

And Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO

*Rule 12*

*If*

there is evidence of ADQUISICION\_DE\_UNA\_MAQUINA

And there is evidence of ADQUISICION\_DE\_UNA\_MAQUINA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL

**Then DECISION\_EXPANSION\_UNO**

is confirmed.

And DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina+AMPLIAR1.Rendimiento is assigned to DECISION1.Adquisicion\_una\_m

And Reset SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO

And Reset PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION

And Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO

And Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO

*Rule 13*

*If*

there is evidence of DECISION\_EXPANSION

And there is evidence of DECISION\_EXPANSION\_UNO

And DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas-DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina is greater than or equal to 0

**Then EXPANSION**

is confirmed.

And DECISION.Ampliar is assigned to EXPANSION.Decision

And EXPANSION.Maquinaria is set to "ADQUISICION DE DOS MAQUINAS"

And DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas is assigned to EXPANSION.Rendimiento

*Rule 14*

*If*

there is evidence of DECISION\_EXPANSION\_UNO

And there is evidence of DECISION\_EXPANSION

And DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas-DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina is less than 0

**Then EXPANSION**

is confirmed.

And DECISION1.Ampliar is assigned to EXPANSION.Decision

And EXPANSION.Maquinaria is set to "ADQUISICION DE UNA MAQUINA"

And DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina is assigned to EXPANSION.Rendimiento

*Rule 15*



If

there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO  
 And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is no evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is less than 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0

Then **PRODUCCION\_MAXIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL**

is confirmed.

And NO\_AMPLIAR.Rendimiento1\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_AMPLIAR.Rendimiento1  
 And NO\_AMPLIAR.Rendimiento1\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_AMPLIAR.Total1 is assigned to NO\_AMPLIAR.Total1  
 And NO\_AMPLIAR.Total1\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_AMPLIAR.Total1

*Rule 15*

If

there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO  
 And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is no evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is less than 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0

Then **PRODUCCION\_MAXIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL**

is confirmed.

And NO\_AMPLIAR.Rendimiento2\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_AMPLIAR.Rendimiento2  
 And NO\_AMPLIAR.Rendimiento2\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_AMPLIAR.Total2 is assigned to NO\_AMPLIAR.Total2  
 And NO\_AMPLIAR.Total2\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_AMPLIAR.Total2  
 And 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO

*Rule 16*

If

there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO  
 And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0

Then **PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL**

is confirmed.

And SUCURSAL.Rendimiento2\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to SUCURSAL.Rendimiento2  
 And SUCURSAL.Rendimiento2\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+SUCURSAL.Total2 is assigned to SUCURSAL.Total2  
 And SUCURSAL.Total2\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to SUCURSAL.Total2  
 And REGISTRO1+1 is assigned to REGISTRO1

*Rule 17*

If

there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO  
 And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0

Then **PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL**

is confirmed.

And SUCURSAL.Rendimiento1\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to SUCURSAL.Rendimiento1

And SUCURSAL.Rendimiento1\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+SUCURSAL.Total1 is assigned  
 And SUCURSAL.Total1\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to SUCURSAL.Total1  
 And 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO  
 And REGISTRO1+1 is assigned to REGISTRO1

*Rule 20*

If  
 there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO  
 And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is no evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0  
 Then **PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL**  
 is confirmed.  
 And NO\_SUCURSAL.Rendimiento2\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned  
 And NO\_SUCURSAL.Rendimiento2\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_SUCURSAL.Total2 is assigned  
 And NO\_SUCURSAL.Total2\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_SUCURSAL.Total2  
 And 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO  
 And REGISTRO2+1 is assigned to REGISTRO2

*Rule 19*

If  
 there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO  
 And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is no evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 Then **PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL**  
 is confirmed.  
 And NO\_SUCURSAL.Rendimiento1\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned  
 And NO\_SUCURSAL.Rendimiento1\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_SUCURSAL.Total1 is assigned  
 And NO\_SUCURSAL.Total1\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_SUCURSAL.Total1  
 And REGISTRO2+1 is assigned to REGISTRO2

*Rule 22*

If  
 there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION  
 And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is no evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is less than 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0  
 Then **PRODUCCION\_MINIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL**  
 is confirmed.  
 And NO\_AMPLIAR.Rendimiento3\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned  
 And NO\_AMPLIAR.Rendimiento3\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_AMPLIAR.Total3 is assigned  
 And NO\_AMPLIAR.Total3\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_AMPLIAR.Total3

*Rule 21*

If  
 there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION

And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is no evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is less than 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 Then PRODUCCION\_MINIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL  
 is confirmed.

And NO\_AMPLIAR.Rendimiento4\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assi  
 And NO\_AMPLIAR.Rendimiento4\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_AMPLIAR.Total4 is assi  
 And NO\_AMPLIAR.Total4\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_AMPLIAR.Total4  
 And 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO

*Rule 24*

If

there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCION  
 And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0  
 Then PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL  
 is confirmed.

And SUCURSAL.Rendimiento4\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assign  
 And SUCURSAL.Rendimiento4\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+SUCURSAL.Total4 is assignec  
 And SUCURSAL.Total4\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to SUCURSAL.Total4  
 And REGISTRO3+1 is assigned to REGISTRO3  
 And Reset PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION  
 And Reset PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL

*Rule 23*

If

there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCION  
 And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 Then PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL  
 is confirmed.

And SUCURSAL.Rendimiento3\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assign  
 And SUCURSAL.Rendimiento3\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+SUCURSAL.Total3 is assignec  
 And SUCURSAL.Total3\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to SUCURSAL.Total3  
 And 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO  
 And REGISTRO3+1 is assigned to REGISTRO3

*Rule 25*

If

there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCION  
 And PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
 And there is no evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 And PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
 Then PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL

is confirmed.

*And* NO\_SUCURSAL.Rendimiento3\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_SUCURSAL.Total3  
*And* NO\_SUCURSAL.Rendimiento3\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_SUCURSAL.Total3 is assigned to NO\_SUCURSAL.Total3  
*And* NO\_SUCURSAL.Total3\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_SUCURSAL.Total3  
*And* REGISTRO4+1 is assigned to REGISTRO4  
*And* Reset PRODUCCION\_MINIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL

*Rule 25*

*If*

there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION  
*And* PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0  
*And* there is no evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION  
*And* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0  
*And* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0

*Then* **PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL**

is confirmed.

*And* NO\_SUCURSAL.Rendimiento4\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_SUCURSAL.Total4  
*And* NO\_SUCURSAL.Rendimiento4\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_SUCURSAL.Total4 is assigned to NO\_SUCURSAL.Total4  
*And* NO\_SUCURSAL.Total4\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_SUCURSAL.Total4  
*And* 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO  
*And* REGISTRO4+1 is assigned to REGISTRO4

18/10/92 19:16 -- OBJECT EDITOR

*NAME :* SUCURSAL

*PROPERTIES :*

Rendimiento1 = (F) 45500000.0

*NAME :* SUCURSAL.Rendimiento1

*ORDER OF SOURCES :*

InitValue 45500000

*IF CHANGE DO :*

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 17 (Occurrences: 2)

Rendimiento2 = (F) 40950000.0

*NAME :* SUCURSAL.Rendimiento2

*ORDER OF SOURCES :*

InitValue 40950000

*IF CHANGE DO :*

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 18 (Occurrences: 2)

Rendimiento3 = (F) 31500000.0

*NAME :* SUCURSAL.Rendimiento3

*ORDER OF SOURCES :*

InitValue 31500000

*IF CHANGE DO :*

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 23 (Occurrences: 2)

Rendimiento4 = (F) 28350000.0

*NAME :* SUCURSAL.Rendimiento4

*ORDER OF SOURCES :*

InitValue 28350000

*IF CHANGE DO :*

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 24 (Occurrences: 2)

Rendimiento\_total1 = (F) 39519480.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 1 (Occurrences: 2)

LHS or RHS in Rule 2 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 8 (Occurrences: 1)

Rendimiento\_total2 = (F) 27359640.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 4 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 5 (Occurrences: 2)

LHS or RHS in Rule 10 (Occurrences: 1)

Total1 = (F) 34834800.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 8 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 17 (Occurrences: 5)

**18/10/92 19:16 -- OBJECT EDITOR**

Total2 = (F) 4684680.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 8 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 18 (Occurrences: 5)

Total3 = (F) 24116400.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 10 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 23 (Occurrences: 5)

Total4 = (F) 3243240.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 10 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 24 (Occurrences: 5)

18/10/92 19:22 -- OBJECT EDITOR

**NAME :** NO\_SUCURSAL

**PROPERTIES :**

Rendimiento1 = (F) 28000000.0

**NAME :** NO\_SUCURSAL.Rendimiento1

*ORDER OF SOURCES :*

InitValue 28000000

*IF CHANGE DO :*

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 19 (Occurrences: 2)

Rendimiento2 = (F) 25200000.0

**NAME :** NO\_SUCURSAL.Rendimiento2

*ORDER OF SOURCES :*

InitValue 25200000

*IF CHANGE DO :*

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 20 (Occurrences: 2)

Rendimiento3 = (F) 14000000.0

**NAME :** NO\_SUCURSAL.Rendimiento3

*ORDER OF SOURCES :*

InitValue 14000000

*IF CHANGE DO :*

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 26 (Occurrences: 2)

Rendimiento4 = (F) 12600000.0

**NAME :** NO\_SUCURSAL.Rendimiento4

*ORDER OF SOURCES :*

InitValue 12600000

*IF CHANGE DO :*

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 25 (Occurrences: 2)

Rendimiento\_total1 = (F) 24319680.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 1 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 2 (Occurrences: 2)

LHS or RHS in Rule 7 (Occurrences: 1)

Rendimiento\_total2 = (F) 12159840.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 4 (Occurrences: 2)

LHS or RHS in Rule 5 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 9 (Occurrences: 1)

Total1 = (F) 21436800.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 7 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 19 (Occurrences: 5)

18/10/92 19:22 -- OBJECT EDITOR

Total2 = (F) 2882880.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 7 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 20 (Occurrences: 5)

Total3 = (F) 10718400.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 9 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 26 (Occurrences: 5)

Total4 = (F) 1441440.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 9 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 25 (Occurrences: 5)



18/10/92 19:20 -- OBJECT EDITOR

NAME : NO\_AMPLIAR

PROPERTIES :

Rendimiento1 = (F) 28000000.0

NAME : NO\_AMPLIAR.Rendimiento1

ORDER OF SOURCES :

InitValue 28000000

IF CHANGE DO :

Used In :

LHS or RHS in Rule 16 (Occurrences: 2)

Rendimiento2 = (F) 23800000.0

NAME : NO\_AMPLIAR.Rendimiento2

ORDER OF SOURCES :

InitValue 23800000

IF CHANGE DO :

Used In :

LHS or RHS in Rule 15 (Occurrences: 2)

Rendimiento3 = (F) 14000000.0

NAME : NO\_AMPLIAR.Rendimiento3

ORDER OF SOURCES :

InitValue 14000000

IF CHANGE DO :

Used In :

LHS or RHS in Rule 22 (Occurrences: 2)

Rendimiento4 = (F) 11900000.0

NAME : NO\_AMPLIAR.Rendimiento4

ORDER OF SOURCES :

InitValue 11900000

IF CHANGE DO :

Used In :

LHS or RHS in Rule 21 (Occurrences: 2)

Total1 = (F) 4928000.0

Used In :

LHS or RHS in Rule 3 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 16 (Occurrences: 5)

Total2 = (F) 16755200.0

Used In :

LHS or RHS in Rule 3 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 15 (Occurrences: 5)

Total3 = (F) 2464000.0

Used In :

LHS or RHS in Rule 6 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 22 (Occurrences: 5)

Total4 = (F) 8377600.0

Used In :

**18/10/92 19:20 -- OBJECT EDITOR**

LHS or RHS in Rule 6 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 21 (Occurrences: 5)

18/10/92 19:24 -- OBJECT EDITOR

**NAME : EXPANSION**

**PROPERTIES :**

Decision = (S) SE ACONSEJA APERTURA DE SUCURSAL

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 14 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 13 (Occurrences: 1)

Maquinaria = (S) ADQUISICION DE DOS MAQUINAS

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 14 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 13 (Occurrences: 1)

Rendimiento = (F) 35060410.0

*Used In :*

LHS or RHS in Rule 14 (Occurrences: 1)

LHS or RHS in Rule 13 (Occurrences: 1)

Value = (B) True

*Used In :*

Hypothesis of Rule 14

Hypothesis of Rule 13

Serial Number 1-011-MAC-073189-1687

Copy for Client of Neuron Data.

\* NEXPERT v1.1. - Copyright (C) 1986 - 1988 by NEURON DATA. Copyright is claimed in both the underlying computer program and the resulting output in the form of an audiovisual work.

\* Customer or User is not permitted to make any copies of this software (NEXPERT) for any purpose. This software is a confidential trade secret of NEURON DATA Inc. Refer to the license agreement.

---

\* COMPETENCIA.Coste is set to 0.2

\* NO\_AMPLIAR.Rendimiento1 is set to 28000000.0

\* NO\_AMPLIAR.Rendimiento2 is set to 23800000.0

\* NO\_AMPLIAR.Rendimiento3 is set to 14000000.0

\* NO\_AMPLIAR.Rendimiento4 is set to 11900000.0

\* NO\_SUCURSAL.Rendimiento1 is set to 28000000.0

\* NO\_SUCURSAL.Rendimiento2 is set to 25200000.0

\* NO\_SUCURSAL.Rendimiento3 is set to 14000000.0

\* NO\_SUCURSAL.Rendimiento4 is set to 12600000.0

\* REGISTRO1 is set to 0.0

\* REGISTRO2 is set to 0.0

\* REGISTRO3 is set to 0.0

\* REGISTRO4 is set to 0.0

\* SUCURSAL.Rendimiento1 is set to 45500000.0

\* SUCURSAL.Rendimiento2 is set to 40950000.0

\* SUCURSAL.Rendimiento3 is set to 31500000.0

\* SUCURSAL.Rendimiento4 is set to 28350000.0

\* Suggesting EXPANSION

\*

SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO is set to True

\* Condition there is evidence of

SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO in rule 20. (True).

\* PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is set to 0.6

\* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0 in rule 20. (True).

\* PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION is set to True

\* Condition there is no evidence of

PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in rule 20. (False).

\* Rule 20 is set to false

\* Rule 19 is set to false

\* PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL is set to False

\* Condition there is evidence of

PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL in rule 7. (False).

\* Rule 7 is set to false

\* Rule 19 is set to false  
 \* PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL is set to False  
 \* Condition there is evidence of PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL in rule 7. (False).  
 \* Rule 7 is set to false  
 \* Condition there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO in rule 17. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0 in rule 17. (True).  
 \* Condition there is evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in rule 17. (True).  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is set to 0.75  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0 in rule 17. (True).  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.87  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0 in rule 17. (True).  
 \* Rule 17 is set to true  
 \* PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL is set to True  
 \* RHS:  
 SUCURSAL.Rendimiento1\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to SUCURSAL.Total1 in rule 17  
 \* SUCURSAL.Total1 is set to 21840000.0  
 \* RHS:  
 SUCURSAL.Rendimiento1\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+SUCURSAL.Total1 is assigned to SUCURSAL.Total1 in rule 17  
 \* SUCURSAL.Total1 is set to 40040000.0  
 \* RHS: SUCURSAL.Total1\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to SUCURSAL.Total1 in rule 17  
 \* SUCURSAL.Total1 is set to 34834800.0  
 \* RHS: 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 17  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.13  
 \* RHS: REGISTRO1+1 is assigned to REGISTRO1 in rule 17  
 \* REGISTRO1 is set to 1.0  
 \* Condition there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO in rule 18. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0 in rule 18. (True).  
 \* Condition there is evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in rule 18. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0 in rule 18. (True).

\* Condition there is evidence of  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION in  
 rule 18. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or  
 equal to 0 in rule 18. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0 in  
 rule 18. (True).  
 \* Rule 18 is set to true  
 \* RHS:  
 SUCURSAL.Rendimiento2\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUAC  
 ION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to SUCURSAL.Total2 in rule 18  
 \* SUCURSAL.Total2 is set to 19656000.0  
 \* RHS:  
 SUCURSAL.Rendimiento2\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETE  
 NCIA)+SUCURSAL.Total2 is assigned to SUCURSAL.Total2 in rule 18  
 \* SUCURSAL.Total2 is set to 36036000.0  
 \* RHS: SUCURSAL.Total2\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is  
 assigned to SUCURSAL.Total2 in rule 18  
 \* SUCURSAL.Total2 is set to 4684680.0  
 \* RHS: REGISTRO1+1 is assigned to REGISTRO1 in rule 18  
 \* REGISTRO1 is set to 2.0  
 \* Rule 17 is set to false  
 \* Condition there is evidence of  
 PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL in rule 8. (True).  
 \* Condition REGISTRO1 is greater than or equal to 2 in rule 8. (True).  
 \* Rule 8 is set to true  
 \* ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCION\_MAXIMA is set to True  
 \* RHS: SUCURSAL.Total1+SUCURSAL.Total2 is assigned to  
 SUCURSAL.Rendimiento\_total1 in rule 8  
 \* SUCURSAL.Rendimiento\_total1 is set to 39519480.0  
 \* RHS: Reset  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION in  
 rule 8  
 \* PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION is  
 set to Unknown  
 \* RHS: Reset PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL in rule 8  
 \* PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL is set to Unknown  
 \* Rule 20 is set to unknown  
 \* Rule 19 is set to unknown  
 \* Condition there is evidence of  
 ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCION\_MAXIMA in rule 2. (True).  
 \* Condition REGISTRO1 is greater than or equal to 2 in rule 2. (True).  
 \* Condition REGISTRO2 is greater than or equal to 2 in rule 2. (False).  
 \* Rule 2 is set to false  
 \* Rule 1 is set to false  
 \* ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS is set to False  
 \* Condition there is evidence of ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS in rule 11

\* Condition REGISTRO2 is greater than or equal to 2 in rule 2. (False).  
 \* Rule 2 is set to false  
 \* Rule 1 is set to false  
 \* ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS is set to False  
 \* Condition there is evidence of ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS in rule 11. (False).  
 \* Rule 11 is set to false  
 \* DECISION\_EXPANSION is set to False  
 \* Condition there is evidence of DECISION\_EXPANSION in rule 13. (False).  
 \* Rule 13 is set to false  
 \* Rule 14 is set to false  
 \* EXPANSION is set to False  
 \* Condition there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO in rule 20. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0 in rule 20. (True).  
 \* PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION is set to False  
 \* Condition there is no evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in rule 20. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0 in rule 20. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0 in rule 20. (True).  
 \* Rule 20 is set to true  
 \* PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL is set to True  
 \* RHS:  
 NO\_SUCURSAL.Rendimiento2\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_SUCURSAL.Total2 in rule 20  
 \* NO\_SUCURSAL.Total2 is set to 12096000.0  
 \* RHS:  
 NO\_SUCURSAL.Rendimiento2\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_SUCURSAL.Total2 is assigned to NO\_SUCURSAL.Total2 in rule 20  
 \* NO\_SUCURSAL.Total2 is set to 22176000.0  
 \* RHS: NO\_SUCURSAL.Total2\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_SUCURSAL.Total2 in rule 20  
 \* NO\_SUCURSAL.Total2 is set to 2882880.0  
 \* RHS: 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 20  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.87  
 \* RHS: REGISTRO2+1 is assigned to REGISTRO2 in rule 20  
 \* REGISTRO2 is set to 1.0  
 \* Condition there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO in rule 20. (True).

\* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.87  
 \* RHS: REGISTRO2+1 is assigned to REGISTRO2 in rule 20  
 \* REGISTRO2 is set to 1.0  
 \* Condition there is evidence of  
 SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREV  
 ISTO in rule 19. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater  
 than or equal to 0 in rule 19. (True).  
 \* Condition there is no evidence of  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in  
 rule 19. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or  
 equal to 0 in rule 19. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or  
 equal to 0 in rule 19. (True).  
 \* Rule 19 is set to true  
 \* RHS:  
 NO\_SUCURSAL.Rendimiento1\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACT  
 UACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_SUCURSAL.Total1 in rule 19  
 \* NO\_SUCURSAL.Total1 is set to 13440000.0  
 \* RHS:  
 NO\_SUCURSAL.Rendimiento1\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMP  
 ETENCIA)+NO\_SUCURSAL.Total1 is assigned to NO\_SUCURSAL.Total1 in rule  
 19  
 \* NO\_SUCURSAL.Total1 is set to 24640000.0  
 \* RHS: NO\_SUCURSAL.Total1\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is  
 assigned to NO\_SUCURSAL.Total1 in rule 19  
 \* NO\_SUCURSAL.Total1 is set to 21436800.0  
 \* RHS: REGISTRO2+1 is assigned to REGISTRO2 in rule 19  
 \* REGISTRO2 is set to 2.0  
 \* Rule 20 is set to false  
 \* Condition there is evidence of  
 PRODUCCION\_MAXIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL in rule 7. (True).  
 \* Condition REGISTRO2 is greater than or equal to 2 in rule 7. (True).  
 \* Rule 7 is set to true  
 \* RHS: NO\_SUCURSAL.Total1+NO\_SUCURSAL.Total2 is assigned to  
 NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total1 in rule 7  
 \* NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total1 is set to 24319680.0  
 \* RHS: Reset PRODUCCION\_MAXIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL in rule 7  
 \* Condition there is evidence of  
 ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MAXIMA in rule 1. (True).  
 \* Condition REGISTRO1 is greater than or equal to 2 in rule 1. (True).  
 \* Condition REGISTRO2 is greater than or equal to 2 in rule 1. (True).  
 \* Condition  
 SUCURSAL.Rendimiento\_total1-NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total1 is greater  
 than or equal to 0 in rule 1. (True).  
 \* Rule 1 is set to true



\* Condition REGISTRO2 is greater than or equal to 2 in rule 1. (True).  
 \* Condition  
 SUCURSAL.Rendimiento\_total1-NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total1 is greater than or equal to 0 in rule 1. (True).  
 \* Rule 1 is set to true  
 \* ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS is set to True  
 \* RHS: DECISION.Ampliar is set to "SE ACONSEJA APERTURA DE SUCURSAL" in rule 1  
 \* DECISION.Ampliar is set to SE ACONSEJA APERTURA DE SUCURSAL  
 \* RHS: SUCURSAL.Rendimiento\_total1 is assigned to AMPLIAR.Rendimiento in rule 1  
 \* AMPLIAR.Rendimiento is set to 39519480.0  
 \* RHS: AMPLIAR.Rendimiento\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is assigned to AMPLIAR.Rendimiento in rule 1  
 \* AMPLIAR.Rendimiento is set to 29639610.0  
 \* RHS: 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO in rule 1  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is set to 0.25  
 \* RHS: Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 1  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to Unknown  
 \* Condition there is evidence of ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS in rule 11. (True).  
 \* Condition there is evidence of  
 SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREVISTO in rule 15. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0 in rule 15. (True).  
 \* Condition there is no evidence of  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in rule 15. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is less than 0 in rule 15. (True).  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.8  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0 in rule 15. (True).  
 \* Rule 15 is set to true  
 \* PRODUCCION\_MAXIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL is set to True  
 \* RHS:  
 NO\_AMPLIAR.Rendimiento2\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_AMPLIAR.Total2 in rule 15  
 \* NO\_AMPLIAR.Total2 is set to 11424000.0  
 \* RHS:  
 NO\_AMPLIAR.Rendimiento2\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_AMPLIAR.Total2 is assigned to NO\_AMPLIAR.Total2 in rule 15  
 \* NO\_AMPLIAR.Total2 is set to 20944000.0  
 \* RHS: NO\_AMPLIAR.Total2\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_AMPLIAR.Total2 in rule 15

NO\_AMPLIAR.Rendimiento2\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPE  
 TENCIA)+NO\_AMPLIAR.Total2 is assigned to NO\_AMPLIAR.Total2 in rule 15  
 \* NO\_AMPLIAR.Total2 is set to 20944000.0  
 \* RHS: NO\_AMPLIAR.Total2\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is  
 assigned to NO\_AMPLIAR.Total2 in rule 15  
 \* NO\_AMPLIAR.Total2 is set to 16755200.0  
 \* RHS: 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to  
 PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 15  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.2  
 \* Condition there is evidence of  
 SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREV  
 ISTO in rule 16. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater  
 than or equal to 0 in rule 16. (True).  
 \* Condition there is no evidence of  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in  
 rule 16. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is less than 0 in  
 rule 16. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0 in  
 rule 16. (True).  
 \* Rule 16 is set to true  
 \* RHS:  
 NO\_AMPLIAR.Rendimiento1\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTU  
 ACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_AMPLIAR.Total1 in rule 16  
 \* NO\_AMPLIAR.Total1 is set to 13440000.0  
 \* RHS:  
 NO\_AMPLIAR.Rendimiento1\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPE  
 TENCIA)+NO\_AMPLIAR.Total1 is assigned to NO\_AMPLIAR.Total1 in rule 16  
 \* NO\_AMPLIAR.Total1 is set to 24640000.0  
 \* RHS: NO\_AMPLIAR.Total1\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is  
 assigned to NO\_AMPLIAR.Total1 in rule 16  
 \* NO\_AMPLIAR.Total1 is set to 4928000.0  
 \* Rule 15 is set to false  
 \* Condition there is evidence of  
 PRODUCCION\_MAXIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL in rule 3. (True).  
 \* Rule 3 is set to true  
 \* ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL is set to  
 True  
 \* RHS: NO\_AMPLIAR.Total1+NO\_AMPLIAR.Total2 is assigned to  
 DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas in rule 3  
 \* DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas is set to 21683200.0  
 \* RHS:  
 DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PL  
 AZO is assigned to DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas in rule 3  
 \* DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas is set to 5420800.0  
 \* Condition there is evidence of

# RHS:  
 DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is assigned to DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas in rule 3  
 # DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas is set to 5420800.0  
 # Condition there is evidence of ADQUISICION\_DE\_DOS\_MAQUINAS\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL in rule 11. (True).  
 # Rule 11 is set to true  
 # DECISION\_EXPANSION is set to True  
 # RHS: DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas+AMPLIAR.Rendimiento is assigned to DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas in rule 11  
 # DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas is set to 35060410.0  
 # RHS: Reset SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION in rule 11  
 # RHS: Reset PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in rule 11  
 # PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION is set to Unknown  
 # RHS: Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO in rule 11  
 # PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is set to Unknown  
 # RHS: Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 11  
 # PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to Unknown  
 # Condition there is evidence of DECISION\_EXPANSION in rule 13. (True).  
 # SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION is set to True  
 # Condition there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION in rule 23. (True).  
 # Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0 in rule 23. (True).  
 # PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION is set to True  
 # Condition there is evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in rule 23. (True).  
 # PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is set to 0.75  
 # Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0 in rule 23. (True).  
 # PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.87  
 # Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0 in rule 23. (True).  
 # Rule 23 is set to true  
 # PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL is set to True  
 # RHS:  
 SUCURSAL.Rendimiento3\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to SUCURSAL.Total3 in rule 23

# Rule 23 is set to true  
 # PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL is set to True  
 # RHS:  
 SUCURSAL.Rendimiento3\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to SUCURSAL.Total3 in rule 23  
 # SUCURSAL.Total3 is set to 15120000.0  
 # RHS:  
 SUCURSAL.Rendimiento3\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+SUCURSAL.Total3 is assigned to SUCURSAL.Total3 in rule 23  
 # SUCURSAL.Total3 is set to 27720000.0  
 # RHS: SUCURSAL.Total3\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to SUCURSAL.Total3 in rule 23  
 # SUCURSAL.Total3 is set to 24116400.0  
 # RHS: 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 23  
 # PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.13  
 # RHS: REGISTRO3+1 is assigned to REGISTRO3 in rule 23  
 # REGISTRO3 is set to 1.0  
 # Condition there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION in rule 24. (True).  
 # Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0 in rule 24. (True).  
 # Condition there is evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in rule 24. (True).  
 # Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0 in rule 24. (True).  
 # Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0 in rule 24. (True).  
 # Rule 24 is set to true  
 # RHS:  
 SUCURSAL.Rendimiento4\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to SUCURSAL.Total4 in rule 24  
 # SUCURSAL.Total4 is set to 13608000.0  
 # RHS:  
 SUCURSAL.Rendimiento4\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+SUCURSAL.Total4 is assigned to SUCURSAL.Total4 in rule 24  
 # SUCURSAL.Total4 is set to 24948000.0  
 # RHS: SUCURSAL.Total4\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to SUCURSAL.Total4 in rule 24  
 # SUCURSAL.Total4 is set to 3243240.0  
 # RHS: REGISTRO3+1 is assigned to REGISTRO3 in rule 24  
 # REGISTRO3 is set to 2.0  
 # RHS: Reset  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in rule 24

\* RHS: REGISTRO3+1 is assigned to REGISTRO3 in rule 24  
 \* REGISTRO3 is set to 2.0  
 \* RHS: Reset  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION in rule 24  
 \* PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION is set to Unknown  
 \* RHS: Reset PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL in rule 24  
 \* Rule 23 is set to false  
 \* Condition there is evidence of PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_APERTURA\_SUCURSAL in rule 10. (True).  
 \* Rule 10 is set to true  
 \* ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCION\_MINIMA is set to True  
 \* RHS: SUCURSAL.Total3+SUCURSAL.Total4 is assigned to SUCURSAL.Rendimiento\_total2 in rule 10  
 \* SUCURSAL.Rendimiento\_total2 is set to 27359640.0  
 \* Condition there is evidence of SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCION in rule 25. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater than or equal to 0 in rule 25. (True).  
 \* PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION is set to False  
 \* Condition there is no evidence of PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCION in rule 25. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or equal to 0 in rule 25. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0 in rule 25. (True).  
 \* Rule 25 is set to true  
 \* PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL is set to True  
 \* RHS:  
 NO\_SUCURSAL.Rendimiento4\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_SUCURSAL.Total4 in rule 25  
 \* NO\_SUCURSAL.Total4 is set to 6048000.0  
 \* RHS:  
 NO\_SUCURSAL.Rendimiento4\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA)+NO\_SUCURSAL.Total4 is assigned to NO\_SUCURSAL.Total4 in rule 25  
 \* NO\_SUCURSAL.Total4 is set to 11088000.0  
 \* RHS: NO\_SUCURSAL.Total4\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to NO\_SUCURSAL.Total4 in rule 25  
 \* NO\_SUCURSAL.Total4 is set to 1441440.0  
 \* RHS: 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 25  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.87

assigned to NO\_SUCURSAL.Total4 in rule 25  
 \* NO\_SUCURSAL.Total4 is set to 1441440.0  
 \* RHS: 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to  
 PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 25  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.87  
 \* RHS: REGISTRO4+1 is assigned to REGISTRO4 in rule 25  
 \* REGISTRO4 is set to 1.0  
 \* Condition there is evidence of  
 SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION in rule 26.  
 (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater  
 than or equal to 0 in rule 26. (True).  
 \* Condition there is no evidence of  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in  
 rule 26. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is greater than or  
 equal to 0 in rule 26. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or  
 equal to 0 in rule 26. (True).  
 \* Rule 26 is set to true  
 \* RHS:  
 NO\_SUCURSAL.Rendimiento3\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACT  
 UACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_SUCURSAL.Total3 in rule 26  
 \* NO\_SUCURSAL.Total3 is set to 6720000.0  
 \* RHS:  
 NO\_SUCURSAL.Rendimiento3\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMP  
 ETENCIA)+NO\_SUCURSAL.Total3 is assigned to NO\_SUCURSAL.Total3 in rule  
 26  
 \* NO\_SUCURSAL.Total3 is set to 12320000.0  
 \* RHS: NO\_SUCURSAL.Total3\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is  
 assigned to NO\_SUCURSAL.Total3 in rule 26  
 \* NO\_SUCURSAL.Total3 is set to 10718400.0  
 \* RHS: REGISTRO4+1 is assigned to REGISTRO4 in rule 26  
 \* REGISTRO4 is set to 2.0  
 \* RHS: Reset PRODUCCION\_MINIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL in rule 26  
 \* Rule 25 is set to false  
 \* Condition there is evidence of  
 PRODUCCION\_MINIMA\_Y\_NO\_APERTURA\_SUCURSAL in rule 9. (True).  
 \* Rule 9 is set to true  
 \* RHS: NO\_SUCURSAL.Total3+NO\_SUCURSAL.Total4 is assigned to  
 NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total2 in rule 9  
 \* NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total2 is set to 12159840.0  
 \* RHS: Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 9  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to Unknown  
 \* Condition there is evidence of  
 ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MINIMA in rule 5. (True).  
 \* Condition

\* RHS: Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 9  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to Unknown  
 \* Condition there is evidence of  
 ADQUISICION\_MAQUINARIA\_PARA\_PRODUCCION\_MINIMA in rule 5. (True).  
 \* Condition  
 SUCURSAL.Rendimiento\_total2-NO\_SUCURSAL.Rendimiento\_total2 is greater  
 than or equal to 0 in rule 5. (True).  
 \* Rule 5 is set to true  
 \* ADQUISICION\_DE\_UNA\_MAQUINA is set to True  
 \* RHS: DECISION1.Ampliar is set to "SE ACONSEJA APERTURA DE SUCURSAL"  
 in rule 5  
 \* DECISION1.Ampliar is set to SE ACONSEJA APERTURA DE SUCURSAL  
 \* RHS: SUCURSAL.Rendimiento\_total2 is assigned to AMPLIAR1.Rendimiento  
 in rule 5  
 \* AMPLIAR1.Rendimiento is set to 27359640.0  
 \* RHS: AMPLIAR1.Rendimiento\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is  
 assigned to AMPLIAR1.Rendimiento in rule 5  
 \* AMPLIAR1.Rendimiento is set to 20519730.0  
 \* RHS: 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is assigned to  
 PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO in rule 5  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is set to 0.25  
 \* RHS: Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 5  
 \* Rule 4 is set to false  
 \* Condition there is evidence of ADQUISICION\_DE\_UNA\_MAQUINA in rule 12.  
 (True).  
 \* Condition there is evidence of  
 SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION in rule 21.  
 (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater  
 than or equal to 0 in rule 21. (True).  
 \* Condition there is no evidence of  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in  
 rule 21. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is less than 0 in  
 rule 21. (True).  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.8  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is greater than or  
 equal to 0 in rule 21. (True).  
 \* Rule 21 is set to true  
 \* PRODUCCION\_MINIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL is set to True  
 \* RHS:  
 NO\_AMPLIAR.Rendimiento4\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTU  
 ACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_AMPLIAR.Total4 in rule 21  
 \* NO\_AMPLIAR.Total4 is set to 5712000.0  
 \* RHS:  
 NO\_AMPLIAR.Rendimiento4\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPE  
 TENCIA)+NO\_AMPLIAR.Total4 is assigned to NO\_AMPLIAR.Total4 in rule 21

ACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_AMPLIAR.Total4 in rule 21  
 \* NO\_AMPLIAR.Total4 is set to 5712000.0  
 \* RHS:  
 NO\_AMPLIAR.Rendimiento4\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPE  
 TENCIA)+NO\_AMPLIAR.Total4 is assigned to NO\_AMPLIAR.Total4 in rule 21  
 \* NO\_AMPLIAR.Total4 is set to 10472000.0  
 \* RHS: NO\_AMPLIAR.Total4\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is  
 assigned to NO\_AMPLIAR.Total4 in rule 21  
 \* NO\_AMPLIAR.Total4 is set to 8377600.0  
 \* RHS: 1-PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is assigned to  
 PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 21  
 \* PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to 0.2  
 \* Condition there is evidence of  
 SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_MINIMO\_DE\_LA\_PRODUCCION in rule 22.  
 (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is greater  
 than or equal to 0 in rule 22. (True).  
 \* Condition there is no evidence of  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in  
 rule 22. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO-0.5 is less than 0 in  
 rule 22. (True).  
 \* Condition PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO-0.5 is less than 0 in  
 rule 22. (True).  
 \* Rule 22 is set to true  
 \* RHS:  
 NO\_AMPLIAR.Rendimiento3\*(1-COMPETENCIA.Coste)\*PROBABILIDAD\_DE\_ACTU  
 ACION\_DE\_LA\_COMPETENCIA is assigned to NO\_AMPLIAR.Total3 in rule 22  
 \* NO\_AMPLIAR.Total3 is set to 6720000.0  
 \* RHS:  
 NO\_AMPLIAR.Rendimiento3\*(1-PROBABILIDAD\_DE\_ACTUACION\_DE\_LA\_COMPE  
 TENCIA)+NO\_AMPLIAR.Total3 is assigned to NO\_AMPLIAR.Total3 in rule 22  
 \* NO\_AMPLIAR.Total3 is set to 12320000.0  
 \* RHS: NO\_AMPLIAR.Total3\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is  
 assigned to NO\_AMPLIAR.Total3 in rule 22  
 \* NO\_AMPLIAR.Total3 is set to 2464000.0  
 \* Rule 21 is set to false  
 \* Condition there is evidence of  
 PRODUCCION\_MINIMA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL in rule 6. (True).  
 \* Rule 6 is set to true  
 \* ADQUISICION\_DE\_UNA\_MAQUINA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL is set to  
 True  
 \* RHS: NO\_AMPLIAR.Total3+NO\_AMPLIAR.Total4 is assigned to  
 DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina in rule 6  
 \* DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina is set to 10841600.0  
 \* RHS:  
 DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO



# RHS: NO\_AMPLIAR.Total13+NO\_AMPLIAR.Total4 is assigned to  
 DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina in rule 6  
 # DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina is set to 10841600.0  
 # RHS:  
 DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina\*PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PL  
 AZO is assigned to DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina in rule 6  
 # DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina is set to 2710400.0  
 # Condition there is evidence of  
 ADQUISICION\_DE\_UNA\_MAQUINA\_SIN\_AMPLIACION\_COMERCIAL in rule 12.  
 (True).  
 # Rule 12 is set to true  
 # DECISION\_EXPANSION\_UNO is set to True  
 # RHS: DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina+AMPLIAR1.Rendimiento is  
 assigned to DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina in rule 12  
 # DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina is set to 23230130.0  
 # RHS: Reset  
 SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREV  
 ISTO in rule 12  
 #  
 SU\_OBJETIVO\_ES\_EL\_INCREMENTO\_DE\_LA\_PRODUCCION\_EN\_EL\_MAXIMO\_PREV  
 ISTO is set to Unknown  
 # RHS: Reset  
 PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION in  
 rule 12  
 # PRETENDE\_COMERCIALIZAR\_DIRECTAMENTE\_PARTE\_DE\_SU\_PRODUCCION is  
 set to Unknown  
 # RHS: Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO in rule 12  
 # PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_CORTO\_PLAZO is set to Unknown  
 # RHS: Reset PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO in rule 12  
 # PROBABILIDAD\_DEMANDA\_A\_LARGO\_PLAZO is set to Unknown  
 # Condition there is evidence of DECISION\_EXPANSION\_UNO in rule 13. (True).  
 # Condition  
 DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas-DECISION1.Adquisicion\_una\_maquina is  
 greater than or equal to 0 in rule 13. (True).  
 # Rule 13 is set to true  
 # EXPANSION is set to True  
 # RHS: DECISION.Ampliar is assigned to EXPANSION.Decision in rule 13  
 # EXPANSION.Decision is set to SE ACONSEJA APERTURA DE SUCURSAL  
 # RHS: EXPANSION.Maquinaria is set to "ADQUISICION DE DOS MAQUINAS" in  
 rule 13  
 # EXPANSION.Maquinaria is set to ADQUISICION DE DOS MAQUINAS  
 # RHS: DECISION.Adquisicion\_dos\_maquinas is assigned to  
 EXPANSION.Rendimiento in rule 13  
 # EXPANSION.Rendimiento is set to 35060410.0

EXPANSION.Rendimiento in rule 13  
\* EXPANSION.Rendimiento is set to 35060410.0

### **3. EL DISEÑO DEL CONOCIMIENTO UTILIZANDO NEXPERT:**

El diseño del conocimiento es la tarea de formalizar éste en la herramienta que será utilizada, más tarde, en su aplicación a los problemas del mundo real para obtener su solución. El conocimiento es información de alto nivel y requiere herramientas apropiadas para su proceso. En este sentido, la herramienta debe recoger lo más fielmente posible el modelo de resolución del problema teniendo en cuenta, además del conocimiento sobre el dominio, los puntos de interés sobre los que incide el experto en la resolución del problema, es decir, el modo en que éste resuelve el problema. El experto es parte del problema.

El razonamiento se corresponde con la forma en que la información es manipulada por la mente del experto. El razonamiento controla los focos de atención en la solución del problema y modeliza la tarea cognitiva. La tarea de diseño del conocimiento, engloba tanto la definición de las reglas -unidades elementales de razonamiento- como la descripción del entorno en el que éstas actúan. Los sistemas basados en el conocimiento incorporan el razonamiento a la resolución de problemas.

Tres son los componentes fundamentales de un sistema basado en el conocimiento: la naturaleza de las primitivas usadas en el proceso, cuyo nivel de abstracción debe ser lo suficientemente alto para hacerlo comprensible por el experto, la interface del diseño y disponer de una arquitectura abierta.

NEXPERT es una herramienta que utiliza reglas y objetos para representar el conocimiento: las reglas representan el razonamiento y los objetos describen el universo sobre el que se produce el razonamiento.

La interface de diseño proporcionada por NEXPERT es una interface potente la cual permite establecer una continuidad cognitiva entre el diseñador y la herramienta. La facilidad gráfica "Knowledge Inspector" permite visualizar en parte, o en su conjunto, reglas y objetos para la comprensión visual del conocimiento representado.

El proceso de diseño de una base de conocimiento es en sí mismo una tarea de resolución de problemas y requiere de las herramientas y metodología adecuadas. El

mecanismo propuesto por NEXPERT se basa más en la noción de foco de atención y localización de recursos que en algoritmos de definición. El conocimiento se expresa en un marco que integra el foco de atención del experto, intuición, hechos y conocimiento incompleto.

La formalización del conocimiento se presenta en: a) reglas y b) objetos.

- a) Reglas. En el proceso de resolución de un problema, las distintas fases que lo integran, se derivan unas de otras siguiendo la línea de razonamiento propuesta por el experto. Por tanto, una fase de ejecución es consecuencia de un razonamiento anterior y está conectada con él. Estas relaciones son relaciones de inferencia que se formalizan mediante reglas.

En NEXPERT el razonamiento se representa mediante reglas. La regla tiene una estructura simbólica de tipo:

**IF ... THEN ... and DO...**

IF {conjunto de condiciones}

THEN {conjunto de hipótesis} que serán ciertas si se verifican las condiciones

DO {conjunto de acciones} que se llevarán a cabo si la evaluación de la regla resulta positiva

Parte izquierda de la regla IF

Parte derecha de la regla THEN .. DO..

EL procesamiento de una regla se produce si el conjunto de condiciones se verifica. En este caso la regla puede ser disparada o aplicada. El sistema realiza inferencias cuando las hipótesis de la regla son "ciertas" (valor booleano) y esto se produce si las condiciones de la regla son "verdaderas" Además de hipótesis, una regla puede contener en su parte derecha acciones, de tal forma que cuando una regla se encuentra "verdadera" las acciones son aplicadas. Se llaman acciones porque inducen algún cambio en el entorno del sistema, por ejemplo, cambios en los valores de los datos,

creación y borrado de objetos y enlaces, leer/escribir en una base de datos, mostrar gráficos y textos, afectar al motor de inferencia, restaurar valores, ejecutar programas externos, cargar nuevas reglas, etc.

En el proceso de reglas tienen influencia ciertos acontecimientos, como por ejemplo, cambios producidos por información externa o por una acción integrada en otra regla, también una regla puede inducir a evaluar otra, para resolver la subtarea actual o porque, de repente, ésta se ha convertido en relevante. El carácter oportunista de la arquitectura del sistema, es un factor importante en la construcción de programas que puedan adaptarse a los cambios del entorno.

NEXPERT puede integrar información procedente del mundo exterior o de programas externos, los cuales a su vez pueden ser ejecutados por las reglas o los objetos. En este sentido, una regla o una hipótesis puede volverse relevante, simplemente, porque un acontecimiento externo justifique su evaluación. Los acontecimientos externos pueden tener prioridad sobre la actividad actual del sistema. Esta prioridad se establece mediante mecanismos externos. NEXPERT puede también influir sobre otros procesos externos, enviando resultados a éstos. El conjunto de funciones que controlan este mecanismo se denomina "estrategias".

Todavía es posible una construcción más en el nivel de inferencia. El conocimiento que proviene de la intuición, es decir, conocimiento que posee el experto derivado de la experiencia y cuya explicación o codificación en términos de reglas presenta dificultades. El mecanismo para tratar este conocimiento se denomina "contexto" y permite enlazar módulos de conocimiento "knowledge islands".

Los módulos de conocimiento son conjuntos de reglas, una o más, que están relacionadas por hechos, lo que produce que cuando una se explora las restantes pueden convertirse en relevantes. Se relacionan con otros

módulos cuando una hipótesis -fuente- de un determinado módulo está en el contexto de una hipótesis -destino- del módulo actual.

- b) **Objetos.** Las reglas constituyen el razonamiento en un problema formalizado. La formalización se produce a través de objetos interrelacionados. Un objeto es una unidad elemental de descripción que permite formalizar los sucesos del mundo real sobre los que se produce el razonamiento. Los objetos tienen una estructura simbólica del tipo:

**OBJETO** = Nombre..Clase...Subobjetos....Propiedades...Meta-Slots....

La sintaxis anterior indica: que todo aquello sobre lo que se razona tiene un Nombre, quizás pertenece a una Clase de objetos, quizás tiene o puede tener componentes -llamados Subobjetos-, tiene también Propiedades, como por ejemplo: valor, color, etc. y tiene además meta-propiedades denominadas Meta-Slots las cuales expresan la idiosincrasia del comportamiento de las propiedades del objeto.

Una clase es una colección de objetos que tienen muchos, si no la mayoría, de propiedades comunes. El tipo de relación de un objeto y su clase es:

.....es una ocurrencia de.....

Una subclase se define como un conjunto de clases que se integran en un nivel de clase superior.

Los subobjetos son componentes del objeto padre. La relación entre un objeto y un subobjeto es del tipo

.....es un componente de..... o .....es parte de.....

Dos objetos unidos por este tipo de relación usualmente no comparten muchas propiedades.

Las propiedades son características de los objetos. Cada objeto y su clase pueden tener una o más propiedades. Las propiedades de un objeto tienen, generalmente, valores asociados. Estos valores son, cada uno,

parte de la descripción universal del objeto o clase. El formato general es el siguiente:

Objeto.propiedad y Clase.propiedad

Cuando una propiedad está unida a un objeto o clase se denomina slot.

Por ejemplo: Apertura\_Sucursal.coste → es un slot.

Un aspecto importante es la herencia entre objetos, es decir, la forma en que los objetos y clases se comunican valores entre sí. Los valores de las propiedades se heredan de la clase o el objeto padre.

Los Meta-Slots son descripciones funcionales ligadas a cada una de las propiedades de un objeto, definen el correcto comportamiento de aquella. Son, por lo tanto, dependientes de los objetos, ya que la misma propiedad puede ser tratada de forma distinta de acuerdo con el objeto y la clase a la que pertenecen.

En el diseño del conocimiento, es importante cómo se obtiene la información acerca de los valores de una propiedad durante el proceso de razonamiento. Estos valores pueden obtenerse de diferentes formas:

- a) Por herencia: el valor se obtiene de la clase a la que pertenece - generalización- o de uno de sus objetos padres.
- b) Por defecto
- c) De una base de Datos: el valor puede estar almacenado en una base de datos.
- d) Del exterior: se puede necesitar la realización de complejos cálculos o comunicarse con otro ordenador.

El diseñador de la Base de Conocimiento debe decidir todas las posibles fuentes de información para cada propiedad y su orden relativo.

Clases y Objetos son colecciones de propiedades. Las relaciones entre Clases y Objetos en la base de conocimiento pueden ser:

- a) **Relación clase/subclase:** es una relación de especialización. Por defecto las propiedades y los valores se heredan a través de un enlace de especialización. La relación inversa se denomina de generalización. Una subclase especializa una clase, mientras que una superclase generaliza una clase.
- b) **Relación clase/objeto:** es una relación automática. Por defecto se heredan los valores. La relación inversa se denomina de clasificación. Un objeto es una ocurrencia de una clase, mientras que una clase clasifica objetos.
- c) **Relación objeto/subobjeto:** es una relación de descomposición. Por defecto no se heredan las propiedades y valores. La relación inversa se denomina composición. Un objeto se descompone en subobjetos, mientras que los subobjetos componen un objeto.

Hay un cierto grado de independencia entre el razonamiento y la representación. El razonamiento se corresponde con la manera en que la información es manipulada por la mente del experto. El experto puede razonar sobre la propiedades de un conjunto de objetos -una clase- o sobre un solo objeto. En ambos casos la forma de razonamiento es similar, se fijan los focos de atención en orden a modelizar la tarea cognitiva.

Una regla puede afectar a los objetos; puede crear objetos y/o borrarlos y afectar a sus enlaces con la clase a la que pertenecen. Los objetos, a su vez, pueden afectar al proceso de inferencia. El diseño del conocimiento engloba tanto la definición de las reglas como la descripción de los objetos sobre los que éstas actúan.

En la construcción de las reglas, el experto tiene de alguna forma que desagregar y compartimentar su conocimiento. El abordar por separado la construcción de cada regla puede llevar al experto a perder la visión global del conjunto respecto a las relaciones entre reglas. NEXPERT automáticamente reconstruye el conjunto de reglas en un nivel global que sirva de guía al experto.



El nivel global o nivel macroscópico se obtiene considerando, entre sí, las relaciones entre el conjunto de todas las reglas. Los enlaces entre las reglas reflejan la estructura del conocimiento. La herramienta muestra gráficamente la arquitectura global del conocimiento, permitiendo al diseñador un acceso visual a las relaciones entre reglas, las relaciones entre objetos y las interrelaciones entre reglas y objetos.

En NEXPERT, el mecanismo de control que manipula la Base de Conocimiento se denomina Procesador del Conocimiento y utiliza el conocimiento contenido en la Base para inferir conclusiones sobre el mundo real. En la búsqueda de la solución NEXPERT utiliza una estrategia básica. Esta estrategia está basada en una combinación de encadenamiento hacia adelante, usando datos conocidos para detectar posibles conclusiones y de encadenamiento hacia atrás, usando una conclusión sugerida o detectada para preguntar cuestiones implicadas.

La búsqueda de la solución puede iniciarse:

- a) Desde una evidencia: NEXPERT usa esa información para generar hipótesis correctas e investigarlas. Si durante el proceso encuentra otra hipótesis que puede ser relevante, decide automáticamente poner su atención en ella, es decir, colocarla en la agenda para su evaluación.
- b) Desde una o varias hipótesis sugeridas: NEXPERT se centra en ellas para explorar conocimiento relevante. Durante el proceso si se encuentran nuevas hipótesis relevantes para el problema se decide que éstas pueden ser focos de potenciales soluciones y se evaluarán después de explorar la hipótesis inicial.
- c) En modo mixto: NEXPERT da prioridad a la hipótesis sugerida y se centra más tarde en los distintos objetivos que han podido ser generados por evidencias dadas o descubiertas en el transcurso de la exploración inicial.

La cantidad de búsqueda necesaria para resolver un problema está muy relacionada con el grado de especificidad de los datos involucrados en la estructura del problema actual. Así, la calidad del conocimiento es crítica en los resultados del sistema

de razonamiento. Los datos muy generales, presentes en muchas reglas que afectan a muchas hipótesis con la misma condición, llevan a una búsqueda más extensiva por el sistema. Por el contrario, los datos que aparecen a menudo pero en distintas condiciones específicas ayudan a limitar el alcance de la búsqueda.