

## Adquisición del conocimiento

---

# Ingeniería del conocimiento

A. Rodríguez Rodríguez  
J. Hernández Cabrera  
A. Plácido Castro



Facultad de Informática  
Universidad de Las Palmas de G.C.

---

CUIDE EL LIBRO  
NO LO SUBRAYE

# Ingeniería del conocimiento

Adquisición del conocimiento  
Volumen 2

Abraham Rodríguez Rodríguez  
José Juan Hernández Cabrera  
Ana María Plácido Castro



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
LAS PALMAS DE G. CANARIA
N.º Documento <u>138375</u>
N.º Copia <u>138376</u>



# Contenidos

---

- I Adquisición del Conocimiento
- II Táctica para la adquisición del conocimiento
- III Sesiones de adquisición del conocimiento
- IV Tareas para la adquisición del conocimiento
- V Prejuicios y predisposiciones del experto y técnicas correctivas
- VI Herramientas para la adquisición del conocimiento

# CAPÍTULO I

---

## Adquisición del Conocimiento

# Índice

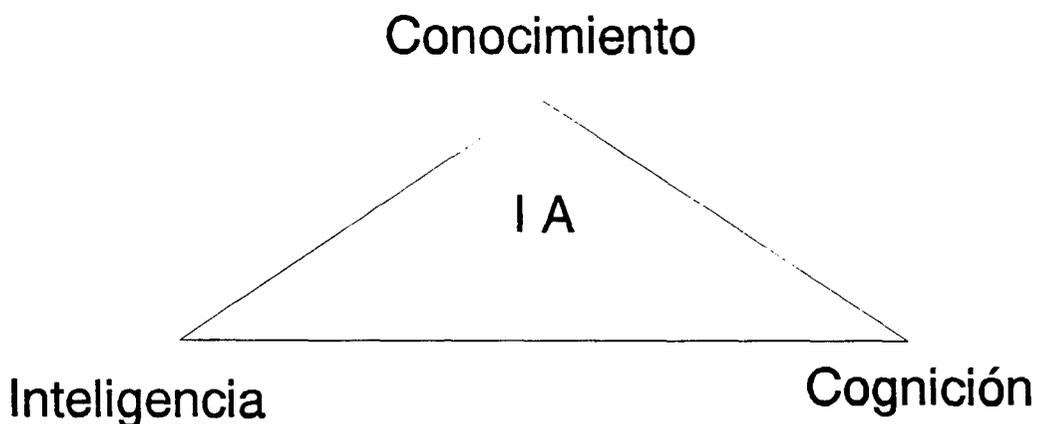
---

1	Introducción . . . . .	1
1.1	Conocimiento . . . . .	2
1.2	Cognición . . . . .	3
1.3	Inteligencia . . . . .	3
2	Modelo del Comportamiento Experto . . . . .	5
3	Desarrollo de Sistemas Expertos y Adquisición del Conocimiento . . . . .	9
3.1	Tareas del ingeniero del conocimiento . . . . .	10
3.2	Técnicas de entrevistas para la adquisición del conocimiento . . . . .	11
	Bibliografía . . . . .	13

# 1 Introducción

---

La adquisición del conocimiento es la transferencia y transformación del conocimiento y de la habilidad de entender y de resolver problemas desde alguna fuente de conocimiento a un programa. El sistema experto contendrá casi todo el conocimiento del experto humano e intentará aproximarse en lo posible a la forma en la que dicho experto humano alcanza las soluciones. En principio, podríamos definir dicha habilidad de alcanzar soluciones eficientemente como 'inteligencia'. Pero con 'conocimiento' e 'inteligencia' únicamente no se construye una base de conocimiento. Es preciso que intervengan una serie de procesos de alto nivel que son los que van a permitir el trasvase y la posterior representación de la información, aportando un lenguaje común y las facilidades de estructuración y representación necesarias. A dichos procedimientos se les denomina 'procesos cognitivos'. Por lo tanto, podríamos considerar estos tres conceptos (conocimiento, cognición, inteligencia) como los vértices de un triángulo dentro del que se sitúa la Inteligencia Artificial.



## 1.1 Conocimiento

Según el diccionario de la lengua, conocimiento es el hecho de ser consciente de una cosa, estado, creencia, o emoción.

Para un diccionario filosófico, entre las cuestiones relacionadas con el conocimiento se incluyen la de la naturaleza o procedencia del conocimiento y los distintos tipos de conocimiento que existen. En lo que respecta a su procedencia, normalmente se cree que el conocimiento genera nuevas creencias o reemplaza otras ya existentes. Sobre los distintos tipos de conocimiento no existe un consenso que permita definir claramente cada categoría. Gammack y Young defienden que parte del trabajo de adquisición consiste en investigar qué técnicas se adecuan mejor a qué tipos de conocimiento. De cara a facilitar dicha tarea, identificaron cuatro tipos de conocimiento: procedural, declarativo, semántico, y episódico.

### Conocimiento procedural

Incluye las habilidades que un individuo posee. Se puede identificar con el '*saber como*' hacer algo. El conocimiento procedural implica una respuesta automática a un estímulo y es reaccionario por naturaleza. Un ejemplo de este tipo de conocimiento lo constituye el lenguaje, ya que aunque la mayoría de la gente posee este conocimiento, encuentran muy difícil especificar las reglas que describen con precisión como utilizan el lenguaje.

### Conocimiento declarativo

Es el '*conociendo que*'. Representa conocimiento superficial que el experto puede verbalizar. La distinción primaria entre el conocimiento procedural y el declarativo se centra en la habilidad de verbalizar o expresar el conocimiento. Es de lo que el experto es consciente que conoce. Por lo tanto, puede no reflejar los fundamentos cognitivos y los conceptos que utiliza para relacionar la información de una forma útil.

### Conocimiento semántico

Representa uno de los dos tipos teóricos de memoria a largo plazo. Refleja la estructura, la organización, y la representación cognitiva. Tulving lo describe como conocimiento organizado acerca de:

- Palabras y otros símbolos verbales.
- Significados de palabras/símbolos y reglas de uso.
- Referencias a palabras/símbolos e interrelaciones.
- Algoritmos de manipulación de símbolos, conceptos, y relaciones.

## Conocimiento episódico

Es información autobiográfica y experimental que el experto ha agrupado en episodios. Contiene información acerca de 'episodios fechados temporalmente o eventos y relaciones espacio temporales entre dichos eventos'.

## 1.2 Cognición

Es el término con el que se hace referencia a los procesos mentales de mayor nivel. Entre estas actividades se encuentran:

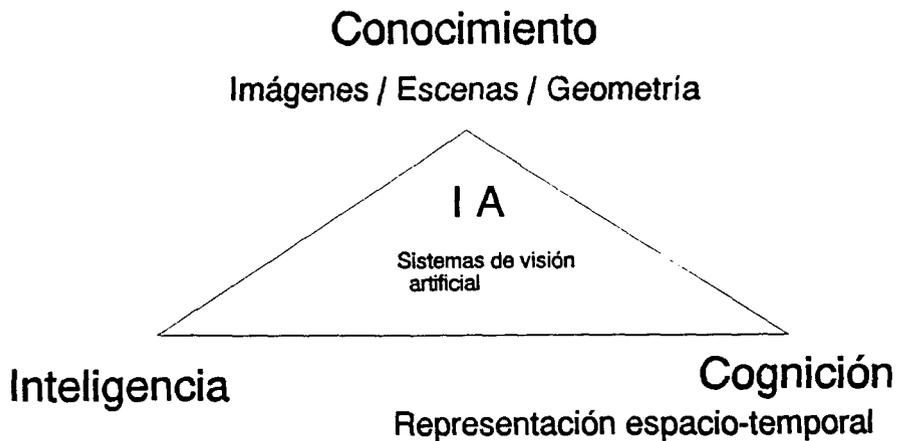
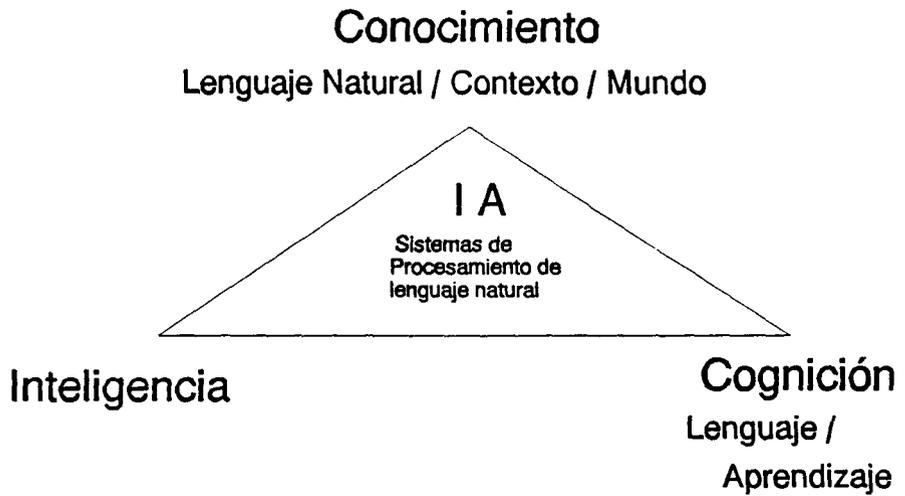
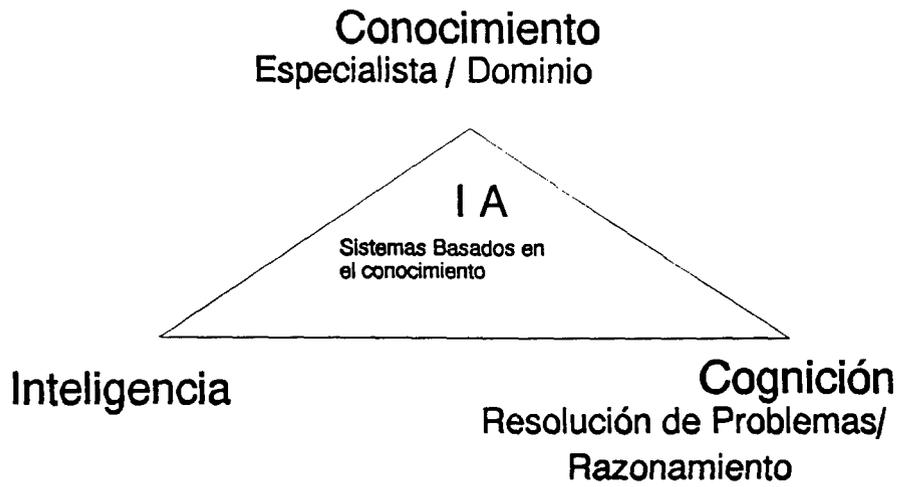
- Memoria, representación, e imaginación.
- Percepción y atención.
- Razonamiento, toma de decisiones y resolución de problemas.
- Lenguaje.
- Aprendizaje.
- Pensamiento y conceptualización.

## 1.3 Inteligencia

En general, se puede decir que es la habilidad de un ser vivo para entender el mundo y ejecutar las acciones apropiadas en cada momento.

También es la habilidad mental general, especialmente la habilidad de hacer un uso flexible de la memoria, del razonamiento, de la valoración, y de la información cuando se aprende o se trata con nuevos problemas y situaciones.

Con lo dicho, se pueden identificar algunas de las áreas de la Inteligencia Artificial dentro de la figura anterior:



## 2 Modelo del Comportamiento Experto

---

Habiendo definido los componentes que intervienen en la adquisición y en la transferencia del conocimiento experto, el siguiente paso es el de intentar clarificar qué formas de conocimiento son accesibles a partir de qué metodologías. Conocer que formas de conocimiento se pueden adquirir con las distintas metodologías de transferencia es vital para poder desarrollar una aplicación de sistemas expertos. Uno de los modelos más completos desarrollados hasta la fecha es el de R. Gaines, el cual considera la adquisición del conocimiento como una *jerarquía* en la que se describen los distintos procesos cognitivos que intervienen en la adquisición y en la transferencia del conocimiento, proporcionando una estructura en la que se pueden incluir todas las metodologías existentes para su análisis y comparación. A continuación se presenta un extracto de tal estudio.

Tomaremos como referencia la jerarquía del modelo adaptada para representar las 'habilidades' utilizadas para alcanzar metas (resolver problemas).

6	<i>Transcendental</i>
5	<i>Abstracto</i>
4	<i>Comparativo</i>
3	<i>Computacional</i>
2	<i>Basado en reglas</i>
1	<i>Reflejo</i>

El *nivel uno* se corresponde con acciones reflejas y conexiones de respuestas a estímulos. Se implementa con inferencias inductivas.

En el *nivel dos*, la experiencia se combina para generar secuencias de acciones mediante reglas derivadas de experiencias similares. Se podría corresponder con estructuras orientadas a marcos (frames).

En el *nivel tres* se utiliza un modelo generativo de experiencia para computar una

secuencia óptima de acciones. Su implementación implica la utilización de un esquema de modelado basado en estados.

En el *nivel cuatro* se comparan una serie de modelos alternativos como base para seleccionar el adecuado para el objetivo requerido. Implementable con razonamiento analógico.

En el *nivel cinco* se utilizan los modelos abstractos generalizados como patrones entre los que hay que activar el adecuado para los objetivos requeridos. Su implementación se apoya en el modelado matemático y en una inferencia inductiva.

En el *nivel seis* se sigue todo el proceso descrito a través de un reconocimiento basado en las distinciones hechas en varios niveles, y un intento de racionalizar estas distinciones y crear otras nuevas. ¿Inferencia Transcendental?

Esta visión del conocimiento experto se completa con la forma en la que dicho conocimiento se *transmite* dentro de la jerarquía anterior. La siguiente tabla muestra los diferentes niveles del modelo.

6	<i>TRANSCENDENTAL</i> <i>Transfiere principios generales</i>
5	<i>ABSTRACTO</i> <i>Transfiere leyes básicas</i>
4	<i>COMPARATIVO</i> <i>Transfiere a partir de palabras relacionadas</i>
3	<i>TÉCNICO</i> <i>Explicaciones racionales</i>
2	<i>FORMAL</i> <i>Refuerzo</i>
1	<i>INFORMAL</i> <i>Mímica</i>

El conocimiento reflejo en el *nivel uno* (informal) no tiene componente verbal y proviene directamente de la experiencia, a menudo mediante la imitación del comportamiento de otros. El mecanismo básico de transferencia es la observación de los expertos.

El conocimiento basado en reglas del *nivel dos* (formal) se transmite normalmente mediante

el refuerzo del comportamiento, reglas verbales, o se induce a partir de los patrones de conocimiento del nivel uno. El mecanismo básico de transferencia es el trabajo bajo supervisión experta.

El conocimiento computacional del *nivel tres* (técnico) se transmite por explicaciones técnicas, o se induce a partir de los patrones de conocimiento del nivel dos. El mecanismo básico de transferencia es el de la explicación racional de las entrevistas a expertos y libros.

El conocimiento comparativo del *nivel cuatro* se transmite normalmente mediante símiles y el análisis metafórico, o se induce a partir de los patrones de conocimiento del nivel tres.

El conocimiento abstracto del *nivel cinco* se transmite normalmente a través de la representación matemática, o se induce a partir de los patrones de conocimiento del nivel cuatro. El mecanismo básico de transferencia es la utilización de leyes básicas para derivar modelos específicos.

El conocimiento del *nivel seis* se transfiere mediante la utilización de los principios del sistema para derivar leyes específicas.

A pesar de que los sistemas de adquisición y transferencia del conocimiento han sido desarrollados utilizando técnicas pertenecientes a uno sólo de los niveles de la jerarquía, los sistemas futuros incrementarán progresivamente el ejemplo de comportamiento anterior y operarán a varios niveles. La combinación de las inferencias basadas en reglas, basadas en modelos, y analógica es ubicua en el procesamiento del conocimiento humano y lo será progresivamente en los sistemas expertos.

## 2 Modelo del Comportamiento Experto

---

Habiendo definido los componentes que intervienen en la adquisición y en la transferencia del conocimiento experto, el siguiente paso es el de intentar clarificar qué formas de conocimiento son accesibles a partir de qué metodologías. Conocer que formas de conocimiento se pueden adquirir con las distintas metodologías de transferencia es vital para poder desarrollar una aplicación de sistemas expertos. Uno de los modelos más completos desarrollados hasta la fecha es el de R. Gaines, el cual considera la adquisición del conocimiento como una *jerarquía* en la que se describen los distintos procesos cognitivos que intervienen en la adquisición y en la transferencia del conocimiento, proporcionando una estructura en la que se pueden incluir todas las metodologías existentes para su análisis y comparación. A continuación se presenta un extracto de tal estudio.

Tomaremos como referencia la jerarquía del modelo adaptada para representar las 'habilidades' utilizadas para alcanzar metas (resolver problemas).

6	<i>Transcendental</i>
5	<i>Abstracto</i>
4	<i>Comparativo</i>
3	<i>Computacional</i>
2	<i>Basado en reglas</i>
1	<i>Reflejo</i>

El *nivel uno* se corresponde con acciones reflejas y conexiones de respuestas a estímulos. Se implementa con inferencias inductivas.

En el *nivel dos*, la experiencia se combina para generar secuencias de acciones mediante reglas derivadas de experiencias similares. Se podría corresponder con estructuras orientadas a marcos (frames).

En el *nivel tres* se utiliza un modelo generativo de experiencia para computar una

secuencia óptima de acciones. Su implementación implica la utilización de un esquema de modelado basado en estados.

En el *nivel cuatro* se comparan una serie de modelos alternativos como base para seleccionar el adecuado para el objetivo requerido. Implementable con razonamiento analógico.

En el *nivel cinco* se utilizan los modelos abstractos generalizados como patrones entre los que hay que activar el adecuado para los objetivos requeridos. Su implementación se apoya en el modelado matemático y en una inferencia inductiva.

En el *nivel seis* se sigue todo el proceso descrito a través de un reconocimiento basado en las distinciones hechas en varios niveles, y un intento de racionalizar estas distinciones y crear otras nuevas. ¿Inferencia Transcendental?

Esta visión del conocimiento experto se completa con la forma en la que dicho conocimiento se *transmite* dentro de la jerarquía anterior. La siguiente tabla muestra los diferentes niveles del modelo.

6	<i>TRANSCENDENTAL</i> <i>Transfiere principios generales</i>
5	<i>ABSTRACTO</i> <i>Transfiere leyes básicas</i>
4	<i>COMPARATIVO</i> <i>Transfiere a partir de palabras relacionadas</i>
3	<i>TÉCNICO</i> <i>Explicaciones racionales</i>
2	<i>FORMAL</i> <i>Refuerzo</i>
1	<i>INFORMAL</i> <i>Mímica</i>

El conocimiento reflejo en el *nivel uno* (informal) no tiene componente verbal y proviene directamente de la experiencia, a menudo mediante la imitación del comportamiento de otros. El mecanismo básico de transferencia es la observación de los expertos.

El conocimiento basado en reglas del *nivel dos* (formal) se transmite normalmente mediante

# 3 Desarrollo de Sistemas Expertos y Adquisición del Conocimiento

---

Afrontando ahora el problema de la transferencia y adquisición del conocimiento desde el punto de vista de la metodología de construcción de sistemas expertos, nos encontramos con que entre las características más importantes de este conocimiento se encuentran el que sea experimental, descriptivo, cualitativo, excesivamente indocumentado, y constantemente cambiante. En lo que respecta a las aplicaciones de sistemas expertos, algunos dominios poseen todas estas características y otros sólo algunas de ellas. Su informalidad, la falta de documentación y el hecho de que los expertos lleven gran cantidad de información en sus cabezas hace más difícil alcanzar este conocimiento para la construcción de sistemas expertos. De ahí que los ingenieros del conocimiento hallan desarrollado técnicas específicas para extraer y documentar esta información de manera rápida y eficiente, aunque los problemas de comunicación debidos a que el constructor del sistema tiene mucho menos conocimiento sobre el tema de la aplicación que el experto humano dificultan estos procesos de transferencia del conocimiento experto a un programa.

Con esta perspectiva, podríamos construir una nueva definición de adquisición del conocimiento:

*Adquisición del conocimiento:* aplicación de un conjunto de técnicas por la que un ingeniero del conocimiento obtiene información de expertos, libros de texto, y otras fuentes autorizadas para incluirla en una base de conocimiento. Esta información está compuesta por un conjunto de hechos especializados, procedimientos, y reglas de valoración acerca del conocimiento en el dominio en cuestión. Por lo tanto, podríamos considerar la adquisición del conocimiento como una serie de procesos encadenados por los que se *extrae, estructura, organiza, y codifica* el conocimiento experto con ayuda de personal cualificado.

El conocimiento de un sistema experto se puede adquirir de múltiples maneras, siendo generalmente el experto humano la fuente común del conocimiento experto. El proceso de trasladar el conocimiento desde la fuente hasta el programa puede ser realizado por un ingeniero del conocimiento o por un programa. Los primeros métodos de adquisición que implican a un ingeniero del conocimiento consisten en que este interactúa con el experto estructurando la información en una base de conocimiento a partir de distintas técnicas de entrevistas y de formalización. Sin embargo, no es esta la única manera que hay de extraer

dicho conocimiento. Otros métodos se fundamentan en que el experto interactúa con el sistema experto a través de un programa inteligente de edición. Este programa debe tener capacidades de diálogo sofisticadas y un considerable conocimiento acerca de las estructuras de la base de conocimiento. Puesto que los expertos la construyen en parte a partir de su experiencia pasada y de libros de textos, existen suficientes razones para pensar que un programa de inducción pueda construir una base de conocimiento para un sistema experto de una forma parecida. Algoritmos como el ID3 y el AQ11 realizan esta tarea con un éxito aceptable. Otros sistemas utilizan una base de casos como punto de partida para adquirir nuevos conceptos. Son tecnologías basadas en ejemplares (EBL Exemplar Based Learning). Un último método que puede ser factible en el futuro consiste en adquirir el conocimiento directamente de los libros de texto. Parte de la educación de los expertos proviene de los libros de texto. Un programa que extraiga el conocimiento de un libro debe poseer un módulo de comprensión de habla y la habilidad de estudiar y entender los diagramas.

### 3.1 Tareas del ingeniero del conocimiento

Si nos ceñimos al método de adquisición convencional del conocimiento, en el que el ingeniero del conocimiento interactúa con uno o varios expertos, el ingeniero realizaría básicamente cuatro tareas en secuencia:

- Primero el ingeniero se asegura de que el experto entiende los propósitos y los objetivos del sistema de manera que tenga una visión completa de la amplitud del proyecto.
- En segundo lugar, desarrollan un conocimiento de trabajo del dominio mediante la confección de un diccionario de términos. Se identifican las fuentes de conocimiento clave para esta tarea: libros de texto, artículos, informes técnicos, manuales, códigos de prácticas, etc incluyendo a los expertos.
- En tercer lugar el ingeniero del conocimiento interactúa con los expertos a través de encuentros o entrevistas para adquirir, verificar y validar su conocimiento.
- Finalmente, genera una 'base de conocimiento en papel': un documento o conjunto de documentos que conforman un estado intermedio en la traducción del conocimiento de la fuente a un programa de computador. Estos incluyen las transcripciones de las entrevistas, el análisis de la información que contienen y una descripción completa de las principales entidades (ej.: tareas, reglas y objetos).

## 3.2 Técnicas de entrevistas para la adquisición del conocimiento

Las distintos encuentros entre el ingeniero del conocimiento y el experto deben planificarse adecuadamente, utilizando distintas técnicas o métodos de entrevistas en función del conocimiento y de la fase de desarrollo en la que se encuentra la aplicación. A grandes rasgos podríamos agrupar estas técnicas en cuatro grupos:

### Entrevistas Informales

Se utiliza para que el ingeniero del conocimiento se familiarice con el dominio y con el problema en particular que se pretende resolver.

### Entrevistas dirigidas

Son similares a las conversaciones normales o discusiones donde el que realiza la entrevista sigue una agenda predeterminada, aunque se deja un gran margen en la libertad de expresión del experto.

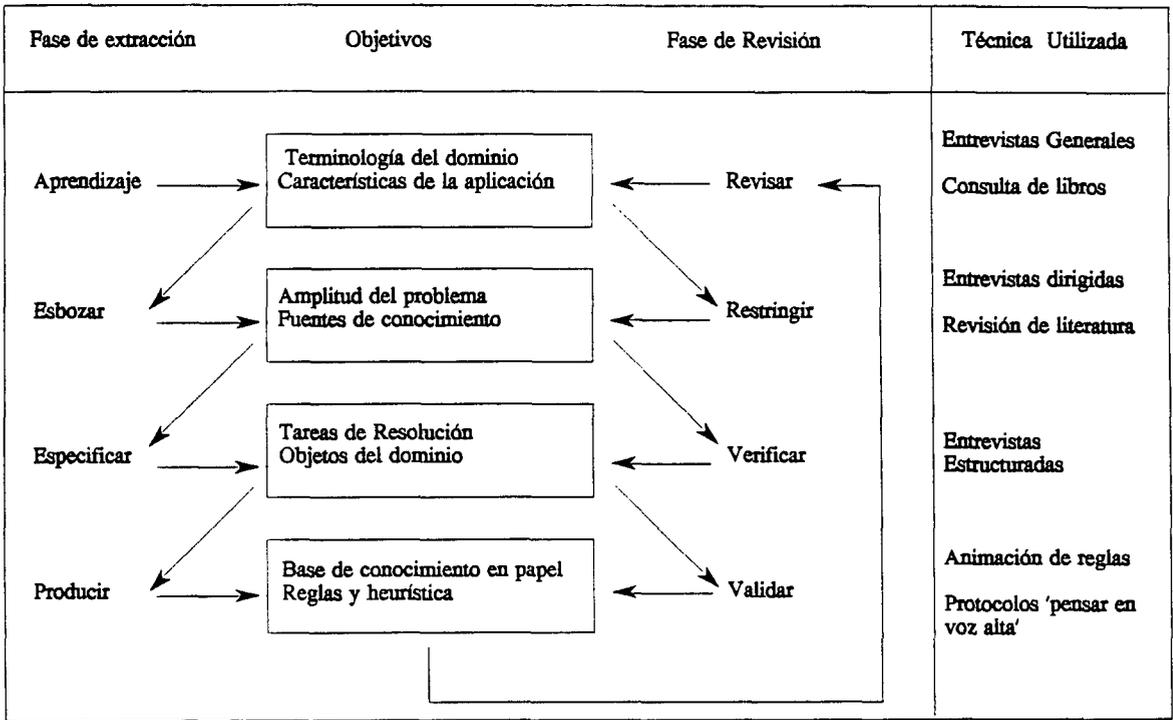
### Entrevistas estructuradas

Se utiliza para conseguir información muy puntual o profunda. Es una técnica más interrogativa que conversacional.

### Protocolos de 'pensar en voz alta' (think aloud)

Deriva del área de la psicología donde se utilizaba para estudiar las estrategias con las que la gente resolvía sus problemas.

La siguiente figura resume las tareas y técnicas a utilizar en cada una de las fases de la adquisición.



# Bibliografía

---

Gaines, B.. Boose, J. Knowledge Acquisition for knowledge-based systems. ed. Academic Press 1989

Guida, G.. Tasso, C.. Topics in expert system design. ed. North-Holland. 1990

McGraw, Karen. Knowledge Acquisition. Principles and guidelines. ed. Prentice-Hall. 1989

## CAPÍTULO II

---

# Táctica para la Adquisición del Conocimiento

CUIDE EL LIBRO  
NO LO SUBRAYE

# Índice

---

1	Introducción . . . . .	1
2	Identificación . . . . .	2
3	Conceptualización y Análisis . . . . .	4
4	Conocimiento de Resolución de Problemas . . . . .	6
5	Organización de los siguientes capítulos . . . . .	8

# 1 Introducción

La Adquisición del Conocimiento tiene un papel predominante dentro del proceso de construcción de un Sistema Experto (SE). Durante la realización de esta tarea el Ingeniero del Conocimiento (IC) debe ser capaz de enfrentarse con un gran volumen de información de diverso tipo, la cual puede sobrepasar sus capacidades de asimilación. Esta información puede provenir de fuentes como libros de textos, artículos de revistas o congresos, casos de estudio, datos empíricos, o incluso la propia experiencia personal. Sin embargo, la principal fuente de conocimiento hasta la fecha la constituyen los expertos en el dominio. Un IC normalmente obtiene la mayoría de la información que necesita por medio de la interacción directa con un experto humano. Esta interacción se apoya en una serie de sesiones o encuentros sistemáticos que pueden prolongarse varios meses. Básicamente existen dos tipos de sesiones; las entrevistas y la traza de procesos. Durante las entrevistas, el IC plantea al experto una serie de cuestiones de una forma más o menos estructurada para que éste las conteste. Por otro lado, el IC también debe trabajar con el experto en el contexto de la resolución de problemas específicos del dominio. Durante la traza de procesos se le pide que verbalice los métodos que utiliza a la hora de resolver determinados tipos de problemas en el dominio. Estas tareas suelen entrañar una gran dificultad tanto para los ingenieros del conocimiento como para los expertos. A continuación se resume uno de los motivos de dicha dificultad según Watterman (1979) que afecta directamente a los expertos:

Los *expertos* tienen la tendencia de establecer sus conclusiones y el razonamiento sobre el que las apoya en términos generales que son demasiado amplios para que puedan ser analizados eficientemente por ordenador. Es conveniente que la máquina trabaje en un nivel más básico, trabajando con unidades de información definidas más claramente, de manera que pueda construir sobre ellas opiniones más complejas. Por el contrario, rara vez el experto trabaja a un nivel tan básico. Genera opiniones complejas rápidamente, sin tener que reexaminar y volver a establecer cada paso de su proceso de razonamiento. El experto asume y combina las unidades básicas de conocimiento tan rápidamente que le es muy difícil describir dicho proceso. Cuando examina un problema, no puede articular fácilmente cada paso y puede no ser consciente de los pasos individuales que sigue para alcanzar una solución. Puede pensar que es un presentimiento o una corazonada lo que es el resultado de un proceso de razonamiento complejo apoyado en una gran cantidad de datos y experiencia. En la consecuente explicación de sus conclusiones o corazonadas sólo repetirá los pasos más importantes obviando la mayoría de los pequeños, los cuales puede que le parezcan insignificantes.

Saber qué considerar básico y relevante y no necesitar posteriores reevaluaciones es lo que hace a una persona un experto.

Para el IC, una de las principales dificultades en la adquisición del conocimiento radica en saber qué cuestiones realizar al experto (o en qué situaciones observar su comportamiento o cómo analizarlo), lo cual depende en gran medida del conocimiento específico del dominio.

Aún más, existe el problema de como interpretar las respuestas dadas (o el comportamiento observado) -- si son sólo descripciones de casos particulares o son instancias de tipos de categorías de situaciones más generales que pueden surgir en el dominio en estudio.

Es evidente que de aquí se deriva la necesidad de estructurar todo el proceso de adquisición del conocimiento, lo que incluye factores como la organización de toda la información disponible integrando las distintas fuentes de conocimiento, la coordinación de los esfuerzos de todo el equipo de desarrollo (tanto de los IC como de los Expertos), o la verificación de los objetivos establecidos inicialmente, por citar algunos. No hay que olvidar que un SE no es más que un producto software y que por lo tanto debe estar sujeto a las metodologías de desarrollo existentes. Ello no impide que se deban realizar ciertas consideraciones en lo referente a las diferencias con el software convencional, tal como se vio en un capítulo anterior. La mayoría de los autores coinciden en que el desarrollo de un SE debe realizarse mediante un desarrollo progresivo apoyado en el prototipado. Esta metodología contempla el desarrollo de diversos prototipos incrementalmente. Cada prototipo integra o contiene todo el conocimiento derivado de las distintas fases que comprende cada iteración. Estas fases utilizan desde técnicas de entrevistas informales para derivar una descripción inicial de la semántica del dominio, pasando por técnicas de extracción del conocimiento más estructuradas para refinar dicha estructura inicial, hasta experimentos controlados cuya misión es la de revelar el conocimiento y las estrategias de procesamiento utilizadas por los expertos en el dominio. La metodología tiene como objetivo revelar las condiciones cognitivas impuestas por la tarea, los tipos de errores que cometen los especialistas inexpertos y los factores que contribuyen a que se cometan dichos errores, y el conocimiento y las habilidades necesarias para alcanzar un rendimiento experto.

La figura 1 muestra las distintas fases que llevan a la implementación del prototipo en cada iteración. El desarrollo comienza con una descripción de cuáles van a ser los objetivos en la iteración, seguida de una segunda fase más formal en la que se genera una descripción conceptual y funcional del Sistema, para finalmente extraer el conocimiento específico utilizado en la resolución de problemas.

## 2 Identificación

La primera fase es exploratoria y está orientada a proporcionar una descripción cognitiva preliminar de la tarea que guíe los análisis posteriores. El objetivo es aprender lo suficiente acerca de la tarea como para ser capaz de realizar las preguntas adecuadas de como la gente hace su trabajo (y como entiende las respuestas dadas). Se construirá una estructura semán-

tica previa del dominio a partir de entrevistas con diferentes personas que tienen distintas perspectivas de la tarea básica y de la documentación existente acerca de la tarea. El objetivo es el de obtener una amplia panorámica de los conceptos básicos, procedimientos, rangos de problemas, y fuentes de complejidad implicados en la realización de la tarea.

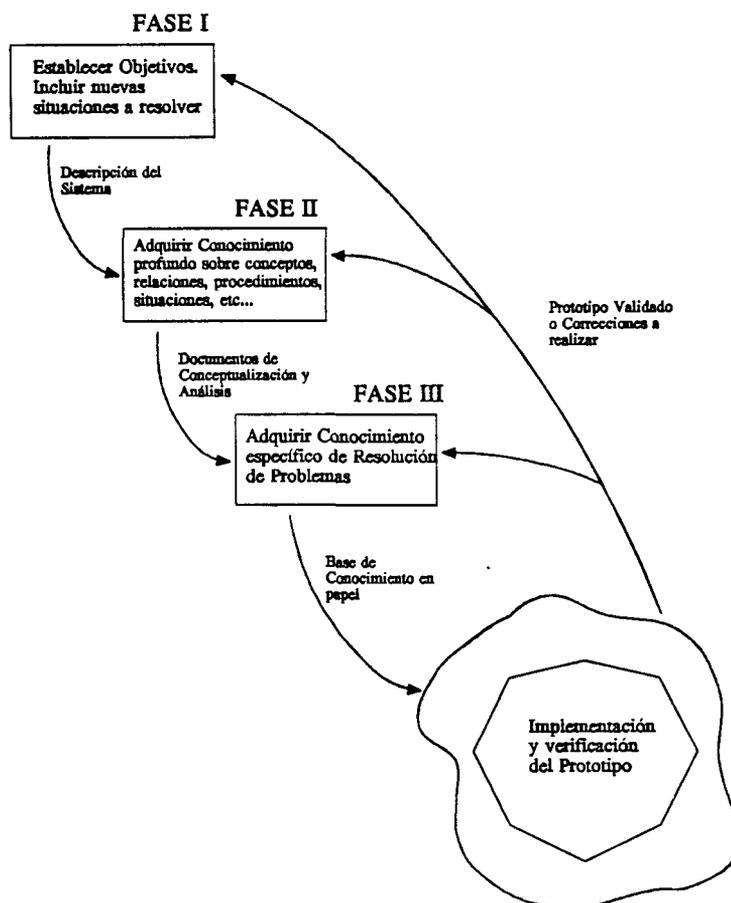


Figura 1

El IC se documentará con la bibliografía disponible sobre el dominio, como revistas, libros introductorios, etc..., de forma que se vaya introduciendo en la terminología usual del dominio. Cuando el IC se entreviste con el experto (E) se adaptará a la jerga del dominio que utiliza el E, y no a la inversa. La validez de la información extraída será cuestionable si el E tiene que reestructurar su mecanismo de razonamiento para hacerlo comprensible al IC.

Las entrevistas iniciales son informales por naturaleza, y el grado de estructuración con el que se desarrollen será pequeño o nulo. En estas sesiones, el E actuará como un conferenciante una vez se haya establecido el objetivo inicial de la entrevista. El IC podrá realizar preguntas para clarificar dudas y tomará notas informalmente. Los problemas que entrañan estos tipos de entrevistas no estructuradas son la falta de unos objetivos claramente definidos, la dependencia de la habilidad del E de enseñar, y la posibilidad de no utilizar eficientemente el tiempo del mismo.

Cuando se entrevista a un E sin definir y acotar completamente las cuestiones sobre las que se discutirán durante la sesión, se corre el riesgo de que el E se vaya por las ramas continuamente, siendo muy difícil para el IC redirigirlo hacia las cuestiones de interés. Si el E no posee unas buenas dotes didácticas, la información que se extraiga será un conglomerado de ideas poco o nada estructuradas con distintos niveles de abstracción. Hablar de generalidades sin un guión detallado que permita dirigir la entrevista puede redundar en una utilización poco eficiente del tiempo del E.

La fase de identificación debe generar una descripción de aquellas situaciones que se pretende que resuelva el prototipo en la iteración actual.

### 3 Conceptualización y Análisis

La segunda fase consiste en la adquisición y estructuración de los conceptos y procedimientos asociados con el subconjunto de situaciones del dominio en estudio. Los esfuerzos se deben concentrar en la representación mediante grafos, jerarquías, diccionarios, etc... de la estructura conceptual del dominio. Esto no sólo incluye la definición de los conceptos del dominio con una mayor o menor precisión, sino también la especificación de todas las relaciones que existen entre ellos. Durante la conceptualización se utilizan una serie de técnicas estructuradas de adquisición con el objetivo de determinar los métodos de clasificación y categorización que utiliza el E. El IC debe conocer lo suficiente acerca del dominio como para poder plantear algunos problemas 'tipo' que expondrá al E. Este tipo de técnicas son básicamente subjetivas, lo que puede conducir a que sólo se sea capaz de 'comprender' un único modelo del mundo que el E utilizar durante la resolución de un problema.

Paralelamente a la conceptualización se realiza un análisis del Dominio, el cual debe reflejar la visión que posee el E de las tareas, procedimientos, y funciones que enlazadas componen la resolución de problemas. También se debe especificar cualquier tipo de información que facilite la estructuración del Dominio, como temporización de las funciones, secuenciamiento, condiciones de ejecución, etc...

El IC selecciona la técnica de análisis apropiada (como una descomposición de tareas o un análisis del flujo de datos) en función del tipo de conocimiento que utiliza el E (declarativo, procedimental, semántico, o episódico). Posteriormente, el IC trabaja con el E para refinar el análisis resultante y los niveles de información presentados. Esta técnica presenta problemas si el IC no domina las técnicas de análisis, resultando en un aumento del tiempo

necesario para su entrenamiento. Otros problemas dependen de la habilidad del E para conceptualizar y descomponer la información en unidades más manejables de forma que se puedan representar en el análisis y posteriormente en el diseño.

Un peligro real de esta fase consiste en que las discusiones entre el E y el IC se centren en extraer información detallada (ej. reglas detalladas) que o conforman una imagen incoherente (ej. un conjunto de reglas arbitrarias sin cohesión), o lo que es peor, producir una imagen distorsionada de los límites reales de la tarea. El nivel de detalle o gránulo de la información hasta el que hay que descender viene condicionado por los objetivos establecidos en la fase anterior. Sólo se descompondrán aquellas tareas y conceptos que intervienen en la resolución del conjunto de casos que se introdujeron en el ciclo actual. En este punto se vuelve a poner de relieve la importancia en la selección de un buen núcleo de casos o situaciones a partir de las que desarrollar un SE. Si el conjunto inicial es suficientemente bueno, el IC y el E serán capaces de estructurar y organizar los principales conceptos y tareas que intervendrán en la resolución de la mayoría de los problemas, no sólo de esta iteración sino del sistema final. Si este conocimiento se organiza correctamente los siguientes ciclos se limitarán principalmente a ampliar las estructuras conceptuales añadiendo nuevas instancias o nuevas propiedades a las clases existentes. El análisis también se aprovechará descomponiendo algunas de las funciones identificadas o implementando directamente algunas de ellas.

En cambio, si la conceptualización o el análisis es pobre, la siguiente iteración tendrá que modificar la estructura planteada (e implementada) para que se puedan incluir más situaciones. Estos cambios estructurales tendrán consecuencias poco deseables debido a los efectos colaterales que surgirán con toda probabilidad. Todo ello redundará en pérdidas de tiempo, de recursos, e incluso de imagen respecto al E, lo cual puede influir negativamente en su disposición o interés por el proyecto.

De esta fase también se extraerán conclusiones acerca de cuales van a ser las necesidades de adquisición en la siguiente fase. El análisis principalmente, y la conceptualización en menor medida, facilitarán las tareas de planificación de las sesiones futuras de adquisición; qué áreas son más complejas y necesitarán un número de sesiones mayor; cuales serán los tópicos a tratar en cada una de las sesiones, el tipo de sesión a realizar (entrevista estructurada, traza de procesos,..), recursos a utilizar, etc...

Si bien estas estimaciones nunca podrán tener una certeza absoluta, sí que darán una idea bastante realista del tiempo que se necesitará del E de forma que se pueda establecer una agenda de trabajo con suficiente antelación.

## 4 Conocimiento de Resolución de Problemas

La última fase de Adquisición del Conocimiento se centra en la extracción del conocimiento específico que utiliza el E durante la resolución de un problema. Se utilizan técnicas de entrevistas estructuradas y traza de procesos para construir un modelo inicial de lo que hace que la tarea sea compleja (o cuando es compleja), de como los verdaderos especialistas evitan o superan dichos problemas, y como los especialistas menos expertos fallan debido a dichas dificultades.

Antes de realizar las entrevistas estructuradas, el IC planifica las metas y los cuestionarios a seguir durante el desarrollo de la sesión. Se proporcionarán las metas y una idea de como serán las preguntas al E antes de la sesión, pero no se le proporcionarán las preguntas en sí mismas. Durante la entrevista, el IC utiliza el cuestionario para mantener centrado el objetivo de la sesión, y evitar que el E se vaya por las ramas. El grado de estructuración de las entrevistas puede variar en función de lo que se permita extender al E en sus respuestas, así como de la improvisación de la que sea capaz el IC. Este tipo de entrevista es de las más usadas durante todo el proceso de Adquisición, y se utiliza tanto para extraer información puntual y profunda como para clarificar o ampliar la información recibida por otras fuentes o en otras sesiones.

La traza de procesos y el análisis de protocolos son una familia de técnicas adaptadas de otras utilizadas en el campo de la psicología. Consiste en que el E describa o demuestre el proceso que sigue durante la toma de decisiones para una situación determinada. El IC desarrolla una estructura que se podrá utilizar para representar las informaciones, acciones, alternativas, y reglas de decisión que utiliza el E. Estas técnicas son efectivas en las sesiones de Adquisición del Conocimiento que se centran en la extracción de procedimientos, hechos, o heurística rutinarios en cualquier fase de adquisición. La efectividad de esta técnica depende de las habilidades del IC y de los conocimientos que posea acerca del dominio. Si el IC es capaz de mantener presente el esquema conceptual del E tendrá una base suficiente para indagar las distintas alternativas que considera el E en cada punto de decisión, completando el modelo del E sin que sea necesario plantearle todas las posibles situaciones que pudieran surgir en el dominio.

Existe un gran número de variantes de la traza de procesos: desde aquellas que no permiten interrumpir al E durante la resolución, hasta los métodos mixtos que permiten una realimentación entre el E y el IC durante la sesión. Normalmente estas técnicas suelen ir seguidas de entrevistas estructuradas con el objetivo de refinar determinados aspectos que no han quedado suficientemente claros durante el análisis de protocolo.

La información extraída en esta fase será posteriormente formalizada utilizando aquel esquema de representación que más se aproxime a las características de la herramienta de construcción de SS.EE. seleccionada.

Además de permitir la implementación o refinamiento del prototipo, los resultados de las entrevistas estructuradas y de las observaciones del rendimiento de la tarea proporcionan el nivel de comprensión necesario para diseñar nuevas observaciones formales con las que examinar, bajo condiciones de mayor control, el conocimiento y estrategias de resolución utilizadas por los expertos.

Aunque no pueda considerarse como fase de adquisición propiamente dicha, la base de conocimiento en papel deberá ser validada utilizando una batería de casos resueltos, o presentándola directamente al E para que critique cada una de las reglas generadas en la última iteración.

La verificación y validación del prototipo se volverá a realizar después de su implementación, analizando esta vez determinados aspectos que no podían comprobarse con la base de conocimiento en papel (como la interface, el acceso a los dispositivos externos, la consistencia de la base de conocimiento, etc...).

Cuando se detecta alguna carencia sobre el prototipo se realizará una realimentación interna la cual podría incluir nuevas sesiones de adquisición para la redefinición de los objetivos establecidos inicialmente (fase 1), o nuevas sesiones de conceptualización o análisis (fase 2), o de extracción de conocimiento de resolución de problemas (fase 3).

Una alteración sobre los contenidos de algunas de las fases implicará una reevaluación de los resultados obtenidos en las siguientes. Así, si se modifican los objetivos iniciales, puede que se haga necesaria la realización de nuevas entrevistas de conceptualización y análisis y posteriormente de extracción de conocimiento de resolución de problemas.

Una vez se ha verificado el prototipo, se volverá a iterar sobre cada una de las fases ampliando el rango de situaciones que el sistema pueda solucionar.

## 5 Organización de los siguientes capítulos

Los siguientes capítulos desarrollarán los distintos aspectos introducidos anteriormente. El capítulo III se centrará en todas las cuestiones relacionadas con las sesiones de adquisición, como características generales, partes (preparación, introducción, desarrollo, finalización, y estudio), así como el tipo de relación que debe existir entre el IC y el E. También en esta capítulo se estudiarán los distintos tipos de sesiones, entrevistas con distintos niveles de estructuración, traza de procesos y análisis de protocolo, y técnicas mixtas. El capítulo continuará comentando las distintas posibilidades que hay a la hora de registrar las entrevistas, así como las ventajas e inconvenientes de cada una de las opciones. Finalmente, se propondrá un formato para documentar todo el proceso de Adquisición del Conocimiento.

El capítulo IV contemplará las distintas tareas relacionadas con la extracción del conocimiento. Desarrolla los temas de conceptualización, de análisis, y de extracción del conocimiento específico de resolución. Para cada uno de estos temas establecerá los distintos objetivos y proporcionará la manera de alcanzarlos.

Todos los autores reconocen la existencia de determinados prejuicios o predisposiciones por parte de los expertos cuando expresan verbalmente su conocimiento. Tales predisposiciones condicionan la validez del conocimiento adquirido. De ahí la importancia de ser capaz de predecir dichos errores en la valoración de los E de forma que se puedan tomar medidas correctivas. Todo ello se desarrollará en el capítulo V.

Finalmente, el último capítulo comentará brevemente las distintas posibilidades de automatización parcial o total del proceso de adquisición. Desde los programas de diseño gráfico, hasta los sistemas de aprendizaje automático (machine learning) que suelen implementar algún paradigma inductivo o analógico, pasando por los editores inteligentes para la conceptualización.

# CAPÍTULO III

---

## Sesiones de Adquisición del Conocimiento

# Índice

---

1	Estructura de las sesiones de adquisición del conocimiento . . . . .	3
1.1	Planificación de las Sesiones . . . . .	3
1.2	Encuentro con el Experto . . . . .	4
1.3	Análisis . . . . .	7
2	Técnicas de adquisición del conocimiento . . . . .	9
2.1	Entrevistas . . . . .	10
2.2	Traza del Proceso de Toma de Decisiones . . . . .	17
2.3	Técnicas Mixtas . . . . .	22
2.4	Técnicas de Extracción y Metodología de Desarrollo . . . . .	23
3	Variables que intervienen en la selección de una técnica . . . . .	27
3.1	Tamaño y objetivos del programa . . . . .	27
3.2	Fase de la adquisición . . . . .	28
3.3	Disponibilidad de los expertos . . . . .	28
3.4	Número y experiencia de los ingenieros del conocimiento . . . . .	30
4	Almacenamiento de la información . . . . .	33
4.1	Métodos de Registro de las Sesiones . . . . .	34
4.2	Transcripción de las Sesiones de Adquisición . . . . .	37
4.3	Formulario de Adquisición del conocimiento . . . . .	39
4.4	Documento de Descripción de Reglas . . . . .	42
5	Procedimientos de revisión . . . . .	45
5.1	Implantación de Revisiones Internas . . . . .	45
5.2	Implantación de revisiones externas . . . . .	45
	Bibliografía . . . . .	47

# Sesiones de Adquisición del Conocimiento

---

En el presente capítulo se comentarán los distintos factores que intervienen en la celebración de las sesiones de adquisición del conocimiento. Se abordarán aquellas cuestiones que deben tenerse en cuenta a la hora de planificar cada una de las sesiones de Adquisición del Conocimiento, independientemente de la fase de desarrollo en la que se encuentre el sistema. Los principales temas que se desarrollarán son los siguientes.

1. Estructura de las sesiones de Adquisición del Conocimiento: fases.
2. Técnicas de Adquisición del Conocimiento; principalmente entrevistas y traza de procesos, aunque también se comentarán algunas posibilidades de combinación de las mismas.
3. Cuestiones que intervienen en la selección de la técnica adecuada a utilizar en una sesión como la fase de adquisición, objetivos, disponibilidad de los expertos, etc...
4. Registro y almacenamiento de la información generada durante el proceso de Adquisición del Conocimiento.
5. Procedimientos de revisión de la información obtenida en las sesiones.

# 1 Estructura de las sesiones de adquisición del conocimiento

---

La celebración de cada una de las sesiones de Adquisición del Conocimiento debe pasar por una serie de etapas procedurales de cara a una mejor estructuración del proceso global de Adquisición, y un mejor aprovechamiento del tiempo de los integrantes del equipo de desarrollo. La metodología a seguir consiste en la realización de las fases de *planificación, encuentro, y análisis*. La fase de encuentro se podrá dividir a su vez en *comienzo, cuerpo, y cierre*. Los siguientes apartados desarrollarán estas etapas.

## 1.1 Planificación de las Sesiones

Durante la planificación de las entrevistas se detallarán los resultados que se esperan de la sesión con el E, y se establecerán los pasos para llevarlos a cabo. Estos objetivos se corresponderán con las metas funcionales identificadas en sesiones anteriores. Se seleccionará la técnica de extracción del conocimiento<sup>1</sup>. Es necesario que los II.CC. estén entrenados en el uso de todos los métodos así como tener un bagaje de conocimientos previos a la sesión que le permita entender al E.

Dado que muy pocos Expertos están familiarizados con las técnicas de adquisición de conocimiento, antes de tener la primera sesión deben saber como van a transcurrir las sesiones de adquisición. Hay que tener en cuenta que los expertos pueden temer que el IC esté examinando sus conocimientos o que ponga en duda lo que piensan. Por ello, es posible que se sientan incómodos con el IC y sus preguntas. Así al E se le debe comunicar cuales van a ser los objetivos de la sesión con bastante detalle, e informarle del método de registro (video, audio, notas manuales) que se utilizará. Por su parte, el IC debe comprobar cualquier herramienta necesaria (papel, pizarras, equipo de grabación, etc.). Las herramientas también incluyen aquel equipo que se presentará al E como modelos, o piezas reales de equipo, mapas, documentos...

---

<sup>1</sup> Las técnicas de extracción del conocimiento se desarrollarán en la próxima sección.

## 4 Adquisición del Conocimiento

En definitiva, la estructuración de una entrevista se compone de una serie de cuestiones que se resumen a continuación:

- 1· El IC analiza los planes funcionales, investigaciones previas, y desarrollos actuales para determinar la información que se necesitará para poder cumplir con los objetivos de desarrollo. En el caso de las Entrevistas Estructuradas, las áreas sin aclarar en la Base de Conocimiento serán la base de las preguntas diseñadas para la sesión de Adquisición.
- 2· Después completa la información de identificación de la sesión (número, fecha, fuentes, etc.). Esta información permitirá una posterior auditoría del proceso de adquisición.
- 3· Posteriormente, el IC selecciona las metas o los objetivos de la sesión, y el método que se utilizará. Los objetivos se definirán en concordancia con la técnica prevista. Por ejemplo, las metas para una entrevista no estructurada mostrarán menos información de mayor nivel que para una entrevista estructurada, la cual incluiría una idea de como serían las preguntas específicas a realizar.
- 4· Antes de la sesión se enviará una copia del documento de adquisición al E para que lo revise antes de la sesión de adquisición. Se debe solicitar al E que clarifique o modifique los objetivos de la sesión y se prepare para la misma.
- 5· Se actualizará el documento de acuerdo a las modificaciones del E.

### 1.2 Encuentro con el Experto

Durante la celebración de la sesión, el IC y el E interactuarán condicionados por la técnica de Adquisición seleccionada para la misma. Sin embargo, se pueden identificar algunas pautas de comportamiento que serán válidas casi siempre, independientemente de la técnica utilizada durante la sesión. Así, podríamos dividir el encuentro con el E en tres partes: comienzo, cuerpo y cierre.

### 1.2.1 Comienzo de la sesión

Una fase crítica en toda sesión es la introducción de la misma. Según Zunin, uno de los principales objetivos en esta fase es motivar a los participantes para que participen activamente. Lo que el entrevistador dice y hace durante estos minutos condiciona el resto de la sesión. El tono de la misma debe ser profesional, tranquilo y relajado. De cualquier otra manera el E se podría comportar de una manera poco cooperativa u honesta.

El IC debe orientar la sesión informando al E del propósito de la sesión, proporcionándole un resumen y una agenda de la misma. Debe ser el IC quien introduzca y de el tono a la sesión.

### 1.2.2 El cuerpo de la sesión

El documento de adquisición del conocimiento que se verá en un próximo apartado puede servir como guía para el cuerpo de la sesión. Este documento puede utilizarse para realizar lo siguiente:

- Proporcionar al E un resumen de los tópicos a discutir.
- Ayudar al IC a enfatizar la importancia de áreas importantes y/o preguntas.
- Servir como herramienta cuando se necesite reconducir la sesión.
- Servir como documento con el que el IC puede observar el progreso de la sesión.

Algunos aspectos que el IC debe dominar incluirían:

- Comunicación Verbal y no Verbal
- Realimentación en la comunicación

#### 1.2.2.1 Comunicación verbal & no verbal

Con la comunicación verbal el IC y el E expresan sus ideas a través de la elección de las palabras. Así, la comunicación verbal es imperfecta porque el significado con el que una persona usa una palabra puede no ser el mismo que otorga la que escucha a la misma. Consideremos algunas palabras como: la mayoría, mucho, poco, la media, ninguno. Cada persona tiene sus propios significados para estas palabras, aunque pocos de nosotros coincidimos en el grado de correlación de las mismas. Por lo tanto, si el E utiliza el término *media* para describir una velocidad, habrá introducido una ambigüedad en la conversación.

A menos que el IC trabaje para reducir la ambigüedad verbal en la comunicación mediante el uso de preguntas aclarativas, el valor de la información es cuestionable.

La comunicación no verbal (pausas, inflexiones, movimientos del cuerpo, expresiones faciales,...) conlleva significados que pueden acrecentar, sustituir, o contradecir la comunicación verbal que le acompaña. El IC transmite ciertos mensajes no verbales durante una sesión. Por ejemplo:

- Situar preguntas rápidamente puede indicar importancia o urgencia.
- Una tono de voz susurrante puede comunicar nerviosismo.
- Hablar con frases entrecortadas puede comunicar un nivel general de incertidumbre.

### 1.2.2.2 Realimentación durante la sesión

Realimentar es el 'dar y tomar' por el que el ingeniero del conocimiento recibe, entiende, y comunica que ha entendido. La realimentación es continua e inmediata. Suele tomar una de las tres formas siguientes: verificación, desacuerdo, y revisión. Ejemplos:

- Verificación: *Si, a eso me refiero*
- Desacuerdo: *No, no me refiero a eso*
- Revisión: *Realmente lo que quiero decir es...*

El IC debe utilizar la realimentación para ilustrar el grado de comprensión (tanto con indicaciones verbales como no verbales), aunque no para cada comentario que haga el E. (utilizar también preguntas de clarificación).

### 1.2.3 Cierre de la sesión

La finalización puede ser una parte muy importante de la sesión. El IC debe resumir los puntos más importantes y el propósito de la sesión (proporcionando al E la oportunidad de que clarifique o revise dichos puntos) y decirle cual será el siguiente paso.

La siguiente tabla resume algunos consejos útiles a la hora de finalizar las sesiones.

1. Aunque la sesión se haya pasado de tiempo, no se debe acortar el cierre.
2. Especificar verbalmente que la sesión ha finalizado.
3. Resumir brevemente los principales puntos o áreas de discusión de la sesión.
4. Utilizar alguna pregunta para que el E pueda clarificar algún punto, o revisar alguna conclusión.
5. Planificar brevemente la próxima sesión.

### 1.3 Análisis

Una vez finalizado el encuentro con el E, comienza el trabajo duro para el IC. Este debe traducir toda la información obtenida a un formato comprensible por el E para que pueda validarla o recomendar modificaciones. El proceso comenzará con la transcripción total o parcial de la sesión. De su análisis surgirán reglas, diagramas, y dudas o aclaraciones que deberán consultarse con el E. Algunos consejos que pueden facilitar la realización de esta tarea incluyen:

1. Revisar las notas de la adquisición lo antes posible (ej. dentro de las 24 horas siguientes) para así perder la menor cantidad de información posible.
2. Comenzar la revisión escrita con un pequeño resumen de la sesión.
3. Si fuera posible, referir toda la información específica a posiciones de audio o video. Por ejemplo, el E puede dar detalles que en el punto de desarrollo actual son irrelevantes, pero harán falta posteriormente. Para evitar una pérdida de información sólo se marca el documento de adquisición con una pequeña descripción de la idea y una referencia al punto en la que se produjo.
4. Marcar claramente las preguntas (aclaraciones, ampliaciones) que se le harán al E cuando se le pase una copia de la transcripción de la entrevista para que la valide.
5. Para cada regla que se extraiga, fijar una referencia al documento de contenido de reglas en la información de donde se extrae la misma.
6. Enviar el documento completo (también el documento de contenido de reglas) al E para que lo revise. Sugerirle una fecha para que devuelva las correcciones.
7. Revisar el documento cuando el E lo devuelva. Hacer las correcciones necesarias y derivar las reglas de la información adquirida.

Tras la sesión, los errores más comunes que pueden presentarse son: omisión de datos importantes en la toma de decisiones, inconsistencias, imprecisiones... El E y el IC deben trabajar juntos para eliminar estos errores. El análisis puede ayudar a descubrir las interrelaciones de aquellos hechos y procedimientos que fueron considerados.

El mayor problema que solucionar en esta fase son las representaciones de los protocolos, las cuales pueden ser confusas para el E. El IC debe hacer un esfuerzo para tratar de hacer comprensibles sus protocolos mediante gráficos, esquemas...

## 2 Técnicas de adquisición del conocimiento

---

Planificar los procedimientos para la adquisición del conocimiento implica determinar qué técnica de adquisición se empleará y el grado de estructuración que se aplicará al proceso de adquisición. Por ejemplo, una adquisición del conocimiento poco estructurada se ejemplificará en una sesión en la que el IC se reúne informalmente con el E. Las cuestiones surgirán espontáneamente por el flujo natural de la conversación, y la información resultante se traducirá directamente a papel después de la sesión. En contraste una aproximación más estructurada de adquisición del conocimiento podría incluir:

- Determinación antes de la sesión de la técnica, metas y posibles cuestiones a plantear.
- Revisión por el E de las preguntas y de la estructura de la sesión de adquisición del conocimiento prevista.
- Revisión coordinada de las previsiones de futuras sesiones.
- Sugerir procedimientos para transcribir la sesión de adquisición.
- Sugerir procedimientos para traducir el conocimiento adquirido a código.

El campo de todas las técnicas posibles de adquisición del conocimiento es muy extenso. Incluye técnicas desarrolladas en el campo de las comunicaciones (toma de decisiones consensuada), psicología (análisis de construcciones), diseño y educación (conferencias). Algunos autores coinciden en que la técnica estándar es la entrevista. Otros, sin embargo, prefieren utilizar técnicas de adquisición automática. Algunas técnicas son efectivas con un sólo E y otras requieren que el IC esté entrenado especialmente o tenga habilidades de comunicación y expresión. En cualquier caso, la mayoría de los profesionales reconocen que son dos los principales métodos de adquisición del conocimiento:

- Entrevistas a expertos
- Análisis de protocolo

La primera aproximación implica la celebración de encuentros con el E en el dominio, extraer la información y programarla en la base de conocimiento. Puede ser muy tedioso y requiere que el IC tenga un gran número de habilidades (facilidad de comunicación, de conceptualización..) También exige mucho del E en el dominio, el cual no sólo debe ser capaz de demostrar el conocimiento experto sino también de expresarlo. Por otro lado, está

técnica necesita poco equipo, es altamente flexible, portable, y puede extraer gran cantidad de información si el IC tiene experiencia en su uso.

La segunda técnica, consiste en presentar al E una serie de casos ejemplo que resolverá 'en voz alta'; es decir, el E simplemente 'razona' cada decisión que toma o deja de tomar. La dificultad del método está en el entrenamiento del E para que realmente diga lo que piensa, y no intente darle a su razonamiento una apariencia lógica que no tiene.

En realidad nunca se utiliza un sólo método de adquisición. En algunos casos se utiliza un método híbrido; mientras que en otros se utiliza en las primeras fases de desarrollo una única aproximación, empleando en las siguientes fases otros métodos más apropiados.

En este capítulo profundizaremos en estos tipos de técnicas.

## 2.1 Entrevistas

Desde 1985, se considera a la entrevista como la técnica más usada por los ingenieros del conocimiento para extraer el conocimiento del dominio de un experto. Esta técnica de adquisición permite al IC asimilar rápidamente importantes conceptos y vocabulario. Las entrevistas se suelen utilizar en las primeras fases del proceso de adquisición aunque no siempre sea la técnica adecuada o se aplique incorrectamente. Ingenieros inexpertos pueden considerar a la entrevista como la única técnica de adquisición y pueden tener una percepción inadecuada de su propósito y estructura. Por ejemplo, cuando se les pide que describan las entrevistas, muchos consideran que consiste en encuentros y en charlas informales con el E en el dominio. Tal aproximación informal e inestructurada es inefectiva y suele desembocar en una pobre calidad de información. A continuación se desarrollará un modelo para la organización y estructuración de las entrevistas.

### 2.1.1 Entrevistas en la adquisición del conocimiento

La entrevista sigue siendo la principal técnica de adquisición del conocimiento a pesar de los ataques recibidos sobre su ineficiencia. Cooke la considera una técnica poco óptima. Otros autores (Gammack y Young) se quejan de que las entrevistas informales no son adecuadas en la adquisición de conocimiento experto. Waldron sostiene en su defensa que si el ingeniero del conocimiento realiza un sonido (intencionadamente) puede ser por algún motivo de interés, y si se aprovecha este hecho adecuadamente la entrevista puede ser una

herramienta eficiente. En efecto, las habilidades del IC para realizar las entrevistas son un factor determinante a la hora de valorar el éxito o el fracaso de la entrevista y de la utilidad del conocimiento extraído.

Desde el punto de vista de la adquisición del conocimiento existen dos tipos de entrevistas: *estructuradas* y *no estructuradas*. Cada una es apropiada según sean las metas de la sesión. Una entrevista no estructurada sería la adecuada cuando el IC quiera explorar un tema en particular (p.e. durante las primeras fases en la consideración de un tópico determinado). Una entrevista estructurada es la adecuada cuando el IC desea una información específica (p.e una clarificación del contenido o tema) y resultados más útiles para la base de conocimiento.

#### 2.1.1.1 La entrevista no estructurada

Hoffman advirtió en 1987 que muchos desarrolladores de sistemas expertos utilizan la entrevista no estructurada como el método de adquisición básico. Como se comentó anteriormente, los ingenieros suelen creer que la adquisición del conocimiento consiste en charlar con los expertos acerca de sus especialidades. El papel del IC consistiría en realizar preguntas espontáneas.

Las entrevistas no estructuradas son tan simples como eso, y sin embargo pueden presentarse algunos efectos no deseados. Una entrevista no estructurada bien realizada puede proporcionar descripciones completas o bien estructuradas de los procesos cognitivos. El problema es que los dominios de los sistemas expertos suelen ser grandes y complejos; por lo tanto, el IC y el E en el dominio deben prepararse activamente para estas entrevistas. Las entrevistas no estructuradas suelen carecer de la organización y de la estructura que permitiría esta preparación para transferirla eficientemente a la propia entrevista. En segundo lugar, los expertos suelen encontrar difícil de expresar algunos de los elementos más importantes de su conocimiento. Tercero, los expertos pueden creer que no necesitan demasiada preparación debido a la falta de estructura de este tipo de entrevistas. Cuarto, los datos recogidos de una entrevista no estructurada suelen no estar relacionados, existir en distintos grados de complejidad, y es difícil para el IC revisarlos, interpretarlos, e integrarlos. Un quinto problema está relacionado con el entrenamiento. Pocos ingenieros del conocimiento pueden dirigir este tipo de entrevistas debido a su falta de entrenamiento y experiencia. Las situaciones no estructuradas no facilitan la adquisición de información *específica* para las bases de conocimiento del sistema.

### 2.1.1.2 La entrevista estructurada

Estas fuerzan la organización de las comunicaciones entre el IC y el E. Contrariamente a la naturaleza informal de las entrevistas no estructuradas, las *entrevistas estructuradas* están orientadas a una meta. Waldron cree que la estructura producida por las metas reduce los problemas de interpretación inherentes de las entrevistas no estructuradas y permite al IC prevenir la distorsión provocada por la subjetividad del E. Hoffman sugiere una razón por la que las entrevistas estructuradas son más efectivas: fuerzan a que el E se concentre sistemáticamente en la propia entrevista.

### 2.1.2 Habilidades en el control de la entrevista

El éxito de una sesión estructurada de adquisición estará condicionado por gran cantidad de variables, como la habilidad de combinar los distintos tipos de preguntas de forma que acrecente la especificidad de la información extraída.

Las siguientes secciones estudian los distintos tipos, niveles, y secuenciamientos del cuestionario.

#### 2.1.2.1 Tipos de preguntas

Existen diversas formas de categorizar o clasificar las entrevistas. El más corriente consiste en clasificarlas en *abiertas* y *cerradas*. Algunos ejemplos de los distintos tipos de preguntas son los siguientes:

TIPO DE PREGUNTA	EJEMPLOS
Abiertas	¿Cómo funciona el sistema? ¿Qué necesita saber antes de poder decidir? ¿Porqué eligió esto en lugar de lo otro? ¿Qué sabe del sistema de combustible? ¿Cómo se podría haber mejorado su formación? ¿Cuál es su reacción normalmente ante esta situación?

TIPO DE PREGUNTA	EJEMPLOS
Cerradas	¿Cuál de estos aviones ha mantenido? ¿Cuántas horas de vuelo tiene? ¿Cuál de estas inversiones cree que es la más fuerte? ¿Esto provocará una subida de presión o una bajada? ¿Cuál es la velocidad apropiada para esta maniobra? ¿Son 255 grados un límite superior?

**Cuestiones abiertas.** Las preguntas abiertas tienden a ser generales y a situar pocas restricciones en la respuesta de un E. No van seguidas de opciones; animan a la respuesta libre. Son apropiadas cuando el IC quiere observar las respuestas de alto nivel del E para discernir la magnitud de la comprensión del experto, su certidumbre en las respuestas, y lo que él cree que es importante acerca del tópico de la pregunta. También sirven para que el E ofrezca información que el ingeniero del conocimiento no sabe preguntar, lo cual es normal en las sesiones de adquisición. También permite observar como utiliza el E su vocabulario, conceptos, y relaciones.

Las cuestiones abiertas también tienen desventajas. Mientras que consumen gran cantidad de tiempo, aportan poca información al nivel requerido para el desarrollo de la base de conocimiento. El ingeniero del conocimiento tendrá que trabajar duro para poder controlar la sesión, incluyendo la redirección del E, y determinando si el E ha omitido información que él creía que era irrelevante. También es más difícil tomar notas y/o codificar información que se ha incluido en la respuesta (que suele ser poco estructurada).

Estas cuestiones son disparadas por palabras como: *discuta...*, *interprete...*, *explique...*, *evalúe...*, *compare...*, *si...*, *qué pasaría si...*

**Cuestiones cerradas.** Las preguntas cerradas fijan límites en el tipo, nivel, y cantidad de información que suministra el E. Proporcionan una serie de alternativas o un nivel de respuesta. Puede oscilar el grado en el que son cerradas. Una pregunta moderadamente cerrada permite al E responder con una pieza específica de información aunque no limita el conjunto del cual responde (como en la preguntas bipolares). Por ejemplo:

*¿Qué síntoma le llevó a pensar que el problema estaba en el sistema de combustible?*

Estas preguntas permiten que el IC controle más efectivamente el progreso de una sesión de adquisición del conocimiento, facilita la toma de notas y la codificación, y consumen menos tiempo que las cuestiones abiertas.

Entre las desventajas de estas preguntas se puede comentar la sobretendencia del IC a utilizar este tipo de preguntas más fáciles, hablando demasiado, recibiendo poca información y necesitando más preguntas del tipo 'siga por favor'. También impiden que el E aporte información importante que no ha sido preguntada explícitamente en la cuestión. Finalmente requieren que el IC posea un gran dominio del vocabulario y conceptos del E.

Algunas palabras que 'disparan' este tipo de cuestiones son: *¿quién...*, *¿qué...*, *¿cuando...*, *¿donde...*, *nombre...*

Utilizando preguntas abiertas y cerradas. Algunos determinantes a la hora de seleccionar un tipo de pregunta pueden ser:

- Nivel de conocimiento requerido.
- Propósito de la sesión de adquisición.
- Experiencia y habilidades del E.

Normalmente se utiliza una combinación de cuestiones abiertas y cerradas con distintos grados de restricciones. Algunos puntos a tener en cuenta podrían ser:

1. La cantidad de información ofrecida por un E en respuesta a una pregunta disminuye con la creciente complejidad de la misma.
2. El grado de control del IC sobre la sesión aumenta (con preguntas restrictivas) cuando disminuye la cantidad de información que ofrece el E.(y viceversa)
3. Los expertos tienden a ofrecer información valiosa, aunque no se le haya preguntado explícitamente por ella, cuando las sesiones son menos restrictivas en las cuales el IC ejerce menos control.

#### 2.1.2.2 Niveles de preguntas

Existen dos niveles de preguntas, primarias y secundarias. Preguntas primarias son aquellas que el entrevistador utiliza para introducir tópicos o transiciones a otras áreas. Se podría analizar la transcripción de una sesión de adquisición y entender las preguntas primarias fuera del contexto de la entrevista. La pregunta, *dados los síntomas, ¿qué causa es la que sugeriría?* es una pregunta primaria. Podría sacarse de contexto y entenderse. Introduce las preguntas que siguen.

Las preguntas secundarias también se referencian como 'preguntas de prueba' (probing questions). Su intención es extraer más información de la ofrecida en respuesta a un pregunta primaria o a una secundaria anterior. Permiten al IC continuar con un tópico determinado, solicitando más información. Las situaciones en las que este tipo de preguntas está recomendado incluyen aquellas en las que las respuestas del E parecen vagas, imprecisas, superficiales, o irrelevantes.

Cuando se crea que el E no ha respondido completamente una pregunta, se pueden utilizar gestos y preguntas que inciten al mismo a que responda con más profundidad. Estos gestos pueden ser mantener un contacto visual con el E a la vez que se permanece quieto (en espera de que el E aporte más datos en su respuesta). Frases que pueden 'animar' al E pueden ser:

- *continúe por favor....*
- *¿hay algo que deberíamos saber acerca de este fallo en el funcionamiento del sistema de combustible?*
- *Explique con más detalle porqué ha diagnosticado de esta manera, dígame más acerca de ...*
- *¿Qué significa 'BVR'? ¿Qué considera usted 'suficientemente rápido'?*
- *¿Quiso decir KPH o MPH? ¿Qué quiere decir con 'puede que no'?*

### 2.1.2.3 Secuenciamiento del cuestionario

Existen varias técnicas que describen la forma en la que se deben relacionar las preguntas durante una sesión. Entre ellas están el funnel y el funnel inverso

**Secuenciamiento Funnel.** La figura 1 muestra esta técnica, en la que la sesión comienza con preguntas generales y abiertas, continúa con preguntas de prueba o dirigidas, y concluyen con preguntas más restrictivas cerradas. El secuenciamiento funnel puede ser muy efectivo por distintas razones. Primero, porque empieza con preguntas abiertas, estableciéndose rápidamente el tópico de la entrevista y comenzando de una forma menos estresante. Segundo, comenzar con preguntas abiertas permite que el IC evalúe las respuestas y refine las preguntas secundarias de continuación. Esta maniobra permite que se puedan descartar aquellas preguntas que ya no se van a necesitar debido a la respuesta que dio el E a una pregunta abierta.

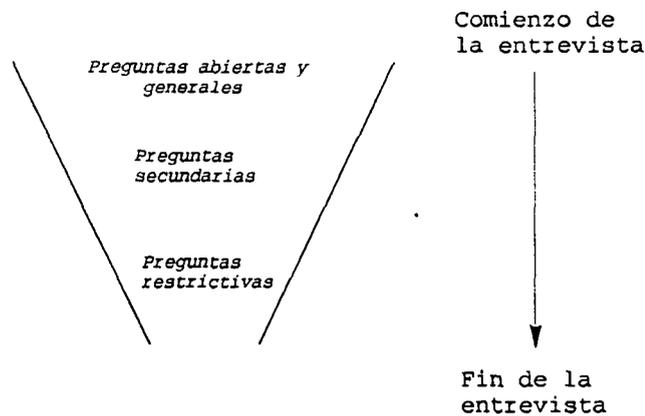


Figura 1

**Funnel inverso.** Como es de esperar, el funnel inverso es la secuencia contraria a la descrita anteriormente (ver figura 2). El IC comienza con preguntas restrictivas o cerradas, ofreciendo cuestiones cada vez menos restrictivas según se avanza hacia el final de la entrevista. Aunque la técnica anterior sea la más utilizada en las sesiones de adquisición, a veces es recomendable el uso del funnel inverso. Por ejemplo, esta técnica permite al IC comenzar con una pregunta específica y bien dirigida, empezándola con un tono profesional. Tal pregunta permitiría al E refrescar su memoria, fijando el nivel de profundidad al que se desarrollará la entrevista. También permite que el IC conduzca la sesión con preguntas cerradas finalizándola con sentencias resumen de la misma.

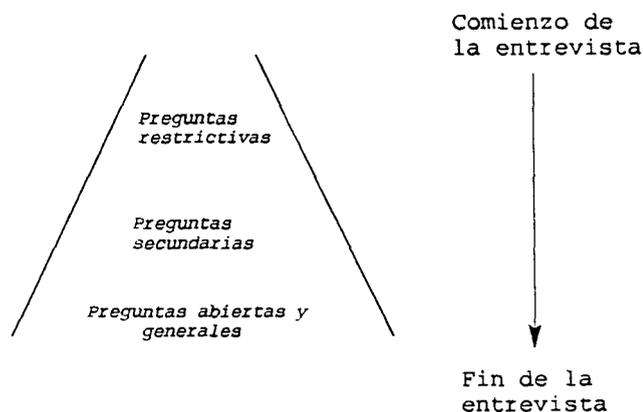


Figura 2

## 2.2 Traza del Proceso de Toma de Decisiones

Psicólogos han estudiado a los expertos y sus técnicas de resolución de problemas, utilizando métodos observacionales para medir el rendimiento y 'descubrir' el conocimiento experto. Los métodos observacionales se apoyan en estudiar al E mientras resuelve problemas reales en el dominio, teniendo cuidado de no decir o hacer nada que pueda influenciar las decisiones del E. El siguiente párrafo resume claramente este método:

Una aproximación inicial es utilizar protocolos de 'razonamiento en voz alta' (think aloud) para probar los mecanismos de resolución de problemas que utiliza el experto. Tales protocolos pueden proporcionar información acerca de la organización de la base de conocimiento del experto, y de las estructuras de control utilizadas para aplicar selectivamente dicho conocimiento. A los métodos observacionales sigue la fase de refinamiento en la que los expertos comentan los modelos preliminares desarrollados para describir su comportamiento.

Los investigadores que aplican los métodos observacionales no interrumpen al E con preguntas o cuestionarios durante la resolución del problema. Lo que hacen es analizar una transcripción de la sesión después de que se haya celebrado, posiblemente con la ayuda del E. Los científicos en IA han utilizado esta aproximación para estudiar los problemas resueltos por los expertos, denominándola análisis de protocolos. En este caso, el sujeto habla mientras resuelve un problema simple o un puzzle, las verbalizaciones son transcritas, y se consigue inferir el proceso que se ha seguido en la resolución de dicho problema a partir de la traza resultante.

Dicha aproximación posee serias dificultades en la práctica. Aunque la acción de pensar en voz alta puede alterar un poco la técnica del E, el problema real se produce en los grandes vacíos que hay en la descripción del proceso, especialmente cuando el E trabaja con conocimiento estructurado. Cuando se analiza una transcripción de la sesión, y se pide al E que sea más explícito, este podría construir una línea de razonamiento plausible para explicar su comportamiento. Esta línea puede o no reflejar la técnica real de resolución de problemas usada.

Analizar el comportamiento de un E cuando realiza la toma de decisiones es una tarea bastante difícil. Este apartado presenta dos técnicas que permiten al IC trazar o estudiar el proceso de toma de decisiones. La efectividad de estas técnicas depende de varios factores:

- El IC debe ser entrenado en su uso.

## 18 Adquisición del Conocimiento

- También debe familiarizarse con la materia sobre la cual vaya a trabajar (conceptos fundamentales).
- El método requiere realizar muchas entrevistas para refinar y clarificar la información de la toma de decisiones.

Se presentarán técnicas de traza y análisis; se discutirá sobre la utilidad de los informes verbales y se explicará una metodología para realizar la traza de procesos. También se estudiarán técnicas para estimular la producción de informes verbales, así como una guía para convertir tales informes en protocolos.

### 2.2.1 El papel de la Toma de Decisiones en la Adquisición del Conocimiento

Un E en una determinada materia, no se define por lo que sabe, sino por la información que tiene almacenada, cómo la tiene almacenada, cómo la maneja y cómo la aplica para resolver problemas nuevos. Por lo tanto, un SE debe exhibir cualidades parecidas al E para resolver problemas y tomar decisiones.

Para realizar la adquisición de conocimiento el IC se apoya en dos herramientas básicas:

- La traza de procesos. Es el mecanismo que utiliza el ingeniero de conocimiento para descubrir la información que un E usa para tomar una decisión o como procesa esa información.
- El análisis de protocolos. Es la técnica utilizada por el IC para analizar los informes (verbales o escritos) que ha producido un E durante el transcurso de una sesión.

La principal característica de las sesiones de traza de procesos es que no son interactivas entre el IC y el E. Esto la diferencia de las sesiones que se realizan mediante entrevistas. No obstante, estas sesiones requieren algún tipo de interacción entre ambos.

Antes de la sesión, el IC hace una considerable cantidad de trabajo (como elegir un lugar apropiado y un problema que plantear que permita descubrir una faceta de conocimiento del E). Durante la sesión, el E explica como resolver el problema, mientras el IC graba el proceso que sigue, para más tarde revisarlo, analizarlo y poder profundizar más en las siguientes entrevistas.



- Hay que comprobar la validez del conocimiento.
- y analizar la información resultante para la inclusión en la base de conocimiento.

Si el proceso de análisis se consigue realizar de una manera eficiente, el conocimiento adquirido puede permitir aislar las heurísticas de la toma de decisiones, minimizar las interacciones con el E, acelerar el proceso de adquisición y aumentar la precisión. Para ello se utiliza la técnica de análisis de protocolos.

## 2.2.2 Técnicas para compilar informes verbales

Hay dos entornos diferentes en los cuales un ingeniero de conocimiento puede desarrollar las sesiones: verbalización concurrente y retrospectiva.

### 2.2.2.1 Verbalización concurrente

En la mayoría de las técnicas de generación de protocolos, el E va dando un informe verbal de acciones, consideraciones, puntos de decisión y estrategias mientras resuelve el problema. Es bastante común obtener resultados negativos (información incompleta o inexacta) debido a:

- Omisión de pasos en la resolución del problema.
- Falta de reconocimiento de un paso o una consideración.
- Interrupción del flujo de información, con la posibilidad de que el E pierda el "hilo".

Una variación de las sesiones de verbalización concurrente son las técnicas orientadas a discusiones. En ellas dos o más expertos trabajan juntos para resolver un problema. El primer beneficio que produce esta técnica radica en que dos personas producen más información que una sola. También puede darse el caso de que los expertos no se pongan de acuerdo con las prioridades, alternativas, atributos importantes o estrategias, lo cual se resuelve preguntando a otros expertos más cualificados.

### 2.2.2.2 Verbalización retrospectiva

El E completa la tarea antes de discutir acerca de su actividad. Esta técnica es útil cuando la verbalización interfiere con el proceso cognitivo. El problema que puede presentar es que el E no se acuerde de el por qué se tomó una determinada decisión.

Para resolver este problema ha surgido una variante de este método: *Recordatorias señaladas* (Cued Recall). La sesión se graba en video mientras el ingeniero de conocimiento toma notas. Una vez que acaba la sesión se revisan inmediatamente las cuestiones que apuntó el IC. Esto servirá para aclarar puntos de decisión, consideraciones y los datos usados para obtener la solución.

### 2.2.3 Extracción del Conocimiento de las Sesiones de Traza de Procesos

La traza de procesos requiere que el IC traduzca los informes verbales en *protocolos o notas*. Usando estas notas el IC puede trazar las decisiones del E desde la presentación del problema a la solución del mismo.

#### 2.2.3.1 Análisis de los protocolos

Después de haber generado los protocolos, estos deben ser analizados para identificar las alternativas básicas que el E ha considerado y los resultados obtenidos. Los IC pueden clasificar la decisión de un E de acuerdo a las ALTERNATIVAS, ATRIBUTOS, ASPECTOS Y ATRACTIVOS.

Las ALTERNATIVAS representan las acciones posibles que un E puede tomar y las consecuencias que se derivan de las mismas, como seleccionar un determinado modelo de coche. Los ATRIBUTOS son las componentes o dimensiones que definen un alternativa (por ejemplo: precio, color, potencia, etc...). Los ASPECTOS son los valores que pueden tomar los atributos (el color podría ser blanco, o rojo, o verde). Por último el ATRACTIVO es valor psicológico que el E da a un ASPECTO.

#### 2.2.3.2 Reglas de decisión

Los protocolos pueden ser analizados también en base a las reglas de decisión. Algunas de las reglas que un E puede aplicar en la resolución de problemas o en la toma de

decisiones se explican a continuación.

La regla **DOMINANTE**: el E elige la alternativa que tenga mayor *atractivo*. Regla de **DECISION CONJUNTIVA**: se imponen unas restricciones eligiéndose las alternativas que las cumpla todas. Regla de **DECISION DISYUNTIVA**: al igual que antes se imponen unas restricciones y se elige la que cumpla alguna. **DECISION LEXICOGRAFICA**: se ordenan los atributos de cada alternativa según su importancia y se elige aquella que sea más *atractiva* para el atributo más importante. **ELIMINACION POR ASPECTOS**: se establecen unos criterios mínimos que deben cumplirse eliminando aquellas alternativas que no lo cumplan. **ATRIBUTO CON EL MAXIMO ATRACTIVO**: el E elige la alternativa con mayor número de atributos que tengan atractivo.

## 2.3 Técnicas Mixtas

El IC podría utilizar ambas aproximaciones anteriores, aunque apoyándose principalmente en una técnica de entrevistas que combine las técnicas de traza de procesos. Por ejemplo, el E realizará la introspección al resolver un problema para el IC y describirá en voz alta cómo lo está resolviendo. El IC intervendrá cuando lo considere necesario, realizando preguntas importantes para estimular y probar al E. El IC juega un papel más activo que pasivo, realizando preguntas, sugiriendo posibilidades, y proponiendo hipótesis, conceptos y reglas.

A continuación se explican algunos métodos de extracción de conocimiento junto con sus características positivas y negativas.

**Observación.** El IC observa al E en el curso de un día normal de trabajo, anotando tareas importantes, interacciones con el personal, decisiones tomadas, restricciones y tiempo requerido. Este método puede ser útil en una primera fase de familiarización con el área de conocimiento. Evidentemente no ayudará a conocer las razones de la toma de decisiones y consume mucho tiempo.

**Información restringida.** Al E se le plantea un problema con menos datos de los necesarios para que lo resuelva. El IC usa este método para identificar las prioridades y alternativas principales. Como resultado se revelarán las estrategias de solución de un problema. Hay que resaltar que con este método el E se suele sentir incómodo (su primera respuesta puede ser que el problema no tiene solución). Así que el IC debe explicarle el sentido de la sesión antes de empezar.

**Problemas simulados.** El IC selecciona un problema ya resuelto y le presenta los datos al E para que lo resuelva. En cualquier punto de la resolución del problema el IC puede interrumpir al E para comprobar algún punto de interés, estrategias... El mayor problema radica en que es necesaria la asistencia de otro E y el acceso a datos de archivo.

**Problemas análogos.** Este método se basa en la tendencia que tienen los expertos en usar analogías con otros problemas o situaciones cuando se enfrentan a un nuevo problema. Este método permite por lo tanto comprobar cuales son las estrategias y heurísticas usadas para resolver un problema. No obstante puede dar origen a confusión al poder interferir un razonamiento con estrategias equivocadas. El IC al plantear un nuevo problema, debe pedir explícitamente al E que relacione éste con otros ya planteados.

**Problemas difíciles.** Si las sesiones de adquisición de conocimiento están restringidas únicamente a la discusión de casos ordinarios, el SE resultante tendrá utilidad en contadas ocasiones. Si por el contrario se plantean casos más complicados, el SE producirá más beneficios que el otro. El IC puede estructurar una sesión para explorar casos difíciles de la siguiente forma. Primero, tiene que contactar con un primer experto para que catalogue la dificultad de los casos. Luego, en la sesión propiamente dicha, el E procura solucionar el problema con los datos planteados produciendo varias alternativas. El problema de este método es planificar la sesión.

**Soluciones restringidas.** Al E se le exige dar una solución al problema con todos los datos, pero en condiciones adversas (p.e. poco tiempo). Esta técnica produce resultados análogos al anterior (tanto positivos como negativos).

Por último cabría decir que la combinación de estos métodos de alguna forma, puede resultar apropiada.

## 2.4 Técnicas de Extracción y Metodología de Desarrollo

A partir de las técnicas básicas (entrevistas, y traza de procesos) existen múltiples variantes que podrán ser utilizadas en función de los objetivos que se pretendan cubrir, y de la fase de desarrollo en la que se encuentre el proyecto. Para ilustrar este hecho, se comentarán diversas técnicas (o combinaciones de técnicas) que se podrían utilizar durante un ciclo de iteración del prototipo. Esta será sólo una propuesta incompleta e ingenua, pero puede servir como una primera aproximación de como las necesidades del proyecto influyen sobre la

interacción con el E.

Planteando un escenario ideal, el protecto comenzaría observando al E en su propio lugar de trabajo, para obtener una visión global de la complejidad del problema. Posteriormente, tendrían lugar nuevas sesiones con el objetivo de que el E clasifique algunos problemas tipo que puedan servir como núcleo al sistema. A partir de estos problemas se podrán plantear otros de forma que surjan los tipos de datos, de soluciones, y procedimientos necesarios para las tareas de resolución. El siguiente conjunto de sesiones son las conducentes a la extracción de conocimiento específico de resolución de problemas. Finalmente, se celebrarán algunas sesiones de verificación y validación del sistema desarrollado. La siguiente tabla resume algunas de las técnicas que intervendrían en esta situación ideal.

Método	Descripción
Observación in-situ	Observar al E resolver problemas reales en su trabajo.
Descripción del problema	Hacer que el E describa un problema prototipo para cada categoría de respuesta en el dominio.
Discusión de problemas	Estudiar los tipos de datos, conocimiento, y procedimientos necesarios para resolver problemas específicos.
Análisis de la resolución de problemas	Mostrar al E una serie de problemas reales para que los resuelva en voz alta, demostrando el razonamiento que el E utiliza en la resolución
Refinamiento del sistema	Hacer que el E proponga una serie de problemas a resolver utilizando una serie de reglas deducidas en otras entrevistas.
Examen del sistema	Hacer que el E examine y critique las reglas del sistema prototipo y su estructura de control.
Validación del sistema	Mostrar los casos resueltos por el E y por el sistema a otros expertos en el dominio.

**Observación in-situ.** El IC observa al E resolver problemas reales en su trabajo más que problemas inventados aunque realistas en un laboratorio. Aquí, el IC no interfiere, sino que actúa como un observador pasivo. Esta aproximación proporciona al IC una visión de la complejidad del problema y del tipo de facilidades de interacción que el E necesitará para utilizar el sistema definitivo en su campo. Sin embargo, esta técnica no será posible o útil en determinados dominios, normalmente por causas de tiempo o privacidad.

**Descripción del problema.** El IC pide al E que describa un problema típico para cada una

de las categorías de respuestas que se puedan dar. Esto ayuda al ingeniero del conocimiento a definir un problema prototipo para cada categoría de respuesta -una construcción que el sistema experto podría utilizar para ayudar a seleccionar una estrategia o una aproximación básica para resolver un problema determinado. Este ejercicio puede también sugerir formas de organizar el conocimiento jerárquicamente en el sistema experto. Esta aproximación trabaja particularmente bien en problemas del tipo de diagnóstico, como la diagnosis médica o los problemas eléctricos.

**Discusión del problema.** El IC selecciona una serie de problemas representativos y los discute informalmente con el E. La meta es determinar cómo organiza el E el conocimiento para cada problema, cómo representa los conceptos y las hipótesis, cómo controla el conocimiento inconsistente, o impreciso, y los datos relacionados con el problema. Algunas cuestiones que podrían surgir incluirían:

- ¿En qué se diferencia el problema del 'problema prototipo' en el dominio?
- ¿Qué tipos de datos necesita el problema?
- ¿Qué tipos de soluciones son las adecuadas para el problema?
- ¿Se puede simplificar el problema en subproblemas no interactivos?
- ¿Qué tipo/s de conocimiento se necesita para resolver el problema?
- ¿En qué consiste una explicación o justificación adecuada a la solución de un problema?

Durante esta discusión, el E podría introducir nuevos términos, conceptos y relaciones. Cuando esto sucede, el IC le solicita que defina dichas nuevas construcciones y que las relacione con las existentes. Esto podría implicar la redefinición o combinación de los conceptos existentes en la base de conocimiento.

**Análisis de la resolución de problemas.** El IC pide al E que resuelva una serie de problemas, comprobando el razonamiento del mismo según va resolviendo los problemas. A medida que el E resuelve cada problema, el IC proporciona cualquier dato adicional que solicite el E. Este debe resolver problemas reales, describiendo en voz alta el proceso de resolución y dando la mayor cantidad de pasos intermedios que sea posible. El IC cuestiona cada paso para comprobar los fundamentos sobre los que se apoyan, incluyendo las hipótesis que puedan surgir, las estrategias que se utilizan para generar las hipótesis, y las metas que se persiguen las cuales guían la selección de la estrategia.

El IC debe llevar a cabo una comprobación / demostración 'primero en profundidad' del

razonamiento del E. Es decir, pregunta cómo alcanzó el E una determinada conclusión C, entonces cómo se alcanzaron las conclusiones sobre las que C se apoyaba, y así sucesivamente, hasta que el E se quede sin explicaciones o el ingeniero del conocimiento crea que la discusión se ha desviado demasiado. El truco es mantener el objetivo, evitando los caminos largos y las cadenas de razonamiento que son de alguna manera tangenciales a la solución que se está explorando.

Una vez que el IC ha formulado algunas reglas especializadas relacionadas con determinados problemas, debe revisar las reglas para generalizarlas lo más posible sin destruir su habilidad de contribuir a una solución en el contexto de problemas originales. La asistencia del E es necesaria para este proceso.

**Refinamiento del sistema.** El E proporciona algunos problemas a resolver, tasándolos desde muy fáciles a muy difíciles. Antes de que el sistema sea operacional, el IC los resuelve sobre papel utilizando los conceptos, formalismos, y reglas adquiridas del E. Esto proporciona un chequeo rápido de la consistencia y completitud del conocimiento que se está extrayendo del E. Tan pronto como pueda operar el sistema, aunque sea con una capacidad limitada, el IC lo utilizará para resolver los problemas propuestos por el E.

**Examen del sistema.** El E examina y critica cada regla en el sistema prototipo, y evalúa las estrategias de control utilizadas para seleccionar las reglas. Esto incluye la verificación de la precisión de cada regla y establecer una justificación para cada una, de forma que el sistema pueda utilizarla posteriormente para explicar su operación. El E debería comparar las estrategias de control en el prototipo con su manera de trabajar con los problemas del dominio.

**Validación del sistema.** El IC presenta casos resueltos por el E y el prototipo a otros expertos. Esto proporciona una manera de comparar las estrategias de diferentes expertos y encontrar puntos claves de desacuerdo.

# 3 Variables que intervienen en la selección de una técnica

---

En la selección de una determinada técnica de adquisición del conocimiento intervienen muchas variables que también afectarán al grado de estructuración con el que se aplicará la misma. Una técnica determinada sería la adecuada si permitiese establecer las metas del programa y hacer un uso eficiente tanto del tiempo del ingeniero del conocimiento como del E en el dominio. El ingeniero del conocimiento puede aprender una técnica y modificarla para que se ajuste a las diferentes necesidades. También debe sopesar las ventajas y desventajas de todas las técnicas disponibles antes de decidirse por alguna/s de ellas.

Los principales factores que condicionan la selección de una técnica de adquisición del conocimiento incluyen:

- Tamaño y objetivos del programa
- Fase de la adquisición del conocimiento
- Disponibilidad del E
- Número y experiencia de los ingenieros del conocimiento

## 3.1 Tamaño y objetivos del programa

Los programas a gran escala necesitan una mayor estructuración y planificación de las técnicas a utilizar que los programas pequeños o más informales. Los objetivos y la funcionalidad que deba tener el sistema experto influyen en el tipo de técnica de adquisición del conocimiento que se vaya a seleccionar. Por ejemplo, si el cliente quiere que el sistema experto funcione como una ayuda a la toma de decisiones para un sistema de mantenimiento de aviones, entonces las técnicas a utilizar para extraer el conocimiento serían las entrevistas estructuradas, análisis de protocolo y simulación de problemas.

## 3.2 Fase de la adquisición

Para cada ciclo de desarrollo existen distintas fases de adquisición. En la mayoría de las ocasiones, estas fases estarán relacionadas con el nivel de especificación de la información que sea necesario. En la figura 4 se muestran dichas fases de adquisición del conocimiento; los trabajos más importantes en cada fase, las tareas específicas a realizar durante cada fase, y una estimación del trabajo a realizar por el IC y el E. Por ejemplo, en la fase I, los trabajos de adquisición del conocimiento son por naturaleza más generales y, cuando se completan, proporcionan una base sobre la que estructurar el conocimiento que se irá adquiriendo.

Entre las tareas a realizar en la segunda fase se incluyen el desarrollo de un diccionario de las términos y conceptos específicos del dominio. En esta fase las técnicas apropiadas son las entrevistas no estructuradas y los análisis de tareas. El ingeniero del conocimiento será el que más tenga que trabajar en esta fase. A medida que la información extraída sea más específica y el desarrollo entre en la tercera fase, las técnicas más apropiadas serán el análisis de protocolo seguidos de entrevistas estructuradas. Las tareas propias de la cuarta fase incluyen el que los expertos trabajen con una simulación o prototipo para refinar el conocimiento.

## 3.3 Disponibilidad de los expertos

La cantidad de tiempo que un 'programa' necesita de un E es función de la técnica de adquisición y del grado de estructuración reflejado en el programa de adquisición del conocimiento. Por ejemplo, un programa pequeño que necesite un encuentro semanal de dos horas con el E durante seis semanas para la recopilación de la información y revisión del prototipo es poco dependiente del E. En cambio, un programa mayor que necesite varios expertos para planificar los ciclos de adquisición del conocimiento, revisar los planes, preparar las sesiones de adquisición, interactuar en sesiones, y revisar las notas de las sesiones es bastante más dependiente.

**FASE 1**

80% ingeniero del conocimiento  
20% experto en el dominio

Definir el problema

- Vocabulario
- Información complementaria
- Conceptos más importantes

**FASE 2**

80% ingeniero del conocimiento  
20% experto en el dominio

Desarrollar un mapa mental

- Identificación de las relaciones entre los conceptos
- Identificación de las funciones más importantes

Realizar un análisis funcional

- Identificar los distintos módulos
- Identificar las salidas y las entradas actuales

Realizar un análisis de la tarea

- Determinar los tipos de conocimiento
- Desarrollar planes de adquisición del conocimiento

**FASE 3**

50% ingeniero del conocimiento  
50% experto en el dominio

Celebrar sesiones iniciales de AC

- Desarrollar problemas ejemplos
- Utilizar técnicas de entrevistas
- Utilizar análisis de protocolo

Realimentación y refinamiento

- Desarrollar gráficos de conocimiento
- Desarrollar pseudo-código
- Revisar las notas de la sesión

Celebrar sesiones de profundización

- Utilizar entrevistas estructuradas
- Utilizar simulaciones
- Utilizar prototipos de desarrollo

**FASE 4**

80% ingeniero del conocimiento  
20% experto en el dominio

Implementar el conocimiento

- Representar el conocimiento
- Refinar el sistema

Testear, iterar, y refinar

- Escenarios de prueba
- Pruebas con expertos
- Utilizar un seguimiento auditor para modificarlo

Figura 4

### 3.4 Número y experiencia de los ingenieros del conocimiento

El número de los ingenieros del conocimiento es función del tamaño del programa y también influye en la organización de los esfuerzos de adquisición del conocimiento. También hay que tener en cuenta el 'ajuste' que hay entre la técnica de adquisición que se pretenda emplear y las posibilidades y/o experiencia del IC. Por ejemplo, pocos ingenieros del conocimiento novatos han sido entrenados en las técnicas de adquisición estructurada. Sin embargo, si el IC tiene buenas habilidades interpersonales se convertirá en un especialista después de un corto entrenamiento y unas sesiones de práctica. Por el contrario, el que el IC tenga pocas habilidades interpersonales o la selección de una técnica más complicada (ej. análisis de protocolo) aumentará el tiempo empleado en su entrenamiento y, posiblemente disminuya la efectividad de la sesión de adquisición del conocimiento.

Hoffman, en un artículo de 1987 aparecido en *AI Expert* propone los siguientes criterios para la comparación y la selección de las técnicas de adquisición del conocimiento: simplicidad de la tarea y del material necesario, brevedad, flexibilidad, y artificialidad de la tarea, formato y validez de los datos, y eficiencia del método. Las técnicas deben puntuarse para cada método aplicando preguntas similares a las siguientes:

#### Ajuste a la realidad de la técnica

1. ¿Cuánto se aproxima la tarea que se pide al E al mundo real?
2. ¿En qué medida se ajusta la técnica a los objetivos establecidos para la sesión?

#### Validez de los datos

3. ¿Son válidos los datos adquiridos con esta técnica?
4. ¿Son fiables los datos adquiridos con esta técnica?

#### Eficiencia de la técnica

5. ¿Qué validez tienen los datos comparados con el tiempo empleado?

#### Simplicidad de la tarea

6. ¿Qué facilidad de uso tiene la técnica en estudio?
7. ¿Cuánto entrenamiento necesita el IC para poder utilizar la técnica?

**Simplicidad del material necesario**

8. ¿Qué facilidad de uso tienen los materiales que acompañan a la técnica?
9. ¿Cuál es la facilidad de adquisición y el coste de los materiales que acompañan a la técnica?

**Brevedad de la tarea**

10. ¿Cuánto tiempo se necesita para completar una sesión de adquisición del conocimiento?
11. ¿Cuánto trabajo posterior a la sesión (ej. transcripción) requiere la técnica?

**Flexibilidad**

12. ¿ Es la técnica adaptable?
13. ¿ Se puede modificar la técnica?
14. ¿ Se pueden usar distintos materiales con la técnica?

**Facilidad de traducción**

15. ¿Con qué facilidad se traduce la información adquirida?



## 4 Almacenamiento de la información

---

Además de la documentación que normalmente genera cualquier proyecto software, durante el desarrollo de los Sistemas Expertos se produce un gran volumen de información específica que hay que registrar de alguna manera. Desde las grabaciones de los encuentros con los expertos, hasta los documentos de bases de conocimiento en papel, pasando por las transcripciones de las sesiones, o los documentos de Adquisición del Conocimiento, entre otros. Esta sección comentará las distintas posibilidades de registro de las sesiones y de su posterior transcripción, a la vez que propondrá unos formatos para los documentos de adquisición y de contenido de reglas. Esta documentación permitirá a los IC

- usar más eficientemente el tiempo de los expertos
- proporcionar un seguimiento auditor para el conocimiento adquirido
- resumir la información adquirida para su uso posterior por cualquier miembro del grupo de trabajo
- organizar el trabajo del proyecto de una forma sistemática

La mayoría de los ingenieros hacen uso de algún tipo de documento de conocimiento. Este documento es actualizado continuamente a medida que se adquiere el conocimiento, registrando fechas y tiempos transcurridos en las sesiones, y reflejando los convenios que se han establecido para la grabación del conocimiento experto (ej. uso del lenguaje, codificación de colores, etc).

Es necesario mantener una base de datos de la adquisición del conocimiento, la cual contendrá básicamente las siguientes secciones:

- Un diccionario del conocimiento para el sistema, en el que se detallan los términos específicos del dominio, conceptos y ejemplos.
- Formularios para las sesiones de adquisición del conocimiento, identificados secuencialmente por fechas y funcionalmente por tareas.
- Grabaciones de las sesiones con todos los documentos generados en las mismas (dibujos, diagramas, notas manuales, etc...).
- Transcripciones de las sesiones.
- Documentos con la descripción de las reglas, detallando de que sesiones se derivaron

dichas reglas.

- Ficheros de expertos, conteniendo información sobre los mismos (datos personales), especialidades, reuniones, y otros comentarios de interés (sesiones canceladas, retrasos, preparaciones, etc...)

El utilizar esta serie de documentos formales ayuda a los ingenieros del conocimiento a asimilar información clave que posibilita una mejor identificación de las sesiones de adquisición del conocimiento, fechas y duración, al E u otra fuente, objetivos y conclusiones de las sesiones, y las reglas extraídas de las mismas. Los documentos descritos a continuación son especialmente útiles durante todo el proceso de construcción del sistema experto.

## 4.1 Métodos de Registro de las Sesiones

Una cuestión importante que merece un apartado especial es el destinado a comentar la posibilidades que existen a la hora de 'grabar' los encuentros entre el IC y el E. Dependiendo del método elegido, el E se podrá sentir más o menos cómodo, lo que influye en el grado de participación o interés del E por la sesión, o el IC podrá controlar el cuestionario más eficientemente al liberarse de escribir todo lo que escucha o ve.

Se puede 'grabar' la información de tres formas distintas: toma manual de notas, grabación en audio, grabación en video. Cada método tiene sus pros, contras, y consideraciones. El método y estilo del dato registrado debe ajustarse a las necesidades del IC y al propósito de la estructura de la sesión. Por ejemplo, durante las sesiones iniciales en las que se recoge información general del dominio, no será necesario ni tomar excesivas notas ni grabar la entrevista. En la mayoría de las ocasiones es suficiente esbozar algunas notas. Si, por otro lado, el propósito de la sesión es el de determinar los procedimientos en la toma de decisiones de un E durante la simulación de una determinada actividad, el IC puede necesitar grabar en video la sesión para revisarla posteriormente con el E. Las secciones que siguen analizarán los distintos tipos de tomas de notas así como algunas consideraciones sobre su uso.

### 4.1.1 Notas Recogidas Manualmente

Estas permiten a los ingenieros el ser autosuficientes durante la entrevista; no tienen que preparar etiquetas de grabación, y comprobar el equipo antes y durante la entrevista. Sin embargo, pocos ingenieros del conocimiento han sido entrenados para tomar notas

eficientemente (saber que escribir y cuando hacerlo). Además, la toma de notas durante la entrevista puede dar lugar a distintos problemas de comunicación que pueden interferir no sólo con el flujo de la información sino con el tren de pensamiento del E.

**Pros.** La toma manual de notas ofrece control. Permiten que se recoja información específica ya sea por el ingeniero del conocimiento que conduce la entrevista o por un segundo ingeniero en un papel de apoyo. Esto reduce el costo tanto de tiempo como de equipo. La toma manual de notas reduce la necesidad de una posterior transcripción y esfuerzo. El IC no tiene que revisar una hora de grabación en cinta para extraer la información que realmente es crítica para las necesidades de desarrollo de la base de conocimiento. Finalmente, las notas manuales proporcionan una flexibilidad en la localización. El método se puede utilizar independientemente del lugar donde se realiza la sesión.

**Contras.** Los ingenieros deben ser responsables tanto de la toma de notas como de controlar la sesión. El dedicar demasiada atención a la toma de notas reduce la efectividad con la que el IC conduce al E, gestiona el cuestionario, y mantiene el desarrollo de la entrevista de acuerdo con la agenda. La toma de notas puede interferir con la comunicación. El IC que está concentrado en la toma de notas puede perder las pista de por donde se desarrolla la entrevista. El uso y la calidad de las preguntas secundarias, pueden resentirse al tener que tomar notas manualmente. Adicionalmente, el IC que sólo se apoya en la toma manual de notas suele actuar escribiendo todo lo que el E hace y dice en respuesta a una pregunta, o encuentra difícil anticipar que es lo importante de lo que se ha dicho. Para compensar, escribe cualquier idea que se diga. Finalmente, el IC debe ser consciente del efecto que produce sobre el E la toma de notas. Ciertos expertos pueden sentirse tan preocupados con lo que escribe el IC que suelen empezar interrumpiendo, e identificando cual es la información importante (y que debería escribirse) y cual no.

**Consejos para la toma manual de notas.** La siguiente tabla proporciona una guía que aumentará la efectividad de las sesiones de adquisición.

1. Comunicar al E antes de la entrevista que se tomarán notas y cómo se van a utilizar.
2. Mantener todo el contacto visual posible durante los intervalos entre la toma de notas.
3. No dar pistas al E de qué es importante al escribir furiosamente en respuesta a una pregunta. Mantener un nivel constante en la actividad de toma de notas durante toda la sesión.
4. Para hacer que el E se sienta más cómodo, permitir que vea la notas en lugar de intentar esconderlas.
5. Codificar las notas a fases o secciones de la entrevista para ayudar a reestructurar la entrevista al refinar las notas.
6. Revisar pronto las notas (dentro de las 24-48 horas después de la sesión).

### 4.1.2 Grabación en Video o Audio

Combinadas con la toma de notas manual selectiva, la grabación en video o audio de las sesiones de adquisición puede ser un método muy efectivo de almacenar la información. No deben usarse indiscriminadamente: la grabación de las sesiones debe reservarse para sesiones de adquisición largas o complejas que otros miembros del equipo de desarrollo deben ver.

**Pros.** Grabar las sesiones de adquisición permite que el IC se concentre en tomar notas breves, estructurales, respondiendo efectivamente al E y controlando el proceso de la entrevista. Después de la sesión, el IC puede revisar la cinta y decidir lo que es y lo que no es importante sin la presión de tener que hacerlo durante la entrevista. Permite tanto cruzar la información de distintos ingenieros como la de distintos expertos. Por último, las grabaciones pueden ser de gran utilidad durante los trabajos de verificación y validación.

La grabación en video de las sesiones ofrece algunos beneficios adicionales sobre las cintas de audio. Las cintas de audio pueden ser efectivas con un único E, pero son mucho menos efectivas cuando se ven implicados múltiples expertos, teniendo que identificar a los distintos expertos cuando hablan. También con las cintas de audio no se recogen las pistas visuales. Estas suelen ser importantes cuando se utilizan técnicas de análisis de protocolo.

**Contras.** Para que tenga sentido la grabación, el programa debe ser lo suficientemente grande, la información suficientemente compleja, y el número de sesiones suficientemente alto. Una vez que se ha decidido grabar, los desarrolladores deben comprobar el equipo, controlarlo durante la sesión, y transcribir la información.

Otra desventaja de grabar la sesión de adquisición es el efecto sobre el E. Se han detectado dos efectos no deseables. De una parte los expertos tratan de descargarse de responsabilidades sobre lo que dicen en situaciones que puedan ser embarazosas. Este comportamiento dispara a su vez otro tipo de situaciones entre las que se incluyen:

- Rehusar responder a una pregunta.
- Responder con excesiva retórica y rodeos.
- El uso de calificadores que invalidan la respuesta dada.
- Lanzar miradas molestas al equipo de grabación durante la sesión.
- Peticiones de apagar el equipo.
- Rehusar a participar.

Por otro lado, se han observado expertos que como respuesta a ser grabado 'toman el centro del escenario'. Hablan al equipo de grabación en lugar de al ingeniero del conoci-

miento, y suelen ser reacios a responder 'no se' a cualquier pregunta. El IC puede tener problemas para desarrollar este tipo de entrevista, y como resultado pierde información. Se ha demostrado que la información aportada de esta forma por los expertos es superficial, e impactan la validez de la información recogida.

Grabar las entrevistas puede hacer al IC demasiado dependiente de los procesos automáticos de grabación, reduciendo la toma de notas manual al mínimo. Con ello están restringiendo el acceso a la información grabada hasta que se haya transcrito. Aunque se graben las sesiones, las notas permiten definir la sesión y que el IC añada comentarios, y revisar inmediatamente la información tanto al experto como al ingeniero del conocimiento.

Finalmente, la mayor desventaja de la grabación de las entrevistas es el tiempo que consume. Revisar (y transcribir) las cintas puede requerir al menos el doble de tiempo de la sesión de adquisición.

**Consejos para la grabación de las sesiones de adquisición.** La siguiente guía incrementará la efectividad de la toma de notas automática durante las sesiones de adquisición del conocimiento.

1. Asegurarse de saber manejar el equipo de grabación.
2. Avisar al E antes de la sesión de que la misma se grabará, cómo, y porqué.
3. Situar los equipos (micrófonos, cámaras...) donde puedan pasar lo más desapercibidos posible, de modo que se reduzca la distracción.
4. Si el E es reacio a responder a una pregunta debido al equipo, desconectarlo.
5. Tomar notas manuales durante las sesiones, y utilizar siempre que sea posible a otro IC para que realice funciones de apoyo a la sesión.

## 4.2 Transcripción de las Sesiones de Adquisición

Una vez que finaliza la sesión, el trabajo del IC sólo está parcialmente finalizado. Después de la utilización de cualquier técnica de adquisición del conocimiento, el IC debe transformar los datos de la sesión en un formato utilizable.

La dirección del programa debe decidir si transcribir las cintas de la sesión (estimando costes y beneficios). En el caso de que se decida por la transcripción, debe decidir el formato de la transcripción de la información, estableciendo los convenios oportunos. Hay que tener en cuenta que la naturaleza de la información puede ser verbal y no-verbal, y los criterios para incluir esta información en los protocolos depende de la aplicación. Dentro de la información verbal se clasifican las palabras y las señales paralingüísticas (cambios en la

entonación, uhmmm). La información no-verbal incluye aspectos como cruzar los brazos o las piernas, caminar, mover un lápiz, gruñidos, suspiros... Algunos proyectos necesitarán que se transcriba todo lo que se dijo en la sesión, siguiendo un formato parecido al que se muestra en las siguientes tablas. En la primera se muestra la transcripción de una entrevista estructurada, mientras que en la segunda la transcripción se corresponde con una traza de procesos:

Documento de Adquisición del Conocimiento	
Sesión: Desarrollo del producto #244	27/03/94
Ingeniero del Conocimiento: JTZ	Experto: BAM
Tipo de la sesión: Entrevista	
LINEA	TRANSCRIPCION
001	JTZ: Esta es la sesión de adquisición 244, en la que se discutirán los principales factores que se utilizan para decidir si introducir un nuevo producto en el mercado.
002	
003	BAM: Primero lo estudiaríamos para determinar si es adecuado para la imagen actual de la compañía. ¿Podríamos introducir esta idea dentro de la familia de productos que tenemos actualmente o que tenemos previstos?
004	
005	
006	JTZ: BAM, para ayudarnos a identificar los principales factores que utiliza cuando selecciona un producto para su desarrollo, he recogido dos ideas diferentes que su compañía está actualmente considerando.
007	
008	

Nº:	Ing. Conoc: _____	Fecha: _____
	Experto: _____	Hora: _____
LINEA	TRANSCRIPCION	REGLAS/COMENT
001	Cont 000: Bien, (pausa) si estuviéramos planeando un viaje de Cádiz a Avila... (traza la ruta con el dedo), yo (uhmmm) consideraría primero algunos aspectos. Quiero decir... bien.... es más importante llegar rápido que... Dame un minuto para medir algunas distancias.	
002		
003		
004		
005		
007	Cont 014: Ya está, de acuerdo, he medido distancias de dos rutas que parecen ser las más directas. Ahora se puede ver que ésta (la apunta) es realmente la distancia más corta. De todas maneras, fíjate que la ruta atraviesa Sevilla y Madrid. Hmmm. ¿Verdad que no te gustaría estar allí en una hora punta? (risas)	
008		
009		
010		
011		
012	Cont 31: Vale, ahora creo que estoy listo para dar un par de alternativas, como las que me pediste (se va hacia la pizarra) Carretera A, allí, y aquí están las razones por las que son buenas para mí (escribe). Ahora, la carretera B, bien, no me parece demasiado buena porque no atraviesa ninguna autopista... bien..., vamos a ver,... uhmmm, de todas formas voy a escribir las ventajas que pudiera tener. Aquí están las dos listas. Vale. Ahora, le voy a dar prioridad a cada argumento de las listas (escribe)	
013		
014		
015		
016		
017		
018		
019		



## **40** Adquisición del Conocimiento

- Nombre del ingeniero del conocimiento a cargo de la sesión.
- Fuentes de información de la sesión (materiales y expertos).
- Documentación de la sesión (cassette, video, notas, dibujos,...).
- Técnica utilizada en la sesión.
- Resumen de los puntos principales y acciones a realizar.
- Especificación de la heurística o reglas utilizadas por el E).
- Verificación experta de las notas de la sesión.

# SISTEMA EXPERTO DE PLANIFICACIÓN FINANCIERA

## DOCUMENTO DE ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

---

Sesión de AC: PF101      Fecha de la sesión: 27/3/98

Tópico de la sesión: Heurística de créditos

Ingeniero del conocimiento: Antonio Pérez  
 Experto/ fuente del conocimiento: Juan Quintana

Lugar: Banco de España      Duración: 1 1/2 horas

Tipo de Sesión (marcar el tipo de sesión)

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Entrevista no Estructurada | <input checked="" type="checkbox"/> Traza de Procesos | <input type="checkbox"/> Repertory Grid |
| <input type="checkbox"/> Entrevista Estructurada    | <input type="checkbox"/> Revisiones                   | <input type="checkbox"/> Otro _____     |
- 

Objetivos de la sesión:

Revisar la terminología en el 'diccionario'. Utilizar la traza de procesos para observar (grabar en video) a Juan mientras trabaja con un cliente para determinar si las condiciones del crédito son buenas. Utilizar verbalización retrospectiva con la cinta mientras Juan explica la base de su razonamiento. Analizar:

- Porqué no se concedió el préstamo
  - Identificar puntos de decisión específicos
  - Aislar los valores que sirvan como puntos de ruptura en la toma de decisión
  - Comparar / contrastar con otras inversiones para determinar atributos específicos de los créditos
- 

Resumen de la sesión:

Ver el flujo asociado de los caminos de decisión y sus atributos.

---

Reglas derivadas de esta sesión:

## 4.4 Documento de Descripción de Reglas

El IC puede, para pequeños programas, preferir traducir directamente el conocimiento de los formularios de adquisición del conocimiento en reglas. Cuando el programa es mayor, o la persona que adquiere el conocimiento es distinta de la que lo codifica, entonces se necesitan algunos mecanismos para ayudar en esta traducción, como podría ser un lenguaje informal de representación del conocimiento.

Algunos consejos incluirían:

- Utilizar un pseudocódigo en forma de reglas SI - ENTONCES para registrar el conocimiento en las sesiones de adquisición del conocimiento siempre que sea posible.
- Estar de acuerdo en los convenios (ej.: indexación, uso de mayúsculas, explicaciones, justificaciones) para registrar las reglas desde las sesiones de adquisición del conocimiento.
- Utilizar una terminología en las reglas que sea consistente con la del diccionario del conocimiento.
- Dar un nombre a las reglas en lugar de numerarlas siempre que sea posible.
- Incluir explicaciones para la regla, un resumen de la misma, y una justificación para la regla dentro de la documentación.
- Apuntar cualquier factor de certeza que modifique la validez de la regla.
- Documentar la fuente y la sesión de adquisición del conocimiento de donde se extrajo la regla.
- Ejecutar lo antes posible el prototipo para determinar otras reglas que utilizan una regla y las reglas que esta utiliza.

El formulario de contenido de reglas es una forma de transferir información del origen o cualquier otro dato histórico con el contenido semántico de la regla que se traduce a código. La siguiente tabla muestra un ejemplo de cómo podría ser este tipo de documento. Cada una de las reglas definidas con este formulario deben ser verificadas por el E para que pueda aportar explicaciones, justificaciones, o cualquier circunstancia especial. Evidentemente, los enlaces con los documentos de adquisición del conocimiento facilitan la posterior verificación y validación de la base de conocimiento.

<b>FORMULARIO DE CONTENIDO DE REGLAS</b>	
Identificación de la regla:	Fuente:
Tipo de regla:	Contexto:
Contenido de la regla:	
Certeza asociada:	Usada por:
Excepciones / Casos especiales:	
Comentarios:	
Verificación:	Fecha:

# 5 Procedimientos de revisión

---

La implantación de procedimientos de revisión puede ayudar en la verificación y en la validación, aumentando la viabilidad del desarrollo de la base de conocimiento. Se establecerán tanto procedimientos internos como externos.

## 5.1 Implantación de Revisiones Internas

Son las que se realizan por personal experto en el desarrollo de sistemas expertos. A continuación se sugieren algunas técnicas de revisión.

**Revisión por compañeros.** Los documentos de adquisición del conocimiento, y otras tareas relacionadas con el diseño deben ser revisadas por otros miembros del equipo de desarrollo. Esta podrá ser realizada de manera informal o más formalmente a través de aprobaciones firmadas.

**Revisión por la gestión.** En los programas grandes, puede que alguien de la dirección de programas quiera revisar los documentos de adquisición del conocimiento antes de pasarlo al experto en el dominio. Esta revisión ayuda a asegurar el que se está empleando la adecuada técnica de adquisición, que el E la encuentra apropiada, y que se está recogiendo información con el adecuado nivel de detalle.

## 5.2 Implantación de revisiones externas

Estas son la base para la supervivencia de los sistemas expertos comerciales (con contrato). También las revisiones externas (ejecución de prototipos) ayudarán en los trabajos de verificación y de validación de la base de conocimiento.

Las revisiones por parte del experto en el dominio son el tipo más sencillo de revisiones externas. Si el cliente lo autoriza, hay que incluir al E en las revisiones de prototipos ejecutables.

# Bibliografía

---

Brulé, James. Knowledge Acquisition. ed. McGraw-Hill

Carrico, Michael. Building Knowledge Systems. ed. McGraw-Hill. 1989

Cercone, Nick. The Knowledge Frontier. ed. Springer Verlag 1987

Forsyth, Richard. Expert Systems. Principles and case studies. ed. Chapman and Hall. 2ª edición 1989

Gaines, B.. Boose, J. Knowledge Acquisition for knowledge-based systems. ed. Academic Press 1989

Guida, G.. Tasso, C.. Topics in expert system design. ed. North-Holland. 1990

Gupta, Uma. Validating and Verifying knowledge-based systems. ed. IEEE Computer Society Press, 1991

Hayes-Roth, Frederick. Waterman, Donald. Lenat. Building Expert Systems. ed. Addison Wesley 1983

Klahr, Phiip. Expert Systems. Techniques, Tools, and Aplications. ed. Addison Wesley

McGraw, Karen. Knowledge Acquisition. Principles and guidelines. ed. Prentice-Hall. 1989

Waterman, Donald. A guide to Expert Systems. ed. Addison Wesley. 1986

## CAPÍTULO IV

---

# Tareas para la Adquisición del Conocimiento

# Índice

---

<b>1</b>	<b>Conceptualización del dominio</b>	<b>3</b>
1.1	Beneficios de la Conceptualización del Dominio	4
1.2	Modelado Conceptual	6
1.3	Cualidades de un Modelo Conceptual	8
1.4	Técnicas de Adquisición Orientadas a la Conceptualización del Dominio	10
1.5	Herramientas para Organizar y Analizar la Conceptualización del Dominio	17
<b>2</b>	<b>Análisis</b>	<b>23</b>
2.1	El Ingeniero del Conocimiento como Analista de Sistemas	24
2.2	Procedimientos de Análisis para el Desarrollo de la Base de Conocimiento	26
2.3	Completando el Análisis	35
<b>3</b>	<b>Extracción del conocimiento y habilidades expertas</b>	<b>37</b>
	<b>Apéndice A: Repertory Grid</b>	<b>43</b>
A.1	Adquisición del grid	44
A.2	Análisis del grid	45
A.3	Conclusiones	53
	<b>Apéndice B: Ejemplos de Conceptualización del Dominio</b>	<b>55</b>
B.1	Ejemplo de definiciones textuales y completas dentro de un diccionario de conceptos	55
B.2	Ejemplos de representaciones esquemáticas de conceptos dentro de un diccionario de conceptos	59
B.3	Ejemplo de glosario de términos dentro de un diccionario de conceptos	63
B.4	Ejemplos de Estructuras Conceptuales	65
B.5	Ejemplos de Mapas Cognitivos	69
	<b>Bibliografía</b>	<b>71</b>

# Tareas para la adquisición del conocimiento

---

En este Capítulo se desarrollan las distintas tareas que debe realizar un Ingeniero del Conocimiento durante cada una de las fases de la Adquisición del Conocimiento vistas en el Capítulo II. Las principales áreas sobre las que se incidirá son las siguientes:

1. Adquisición del Modelo Conceptual del Dominio
2. Análisis del Sistema
3. Extracción de las habilidades expertas

Asimismo se incluyen dos anexos al final de Capítulo. El primero de ellos desarrolla una técnica de conceptualización que su por su importancia y extensión no se creyó oportuno incluir dentro del capítulo.

Se han agrupado una serie de ejemplos pertenecientes a la sección de conceptualización en un segundo Anexo para evitar una ruptura significativa en el desarrollo del tema, debido principalmente a la extensión de algunos de dichos ejemplos.

En relación con los ejemplos que irán apareciendo a lo largo del capítulo es necesario indicar que dichos ejemplos son sólo representativos de la característica que se pretende resaltar con los mismos. Ello no implica necesariamente la validez de la información que codifican.



# 1 Conceptualización del dominio

---

El éxito de la adquisición del conocimiento depende en parte de ser capaz de conceptualizar correctamente el dominio de la aplicación. Este proceso consiste en la derivación de un modelo conceptual mediante la abstracción de los conceptos y de la técnica que utiliza el Experto en la resolución de problemas en el Dominio. La conceptualización incompleta o imprecisa influye negativamente en las actividades de adquisición subsecuentes y, por supuesto, en el sistema experto resultante.

La conceptualización es un proceso iterativo e incremental por el que se va construyendo el modelo conceptual que posee el E en relación con la tarea que se quiere resolver. Como se comentó al describir el ciclo de vida de prototipado, el proceso de conceptualización se expande en cada ciclo de prototipo, y se refina constantemente por la realimentación interna que existe dentro de cada ciclo. Además, no es un proceso fácilmente estructurable y con unos límites bien definidos. En algunos aspectos, sus tareas y sus técnicas coinciden con el análisis del sistema, por lo que es prácticamente imposible independizar ambos procesos. Pero esto no es necesariamente un inconveniente sino todo lo contrario; la coordinación eficiente de las tareas relacionadas con el análisis y la conceptualización dará lugar a un modelo conceptual del dominio más eficiente y completo.

El paralelismo e interdependencia que existe entre la conceptualización y el análisis se debe en parte a la propia metodología de construcción del sistema experto. Debe existir algún criterio que seleccione el conjunto de conceptos a estudiar durante cada una de las sesiones de adquisición del conocimiento. Dicho criterio está dirigido por la tarea del dominio que se está estudiando. Dicho de otra manera, el análisis proporciona un doble efecto de guía sobre el proceso de conceptualización: por un lado, el análisis limita la profundidad de la especificación del modelo conceptual (granularidad). Y por otro lado limita el conjunto de conceptos sobre los que establecer un modelo a aquellos que están relacionados con la (sub)tarea objetivo de la sesión de adquisición. La conceptualización, a su vez, realimenta el proceso de Análisis, descomponiéndose sólo aquellas funciones en las que intervengan los conceptos más recientemente extraídos.

La incrementalidad de la conceptualización se establece mediante una descomposición del dominio desde los niveles más abstractos hasta los más específicos (top-down). Esto facilita

la asimilación de nuevas estructuras con distintos grados de complejidad a medida que el modelo se va completando en cada iteración. De esta forma se consigue ir completando el modelo sin tener que rehacer la estructura derivada en el ciclo anterior.

No existe un secuencia de pasos bien definidos que nos conduzca a un buen modelo del dominio. En ocasiones es una tarea intuitiva y su efectividad depende de las habilidades personales del IC. Sin embargo, a grandes rasgos la conceptualización comenzaría con la especificación de una estructura inicial y muy general por parte del IC de cuales son los principales conceptos y relaciones que intervienen en el dominio. La base de este esquema inicial la puede dar otro Experto o se puede extraer fácilmente de la bibliografía básica que exista sobre el tema de la aplicación (p.ej. artículos introductorios, índices, sentido común, etc...). La revisión de dicho esquema por parte del E y su posterior aprobación o modificación será el punto de partida sobre el que generar el modelo del sistema. En sucesivas entrevistas, y guiados por el análisis paralelo que se sigue del sistema y por las situaciones o casos que se quieren incluir en el prototipo, se irá derivando el modelo conceptual que posee el E sobre el dominio.

Las siguientes secciones comentarán las ventajas de una correcta conceptualización. Aquellas cualidades que el modelo conceptual debe ir reflejando a medida que se desarrolla el sistema, junto con las técnicas que facilitan la extracción de dicho conocimiento. Y finalmente, las herramientas que ayudan a formalizar y estructurar la información conceptual.

### 1.1 Beneficios de la Conceptualización del Dominio

Una de las tareas más difíciles e importantes de la adquisición del conocimiento es abstraer el dominio de trabajo, para descubrir sus principales conceptos, atributos, y valores. Algunos de los beneficios de la conceptualización adecuada del dominio incluyen:

- Comprensión del dominio.
- Un medio de estimar las necesidades y la planificación de los esfuerzos de adquisición del conocimiento.
- Ideas iniciales para el diseño de la base de conocimiento.

#### 1.1.1 Comprensión Inicial

Cuando el IC empieza a familiarizarse con el dominio se enfrenta con un cantidad informe

de términos, objetos, y aplicaciones que no le son familiares. Una de las primeras tareas en esta fase del desarrollo es trabajar con un E en el dominio para identificar categorías en el dominio y discriminarlas utilizando un determinado grupo de características. La conceptualización del dominio consigue un 'mapa mental' inicial del mismo, que puede mejorar la eficiencia de las siguientes tareas de adquisición del conocimiento.

Durante esta fase, el IC hace que el E cree una estructura en la que se describen los principales conceptos del dominio. Una vez identificados, el IC determina como se pueden diferenciar dichos conceptos. Para poder realizar esta tarea, el IC debe estudiar con material de apoyo del dominio (libros principalmente), o consultando con el E. Después que los primeros conceptos se han identificado y diferenciado, se puede desarrollar una representación personal de los conceptos y de la terminología relacionada. Esta representación inicial será mejorada posteriormente profundizando en los conceptos que tiene.

### 1.1.2 Estimando las necesidades de la adquisición del conocimiento

A medida que el IC descompone el dominio, se van haciendo evidentes algunos subconjuntos e interrelaciones del mismo. Trabajando junto con el E, el IC puede deducir gráficamente, las áreas que requerirán los mayores esfuerzos de adquisición del conocimiento. Entonces se estudiará cada área individual dentro del dominio para identificar las sesiones de adquisición del conocimiento que se necesitarán, primero en general, y más tarde con mayor profundidad. Esta información es de incalculable valor a la hora de estimar las necesidades de adquisición del conocimiento y proporcionar respuestas a las siguientes preguntas:

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· Aproximadamente, ¿Cuántos expertos se necesitarán?</li> <li>· ¿Qué tipo de conocimiento y habilidades deben tener los expertos?</li> <li>· ¿Cuántas sesiones se necesitarán aproximadamente?</li> <li>· ¿Cuánto tiempo se necesitará de los ingenieros del conocimiento y de los expertos (ej.: planificación de la adquisición, entrevistas, y revisiones)?</li> <li>· ¿Qué tipo y cuantas sesiones de adquisición del conocimiento se necesitarán semanalmente, mensualmente, etc..?</li> </ul> |
|--|

Tabla 1

### 1.1.3 Diseño de la base de conocimiento

Desarrollar una conceptualización del dominio también puede ayudar a crear una estructura

sobre la que se apoye la futura base de conocimiento. También puede facilitar la documentación, el diseño de la base de conocimiento, o la representación debido a que la conceptualización puede revelar una organización del dominio del conocimiento que facilita el acceso y la recuperación por parte de los humanos.

### 1.2 Modelado Conceptual

Extraer, analizar y abstraer conceptos gráficos no es una tarea simple. Los problemas que hacen que los humanos no seamos capaces de expresar el conocimiento dificulta la identificación del 'conjunto apropiado de conceptos básicos que caracterizan el dominio de la tarea'. Para conseguir esto, son necesarias varias horas de interacción con el E. Para complicar este problema, hay una tendencia del ingeniero del conocimiento a cometer alguno de los dos errores típicos durante la fase de conceptualización de la adquisición del conocimiento. Primero, aplican erróneamente las técnicas de Adquisición del Conocimiento dirigidas a la extracción de conocimiento conceptual. Tal vez debido al desconocimiento de los criterios a utilizar, o de las técnicas disponibles.

En segundo lugar, y debido a que la conceptualización del dominio puede ser un proceso altamente interactivo, el IC puede caer en un bucle sin salida. Es crítico saber como representar la información que es recuperada y como realizar una realimentación sobre esa información para permitir el refinamiento. Igualmente crítico es saber cuando se ha conceptualizado suficiente información para transformarla en esquemas de representación que permitan testear la organización.

El tercer error común es que el ingeniero del conocimiento intente analizar el problema correctamente y completamente antes de implementar algún tipo de sistema de valoración. Es absolutamente necesario que el IC que trabaje en las actividades de conceptualización, desarrolle algún mecanismo para representar el desarrollo de los esquemas de organización, y comparta esta información con los expertos para utilizarla en unos escenarios de problemas simplificados. Esto permitiría muestrear la eficacia de la organización conceptual antes de continuar con la adquisición del conocimiento y la representación del mismo.

En definitiva, las principales dificultades con que se encuentran los ingenieros del conocimiento son debidas a la falta de familiarización con:

- los criterios de selección de la técnica de adquisición adecuada,
- las técnicas de extracción del conocimiento conceptual, y

- los métodos para analizar y describir el conocimiento conceptual para el refinamiento y su posterior representación

La especificación de un modelo conceptual se realiza en base a un conjunto de cualidades que debe poseer dicho modelo. La presencia de dichas cualidades en el modelo final se deberá en parte a la utilización de la técnica o técnicas que mejor se ajustan a la propiedades de la cualidad con la que están asociadas. O dicho de otro modo, cada cualidad estará vinculada a un conjunto de técnicas de extracción del conocimiento conceptual que facilitarán la manifestación de dicha característica. A su vez, cada técnica de extracción tendrá asociada alguna/s de las herramientas conceptuales que nos permitirán formalizar y estructurar dicho conocimiento, de forma que sea aprovechable por las distintas partes del sistema.

Las cualidades hacen referencia a las características que debe poseer el modelo. Las técnicas nos indican como podemos extraer dichas cualidades. Y las herramientas nos facilitan la forma de especificar formalmente dicho conocimiento.

Las siguientes tablas muestran las relaciones que existen entre las distintas cualidades, técnicas, y herramientas. Los siguientes apartados desarrollarán este esquema.

<b>CUALIDADES</b>	<b>TÉCNICAS</b>
Identificados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de Conceptos</li> <li>• Repertory Grids</li> <li>• Ordenación de Conceptos</li> </ul>
Contrastados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparación y Contraste</li> <li>• Repertory Grids</li> <li>• Ordenación de Conceptos</li> </ul>
Predictivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predicciones</li> <li>• Generalización de Situaciones</li> </ul>

Tabla 2

<b>TÉCNICAS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>
Definición de Conceptos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diccionario de Conceptos</li> <li>• Estructuras Conceptuales</li> </ul>
Repertory Grids	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuras Conceptuales</li> <li>• Mapas Cognitivos</li> </ul>
Comparación y Contraste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diccionario de Conceptos</li> <li>• Estructuras Conceptuales</li> </ul>
Ordenación de Conceptos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuras Conceptuales</li> <li>• Mapas Cognitivos</li> </ul>

TÉCNICAS	HERRAMIENTAS
Predicciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diccionario de Conceptos</li> <li>• Estructuras Conceptuales</li> <li>• Mapas Cognitivos</li> </ul>
Generalización de Situaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diccionario de Conceptos</li> <li>• Estructuras Conceptuales</li> <li>• Mapas Cognitivos</li> </ul>

Tabla 3

### 1.3 Cualidades de un Modelo Conceptual

Se pueden establecer los objetivos de la conceptualización en base a las características o cualidades que deben estar presente en el modelo que se derive. Estas cualidades se podrán observar en el modelo a medida que avance el proceso de conceptualización y se hayan empleado eficientemente las técnicas y las herramientas relacionadas con cada una de las características. Las principales que se pueden identificar son las siguientes:

- Identificados
- Contrastados
- Predictivos.

#### 1.3.1 Identificados

Todos y cada uno de los conceptos que conforman una base de conocimiento deben estar clara y unívocamente definidos. Cada concepto debe identificarse mediante un conjunto de atributos que los diferencian dentro del dominio. Asimismo, deben identificarse las relaciones que existen entre los conceptos y sus atributos, y entre los propios conceptos del modelo.

La definición de conceptos y la identificación de sus relaciones se producirá durante todas las fases del ciclo de vida del SE, ya que todo el conocimiento debe identificarse y definirse desde el primer momento en el que nombra, y por la propia naturaleza del prototipado estarán apareciendo nuevos conceptos continuamente.

Los ingenieros del conocimiento pueden extraer los conceptos más importantes a partir de textos, material de entrenamiento, expertos, o una combinación de todo ello. Un buen punto de comienzo son los textos y el material de entrenamiento, porque representan el intento del

autor de presentar información crítica de una manera lógica. En la mayoría de los casos, esta representación viene acompañada de una descomposición del dominio en sus subconjuntos funcionales y/o conceptos.

Posteriormente, se incluirán algunas entrevistas con el E, de forma que la organización conceptual pueda ser abstraída gráficamente, refinada, y verificada.

Las técnicas asociadas con esta cualidad son la definición de conceptos, la ordenación de conceptos, y los repertory grids.

### 1.3.2 Contrastados

Si la cualidad anterior exigía una definición exacta de los conceptos estableciendo las relaciones que existen con los demás conceptos del dominio, y estableciendo los grupos conceptuales que fueran necesarios, la presente cualidad exige que se consideren y que se pongan de manifiesto los atributos que permiten *distinguirlos* entre sí. Es decir, que las características más importantes que poseen los conceptos estén perfectamente identificadas de forma que se facilite la identificación unívoca dentro de la base de conceptos. .

La base de esta identificación es la comparación y el contraste de los atributos que componen a los conceptos. La comparación y el contraste de características requiere un conocimiento previo de los elementos que se quieren comparar. Aún así, es otra de las cualidades que debe identificarse lo antes posible en el desarrollo del sistema, por lo que requerirá de un trabajo adicional por parte del IC que es el que debe seleccionar los conceptos a contrastar. Es por todo ello que las técnicas que se usen para este fin se utilicen con un alto grado de estructuración.

Las técnicas asociadas con esta cualidad son la comparación y contraste de conceptos, la ordenación de conceptos, y los repertory grids.

### 1.3.3 Predictivos

Siempre se espera que una base de conocimiento sea capaz de reaccionar ante un evento imprevisto que en principio no esperaba contemplar. Tal evento podría ser un concepto que no está incluido en el modelo del sistema, y que por lo tanto es desconocido para la base de conocimiento. Sin embargo, si se conocieran ciertas características de dicho concepto el

sistema podría 'predecir' un comportamiento similar a alguno de los conceptos ya existentes en la base conceptual.

Usualmente los Expertos se apoyan en la 'generalización' de los atributos y definiciones de conceptos similares en cierta medida, dando lugar a jerarquías conceptuales las cuales reflejan la visión (subjetiva) del E en relación con la tarea dentro del Dominio.

Para alcanzar un modelo conceptual con la capacidad predictiva hay que motivar al E para que utilice analogías cuando describe las situaciones, haciendo un especial énfasis en la información que utiliza para construirlas. Esta información es la que posteriormente facilitará la reacción ante un evento inesperado.

Para reforzar la presencia de esta cualidad en el modelo se utilizan las técnicas de generalización y de predicción de situaciones.

## **1.4 Técnicas de Adquisición Orientadas a la Conceptualización del Dominio**

Vistas las cualidades que debe poseer cualquier modelo conceptual se comentarán las técnicas de entrevistas que deben utilizarse para facilitar la extracción y la posterior formalización de la información resultante.

En la definición de las siguientes técnicas se incluyen algunos consejos relacionados con la planificación y celebración de los encuentros con el E, siempre siguiendo el esquema establecido en el capítulo anterior. El grado de estructuración de las entrevistas no sólo vendrá determinado por la técnica a utilizar, sino por los objetivos locales que se hayan establecido, la profundidad de la información que se pretenda extraer, y por las características del propio E.

Los resultados obtenidos de las entrevistas tendrán que ser posteriormente organizados mediante distintas herramientas de formalización del conocimiento conceptual. La utilización de una herramienta u otra vendrá dependerá de la técnica que se utilice para extraer el conocimiento

### 1.4.1 Generaciones de definiciones de conceptos

Pedir que un E genere la definición de un concepto es una de las maneras más informales de identificación de conceptos. Con esta técnica, los ingenieros del conocimiento incitan al E a que genere una categorización y una clasificación inicial de los elementos del dominio. Por lo tanto, la definición de conceptos ayuda al IC a abstraer los conceptos del dominio, y a identificar las relaciones más importantes entre sus elementos más significativos.

Se pueden dar pocos consejos sobre su utilización debido a su informalidad. Algunos podrían ser:

- El IC debe haber identificado la terminología antes de la sesión, describiendo gráficamente los conceptos de alto nivel.
- Después envía esta información preliminar, junto con el documento de adquisición del conocimiento, al E antes de la sesión.
- Al comienzo de la sesión de adquisición, describe el propósito y el uso de las definiciones de conceptos.
- Durante la sesión, ambos trabajan para extraer las reacciones del E frente a la información compilada por el ingeniero o para extraer la propia abstracción del E de dichos conceptos.
- A la finalización de la sesión, el IC resume qué se ha conseguido y muestra un gráfico al E para que lo clarifique y lo refine (si fuera necesario).

**Tareas durante la sesión.** Durante la sesión de adquisición del conocimiento, el IC encontrará útil utilizar un formato de entrevista estructurada. Este formato ayudará a dirigir la sesión, evitando largas discusiones que no son útiles en esta fase. Algunos ejemplos de cuestiones que pueden realizar los ingenieros del conocimiento para extraer algunas definiciones de conceptos serían:

"nombre los elementos que ayudan a definir..."

"ahora que ha nombrado los tipos más importantes de ..., por favor, agrupe los que de alguna forma podrían ir juntos."

"Usted ha agrupado estos elementos. Por favor, identifique las relaciones entre ellos."

"Por favor, proporcione una etiqueta para cada uno de los grupos."

La reacción del experto a esta técnica consiste en:

- agrupar términos
- etiquetar elementos

- etiquetar un nuevo grupo
- proporcionar un agrupamiento alternativo
- identificar factores comunes entre elementos
- identificar complejidades en las agrupaciones

Los ingenieros del conocimiento pueden modificar esta técnica para que el E categorice y clasifique determinados elementos dentro del dominio. En este caso, las preguntas a realizar implican etiquetar grupos de conceptos, como por ejemplo:

"¿Por qué agrupa los elementos de esta manera?"

"¿Qué ideas o elementos adicionales se pueden incluir en la agrupación inicial?"

"¿Qué elementos no parecen los apropiados para la etiqueta o para el grupo?"

Esta es una de las técnicas más importantes y más utilizadas durante todas las fases de la conceptualización.

Las herramientas conceptuales que mejor se prestan a organización del conocimiento extraído por esta técnica son los diccionarios de conceptos, y las estructuras conceptuales.

### 1.4.2 Comparación y contraste

Una vez que el IC y/o el E han identificado los elementos básicos del dominio, se puede pedir al E que compare y contraste determinadas entidades. Esta técnica puede ser útil cuando el ingeniero del conocimiento necesita aislar determinadas características o conceptos importantes. Dichas características, aquellos atributos que discriminan conceptos, pueden no ser obvias. Aislarlas es uno de los pasos importantes en la formación de descripciones precisas de elementos.

El IC ha de pasar por los siguientes pasos para trabajar con esta técnica:

- Primero, se seleccionan aquellos conceptos, funciones, u otros elementos que previamente hayan demostrado ser importantes en el dominio, resumiendo esta información textual o gráficamente, y enviándola al E para que se pueda preparar para la sesión, indicando el objetivo de la misma.
- Una vez que comienza la entrevista, se solicita del E una descripción de alto nivel de los términos bajo discusión. Esta descripción incluiría los atributos principales, usos, y características distintivas que serán la base de una actividad posterior de comparación y contraste.

- Ahora el E compara o contrasta los elementos más esenciales e importantes. Durante esta actividad debe centrarse en la diferenciación de los componentes que se han enumerado previamente para cada elemento.
- El IC debe utilizar técnicas de cuestionarios para mantener al E orientado y refinar las diferencias entre los elementos más importantes. Las discusiones deberán ir acompañadas de listas, diagramas, etc.
- Al final de la sesión, resumirá los puntos más importantes, mostrará diagramas o listas que representen las comparaciones completadas durante la sesión, y solicitará posibles clarificaciones y refinamientos.

**Utilizando comparaciones y contrastes.** Supongamos por ejemplo, que el IC ha completado las actividades pre-sesión, solicitando que el E traiga a la sesión un agrupamiento de los componentes más importantes de cada elemento, idea, o suceso. Los componentes que el experto identifique se muestran en una pizarra o sobre papel de forma que ambos (E e IC) puedan verlo fácilmente. Después el IC pide al E que compare o contraste los principales elementos que se han extraído del dominio. Le solicitará que especifique razones explícitas para las diferencias o similitudes que ha especificado. El IC podría utilizar preguntas tales como:

- ¿En qué se diferencia el ITEM-A del ITEM-B?
- ¿De qué manera son similares ITEM-A, ITEM-B, e ITEM-C?
- ¿Existe alguna relación en la manera en que se utilizan el ITEM-A y el ITEM-B?
- Describa posibles áreas de solapamiento entre el ITEM-A y el ITEM-B
- ¿Cuando serán los conceptos del GRUPO-1 más importantes? ¿y los del GRUPO-2?

La utilización de esta técnica requiere un conocimiento previo de los elementos a comparar y que se haya detectado alguna dificultad a la hora de distinguirlos entre sí. Su uso se suele restringir a sesiones avanzadas en las que se revisará o ampliará la información adquirida en otras sesiones o por otras fuentes.

Las herramientas de formalización son las mismas que para la técnica anterior: diccionarios de conceptos, y estructuras conceptuales.

### 1.4.3 Ordenación de conceptos

La ordenación de conceptos es una técnica psicológica que es útil con el conocimiento organizacional. La extracción de los conceptos y la construcción puede realizarse manualmente, o al menos parcialmente. El objetivo consiste en construir un árbol de

conceptos relacionados con distintos niveles de abstracción. Esta construcción jerárquica ayuda al ingeniero del conocimiento a comprender la organización personal del E y a abstraerla en un subsistema que represente el problema en estudio.

Para aplicar esta técnica manualmente, el IC debe seguir los siguientes pasos:

- Primero, el IC consulta un libro de texto, un manual, o un E para identificar los conceptos de alto nivel más importantes representados en el dominio.
- Al comienzo de la entrevista, el IC trabaja con el E para escribir cada concepto en una tarjeta independiente.
- Después se solicita del E una ordenación de las tarjetas, agrupándolas según su afinidad.
- Mientras el E va ordenando las tarjetas, el IC utiliza técnicas de cuestionarios para determinar por qué las está agrupando de esa forma. (Hacer notar que este paso debe combinarse con algunas de las técnicas mencionadas anteriormente como la definición de conceptos)
- El IC resume periódicamente como se han agrupado los términos, estimulando la discusión y las actividades de refinamiento.

En pocas ocasiones el E estará satisfecho con la primera estructura o jerarquía que resulte de este proceso. Normalmente, el E mezclará o combinará 'conceptos'. Una vez terminado, la estructura resultante proporcionará al ingeniero del conocimiento una manera de estimular posteriores discusiones de las interrelaciones de los conceptos, atributos individuales y valores, y otros análisis.

Esta técnica es de fácil realización y además es aplicable durante todo el proceso de Adquisición del Conocimiento.

La forma más usual de formalizar la información resultante consiste en utilizar algún mapa conceptual u otra estructura conceptual.

#### 1.4.4 Tablas de conceptos (Repertory Grids)<sup>1</sup>

Esta técnica es utilizada para extraer y analizar un modelo del mundo del experto en el dominio. En su origen fue una técnica psicológica, y se basaba en que cada persona funciona

---

<sup>1</sup> Debido a su importancia y complejidad, el análisis en profundidad de la técnica se presenta en el Apéndice A.

como un 'científico' que organiza y clasifica su mundo. Apoyándose en estas clasificaciones, el individuo es capaz de construir teorías sobre el funcionamiento de su dominio particular. De esta manera, se puede predecir y actuar en el dominio basándose en estas teorías personales. Una vez que se han identificado las clasificaciones y se han aislado las construcciones, se desarrolla una tabla para representar la comprensión por parte del experto de una entidad determinada (ej.: un problema, un concepto)

Esta técnica también se puede utilizar para representar la organización de conceptos básicos por parte del experto en un dominio específico. Para desarrollar una tabla, el IC extrae primero un conjunto de construcciones (ej.: características bipolares, como estable/inestable). Después debe estimular al E para que proporcione un conjunto de ejemplos, llamados elementos, cada uno de los cuales será tasado de acuerdo a las construcciones que se proporcionaron previamente (ej.: varios elementos químicos pueden ser ejemplos de elementos que se pueden clasificar de acuerdo a la construcción estable/inestable o transparente/opaco). Una vez que se han identificado las construcciones y los elementos, el IC pide al E que tase cada elemento de acuerdo a las construcciones que se le han proporcionado, como por ejemplo:



Figura 1

Después de que cada elemento se ha valorado de acuerdo a cada construcción, se pueden analizar los resultados utilizando distintas técnicas, incluyendo el análisis de factores y análisis de grupos. Cualquiera que sea la técnica utilizada, el propósito del análisis es el de medir similitudes y distancias entre objetos y representarlos gráficamente en una tabla.

Finalmente, la tabla de conceptos se convierte en un sistema de referencias cruzadas entre las construcciones críticas y los elementos del dominio y puede utilizarse para encontrar patrones o relaciones durante las primeras sesiones de adquisición del conocimiento. Una vez desarrollado, el IC puede utilizar estas tablas para comprender mejor el dominio.

Es esta una técnica fácil de realizar, aunque requiere un proceso de análisis laborioso. Sin duda es de las técnicas más importantes y más utilizadas en todos los proyectos comerciales.

La información extraída con esta técnica se formaliza en las estructuras conceptuales y en los mapas cognitivos.

### 1.4.5 Generalizaciones de Situaciones

A medida que el IC identifica y estructura los conceptos que caracterizan un determinado dominio, suelen hacer uso de una tendencia a formar generalizaciones. Estas pueden evocarse tanto en las sesiones de adquisición del conocimiento estructuradas como en las no estructuradas. El principal requisito que necesita tener el IC es el de poseer un conocimiento correcto de la terminología del dominio.

La siguiente secuencia muestra una forma de utilizar esta técnica:

- Antes de la sesión de adquisición del conocimiento, el E recibe un documento de adquisición del conocimiento resumiendo los objetivos de la sesión y pidiéndole que seleccione un evento típico o conjunto de datos que ayudarán al IC a generalizar conceptos críticos.
- Durante la sesión de adquisición del conocimiento, el E describe los eventos o conjuntos de datos pre-identificados.
- Se pide que infiera razonamientos para los eventos, los cuales son anotados por el IC.
- Después, el IC solicita que el E utilice analogías para describir eventos similares.
- Comparando los eventos y los conceptos descritos en cada conjunto de datos, el IC solicita al E que desarrolle y establezca una generalización que conecte puntos separados de esta discusión en una sentencia o heurística.
- Al final de la sesión, el IC resume las tareas completadas y presenta las conclusiones y heurística para su clarificación y refinamiento.

Los resultados obtenidos mediante esta técnica son formalizables utilizando diccionarios de conceptos, estructuras conceptuales y/o mapas cognitivos.

### 1.4.6 Utilizando la predicción

Investigaciones recientes indican que la gente a menudo utiliza metáforas y analogías para resolver problemas. Esto es así porque las analogías y las metáforas se pueden utilizar para derivar inferencias y hacer predicciones. Los ingenieros del conocimiento pueden solicitar el uso de la predicción del E para aislar los conceptos, hechos, atributos, y parámetros que se utilizan para resolver un problema en el dominio. Una guía para utilizar esta técnica es la siguiente:

- Antes de usar esta técnica, el IC desarrolla una situación o un escenario que contenga la información que servirá como disparador del conocimiento objetivo. El escenario será pequeño, fácil de explicar, y requerirá de la utilización de los conceptos o elementos agrupados bajo examen.
- Asimismo, informará al E de la técnica, objetivos, y escenario que se utilizará durante la sesión. Se dice al E que el que sus predicciones sean o no correctas no es lo más importante del proceso. El énfasis se hará en la información que el E utilizará para formar sus predicciones.
- Durante la sesión, se expone la situación pre-identificada al E y se le pide que prediga las consecuencias probables de la situación.
- Después, el IC solicita al E hechos o generalizaciones que apoyen su predicción.
- Se pide al E que proporcione una situación alternativa, completada con las salidas esperadas y consecuencias posibles de dicha predicción. La información es registrada para su discusión.
- El IC utiliza técnicas de cuestionario para guiar la discusión entre similitudes y diferencias entre las salidas o consecuencias esperadas. El objetivo de la discusión es el de aislar las consecuencias críticas, características distintivas, o factores importantes que se utilizan para discriminar conceptos o determinar consecuencias.
- Al finalizar la sesión, el IC presenta las conclusiones al E para su clarificación y refinamiento.

La información utilizada en esta técnica puede ser la misma que la utilizada en las generalizaciones. Para formalizar los resultados obtenidos se pueden usar los diccionarios de conceptos, las estructuras conceptuales y/o los mapas cognitivos.

## 1.5 Herramientas para Organizar y Analizar la Conceptualización del Dominio

Esta sección se centra en las técnicas que se pueden utilizar para analizar y evaluar la estructura conceptual de la información. No se debe tratar de extraer definiciones exhaustivas en los encuentros con el experto. Además el E podría considerar una pérdida de tiempo el definir conceptos que no son importantes o ambiguos, y cuya definición se podría encontrar con mayor precisión en la literatura de apoyo. Después de cada encuentro, el IC deberá complementar y refinar la información extraída de la sesión con el material auxiliar del que disponga como libros de texto, diccionarios temáticos, etc...



Los conceptos son representaciones abstractas que definen objetos, elementos, o eventos de acuerdo a atributos y valores. Es extremadamente difícil hablar de ellos, aunque mucho menos que representarlos en una base de conocimiento. Pocos de nosotros somos conscientes de las técnicas que utilizamos para organizar la información de la que somos 'expertos'.

De igual manera, si se solicita al E que exprese oralmente su conocimiento, debe transmitir los conceptos (con sus atributos y valores) y las relaciones entre ellos. Mucha de esta información es transmitida verbalmente y está sujeta a los problemas inherentes de la comunicación (ej: significados diferentes de la misma palabra, diferencias en la experiencia del que emite y del que recibe, etc.). Por lo tanto, el ingeniero del conocimiento necesita un mecanismo con el que abstraer y representar los conceptos del dominio. Tal mecanismo permitiría la interacción con el E para una realimentación y un refinamiento de la información antes de su traducción en reglas. La tabla 4 muestra una comparación de las técnicas que un IC podría utilizar para analizar o definir conceptos:

<b>TÉCNICA</b>	<b>UTILIDAD</b>
Diccionario de conceptos	· Muestra las interrelaciones de conceptos y términos clave en el dominio
Estructuras Conceptuales	· Formato estándar para el análisis del material del dominio
Mapas Cognitivos	· Proporciona una representación gráfica de los conceptos y las relaciones en el dominio.

Tabla 4

### 1.5.1 Diccionarios de conceptos

El vocabulario utilizado en el dominio representa los conceptos más importantes dentro del dominio. El desarrollo del diccionario del conocimiento incluye la definición de los términos y acrónimos más importantes que el IC necesitará utilizar y comprender.

La definición se compone tanto de descripciones textuales de los conceptos, atributos, valores que pueden tomar esos atributos, etc..., como gráficas o cualquier otro convenio que refleje las relaciones entre los componentes del diccionario. El documento debe reflejar los agrupamientos resultantes destacando los criterios que han dado lugar a las distintas familias

de conceptos.

Los convenios de representación y los criterios de organización de la información deben establecerse de forma que facilite la revisión y validación por parte del Experto. Es decir, debe utilizarse un formato y una sintaxis que sea comprensible para el Experto, pues este no podría validar nada que no sea capaz de entender.

Un diccionario de conceptos reflejará la información en tres niveles de detalle:

- Desarrollo textual de las definiciones de los conceptos o términos más importantes del dominio. El documento será tan extenso como sea necesario. Además se deben incluir cualquier tipo de gráficas, planos, etc.. que ayude a la comprensión de las definiciones e interrelaciones. En el Apéndice B.1 se incluyen algunas definiciones ejemplo.
- Representación esquemática de los conceptos. Usualmente se utilizará una representación jerárquica de los mismos, en la que se reflejen las relaciones de pertenencia (parte-de, o es-un). También se incluirán las propiedades o atributos de cada uno de los conceptos, especificando los distintos valores que podrían tomar cada uno de ellos. Algunos ejemplos se incluyen en el Apéndice B.2.
- Glosario de términos en el que se incluye una definición breve (entre 1 y 4 líneas) y ordenada alfabéticamente de aquellos términos secundarios que se nombran en alguno de los apartados anteriores y que son necesarios para obtener una correcta comprensión del vocabulario del dominio. El Apéndice B.3 contiene un extracto de un posible glosario de términos.

### 1.5.2 Estructuras Conceptuales

Se utilizan para identificar los elementos que utiliza un individuo cuando resuelve alguno de los problemas del dominio. Estas estructuras estandarizadas permiten clasificar información crítica que revelará cómo un individuo alcanza las conclusiones. La información que se represente debe estar ordenada u organizada siguiendo algún criterio, como tablas, taxonomías, etc... Una opción podría ser definir las siguientes categorías:

- Objeto, concepto
- Frecuencia de mención
- Duración de la discusión
- Intensidad de la discusión

La figura 2 muestra una estructura ejemplo a utilizar en una sesión de adquisición del conocimiento:

Objeto/elemento	Frecuencia	Valores de atributos	Importancia
Edad del cliente	7 en 5 minutos más de 30	Menos de 30	9 (escala 1-10)
Amortizado a invertir	5 en 5 minutos	Menos de 5K	7 (escala 1-10)

Figura 2

A diferencia de los diccionarios de conceptos donde la información se organizaba mediante relaciones de pertenencia, las estructuras conceptuales realizan agrupamientos de la información atendiendo a otros criterios tales como:

- Relación *signo o síntoma de avería*-> *hipótesis*
- Ordenación de los anticonceptivos en función de un criterio de *comodidad*
- Distribución de tipos de microciclos y mesociclos en la planificación de una temporada para un equipo de voleibol atendiendo al criterio de *cuando* utilizarlo

Ejemplos de estos agrupamientos se incluyen en el Apéndice B.4

### 1.5.3 Mapas Cognitivos

Extraer una representación del 'modelo mental' del E proporciona una estructura de referencia para posteriores entrevistas o análisis y también puede proporcionar algunas ideas para el diseño de la base de conocimiento.

Los mapas cognitivos son herramientas que representan las ideas de un experto en lo que se refiere a los conceptos primarios e interrelaciones dentro del dominio. Estos mapas pueden construirse manualmente, mediante una ordenación de cartas sobre una pizarra, o dibujando en un ordenador con un programa de diseño. Las ventajas de utilizar mapas cognitivos es que permiten al ingeniero del conocimiento:

- que se familiarice con los conceptos y las relaciones más importantes.
- que reduzca la cantidad de tiempo que emplea analizando documentación del dominio.

La principal desventaja es que se basan en la percepción del E y, por lo tanto, están sujetas a imprecisiones (provocadas por la percepción inicial o por la traslación a la descripción gráfica).

Los mapas cognitivos proporcionan una herramienta que se puede utilizar como una estructura durante las sesiones de adquisición del conocimiento. Estas se pueden construir durante o después de las entrevistas iniciales con el E.

El Apéndice B.5 contiene algunos mapas cognitivos que pueden ser orientativos.

## 2 Análisis

---

En el desarrollo de sistemas convencionales, los ingenieros del software utilizan el análisis para ayudar a definir el problema que se va a resolver, identificar el conjunto de soluciones y las posibles restricciones del sistema. En el desarrollo de sistemas expertos, el problema puede ser más difícil de definir y el conjunto de soluciones no es fácilmente identificable.

Como uno de los elementos básicos del proceso de adquisición del conocimiento, el análisis sirve al menos para las siguientes tareas

- 1· Fijar los límites del dominio que se va a estudiar.
- 2· Dentro del ciclo actual de construcción del Sistema Experto, centrar el desarrollo en función de los objetivos establecidos para la iteración actual.
- 3· Introducir al IC en el dominio, incluyendo sus principales conceptos y vocabulario.
- 4· Definir una estructura inicial a la base de conocimiento.
- 5· Planificar las sesiones de Adquisición del Conocimiento de la siguiente fase.

Analizar el conocimiento es analizar la forma en la que los expertos categorizan una 'porción' de su conocimiento. Implica la descomposición del trabajo, tarea, o episodio en sus partes o aspectos. El análisis está relacionado con los aspectos cognitivos que se utilizan para descubrir los principales factores necesarios para poder construir una base que permita la comprensión de los mismos y las relaciones que existen entre ellos. Como cualquier sistema, estará compuesto de un conjunto 'organizado, interactivo, interdependiente, e integrado' de componentes o variables. Además, un sistema se compone de múltiples componentes (trabajos, metas, partes del sistema) que interactúan para alcanzar los objetivos del sistema. Algunos de estos componentes pueden ser los siguientes:

- Los componentes del sistema están interrelacionados y son interdependientes. Entre los objetivos del pre-diseño se incluye la determinación de las relaciones entre dichos componentes.
- El sistema debe diseñarse dentro de la estructura global del proyecto. De esta forma puede descomponerse en subsistemas para el desarrollo, aunque no debe ignorarse la composición global.
- Los sistemas persiguen la consecución de metas, interactuando para alcanzar un estado

- o una meta final. Normalmente existen diferentes formas de alcanzar un objetivo.
- Los sistemas tienen entradas, salidas, y procesamiento.
- Normalmente se componen de subsistemas menores.

## 2.1 El Ingeniero del Conocimiento como Analista de Sistemas

El objetivo del análisis de los sistemas expertos es el de comprender las funciones, las entradas, las salidas, y el procesamiento de la manera que tiene el E de realizar su trabajo. El análisis del sistema consiste de una serie de pasos:

- 1· Definir el problema
- 2· Comprender el sistema, su definición (ej. componentes, interrelaciones, límites), y sus requisitos funcionales.
- 3· Identificar alternativas para la modificación o implementación del sistema y seleccionar los objetivos del diseño.
- 4· Implementar la alternativa seleccionada.
- 5· Evaluar los resultados de la implementación en contraste con la definición y los requisitos del problema.

El analista de sistemas responsable de realizar dichas tareas, es también el encargado de interactuar con los usuarios para, mediante un proceso iterativo de refinamiento,

- Identificar las metas, requisitos, y estructura del nuevo sistema.
- Planificar el diseño.
- Examinar las decisiones y el flujo de control para deducir la estructura del sistema y facilitar la consecución de las metas.

Evidentemente, el IC comparte muchas de las responsabilidades con el analista de sistemas de software convencional. La siguiente tabla refleja dichas similitudes:

INGENIERO DEL CONOCIMIENTO	ANALISTA DE SISTEMAS
Determina los requerimientos del cliente	Formula los requisitos del cliente / sistema
Identifica los objetivos funcionales para la definición del sistema	Analiza el problema y los criterios, especificaciones, y objetivos
Determina los requisitos para la funcionalidad del sistema	
Analiza las metas para determinar las necesidades de adquisición del conocimiento	
Compila el conocimiento fundamental del dominio	Busca la mejor solución del sistema
Determina la estructura adecuada para el dominio	
Determina la estructura de la base de conocimiento	Se decide por un modelo de diseño del sistema
Determina la solución del E	Especifica el sistema
Aísla datos específicos	
Implementa un prototipo	Implementa el diseño y comprueba la fidelidad del sistema
Evalúa la eficiencia de los resultados	
Determina si se han alcanzado los objetivos	

Tabla 5

La consecución con eficiencia de las tareas de análisis puede facilitar un desarrollo organizado y estructurado del sistema experto. Cuando nos referimos a la adquisición del conocimiento, esta organización incrementa la eficiencia del proceso. Y cuando se aplica a la base de conocimiento disminuye la subjetividad y mejora las capacidades de mantenimiento de la misma.

Durante las sesiones de Adquisición del Conocimiento, el IC interactuará con el E para extraer el modelo funcional del sistema. Las técnicas a utilizar durante los encuentros son las mismas que las ya vistas en capítulos anteriores. La base principal la constituirán las entrevistas estructuradas, con cuestionarios específicos orientados a que el E desgrane las principales funciones por las que pasa su razonamiento. En algunas ocasiones la técnica más adecuada será la traza de procesos, porque facilita la identificación de las principales tareas a la vez que el E resuelve un problema específico. La dificultad radica en la elección de un ejemplo suficientemente representativo, y la abstracción a partir del mismo de las otras funciones que posee el dominio pero que no intervienen en la resolución del caso de estudio.

## 2.2 Procedimientos de Análisis para el Desarrollo de la Base de Conocimiento

La utilización con éxito de los análisis desarrollados por los Ingenieros del Conocimiento para un dominio específico depende de los procedimientos utilizados en el proceso de desarrollo. Desde el punto de vista funcional, el análisis se organiza jerárquicamente en dos capas:

- Una primera capa se compone de un conjunto de niveles cuyo objetivo es el de describir los requisitos funcionales que se pretenden incluir en el sistema, mediante la especificación y descomposición de las principales funciones que lo compondrán.
- Un segundo estrato en el que se detallan los procedimientos o funciones primitivas del último nivel de la capa anterior mediante una especificación lógica de procesos. Dicha especificación se realizará a un nivel más detallado que en la capa anterior, de forma que se facilite la posterior adquisición e implementación del conocimiento implicado.

Las siguientes secciones profundizarán en estos dos aspectos del análisis.

### 2.2.1 Especificación de la Funcionalidad del Sistema

El primer paso en el proceso de diseño del desarrollo de sistemas de información basados en el conocimiento es el de generar una estructura inicial del sistema. El propósito de esta estructura es la de reflejar la funcionalidad primaria que el usuario desea del sistema mediante la especificación tanto textual como gráfica de los principales módulos que lo componen. Pero antes de analizar un dominio o esbozar los requisitos funcionales que debe cumplir según las especificaciones del cliente, los ingenieros del conocimiento deben completar las siguientes tareas.

- Identificar los usos específicos del análisis resultante.
- Fijar las metas finales en relación con los usos específicos, y
- Descomponer el problema actual.
- Esbozar un plan para alcanzar dichas metas.

El nivel de detalle de dos análisis de tareas puede variar en gran medida, dependiendo de uso final que se pretenda dar al mismo. Un análisis cuyo propósito sea el de ayudar un IC a estructurar y relacionar los distintos componentes del dominio estará probablemente menos detallado que uno que esté destinado a servir como modelo para el desarrollo de un subsistema X determinado.

El IC utiliza el análisis conceptual para ayudarse a delimitar el dominio e identificar sus componentes discretos y las relaciones superficiales entre ellos. Como se ha venido comentando en capítulos anteriores, la conceptualización se debe realizar en paralelo con el análisis, generando una realimentación que será la que permita establecer los objetivos a alcanzar en la fase actual; siempre teniendo en cuenta los objetivos establecidos para la iteración en la que se encuentra el desarrollo del Sistema Experto.

Descomponer implica tanto definir los requisitos del cliente como la conceptualización del dominio para identificar el conocimiento que debe extraerse. Utilizando la información recogida durante las sesiones de conceptualización, el IC debe hacer un bosquejo, gráfico y narrativo, del Dominio o subconjunto bajo consideración (principales componentes y relaciones). Una vez desarrollado, el IC debe revisar los gráficos con el experto en el dominio para clarificar o extender la estructura del dominio. Esto permitirá al IC centrarse en áreas específicas o subconjuntos dentro del dominio, revisar información relacionada, y planificar sesiones de adquisición futuras.

Existen diversas técnicas que pueden utilizarse para estructurar los requisitos del sistema y definir la funcionalidad que se requiere del mismo. Las técnicas que se adaptan mejor a estos objetivos son el Diagrama de Flujo de Datos, y los análisis de la Secuencia Operacional. El IC debe seleccionar la mejor técnica en función de las características del proyecto, el tipo de conocimiento detectado, etc...

### 2.2.1.1 Diagramas de flujo de datos

Son diagramas de flujo de datos idénticos a los que se utilizan en ingeniería del software. Normalmente, es una estructura de las funciones primarias del sistema. Consisten de símbolos de flujo estándares que muestran el flujo de la información desde la entrada a la función que se está modelizando y las salidas resultantes de las mismas. El énfasis en esta fase está en (1) trasladar las peticiones del cliente a un diagrama funcional inicial, e (2) identificar las relaciones básicas entre las funciones. La información específica que se obtiene con esta técnica incluye:

- Principales partes del sistema (ej. hidráulico, eléctrico, combustible..)
- Responsabilidades o funciones del sistema
- Subfunciones que contribuyen a la funcionalidad del sistema
- Principales entradas a cada sistema
- Principales salidas de cada sistema
- Interacciones del usuario con cada sistema

El sistema se identifica inicialmente mediante un diagrama de contexto similar al de la figura 3, el cual será descompuesto en un Diagrama de Flujo de Datos de alto nivel.

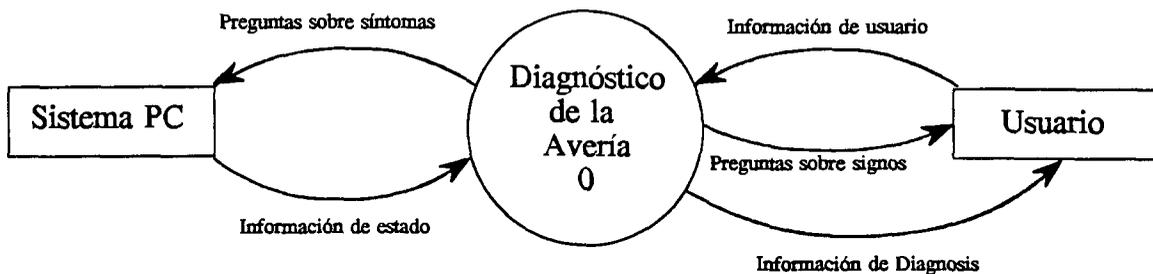


Figura 3

Cada uno de los procesos que compongan el diagrama de mayor nivel serán a su vez desarrollados utilizando el mismo modelo de análisis. El proceso se volverá a repetir para aquellos procesos 'hijos' que pudieran expandirse. El que se expanda un proceso no significa que los procesos que intervienen junto con él en un diagrama deban expandirse también. Sólo se expandirán aquellos procesos cuya complejidad y características así lo recomiende. La figura 4 muestra un ejemplo de un DFD típico de alto nivel.

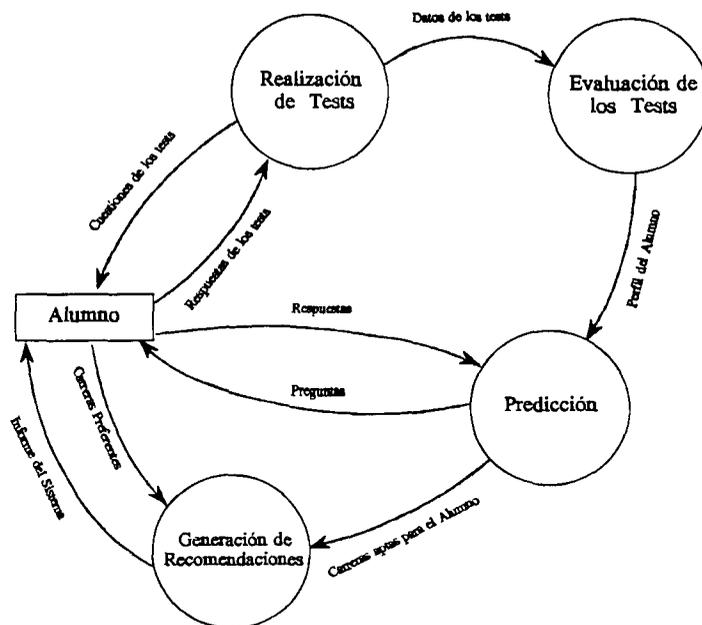


Figura 4

### 2.2.1.2 Análisis de la secuencia operacional

Esta técnica se ha utilizado tradicionalmente para investigar y representar un nivel de la funcionalidad del sistema más específico de lo que es capaz la técnica anterior. Utilizada en conjunción con un escenario ejemplo, permite analizar en detalle las interrelaciones entre las acciones y las tareas de procesamiento. El escenario a utilizar puede ser tan simple como una narración de una cadena típica de eventos que es probable que suceda a medida que el usuario final interactúa con el sistema experto en el entorno operacional.

Su utilización debe restringirse a las situaciones en las que la técnica anterior no fuese efectiva. Aún así, normalmente se desarrolla un diagrama de alto nivel utilizando la técnica anterior para pasar después a extender dicho diagrama utilizando esta técnica.

Esta técnica puede ser particularmente efectiva para prever cuáles van a ser las necesidades de la adquisición del conocimiento. La figura 5 muestra un diagrama en el que se especifican las principales tareas, pistas, alternativas, y decisiones dentro del escenario elegido a grandes rasgos.

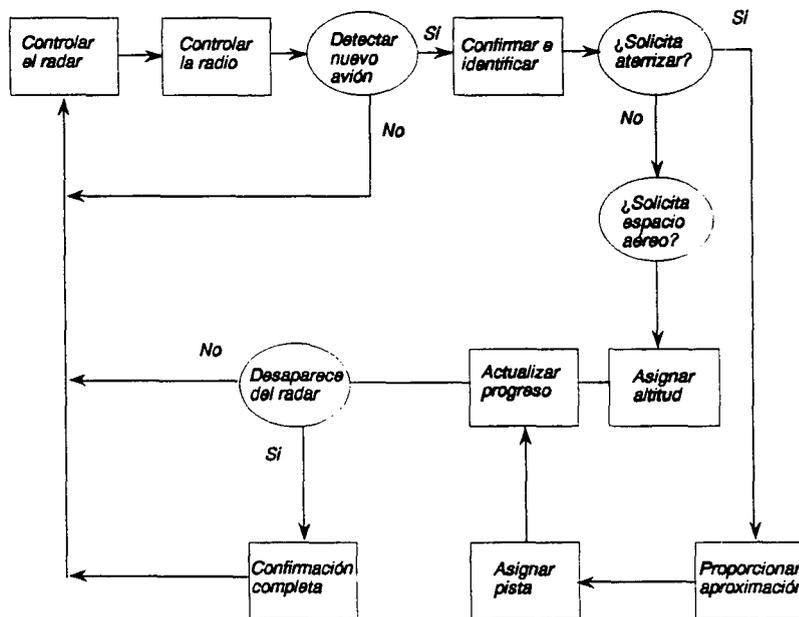


Figura 5

## 2.2.2 Análisis detallado de las funciones y procedimientos del sistema

Si bien la etapa anterior permitía identificar los distintos procesos de los que se compone el sistema, y además conocer los subcomponentes que poseen y las interrelaciones que existen entre ellos, ahora el análisis debe centrarse en la especificación detallada de los procesos primitivos que se identificaron en la etapa anterior. Se trata de documentar lo mejor posible aquellas funciones, o procesos que, por sus características especiales no hayan podido explotarse en otro nivel. Entre dichas causas podríamos citar:

- El procedimiento es lo suficientemente simple como para poder especificarlo en base a sentencias primitivas.
- No es posible identificar todas y cada una de las subtarear en las que se descompondría dicho proceso debido a su alto contenido heurístico.
- No se pueden establecer sin ambigüedades todas las relaciones que existen entre las funciones en las que se descompondría el proceso en estudio. Por ejemplo, no es posible predecir una secuencia de acciones bien definidas entre los subcomponentes identificados.

Las técnicas de análisis de esta etapa son las que tienen un objetivo más específico dentro del dominio. Ayudan a estructurar el dominio mediante la identificación de las principales tareas, responsabilidades, consideraciones de decisión y otros factores.

La selección de la técnica adecuada también depende de una serie de factores que dependen de la aplicación concreta que se esté desarrollando, o incluso de las características personales del E con el que se esté trabajando.

### 2.2.2.1 Análisis del flujo de la información

Esta técnica es útil si el IC necesita representar con diagramas las operaciones y decisiones binarias necesarias para completar las principales funciones del sistema. Es un tipo de diagrama de flujo muy similar a las técnicas de flowcharting que utilizan los programadores. El nivel de detalle que representan puede variar, dependiendo del propósito del análisis y de las necesidades del IC, aunque algunos autores afirman que el flowchart no tiene porque representar un nivel de especificidad homogéneo. La figura 6 muestra un ejemplo resultante de la utilización de esta técnica. Aunque un análisis de flujo de información puede generarse a un nivel mucho más detallado, el nivel bastante alto que se muestra en el ejemplo suele ser suficiente para usarlo en las fases de identificación y conceptualización.

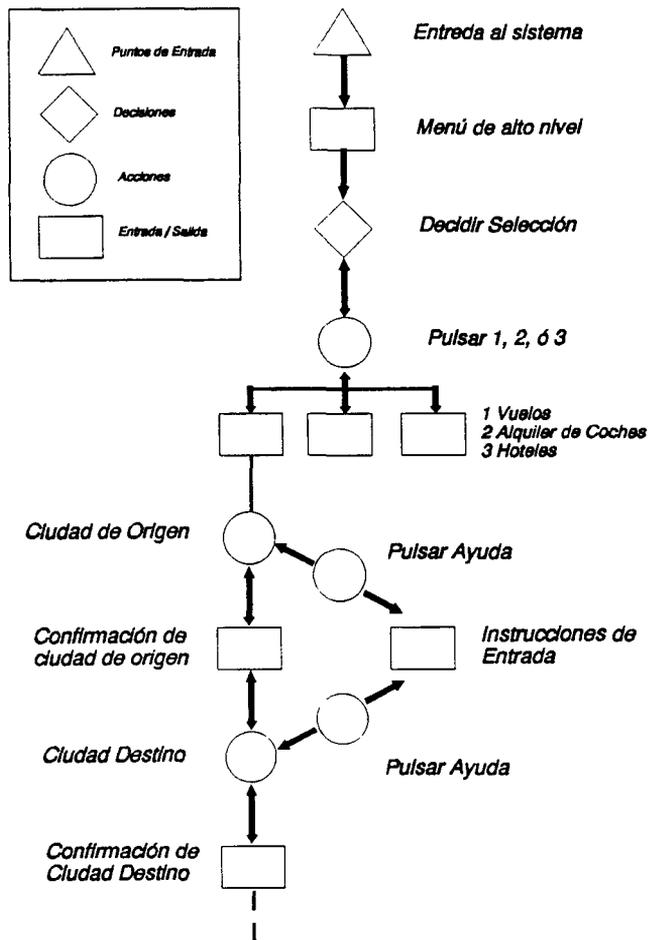


Figura 6

Una extensión de esta técnica facilita la especificación de interacciones cruciales necesarias para identificar un trabajo específico. Entre las interacciones que pueden quedar reflejadas se incluyen:

- Funciones que relacionan o restringen una acción o un punto de decisión.
- Metas o Submetas que relacionan o restringen una acción o un punto de decisión.
- Conocimiento necesario antes de que se pueda tomar una decisión o se pueda realizar una acción.

### 2.2.2.2 Análisis de tareas

Este puede ayudar en la descomposición de las principales tareas del E. Se utiliza para describir las funciones que realiza el experto humano, y para determinar las relaciones de cada una de las tareas en una determinada dimensión de la globalidad del trabajo. Un ejemplo podría ser el siguiente:

<i>Tarea 3.1.2 Respuesta a una Alerta de Temperatura</i>
<i>Restricciones Identificadas:</i> Tiempo límite = 7 segundos después de la señal de alerta
<i>Descripción de la Tarea:</i> Situación de alerta señalizada mediante pistas visuales. El operador debe reconocer la señal, identificar la causa, observar las mediciones de los aparatos, y responder.
<i>Siguientes Tareas:</i> Decidir si resetear el sistema o continuar con una temperatura superior a la normal, realizando cambios menores. (ver tareas 3.1.3).

Figura 7

Una variante de esta técnica la constituye el Análisis de Tareas/Subtareas. Utilizando este tipo de análisis, el IC define las tareas principales implicadas en la actividad actual del operador para determinar lo que se espera que controle el sistema experto y qué tipos de información se necesitarán. El siguiente ejemplo muestra este tipo de análisis para un procedimiento de emergencia. La información es aquí más útil que la que presentaba la figura anterior.

<b>COMPONENTE FUNCIONAL</b>	<b>TAREA</b>	<b>SUBTAREA</b>
Activar la respuesta a la emergencia de temperatura	1. Identificar la situación  2. Parar la entrada	a. Reconocer la señal b. Comprobar contador +120° c. Levantar la protección de la llave. d. Pulsar PAUSA
Activar los procedimientos de comprobación	3. Iniciar el Análisis  4. Controlar las lecturas	a. Poner TEMP a GRN b. Limpiar el buffer c. SELF TEST a. Comprobar el código de malfuncionamiento en el buffer de datos b. Comparar el código con los códigos en la tabla del sistema

Figura 8

El nivel de detalle al que se debe descender varía dependiendo del uso que se vaya a hacer de la información extraída con esta técnica. En cualquier caso hay que tener en cuenta que consume mucho tiempo, y requiere de la observación continua del trabajo del E. La

información típica que suelen recoger los esquemas desarrollados con esta técnica *en el caso más complejo*, incluye factores como una breve descripción de la función (o título), seguido de una descripción más detallada, el tipo de tarea (motor, interpretación, etc.), el tipo y/o niveles de conocimiento necesario para completar la tarea, tiempo de realización, y otras tareas relacionadas con la misma.

Junto con la realización de estas tablas es necesario clasificarlas según las pautas del comportamiento humano. Esto permitirá estudiar las principales funciones realizadas por los expertos e identificar las que podrán ser emuladas por el sistema experto. Adicionalmente, esta estructura también permite identificar información importante que utiliza el E cuando toma decisiones. Para facilitar este trabajo de clasificación se proporciona una tabla con los tipos de tareas que los expertos suelen utilizar en función del vocabulario que utilizan para definirla:

<i>PERCEPCIÓN</i>	<i>MEDIACIÓN</i>	<i>COMUNICACIÓN</i>	<i>MOTOR</i>
Buscar	Analizar	Avisar	Activar
Detectar	Calcular	Comunicar	Ajustar
Discriminar	Categorizar	Dirigir	Alinear
Identificar	Codificar	Indicar	Cerrar
Inspeccionar	Comparar	Informar	Conectar
Leer	Computar	Instruir	Desconectar
Localizar	Estimar	Requerir	Disminuir
Observar	Interpolar	Responder	Elevar
Recibir	Listar	Transmitir	Fijar
	Predecir		Mantener
	Seleccionar		Mover
	Tabular		Presionar
	Trasladar		Regular
			Reunir
			Sincronizar

Tabla 6

### 2.2.2.3 Análisis de trabajos

Esta técnica se utiliza para representar las principales responsabilidades de un trabajo, o las tareas que acompañan al mismo. Estos análisis suelen utilizarse para determinar las descripciones de los trabajos o las herramientas de evaluación de rendimientos. Para conseguir una descripción de un trabajo, el IC debe en primer lugar detallar el conjunto

completo de sentencias que describen lo que un individuo sería capaz de hacer realizando el trabajo específico.

El éxito del análisis de trabajos depende de la calidad de la unidad básica, la sentencia de la tarea. Cada sentencia de la tarea debe consistir de tres partes: el comportamiento, las condiciones para el comportamiento, y los estándares contra los que evaluar el comportamiento. Seguir las siguientes sugerencias es crítico para la sección de comportamiento:

- La utilización de un verbo de acción
- La existencia de sólo un comportamiento por sentencia de tarea
- La habilidad de observar o medir el comportamiento que se describe

La parte de las condiciones de la sentencia debe describir el entorno de rendimiento y los recursos que utiliza un individuo para completar la tarea. Los estándares de rendimiento de la tarea deben incluir los niveles mínimos aceptables, tiempos límites, y cualquier nivel aplicable de cantidad y calidad. Las siguientes recomendaciones sirven para construir sentencias de tareas:

- 1· Cada tarea tiene un principio y un final. Se ejecuta en un período de tiempo relativamente corto.
- 2· Una sentencia de una tarea describe una parte finita e independiente del trabajo.
- 3· Cada tarea es mutuamente exclusiva.
- 4· Utilizar una terminología consistente con la totalidad del proyecto.
- 5· Cada tarea debe ser medible en términos del tiempo que se tarda en ejecutarla.
- 6· Una tarea debe comenzar con una pista observable.
- 7· Una sentencia de una tarea evita calificadores. Sólo se permiten cuando hay varias formas de realizar una tarea.
- 8· Una sentencia de una tarea utiliza un verbo, excepto cuando se realizan varias acciones en paralelo.
- 9· Una tarea debe ser medible.

#### **2.2.2.4 Análisis temporal**

Esta podría ser una forma efectiva de que el IC estructurara las tareas que son por naturaleza altamente secuenciales. Suele ser menos efectiva que las otras técnicas, aunque permiten obtener una visión inicial de la naturaleza secuencial del rendimiento requerido. Además permite aislar requisitos temporales de rendimientos de tareas que el sistema experto

necesite emular. Posteriormente, el IC utilizará esta información para estimar los requisitos temporales de procesamiento.

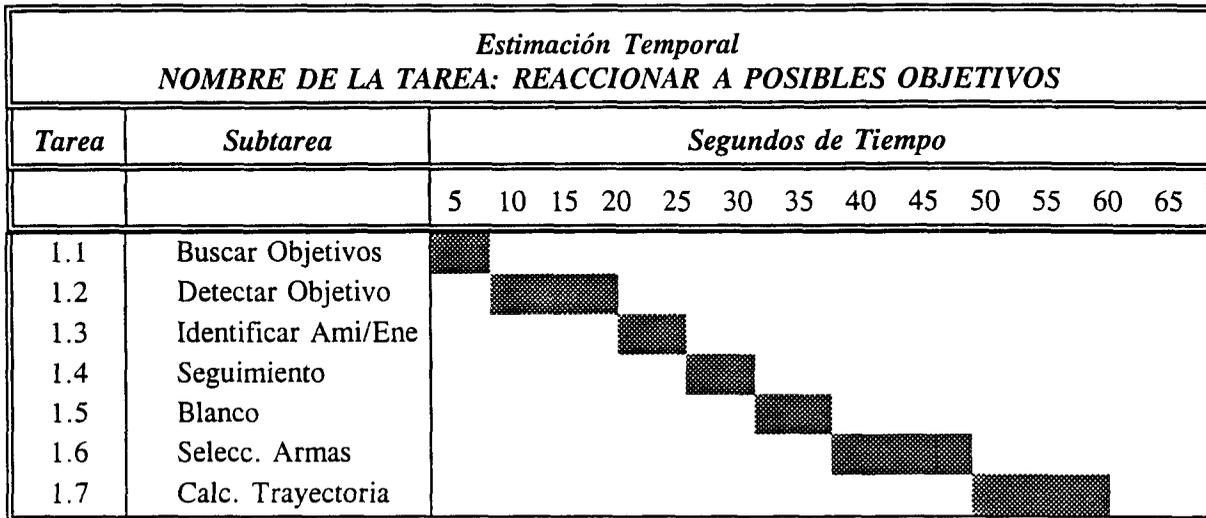


Figura 9

### 2.2.2.5 Diagramas extendidos de acción/decisión

Los Análisis de la Secuencia Operacional desarrollados en la primera fase pueden ahora extenderse para derivar conocimiento adicional del dominio y la estructura de la base de conocimiento. Se trata de permitir a los ingenieros del conocimiento conceptualizar el dominio del E basándose en información, decisiones, y acciones resultantes de tareas específicas o subtareas. Este tipo de análisis puede ayudar a identificar las principales tareas y decisiones que utiliza el experto humano. La extensión de los diagramas se realiza mediante una realimentación al E de los desarrollados en la fase anterior.

## 2.3 Completando el Análisis

El resultado de cada tipo de técnica de análisis será una herramienta que ayude en el diseño de la totalidad del sistema experto y en la identificación de las necesidades de la base de conocimiento. El proceso de análisis debe ser iterativo, refinando el resultado inicial en sucesivos encuentros con el E, detectando suposiciones falsas, clarificando otras, y extendiendo el análisis inicial.

El análisis resultante puede usarse como mecanismo de estructuración. Permite identificar áreas específicas para las sesiones de adquisición del conocimiento. Ahora se pueden estimar las necesidades de tiempo de la adquisición del conocimiento.

Finalmente, pueden gestionarse más efectivamente las sesiones de adquisición del conocimiento. Con los planes esbozados, las metas de las sesiones pueden especificarse de una forma más organizada. Diseñar planes específicos ayuda a identificar huecos, necesidades, y planes futuros.

# 3 Extracción del conocimiento y habilidades expertas

---

En esta última sección del Capítulo se comentarán algunos aspectos relacionados con la adquisición de conocimiento específico de resolución de problemas, o lo que en ocasiones se ha dado en llamar *pericia*.

Situándonos dentro de la metodología de desarrollo, estaremos en la última fase previa a la implementación del prototipo. Hasta este punto se han realizado las tareas de identificación, de conceptualización y de análisis. Ahora es el momento de extraer aquel conocimiento que utiliza el E durante la resolución de problemas. Para ello habrá que apoyarse en el trabajo realizado en las fases anteriores. Con la identificación se restringe el ámbito de los problemas que hay que resolver. Con la conceptualización se controlan múltiples aspectos como las posibilidades de generalización de la información que se extraiga (ej. ¿a qué concepto abstracto pertenece el concepto X?), o la completitud del modelo que se deriva (ej. ¿se han contemplado todos los valores posibles del atributo Z?). Con el análisis se planifican las sesiones de adquisición, se dota de una organización a la base de conocimiento, y se valida el sistema. Será tarea del IC la de combinar toda la información que se ha extraído en las fases anteriores de forma que se optimice esta última fase. La optimización incluye factores como la consistencia y completitud del conocimiento extraído, la planificación de la siguiente iteración dentro del desarrollo, y la minimización de las interacciones con el Experto.

El documento de partida en esta fase es la planificación de las sesiones de Adquisición realizada durante el análisis en la etapa anterior. Durante el análisis se obtuvo una visión completa de las tareas o funciones que debería completar el sistema en el ciclo actual, a la vez que se estimaba la complejidad o 'dureza' de las mismas. En función de la complejidad, del grado de heurística que se presume que tenga una tarea determinada, etc... se asignará una o varias sesiones con el Experto. El IC debe ceñirse en lo posible a dichas previsiones, ya que estas facilitarán la extracción ordenada del conocimiento experto.

Las técnicas a utilizar podrán ser cualquiera de las vistas en el capítulo correspondiente, o cualquier combinación de ellas que se considere oportuna. En esta etapa la base principal la constituirán las trazas de procesos, pues permiten observar las estrategias que utiliza el E

durante la resolución. Sin embargo no hay que olvidar que este método posee sus limitaciones. No es conveniente utilizarlo cuando la verbalización pueda interferir con el pensamiento del E, o cuando la tarea no es lo suficientemente compleja. El otro gran grupo de técnicas a utilizar lo forman las Entrevistas Estructuradas; estas permitirán la adquisición de conocimiento muy complejo y específico. Usualmente se utilizan para depurar, ampliar o aclarar la información resultante de una traza de procesos. También se utilizarán cuando no se considere conveniente aplicar la traza de procesos. Se debe dedicar una atención especial al diseño de los cuestionarios, de forma que el E aporte todo lo que sabe en relación con la tarea en estudio, pero sin inmiscuirse en otras funciones de sistema que serán objeto de análisis en otro momento. Es usual utilizar sesiones que combinen ambos tipos de técnicas, las cuales permiten profundizar sobre las alternativas que contempla el E, a la vez que facilitan la construcción de justificaciones para incluirlas en la base de conocimiento. El peligro radica en que el E pierda continuamente 'el hilo' del razonamiento debido al análisis y justificación de las alternativas en cada punto de decisión. En esta sección no se profundizará sobre la forma de aplicar las distintas técnicas ya que dicha información se trató en el capítulo correspondiente.

Sin embargo, la principal dificultad con la que se encontrará el IC será el análisis de la información resultante para después generar las reglas, o los casos, o cual sea el formalismo de representación seleccionado. No existe un método infalible que facilite la realización de esta tarea. Son las habilidades personales del IC junto con su trabajo personal lo que dará lugar a una base de conocimiento eficiente. Sólo es posible incluir algunos consejos, más algunos ejemplos que sirvan como referencia para la realización de esta fase:

- No dedicar una sesión a profundizar sobre tareas que no estén relacionadas de alguna forma, ni que sean demasiado triviales.
- Apoyarse en la conceptualización para comprobar que se han tenido en cuenta todos los valores posibles de los distintos atributos que intervienen en la tarea en estudio. Así, si el E sólo considera durante la resolución de un caso particular los colores verde, y rojo para un atributo 'color', comprobar si el E ha olvidado otros valores que especificó durante la conceptualización. Esta simple comprobación ayuda en gran medida a la completitud del Sistema.
- Detectar y eliminar cualquier síntoma de prejuicio o ambigüedad en las declaraciones del E.
- Codificar la información generada en un pseudo-lenguaje que sea entendible por cualquier miembro del equipo de desarrollo (incluido el Experto).
- Una vez que se ha codificado, generalizar la información con ayuda de la conceptualización y del E, para que las reglas sean aplicables sobre el mayor número de situaciones posible.

- Hacer que el E valide la información derivada de las sesiones. Si fuera necesario dedicar nuevas sesiones para que el E analice la utilidad de todas y cada una de las reglas generadas.
- Plasmar el análisis en la base de conocimiento a implementar. Si durante el análisis se ha estructurado el dominio en una serie de tareas, utilizar dicha estructuración en la implementación del prototipo. Agrupar las reglas asociadas con una misma tarea en islas de conocimiento de forma que se limiten las interacciones entre las reglas a las que estén especificadas en el análisis del sistema.
- De igual forma, plasmar en lo posible la conceptualización en la base de conocimiento. Las estructuras, jerarquías, atributos, etc.. identificados pueden tener una correspondencia directa con la base de conocimiento. Las ventajas son un ahorro cognitivo en cuanto a la eficiencia del modelo, a la vez que se facilitan las tareas de modificación, ampliación o validación.

A continuación se incluyen algunos fragmentos de sesiones con el E así como las reglas derivadas de los mismos.

### EJEMPLO 1.

El proyecto PlaVol está dirigido a la planificación de los entrenamientos de un equipo de Voleibol. El trabajo anual se divide en lo que es la pretemporada y la temporada. Durante la pretemporada se compone de una etapa de preparación general, y otra de preparación específica. Los siguientes segmentos intentan definir la duración y relación que existe entre las distintas etapas.

\*\* Habiendo presentado al E el caso de un equipo que acababa de ascender, en el que la plantilla es nueva y con una preparación física previa mala, se le pide que planifique la pretemporada para ese equipo. Durante la traza del proceso el E comenta:

*Experto: "... tengo que (piensa) un mes antes del primer partido, como mínimo, dejar la pretemporada, porque es un equipo nuevo y si empiezan a entrenar entre ellos unas 2 semanas antes del primer partido, pues no estarán conjuntados hasta mediados de liga ..."*

Para obtener una regla hay que tener en cuenta varios aspectos del caso: el equipo acaba de ascender, la plantilla es nueva y además el primer partido de liga se considera comprometido, por lo que hay que estar en buenas condiciones para afrontarlo. Por tanto, se puede concluir la siguiente regla:

**REGLA: SI el equipo es nuevo  
ENTONCES  
la pretemporada hay que acabarla unas 4 semanas antes del primer partido**

\*\* Tratando el mismo caso y habiendo determinado la duración de la pretemporada en 9 semanas debido a que es el intervalo que hay entre la vuelta de las vacaciones de los jugadores y el momento en el que se debe dejar la pretemporada para comenzar el período de competición, el experto describe la decisión que toma de la siguiente forma:

*Experto: "... se me va a hacer corto el período de pretemporada (se ayuda del calendario de la competición), aún así, la etapa de preparación general siempre ha de ser mayor que la específica. Voy a considerar en este caso 5 semanas para la preparación general y 4 para la específica ..."*

*Ingeniero del Conocimiento: "¿qué relación suele haber entre la duración de ambas etapas?"*

*Experto: "Normalmente en este caso sería 8:4 (8 semanas de preparación general y 4 de específica). Hago 5:4 por el tiempo que tengo y por las condiciones del equipo... Un equipo de alto nivel puede tener una preparación general y específica de la misma duración ..."*

De esta parte se extrajeron las siguientes reglas:

**REGLA: SI la preparación física previa de los jugadores es mala  
Y el primer torneo considerado importante se encuentra al principio del período de competición  
Y la duración de la pretemporada es menor que 12 (tratada como ideal para este caso)  
ENTONCES  
Proporción recomendada 3:2 (etapa general:etapa específica).**

**REGLA: SI el nivel del equipo es alto  
ENTONCES  
Proporción recomendada 2:2**

**REGLA: SI la preparación física previa de los jugadores es mala  
Y el primer torneo considerado importante se encuentra al principio del período de competición  
Y la duración de la pretemporada es mayor o igual que 12  
ENTONCES  
Proporción recomendada 2:1 (etapa general:etapa específica).**

## EJEMPLO 2

El segundo ejemplo es un sistema experto para la concesión de créditos bancarios. Los siguientes fragmentos también se extrajeron básicamente de sesiones en las que se proponían distintas situaciones al E para que las valorara.

**\*\* Leyendo los gastos e ingresos en el presupuesto mensual:**

*Experto: "... Gasto de comunidad 16000, telefónica 12000, colegios 50000...¡Este hombre no tiene para vivir!...  $50+50+70=170$ ...200. El crédito le va a costar mensual, si pide 750.000 en un año, se le convierten en casi 100.000 ptas., unas 80 ó 90 mil mensuales. Tiene el presupuesto muy ajustado, porque otros ingresos, si son ingresos no fijos, no podemos computarlos. Yo le pediría un aval a este señor. Le pediría un aval en función a que tiene para ajustar su dinero, necesita contar con otros ingresos, que pueden ser fijos: clases particulares, horas extraordinarias,... pero dependen de que la gente venga a clase, o que trabaje esas horas. Si no es así, aquí tiene 228 más unas 80 ó 100 mil pesetas más que no le alcanzarían con este dinero para pagar..."*

**REGLA: SI ingresos netos - gastos mensuales - pago préstamo < ingresos netos \* 0,2  
ENTONCES  
necesita avalista**

NOTA: Esta regla no se extrajo del párrafo anterior en la forma expuesta. La proporción o margen de seguridad del 0,2 de los ingresos netos la propuso el Experto tras una entrevista estructurada de refinamiento.

*Experto: "... analizando los datos en frío, es evidente que no se lo concedería. Está apretadísimo. Sin embargo hay que basarse en esas otras cosas como la marcha, la trayectoria del hombre que entró como empleado y ahora es Jefe de Sección, vemos que va progresando, que tiene el sueldo domiciliado en el banco, que es capaz de ahorrar para comprar una vivienda, se compra un coche mediano-pequeño,..."*

**REGLA: SI antigüedad > 10 años  
Y puesto actual mejor que puesto inicial  
ENTONCES  
buena trayectoria profesional**

NOTA: Al igual que en el caso anterior, considerar 10 años como extremo de un intervalo es un dato extraído de una sesión posterior a la que pertenece la transcripción.

*Ingeniero del Conocimiento: "... Has planteado que este señor progresa porque ha ido ascendiendo, entró de empleado y actualmente es Jefe de Sección. Entonces, cualquier persona joven con pocos años de trabajo en la empresa, por ejemplo 4, no se puede deducir que progresa, con lo cual ¿qué se puede deducir con respecto a su trayectoria profesional?*

*Experto: "Muchas cosas. Una pregunta que se suele hacer es acerca de su empresa, que tal marcha su empresa, y dependiendo de su contestación se puede ver su preocupación por la empresa, si está informado de su funcionamiento en general o sólo le interesa su trabajo. Está claro que el empleado que sólo se preocupa de lo que hace, difícilmente podrá ascender ..."*

**REGLA: SI antigüedad < 10  
Y edad < 35  
Y demuestra interés por la empresa  
ENTONCES  
buena trayectoria profesional**



# Apéndice A: Repertory Grid

---

Esta es una técnica de adquisición y análisis. Al igual que los modelos conceptuales es una herramienta bastante útil en la adquisición del conocimiento. Es importante señalar que es una teoría muy personal, y por lo tanto muy subjetiva. Dos expertos que consideren el mismo problema pueden producir conjuntos diferentes de resultados.

La técnica se basa en la utilización de una rejilla (grid) para la representación de un problema particular bajo el punto de vista de un experto. Un grid se compone de *construcciones y elementos*.

Una construcción es una característica bipolar en la cual cada elemento tiene cierto grado (o escala). Ejemplos de construcciones son Pesado-Ligero, Valiente-Cobarde, o Largo-Corto. Estas características se pueden representar en una escala lineal con valores ponderados (relativos a la característica). Por ejemplo, si la curvatura fuera una posible característica entonces una posible construcción sería: Recta-Curva, las esferas y los círculos tendrían ratios mayores mientras que las líneas y cubos ratios menores.

Como es el E el que crea las construcciones es trabajo suyo comprender qué hace que una construcción sea válida y cómo se usa. Los ratios pueden expresarse por nombres en lugar de por números:

muy pesado	pesado	medio	ligero	muy ligero
1	2	3	4	5
simpático				poco amistoso

La escala no debe variar en una misma construcción aunque podrá variar de una construcción a otra.

Un elemento se clasifica (pondera) según cada construcción usando un ratio subjetivo dado por el E; esto permite clasificar o ponderar a los elementos a la vez que compararlos.

Vamos a suponer la construcción de la figura Simpático-Poco\_amistoso. Si Juan está escalado como 2, Marta como 4, y José como 3 significa que Marta es la más simpática, después José y después Juan pero esto no implica que Marta es el doble de simpática que Juan.

Con esto hemos visto una idea intuitiva de lo que significa la clasificación subjetiva. Las construcciones bipolares nos permiten ponderar elementos que nos facilitan la clasificación y comparación.

Los elementos son piezas ejemplos, producidas por el E, y descritos por los valores de la construcción. En diagnósticos de fallos los elementos podrían ser los items de perfección o imperfección de una línea de producción.

El grid es un sistema de correspondencia entre elementos y construcciones. Esta técnica es útil para los expertos o ingenieros del conocimiento por dos razones:

- La elección de un grid hace que el E piense el doble sobre el problema y por lo tanto ayuda a clarificar consecuencias en su mente.
- Los grids se pueden analizar para encontrar modelos o asociaciones a investigar con mayor profundidad.

## A.1 Adquisición del grid

Antes de plasmar un grid es importante definir el problema en cuestión. El E tiene que tener un objetivo claro para ser analizado.

Posibles problemas serían: clasificación de dolencias de la piel, evaluación de candidatos para un empleo, características de puentes bien diseñados, etc... Un problema más general y más difícil de definir podría ser encontrar las características de un buen diseño.

Una vez obtenido el objetivo el E dibuja el grid. Si puede apuntar los elementos y construcciones inmediatamente el grid puede ser analizado.

En la práctica esto no es trivial e implica repetidas comparaciones de elementos. Suele ser común producir los elementos primero. Un grupo de tres elementos es el más pequeño con el que se puede empezar a describir similitudes o diferencias. Esta nueva construcción puede ser la base para una buena construcción .

Los grupos de tres pueden elegirse aleatoria o sistemáticamente. Por ejemplo:

El ingeniero del conocimiento considera los elementos Marta, Juan, y José, y busca los más similares.

- E. Marta y Juan son los más similares y diferentes de José.
- IC. ¿Qué hace a Marta y Juan similares?
- E. Ambos son maduros.
- IC. ¿Qué es lo opuesto a maduro?, lo cual describe a José.
- E. Él es inmaduro.
- IC. Los polos para tu construcción son maduro e inmaduro. Ahora clasificamos cada uno de los elemento sobre una escala de 1-5 (1 maduro, 5 inmaduro).

Mediante la comparación de diferentes conjuntos de construcciones el E realiza un grid describiendo todos los elementos relevantes del problema en cuestión. En cualquier momento el E puede introducir nuevos elementos o construcciones y cambiar lo valores de la escala. El proceso se completa cuando el E considera que el grid describe su punto de vista respecto al problema en estudio.

## A.2 Análisis del grid

El análisis del grid no implica realizar un cambio en el pensamiento del experto, y no se usa para inventar nada sino que es un camino para exhibir la estructura del modelo con el objeto de proporcionar un punto de apoyo al experto.

El análisis es la herramienta que ayuda al E a identificar una estructura que él conoce como natural. Si el E no está de acuerdo con el análisis entonces probablemente modificará el grid.

Los métodos de análisis están basados en la teoría estadística, e incluye análisis de factores y de componente principal. Mildred Shaw, ha usado un método simple de análisis de cluster. En el análisis de cluster se comparan los elementos y las construcciones. Define una medida de la diferencia entre dos objetos y entonces agrupa en un conjunto de tales objetos dentro de clusters; los objetos en el mismo cluster son más similares que aquellos que están en otro. La similaridad está definida como la medida de la distancia entre los clusters. Este es un modelo simple y efectivo para describir el modelo tal como muestra la figura A.1.

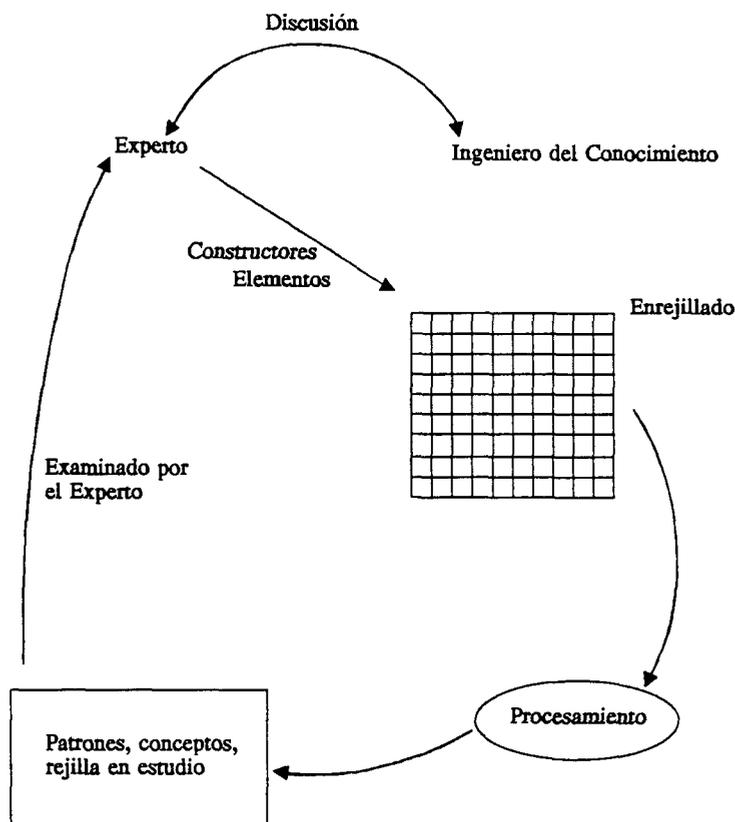


Figura A.1

### A.2.1 Estudio de un caso en un Repertory Grid

Vamos a ver como sería un típico diálogo entre un experto (E) y un ingeniero del conocimiento (IC):

IC: Por favor, relate el problema que desea investigar.

E: Voy a realizar un estudio de los estudiantes de nuestro curso porque estoy interesado en un proceso de selección.

IC: Por favor, proporcione sus elementos -ejemplos de estudiantes- los cuales piense que son importantes para la investigación.

E: Ellos son:

- |              |           |            |
|--------------|-----------|------------|
| 1) Francisco | 2) Elena  | 3) Manolo  |
| 4) José      | 5) Isabel | 6) Yolanda |

IC: Entre Francisco, Elena y Manolo selecciona dos que sean similares y diferentes al tercero.

E: Francisco y Manolo son similares- Elena es diferente.

IC: ¿Qué hace a Francisco y Manolo similares?

E: Ambos son responsables

IC: Responsable es un polo de nuestra construcción. ¿Cual es el otro?

E: Irresponsable.

- IC: Vamos a clasificar a los elementos según esta construcción, donde 1 significa irresponsable y 3 responsable
- E: Francisco 3, Elena 1, Manolo 3, José 1, Isabel 1, Yolanda 1.
- IC: Tu próximo grupo es José, Isabel, y Yolanda.
- E: Isabel tiene mejores clasificaciones que José y Yolanda. Los polos serán clasificaciones pobres (1) y buenas (3). Los elementos son:  
Francisco 1, Elena 2, Manolo 1, José 2, Isabel 3, y Yolanda 2
- IC: El próximo grupo es Francisco, Manolo y Isabel.
- E: Francisco y Isabel tienen confianza en sí mismo; Manolo no. Los polos son inseguro (1), y seguro de sí mismo (3).  
Francisco 3, Elena 1, Manolo 1, José 2, Isabel 3, y Yolanda 1
- IC: Ahora el grupo es Elena, José y Yolanda.
- E: Elena y Yolanda no hacen preguntas en clase, José si lo hace. Mis polos serán hacen preguntas (1) y callados (3).  
Francisco 1, Elena 3, Manolo 2, José 3, Isabel 1, y Yolanda 3. Pienso que voy a cambiar el ratio de José a 2.
- IC: ¿Quieres seleccionar tu propio grupo?
- E: Sí. Francisco, José y Elena. Francisco e José son atentos, y Elena no. Mis polos son atentos (1) y distraídos (3).  
Francisco 1, Elena 3, Manolo 3, José 1, Isabel 2, y Yolanda 2.  
Seleccionaré otra triada: José, y Isabel trabajan en clase. Elena no. Mis polos son trabajan en clase (1) y no trabajan en clase (3).  
Francisco 1, Elena 3, Manolo 2, José 1, Isabel 1, y Yolanda 3.  
Añadiré otro elemento, David, con las siguientes clasificaciones:
- |   |   |
|---|---|
| Responsable/Irresponsable                     | 1 |
| Clasificaciones Pobres/Clasificaciones Buenas | 2 |
| Inseguro/Seguro de si mismo                   | 3 |
| Hacen preguntas/callados                      | 2 |
| Atentos/Distraídos                            | 3 |
| Trabaja en clase/No trabaja en clase          | 1 |
- Quiero añadir más construcciones:  
Integrados socialmente/No integrados socialmente  
Organizados/No organizados
- con el siguiente ratio para cada uno de los elementos:
- |           |   |   |
|-----------|---|---|
| Francisco | 1 | 3 |
| Elena     | 3 | 1 |
| Manolo    | 3 | 1 |
| José      | 2 | 2 |
| Isabel    | 2 | 3 |
| Yolanda   | 3 | 2 |
| David     | 1 | 1 |

La tabla A.1 resume toda esta información:

	C1. Responsable/Irresponsable	C2. Clasificaciones Pobres/Buenas	C3. Inseguro/Seguro ...	C4. Preguntan/No preguntan	C5. Atentos/Distráidos	C6. Trabajan/No trabajan	C7. Integrados/No Integrados	C8. Organizados/No organizados
E1. Francisco	3	1	3	1	1	1	1	3
E2. Elena	1	2	1	3	3	3	3	1
E3. Manolo	3	1	1	2	3	2	3	1
E4. José	1	2	2	2	1	1	2	2
E5. Isabel	1	3	3	1	2	1	2	3
E6. Yolanda	1	2	1	3	2	3	3	2
E7. David	1	2	3	2	3	1	1	1

Tabla A.1

## A.2.2 Uso del Análisis de Clusters para enfocar el Grid

A partir de la tabla anterior se comienza el análisis de afinidades en dos direcciones distintas. Por un lado, se generará una categorización de los elementos, y por otro de las construcciones.

### A.2.2.1 Categorización de los elementos

Con el objeto de ejecutar la técnica de clustering necesitamos un criterio que mida la distancia entre pares de elementos, en este ejemplo usaremos la suma del valor absoluto de las diferencias entre los ratios de los elementos (distancia mínima)<sup>2</sup>. Por ejemplo, comparando Francisco con Elena:

```
Francisco  3  1  3  1  1  1  1  3
Elena      1  2  1  3  3  3  3  1
```

La suma de diferencias es:  $2+1+2+2+2+2+2+2=15$

<sup>2</sup> También se podrían utilizar otras distancias, como la distancia máxima o la distancia media

Realizando esta operación para todas las parejas de elementos se obtiene la tabla A.2:

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
E1		15	10	7	6	13	8
E2			5	10	11	2	7
E3				9	12	7	8
E4					5	6	5
E5						9	6
E6							9
E7							

Tabla A.2

A partir de esta tabla, se construye un árbol siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Se señalan en la parrilla, los elementos de distancia mínima. En este caso el E2 y el E6.
2. Esos elementos se reemplazan en la matriz por el conjunto que forman. (Grupo [E2, E6]).
3. La distancia de este conjunto con un elemento de la matriz se calcula como el mínimo de las distancias entre ese elemento y cada uno de los elementos del conjunto. Por ejemplo, la distancia entre el elemento E3 y el grupo [E2, E6] sería el mínimo de 5 y 7. La matriz resultante se presenta en la tabla A.3.
4. Se repite el proceso con la matriz obtenida hasta que sólo queden dos categorías en la tabla. El resultado final es el árbol ordenado que se muestra en la figura A.2.

	E1	E3	E4	E5	E7	[E2-E6]
E1		10	7	6	8	13
E3			9	12	8	5
E4				5	5	6
E5					6	9
E7						7
[E2-E6]						

Tabla A.3

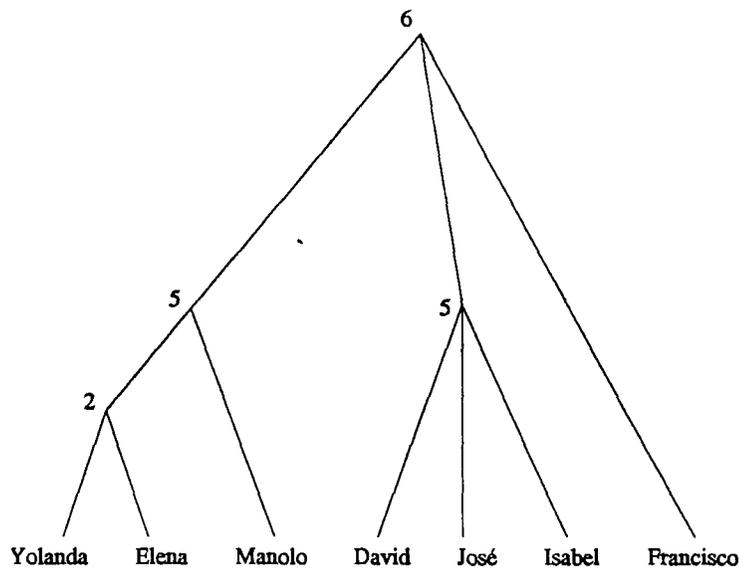


Figura A.2

### A.2.2.2 Categorización de las construcciones

El procedimiento a seguir en este caso es el mismo que para los elementos, aunque la distancia entre dos construcciones requiere de un cálculo adicional. En ocasiones dos construcciones pueden no reflejar un grado de correlación alto que realmente sí poseen. Por ejemplo si comparamos dos construcciones relacionadas con automóviles como barato/caro y deportivo/utilitario, no esperaremos una alta similaridad (correlación) entre ellas. Sin embargo, si invertimos una de ellas podría esperarse similaridad. Por ejemplo, barato/caro y utilitario/deportivo podrían ser similares. Evidentemente no tendría sentido invertir ratios para determinadas construcciones. Una construcción  $X'$  se deriva de la construcción  $X$  sustituyendo el ratio opuesto. En el ejemplo que estamos estudiando sería el 1 por el 3, el 2 por el 2, y el 3 por el 1. Invertiendo la construcción *atentos/distraídos* quedaría:

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Atentos/Distraídos	3	1	1	3	2	2	1

Se calcula así la matriz de diferencias, representando las comparaciones directas en la triangular superior, y las comparaciones inversas (entre una construcción directa y otra inversa) en la matriz inferior, tal como se muestra en la tabla A.4.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1		10	7	9	8	7	9	6
C2	4		5	5	6	7	6	4
C3	7	7		10	9	12	11	3
C4	5	5	2		5	2	3	9
C5	6	6	5	9		5	4	10
C6	7	7	2	10	9		3	9
C7	6	6	1	9	8	11		7
C8	8	6	9	3	2	5	4	

Tabla A.4

El siguiente paso consiste en transformar la matriz anterior en una triangular superior tomando para cada combinación de construcciones el valor mínimo de cada pareja con su simétrico. El resultado es la tabla A.5.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1		4	7	5	6	7	6	6
C2			5	5	6	7	6	4
C3				2	5	2	1	3
C4					5	2	3	3
C5						5	4	2
C6							3	5
C7								4
C8								

Tabla A.5

A partir de este momento se procede como para el caso de los elementos, obteniéndose el árbol ordenado de la figura A.3

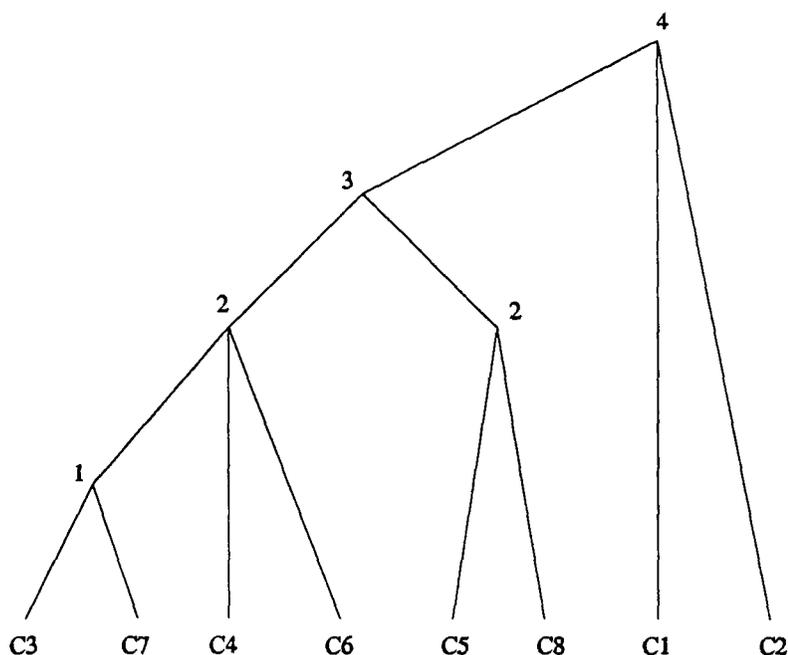


Figura A.3

### A.2.3 Análisis de los resultados

Cuando se analizan las categorizaciones realizadas, el E puede corroborar, refutar o matizar los agrupamientos realizados, pudiendo producirse los casos siguientes:

1. Dos elementos aparecen ligados cuando no deberían estarlo. En este caso se pueden reconsiderar los valores atribuidos a los objetos. Si los valores parecen correctos, el IC debe solicitar del E un motivo de diferenciación de los elementos. Dicha característica debe añadirse al estudio y generar dos nuevos árboles de agrupamientos.
2. Dos elementos aparecen como disjuntos cuando deberían estar ligados. El proceso es similar al caso anterior. Se añade una característica que ligue ambos elementos.
3. Dos características aparecen ligadas cuando no deberían estarlo. Si los valores atribuidos a los objetos para esas dos características son correctas, se le pide al E que cite un elemento que contradiga la relación. Si existe dicho elemento se añade al grid inicial y se vuelve a repetir todo el proceso.

Posteriormente, el IC busca establecer una red de relaciones entre las diferentes características citadas por el E en el momento de la fase inicial del diálogo. Las trazas de carácter que aparecen ligadas en el árbol ordenado se estudian dos a dos. Para cada pareja doble (A/B, X/Y) se intenta establecer alguna de las relaciones siguientes:

1. Paralela: A implica X y B implica Y.
2. Recíproca: A implica X , B implica Y, X implica A e Y implica B. En este caso se tendría una ambivalencia entre ambas construcciones.
3. Ortogonal: A implica X pero B no implica Y. O, A implica X y B implica X, pero ni A ni B implica Y.
4. Ambigua: A y B implican X e Y. Este tipo de relación puede encontrarse cuando se usa una misma etiqueta para designar dos construcciones diferentes.

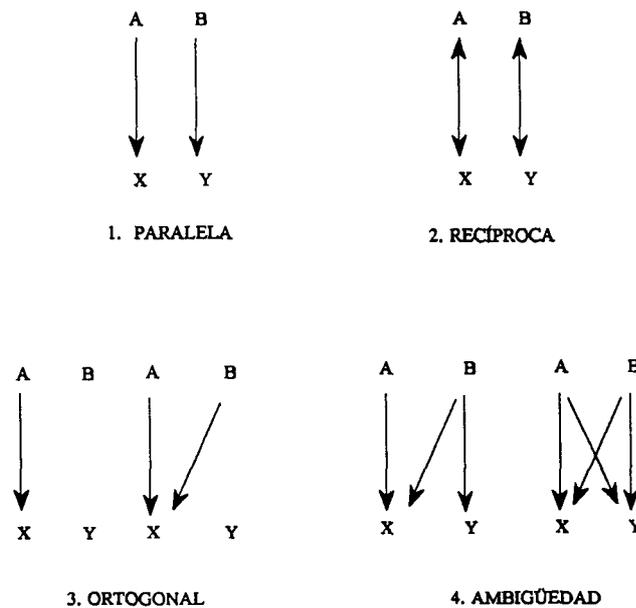


Figura A.4

### A.3 Conclusiones

Esta técnica se utiliza básicamente para identificar elementos, características, y relaciones entre ellos. El análisis de los resultados obtenidos es fácil de realizar y las conclusiones pueden enriquecer la base de conocimiento añadiendo reglas, operadores, conceptos, atributos, etc... a la vez que propone una organización de dichos elementos. Por contra, se le critica que sea una técnica altamente subjetiva y que sólo proporcione la visión particular que posee el E del dominio en estudio. En cualquier caso, es sin duda una de las técnicas más efectivas y más utilizada en los proyectos de construcción de Sistemas Expertos.

# Apéndice B: Ejemplos de Conceptualización del Dominio

---

## Apéndice B.1

### Ejemplo de definiciones textuales y completas dentro de un diccionario de conceptos

#### Dominio

El trabajo se encuadra dentro del desarrollo de un Sistema Experto que recomiende el método anticonceptivo que mejor se adapte a una determinada mujer. La sesión de la que se extrajeron las siguientes definiciones poseía las características típicas de una entrevista de introducción o acercamiento al dominio. Por lo tanto fue una entrevista poco estructurada en la que se realizaron principalmente preguntas abiertas (sin restricciones) y animando al E a la respuesta libre. El resultado de la entrevista fue complementado con diverso material de apoyo. A continuación se reproducen algunos pasajes de dicho documento, del que se han extraído algunas definiciones evidentes para hacer constar que no sólo deben incluirse pequeñas descripciones de los conceptos, sino todo aquello que facilite la comprensión global del dominio.

#### Extracto

[...] Básicamente existen cinco familias de métodos anticonceptivos:

- Métodos Naturales. [...definición...]
- Métodos Barrera. [...definición...]
- Métodos Hormonales. [...definición...]
- DIU (Dispositivos IntraUterinos). [...definición...]
- Métodos Quirúrgicos. [...definición...]

A continuación se desarrollará cada uno de ellos.

#### 1. Métodos Naturales

##### CARACTERÍSTICAS

En estos métodos se puede destacar que debido a que no se emplea nada ajeno al organismo, pueden usarse sin apenas efectos secundarios y que su uso no suele plantear ningún problema moral.

Dada su inocuidad, pueden combinarse varias alternativas entre sí o con otros métodos.

En el método *Ogino-Knaus* se debe destacar que su eficacia es mayor en mujeres con un ciclo menstrual regular. Su uso además, impone una cierta disciplina que limita en parte la espontaneidad de la relación sexual.

El método de *la temperatura basal* requiere de la toma diaria de la temperatura y esto además de ser pesado, puede influenciarse por muchos factores, entre los que destacan los cambios de temperatura debido a infecciones que se produzcan en la mujer. Además como la subida de la temperatura es tan pequeña puede dar lugar a un gran número de errores.

El método del *moco cervical* tiene el inconveniente de que requiere cierto grado de entrenamiento para saber diferenciar entre un tipo de moco y otro, pero en general no suele ser muy difícil hacerlo.

El *coitus interruptus*, a pesar de ser muy usado (en un estudio de 1985 en España era el segundo más usado) no es ni mucho menos el más eficaz. Requiere de un cierto grado de concentración para evitar fallos. Este método puede tener los siguientes efectos secundarios en el hombre: impotencia, hipertrofia prostática, e insatisfacción sexual.

## PROTECCIÓN

[...] La protección, o mejor dicho, la probabilidad de fallo<sup>3</sup> es:

<i>Ogino-Knaus</i>	15-35%
<i>Temperatura basal</i>	5-7%
<i>Moco cervical</i>	7-25%
<i>Coitus interruptus</i>	15-30%

## CONTRAINDICACIONES

[...]

### 2. Métodos Barrera

## CARACTERÍSTICAS

Estos métodos al ser de aplicación local, no suelen producir problemas generales en el organismo. Su uso tiene algunas ventajas. Así, el preservativo no requiere controles previos, no resta demasiada espontaneidad a la relación, protege contra enfermedades venéreas y no es muy caro ni muy difícil de conseguir. Su uso se recomienda sobre todo en relaciones no muy frecuentes y más aún si no hay una pareja estable. [...]

## PROTECCIÓN

Preservativo	5-15%
Diafragma	10-20%
Espermicida	15-20%

<sup>3</sup> Las expresiones no indican probabilidad cada vez que se use, sino que indica el número de mujeres que se quedan embarazadas de cada cien que utilizan el método a lo largo de un año.

Preservativo + Espermicida 5%  
Diafragma + Espermicida 4-13%

## CONTRAINDICACIONES

[...]

### 3. Métodos Hormonales

## CARACTERÍSTICAS

Al consistir de un preparado hormonal se pueden producir modificaciones a diferentes niveles. La vía oral permite administrar una dosis más controlada, con lo que suele haber menos efectos indeseables y se produce una protección mayor, con menor número de fallos. La vía inyectable evita la toma diaria y por tanto que haya olvidos.

Algunos efectos secundarios son:

- Ovario: inhiben la ovulación.
  - Útero: se produce un endometrio (ver glosario) poco favorable para el embarazo
  - Trompas de Falopio: se altera su motilidad habitual.
  - Mamas: aumenta la turgencia y sensibilidad.
  - Hígado: hace que se produzca una bilis más espesa, lo cual puede favorecer la creación de cálculos en la vesícula y así dañarse el mismo.
  - Hidratos de carbono. [...]
  - Grasas. [...]
  - Tensión Arterial: tiende a aumentar las cifras tensionales, sobre todo en hipertensión previa.
  - Cáncer: tiene tendencia sobre algunos cánceres:
    - Ovario y endometrio.- reduce su aparición.
    - Cuello de útero.- aumenta la incidencia de lesiones benignas.
    - Hígado.- aumenta la aparición de tumores benignos.
- En general empeoran los cánceres en evolución.

[...]

## PROTECCIÓN

Inyección Mensual 0.5-8%  
Orales 0,2%

## CONTRAINDICACIONES

De sus posibles acciones se desprenden una serie de contraindicaciones que pueden ser absolutas. Esto es, no se deben usar nunca o casi nunca en estos casos. Las contraindicaciones relativas requieren de un control especial de su indicación según el caso.

ABSOLUTAS	RELATIVAS
Alteraciones de la coagulación	Cefalea Intensa
Enfermedades cerebrovasculares	Hipertensión arterial
Neoplasias genitales	Diabetes
Hepatopatías	Fumadora (+20 diarios)
Embarazo	Edad > 35 años
Estenosis Mitral descompensada	Asma
Antecedentes de Otosclerosis	Obesidad
Melanoma	Depresión
Porfiria	[...]
[...]	

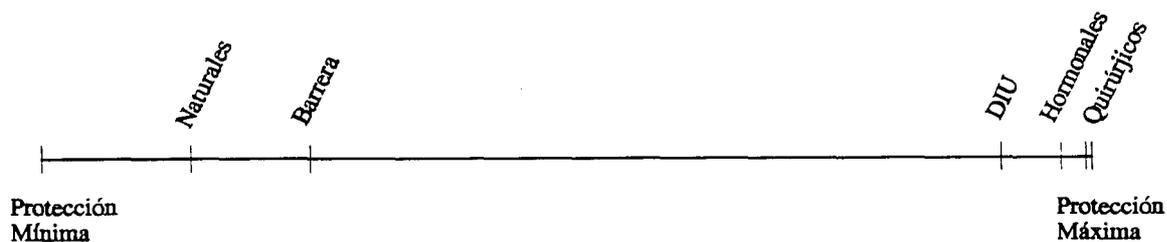
#### 4. DIU

[...]

#### 5. Métodos Quirúrgicos

[...]

[...] Comparando el grado de protección de los distintos métodos vistos se observa en la figura una mayor efectividad en los quirúrgicos, hormonales, y DIU, frente a los métodos naturales y barrera.



## Apéndice B.2

### Ejemplos de representaciones esquemáticas de conceptos dentro de un diccionario de conceptos

Se incluyen tres ejemplos en los que se organiza la información en función de las relaciones de pertenencia.

#### Ejemplo 1

##### Dominio:

El proyecto MECANO realiza una diagnosis de las averías típicas en un motor de automóvil. El ejemplo contiene *algunos* de los elementos que intervienen a la hora de realizar una diagnosis. Se observa que algunos de los valores que pueden tomar las propiedades pueden ser ambiguos, como por ejemplo: normal, alto, mucho, etc.. Estas subjetividades deben refinarse mediante la especificación de lo que significa cada 'valor subjetivo' en cada situación. Por ejemplo: para el caso del atributo 'tiempo' del concepto 'aceite' los valores posibles son 'poco' o 'mucho'. Estos valores habrá que definirlos en función del significado que proporcione el Experto. En este caso, un aceite joven es un aceite que lleva en el motor menos de seis meses y con el que se han hecho menos de un tercio de los kilometras recomendados por el fabricante para ese tipo concreto de aceite.

##### Extracto

ELEMENTO	ATRIBUTOS	VALORES
Aceite	Nivel	normal
		alto
		bajo
	Calidad	normal
		buena
		mala
	Tiempo	poco
		mucho

ELEMENTO	ATRIBUTOS	VALORES
Bomba de Gasolina	Estado	bien mal
	Tipo	mecánica eléctrica
	Presión	normal poca (< 170mb) excesiva (> 265mb)
	Tiempo	poco mucho

ELEMENTO	ATRIBUTOS	VALORES
Contacto de los platinos	Estado	bien no abren no cierran sucios
	Forma	planos cóncavas convexas

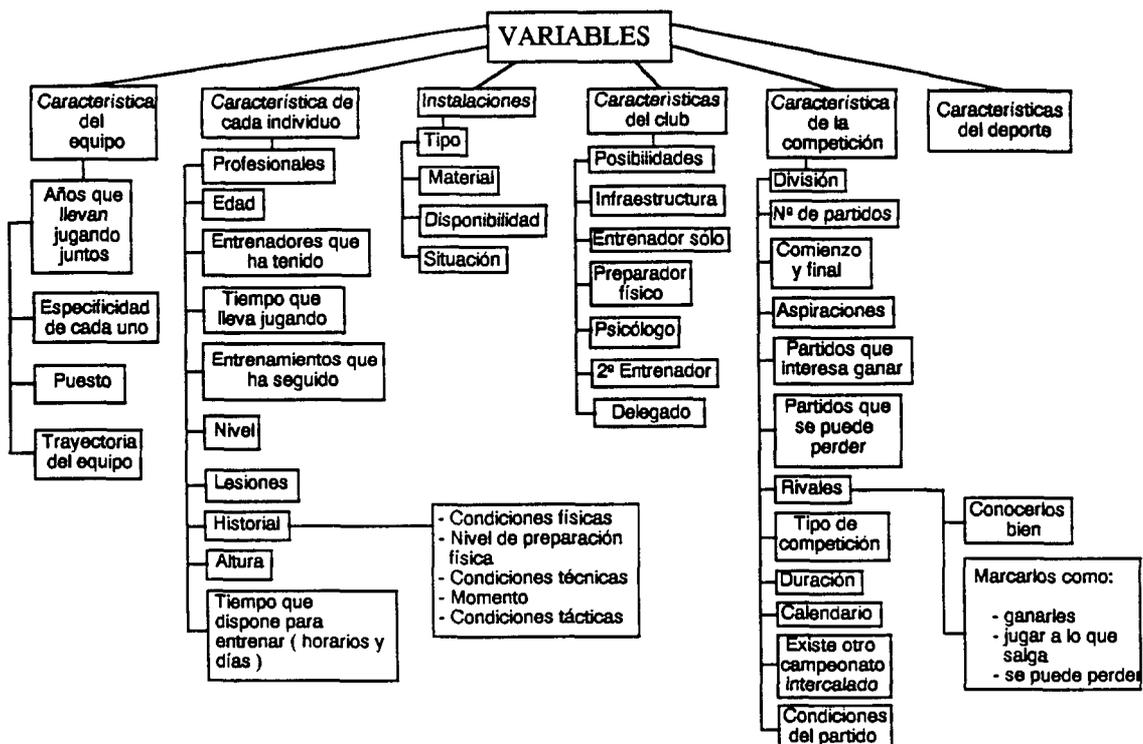
ELEMENTO	ATRIBUTOS	VALORES
Motor	Síntomas	no arranca falta de potencia se calienta demasiado consume demasiado ruidos anormales produce mucho humo
	Estado	no enciende arranque dificultoso se ahoga tiene roces inadecuados se revoluciona más de lo que corre puesta a punto desfasada estornuda gripado congelado bien

## Ejemplo 2

### Dominio:

El PLANificador de una temporada de VOLeibol (PLAVOL) expone de forma esquemática las variables que constituyen un equipo de voleibol.

### Gráfica:



### Ejemplo 3.

#### Dominio:

VACA es el nombre de un proyecto para la diagnosis de las enfermedades comunes que afectan al vacuno lechero. De dicho proyecto se extraen los factores relacionados con el aparato respiratorio que intervienen en la diagnosis

#### Extracto

##### APARATO RESPIRATORIO

Frecuencia Respiratoria

taquipnea

bradipnea

Intensidad Respiratoria

disminuida

reforzada

Tipo Respiratorio

Ritmo Respiratorio

inspiración

expiración

Ruidos Respiratorios

estornudos

estridentes

estertores (secos, húmedos)

mugidos

Flujo Nasal: se comenzará por determinar si es unilateral o bilateral. Después se examinarán aspectos como:

Cantidad (escaso, abundante, constante)

Color (inoloro, rojizo, amarillento)

Olor (inodoro, dulzón, agrio)

Consistencia (sero-mucosa, mucosa, purulenta, cremosa)

Sustancias incorporadas (sangre, pus, etc...)

Nariz y senos nasales

húmedas

frías

secas

calientes....

## Apéndice B.3

### Ejemplo de glosario de términos dentro de un diccionario de conceptos

#### Dominio:

El siguiente ejemplo se extrajo de un trabajo sobre diagnosis de psicopatologías. Las definiciones que aparecen permiten completar una visión general del dominio en su conjunto. Algunas de estas definiciones se extrajeron directamente de fuentes complementarias al experto humano, y el vocabulario que aparece constituye el complemento necesario para que el IC pueda dialogar con el E y comprender lo que este responde.

#### Extracto

**Abstinencia:** situación de incomodidad producida por la interrupción en la administración de una sustancia que crea dependencia o adicción.

**Ansiedad:** excesivo nerviosismo sin causa justificada.

**Alucinación:** delirio perceptivo.

**Asociación libre:** pérdida de capacidad asociativa.

**Conducta estereotipada:** formas repetitivas de un movimiento, p.e. andar en círculos durante horas.

**Contenido onírico:** sueños poco coherentes y poco complejos.

**Crisis:** período de gran intensidad durante el ciclo de una enfermedad.

**Delirio:** pensamiento desordenado e incontrolable.

**Dependencia:** necesidad física y psíquica de una determinada sustancia psicoactiva.

**Depresión:** estado de ánimo persistentemente decaído.

**Ecolalia:** repetición en sus respuestas de las preguntas del entrevistador.

**Ecopraxia:** repetición de los movimientos observados.

**Fobia:** miedo excesivo a algo concreto.

**Manierismo:** Tics en el habla o en los movimientos.

**Negativismo:** falta de cooperación.

**Obsesión:** pensamiento repetitivo que impide una conducta cotidiana normal.

**Pensamiento:** ideas abstractas de la mente.

**Percepción:** como recibe cada ser humano los estímulos del entorno.

**Pérdida de límites del YO:** tener pensamientos del tipo: capacidad para leer las mentes, controlar el mundo, etc...

**Psicología:** estudio de la mente humana y sus desórdenes, con tratamiento esencialmente verbal y conductal.

**Psicosis:** alejamiento o disociación de la realidad.

**Psiquiatría:** semejante a la psicología, pero con una mayor orientación clínica y de medicación.

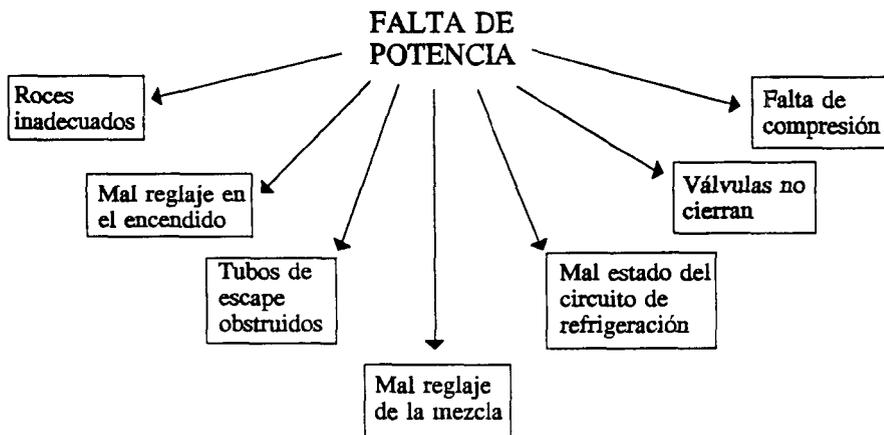
**Sustancia Psicoactiva:** Droga o medicamento que influye de alguna manera en la conducta, pensamiento o percepción de la persona.

## Apéndice B.4

### Ejemplos de Estructuras Conceptuales

Este anexo incluye ejemplos de los dominios de planificación familiar, diagnóstico de averías en automóviles, y planificación de una temporada para un equipo de voleibol. Se puede observar una organización del conocimiento que atiende a criterios que en principio pueden parecer poco convencionales, pero que reflejan la visión personal que sobre los conceptos posee el Experto.

#### Ejemplo 1: Diagnóstico de averías en un automóvil



## Ejemplo 2: Planificación familiar

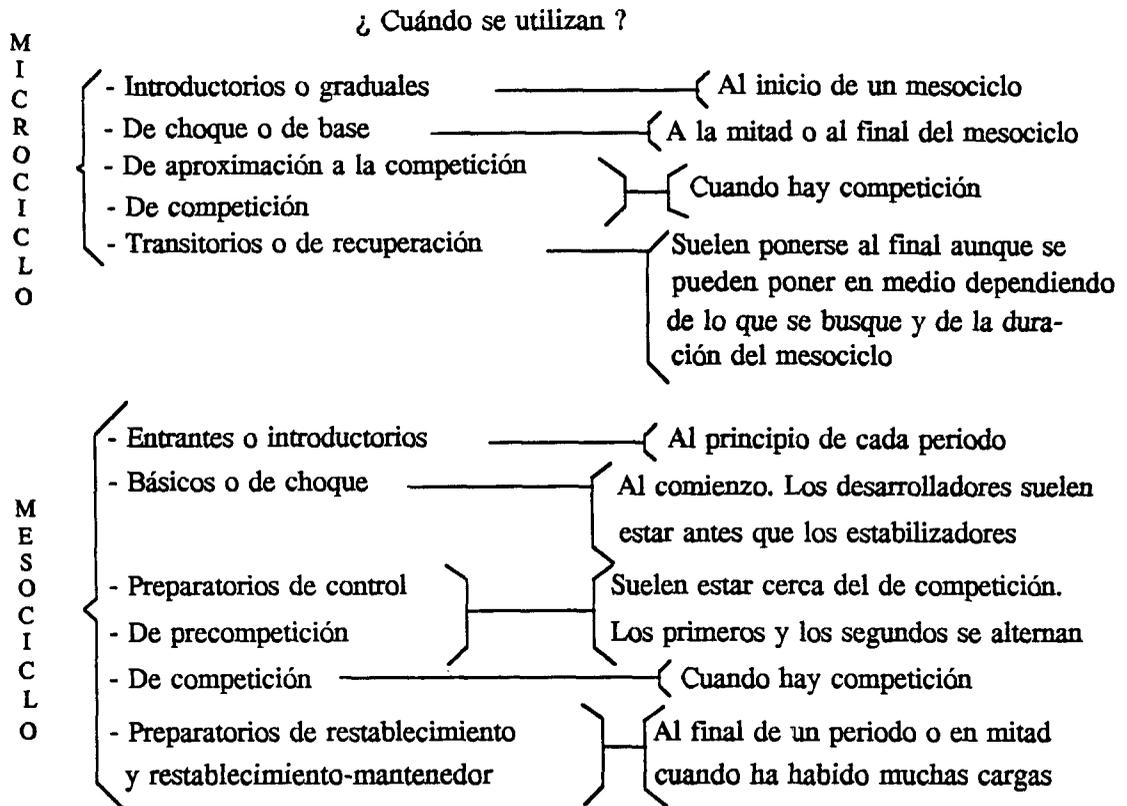
[..] Hablar de comodidad es un poco difícil, pues para unas personas es más cómodo utilizar un método anticonceptivo y para otras lo es elegir otro. Para alguna mujer puede resultar más cómodo tomar una pastilla a diario que someterse unos minutos cada 3 ó 5 años a la introducción de un DIU. Hay personas que no tienen ningún problema para usar un preservativo o otras a las que supone un grave inconveniente tener que preocuparse de disponer de este método y de ponérselo durante el acto sexual. [...] Podríamos hacer una clasificación atendiendo a las molestias teóricas que puede producir cada método:

### A. COMODIDAD DE APLICACIÓN

- 1.- Métodos Naturales
- 2.- Métodos Hormonales
  - 2.1 Orales
  - 2.2 Inyectables
- 3.- Métodos Barrera
  - 3.1 Preservativos
  - 3.2 Diafragma
- 4.- DIU
- 5.- Métodos Quirúrgicos
  - 5.1 Vasectomía
  - 5.2 Ligadura

### B. COMODIDAD EN LA RELACIÓN SEXUAL

- 1.- Métodos Quirúrgicos y DIU
- 2.- Métodos Hormonales
  - 2.1 Inyectables
  - 2.2 Orales
- 3.- Métodos Naturales (salvo C. Interruptus)
- 4.- Métodos Barrera
  - 4.1 Diafragma
  - 4.2 Preservativo
- 5.- Coitus Interruptus

Ejemplo 3: PLAVOL<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Un Microciclo es un período de entrenamiento que abarca entre 3 y 10 días. Un Mesociclo está formado por entre 4 y 6 Microciclos.

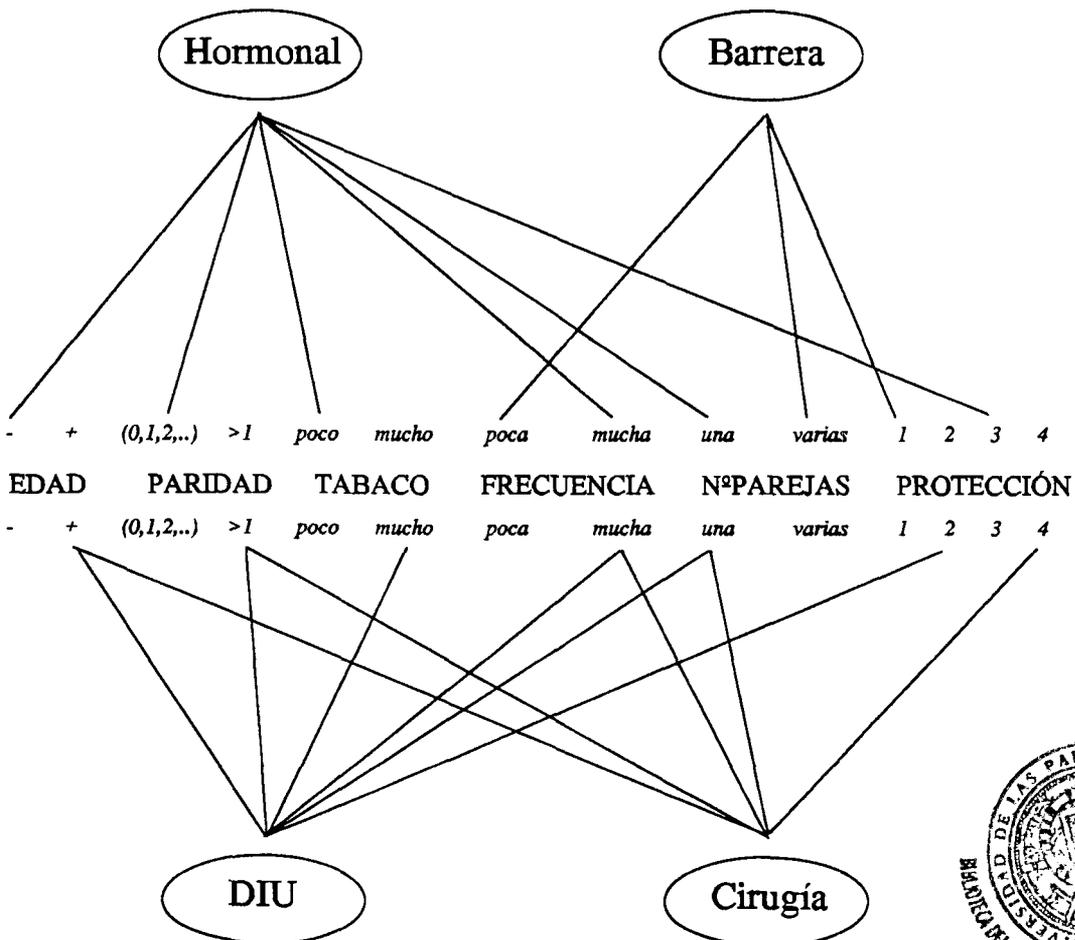
# Apéndice B.5

## Ejemplos de Mapas Cognitivos

Se incluyen dos ejemplos de mapas cognitivos. Estos reflejan una afinidad subjetiva entre los conceptos que relaciona. Son especialmente útiles como herramienta de guía o motivación durante las entrevistas con el E. Uno de los ejemplos está relacionado con la planificación familiar, y el otro pertenece al proyecto Brújula; sistema de asesoramiento al estudiante acerca de qué carrera universitaria se adapta mejor a sus capacidades, preferencias, y características.

### Ejemplo 1: Planificación Familiar

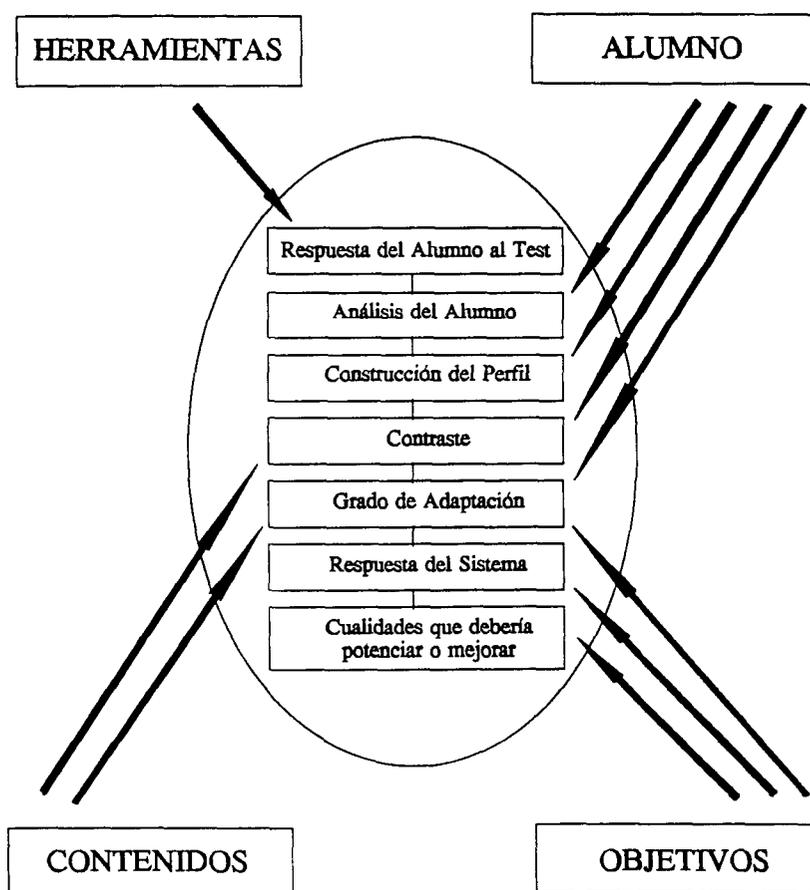
La siguiente gráfica muestra algunos de los principales factores que influyen en la selección de un anticonceptivo u otro. La gráfica NO habla por sí sola. Requiere de una interpretación textual de bajo qué condiciones se elige un método determinado. Lo que sí refleja son los principales componentes de la decisión, siempre a juicio del Experto.



## Ejemplo 2: Proyecto BRÚJULA

La gráfica refleja los principales componentes que intervienen en la decisión del Experto. Estos son:

- HERRAMIENTAS. Relaciona todos aquellos conceptos referidos a la elaboración del test.
- ALUMNO. Agrupa los términos relacionados con el alumno y la obtención del perfil del mismo.
- CONTENIDOS. Hace referencia a aquellos conceptos que identifican a las carreras y sus perfiles.
- OBJETIVOS. Especifican los objetivos del sistema.
- PROCEDIMIENTOS. Reflejan la secuencia de operaciones o procedimientos que sigue el E a la hora de resolver el problema. Existe una interrelación entre los conceptos especificados en este grupo y el resto de los grupos.



# Bibliografía

---

Brulé, James. Knowledge Acquisition. ed. McGraw-Hill

Carrico, Michael. Building Knowledge Systems. ed. McGraw-Hill.1989

Cercone, Nick. The Knowledge Frontier. ed. Springer Verlag 1987

Coenen, Frans. Bench-Capon Trevor. Maintenance of knowledge-based systems. ed Academic Press. 1993

Forsyth, Richard. Expert Systems. Principles and case studies. ed. Chapman and Hall. 2ª edición 1989

Gaines, B.. Boose, J. Knowledge Acquisition for knowledge-based systems. ed. Academic Press 1989

Guida, G.. Tasso, C.. Topics in expert system design. ed. North-Holland. 1990

Hayes-Roth, Frederick. Waterman, Donald. Lenat. Building Expert Systems. ed. Addison Wesley 1983

Jackson, Peter. Introduction to expert systems. ed Addison Wesley

Klahr, Phiip. Expert Systems. Techniques, Tools, and Aplications. ed. Addison Wesley

McGraw, Karen. Knowledge Acquisition. Principles and guidelines. ed. Prentice-Hall. 1989

Raeth, Peter G. Expert Systems. A Software Methodology for Modern Applications. ed. IEEE Computer Society Press Reprint Collection 1990

Waterman, Donald. A guide to Expert Systems. ed. Addison Wesley. 1986

# CAPÍTULO V

---

## Prejuicios y Predisposiciones del Experto y Técnicas Correctivas

# Índice

---

1	¿Prejuzgan los expertos? . . . . .	1
2	¿Por qué se producen los prejuicios? . . . . .	2
2.1	Estancamiento . . . . .	2
2.2	Disponibilidad . . . . .	2
2.3	Representatividad . . . . .	3
2.4	Coherencia interna . . . . .	3
2.5	Consistencia . . . . .	3
3	¿Donde se producen los prejuicios? . . . . .	4
3.1	Generación de la hipótesis y de la solución . . . . .	4
3.2	Articulación de las reglas de decisión . . . . .	5
3.3	Valoración de la incertidumbre y de la confianza . . . . .	5
3.4	Evaluación de la hipótesis . . . . .	6
4	Procedimientos de seguimiento y de corrección . . . . .	6
4.1	Técnicas Mecánicas . . . . .	7
4.2	Técnicas de comportamiento . . . . .	7
	Bibliografía . . . . .	8

# 1 ¿Prejuzgan los expertos?

Un sistema experto sólo podrá ser tan bueno como lo sean los juicios del experto sobre el que el sistema de apoya. Las opiniones o reflexiones de los expertos han demostrado poseer una predisposición sistemática en sus valoraciones en comparación con la lógica estadística. Estos prejuicios pueden ser importantes cuando la precisión, consistencia, y coherencia son atributos importantes de la valoración que hace el experto.

Un sistema basado en el conocimiento debe ser consistente, creíble, rápido, preciso, comprensible, y compatible con los valores del individuo u organización que lo utiliza. Mantener la calidad del conocimiento experto representado depende básicamente de capturar los mejores juicios y todo el conocimiento de valor que posea el experto. Lo que amenudo se olvida es el cómo detectar, evitar, y corregir errores en los juicios que el experto realiza, o en el proceso de razonamiento que este sigue. Si no se corrigen, estos errores pueden magnificarse en la representación de las reglas de decisión e incertidumbre del prototipo.

Los prejuicios se definen en términos de desviación de la lógica del razonamiento probabilístico. Se pueden producir en cualquiera de las tareas cognitivas genéricas de las que consta la resolución de problemas: 1· generación de la hipótesis y de la solución, 2· articulación de las reglas de decisión, 3· valoración de los niveles de incertidumbre y de confianza, 4· testeo de la hipótesis.

Normalmente se espera que un experto trabaje mejor que un novato en todas las tareas cognitivas. De hecho, damos la clasificación de experto a individuos basándonos en su longevidad profesional y no necesariamente en su rendimiento. A menudo sucede que un experto sea 'incapaz' de decir 'no se', lo que puede llevar a consecuencias desastrosas para el sistema.

Los prejuicios pueden ocurrir de diferentes maneras (ver tabla). Pueden ser introducidos en el método o en el formato de la respuesta en la que la tarea de valoración se presenta al experto. Por ejemplo, extraer juicios en la forma de reglas de decisión o probabilidades puede crear prejuicios si el experto no articula normalmente sus pensamientos acerca del problema en tales términos. Los prejuicios conceptuales provienen o de procesos motivacionales, como ilusiones y otros intereses creados en el juicio de valores, o de procesos cognitivos, que se corresponden con la intuición del experto. La discusión se centrará sólo en los prejuicios cognitivos, ya que son los únicos que tienden a ser sistemáticos y pueden reconocerse.

---

**Prejuicios en las valoraciones**

---

Tareas

Conceptuales

Motivacionales

Cognitivos

## **2 ¿Por qué se producen los prejuicios?**

Los prejuicios se producen debido al uso de la heurística cognitiva que permite acortar camino través de tareas complejas. La heurística cognitiva son modos de valoración de un metanivel que pueden ocurrir inconscientemente para el individuo, aunque influye en el razonamiento y en la valoración. A continuación se describen algunas heurísticas cognitivas que se han observado en valoraciones de casos reales.

### **2.1 Estancamiento**

Los individuos tienden a buscar una primera aproximación o un punto natural de comienzo y luego ajustar las valoraciones de los siguientes ~~casos~~ utilizando como base la aproximación inicial. También se suele utilizar la información disponible que apoye dicha decisión.

### **2.2 Disponibilidad**

Son tomados como probables aquellos eventos, cantidades y relaciones que son más fáciles de recordar. A diferencia del razonamiento puramente probabilístico, la frecuencia no es el único determinante de cómo estar un evento psicológicamente disponible. La sobredependencia en la disponibilidad puede llevar a un desacuerdo sistemático con estimaciones de probabilidad determinadas más objetivamente.

Los prejuicios asociados con este apartado incluyen la preferencia de información concreta sobre la abstracta, una sensibilidad extrema a las condiciones actuales, y una falsa correlación entre varios componentes y factores de un problema.

## 2.3 Representatividad

Las probabilidades de eventos y los riesgos se valoran por sus grados de similitud con eventos familiares o estereotipos más que con una frecuencia estadística. Los humanos tienden a extrapolar las ocurrencias de un pequeño grupo de sucesos que perciben como similares hacia otro grupo mayor de sucesos. Representatividad puede derivar en una estereotipificación de las respuestas (ej. imaginar que un conjunto de condiciones derivarán determinadas consecuencias porque poseen características clásicas). Otros prejuicios se producen cuando se abandona información objetiva por un conjunto de características definido más preciso. Cuanto más detallado es un escenario, más probable parece, aunque la combinación de características en un escenario real sea menos probable de que ocurra realmente.

## 2.4 Coherencia interna

Las informaciones o las valoraciones consistentes con las creencias previas de un individuo son promocionadas sobre aquellas que son menos consistentes o sugieren la necesidad de comprobaciones adicionales. Por ejemplo, la plausibilidad de un escenario o una estimación de variabilidad consigue un pesaje mayor en su probabilidad percibida que en su probabilidad de ocurrencia. Este efecto es especialmente pernicioso cuando el experto ha expresado el mismo juicio en el pasado sin una validación de su predicción. Los expertos deben desechar las evidencias de conflictos o los escenarios fuera de su rango de experiencia previa y aprobación.

## 2.5 Consistencia

La consistencia de las fuentes de información puede llevar a un incremento en la confianza de las valoraciones, pero no a incrementar la precisión predictiva u otro rendimiento. Un pequeño cuerpo de datos consistentes tiene un efecto mucho mayor que un cuerpo mucho mayor de datos menos consistentes, especialmente cuando la tarea (ej: planificación) no es repetitiva y hay poca realimentación en las respuestas. Se puede recoger más información con prejuicios hacia las preferencias iniciales en orden de incrementar la consistencia.

### 3 ¿Donde se producen los prejuicios?

La heurística cognitiva no debe concluir necesariamente en la realización de valoraciones pobres. De hecho, existen procesos naturales con los que los expertos desarrollan sus habilidades profesionales. Sin embargo, el apoyarse demasiado en tales heurísticas puede derivar en prejuicios sistemáticos. Distintas tareas cognitivas están relacionadas con diferentes tipos de prejuicios (tabla). Estos han sido identificados en contextos experimentales y operacionales.

**Prejuicios cognitivos en las tareas de valoración de los Expertos**

<i>Generación de la hipótesis y de la solución</i>	<i>Articulación de las reglas de decisión</i>	<i>Valoración de la incertidumbre</i>	<i>Evaluación de la hipótesis</i>
		Sobre-confianza	
	Errores de atribución		Selección
	Falsa correlación	Tiempo transcurrido	Información
		Conformismo	Efecto de orden
Deficiencias en la generación de opciones	Orden	Eventos poco frecuentes	Tiempo transcurrido
	Información		
	Ley de los 'números pequeños'	Error del jugador	Sobre-estimación de la completitud
Selección		Regresión	
		Ignorancia de las valoraciones en base	

#### 3.1 Generación de la hipótesis y de la solución

**Deficiencias en la generación de las opciones.** Consiste en la omisión de elementos de escenarios o de hipótesis, sobre todo aquellos que son poco comunes.

**Selección.** Este error es la limitación de la selección a aquellas opciones que el individuo haya vivido o que espere que ocurra.

### 3.2 Articulación de las reglas de decisión

**Errores de atribución.** Consiste en atribuir demasiada responsabilidad a una condición o a un factor.

**Falsa correlación.** Creencia de que dos o más variables covarían cuando no lo hacen, o que existe un patrón a seguir cuando realmente son aleatorios.

**Efectos de orden.** Dar importancia a los primeros datos recogidos en una presentación secuencial de condiciones (primacía), o a los últimos datos cuando realmente no la tienen.

**Prejuicios en la información.** Sobrevalorar condiciones descritas con información concreta, absoluta y consistente con inferencias iniciales, mientras se menosprecian condiciones con evidencias abstractas, relativas, y conflictivas.

**Ley de los números pequeños.** Esperar erróneamente que pequeñas muestras sean altamente representativas de la población, conduciendo a una excesiva confianza en los primeros resultados, a una finalización prematura del proceso de búsqueda, y a una escasa apreciación de la variabilidad en el estudio de determinadas condiciones.

### 3.3 Valoración de la incertidumbre y de la confianza

**Sobre-confianza.** Sobre-estimar demasiado las probabilidades discretas (niveles de certidumbre) respecto a los reales.

**Tiempo transcurrido.** Sobre-estimar la probabilidad de eventos por el sólo hecho de que hayan ocurrido en el pasado. La creencia errónea de que un evento fue 'inevitable' lleva a desestimar otros hechos e investigaciones.

**Conformismo.** Error al revisar una opinión o al recibir nueva información. Una vez que se ha hecho un juicio, algunos expertos son extremadamente reacios a considerar nueva información.

**Eventos poco frecuentes.** Sobre-estimación de la probabilidad de sucesos infrecuentes o de la unión de probabilidades de sucesos independientes.

**Error del jugador.** Sobre-estimación de la probabilidad de un evento cuando ya han sucedido un número no esperado de otros sucesos.

**Regresión.** Utilizar los valores extremos de una variable para predecir los valores opuestos de la observación siguiente.

**Valoraciones con base.** Apoyarse sólo en información específica y descriptiva, y rechazar probabilidades previas (con base) de la clase más general de eventos o valores.

### 3.4 Evaluación de la hipótesis

En este caso los errores más importantes en los que suelen caer los expertos coinciden con algunos de los apartados ya comentados, y pueden observarse en la tabla anterior.

## 4 Procedimientos de seguimiento y de corrección

Se han diseñado algunos procedimientos correctivos contra los prejuicios en las valoraciones personales y en grupo (ver tabla). Los procedimientos mecánicos manipulan la tarea o ajustan los prejuicios después de la extracción. Los procedimientos de comportamiento utilizan las entrevistas y las técnicas de grupo para asegurar el máximo aprovechamiento del conocimiento del (los) asesor(es). La mayoría de las técnicas se han desarrollado para tratar determinados prejuicios, por lo que el ingeniero del conocimiento ha de tener una idea a priori de qué tipos de prejuicios podrían activarse en las distintas fases de la tarea de valoración que se esté modelando.

La siguiente tabla identifica algunos tipos de técnicas correctivas aplicables a la tarea de articular reglas de decisión o niveles de incertidumbre.

<i>Procedimientos correctivos para las reglas de decisión y valoración de la incertidumbre</i>		
<i>Mecánicas</i>		<i>de comportamiento</i>
<i>Tarea</i>	<i>Valoración</i>	
Pistas visuales	Pesaje por consenso	Dirigidas
Modo de respuesta		Descomposición
		Entrenamiento
		Reto lógico
		Interacción para el consenso

## 4.1 Técnicas Mecánicas

**Pistas visuales.** Hacer que el individuo seleccione, cree, y compare patrones visuales más que expresiones verbales para representar sus opiniones o valoraciones.

**Cambios en el modo de la respuesta.** Se pueden encontrar inconsistencias y formas más naturales de expresión variando el formato de las valoraciones acerca de las hipótesis o de los niveles de incertidumbre. (ej. utilizar una escala con números enteros en lugar de una con números reales)

**Pesaje por consenso.** Combinar las valoraciones de múltiples individuos creando medidas compensatorias de sus respuestas en la misma tarea de valoración. Los 'pesajes' pueden ser diferencias en la habilidad técnica, o un autogrado de confianza, o calibraciones anteriores, etc..

## 4.2 Técnicas de comportamiento

**Dirigidas.** Estructurar tanto la tarea y el entorno de la entrevista de manera que se puedan identificar y corregir prejuicios específicos según se van haciendo sintomáticos.

**Descomposición.** Descomponiendo las cantidades o las relaciones en sub-eventos o factores importantes, cada uno de los cuales puede ser más probable y más fácil de valorar que la composición original. Estos subcomponentes pueden aportar pesos individualmente al conjunto de la relación. Este método es el apropiado en la valoración de incertidumbres poco comunes.

**Entrenamiento.** Los individuos pueden en algunos casos eliminar prejuicios si ellos pueden entender y manipular el formato de representación (factores de certeza, reglas de producción, frames, etc.). Se ha demostrado que el entrenamiento en la valoración de probabilidades ha sido exitoso en la mejora de la calibración, especialmente cuando una realimentación en el rendimiento es frecuente, inmediata, y específica.

**Reto lógico.** Hacer que los expertos justifiquen sus propias respuestas. Algunas veces se detectan prejuicios cuando un individuo tiene que aportar una lista de razones para confrontarla con otra posibilidad más probable. A menudo esto deriva en la modificación de la respuesta.

**Interacción para el consenso.** Discutir en grupo todas las valoraciones de cada miembro del grupo. Mientras el ingeniero del conocimiento controle el nivel de controversia, esto puede dar lugar a mejores valoraciones y a la aceptación de las modificaciones por parte de los participantes. (Ej. la técnica Delphi)

En definitiva, las entrevistas abiertas deben combinarse con un estilo cada vez más estructurado según converja el proceso hacia valoraciones específicas. Por ejemplo, la sobreutilización del estancamiento se puede combatir pidiendo al experto valoraciones extremas antes de la que el prefiera. Se pueden proponer múltiples escenarios, incluyendo alguno con información inconsistente. Se debe tener cuidado en no dar demasiada importancia a los casos clásicos. Las valoraciones de los coeficientes de incertidumbre no deben aceptarse sin haber realizado previamente un escrutinio de los casos posibles. Pueden servir de ayuda a un cuestionario más profundo, pero los niveles de confianza altos pueden ocultar muchos problemas, dependiendo de la habilidad de introspección del experto.

## Bibliografía

Forsyth, Richard. *Expert Systems. Principles and case studies.* ed. Chapman and Hall. 2ª edición 1989

Guida, G.. Tasso, C.. *Topics in expert system design.* ed. North-Holland. 1990

Hayes-Roth, Frederick. Waterman, Donald. Lenat. *Building Expert Systems.* ed. Addison Wesley 1983

McGraw, Karen. *Knowledge Acquisition. Principles and guidelines.* ed. Prentice-Hall. 1989

Waterman, Donald. *A guide to Expert Systems.* ed. Addison Wesley. 1986

# CAPÍTULO VI

---

## Herramientas para la Adquisición del Conocimiento

CUIDE EL LIBRO  
NO LO SUBRAYE

# Índice

---

1	Panorámica . . . . .	1
2	Simulaciones en la adquisición del conocimiento . . . . .	3
3	Prototipos del sistema en la adquisición del conocimiento . . . . .	4
4	Herramientas de adquisición del conocimiento por computador . . . . .	5
	Bibliografía . . . . .	5

# 1 Panorámica

La idea de desarrollar herramientas para facilitar la adquisición del conocimiento no es de ninguna manera nueva. Desde 1968 se han desarrollado herramientas que adquieren el conocimiento mediante un programa inteligente de edición, las cuales trabajan mediante una extrapolación de un conocimiento dado y un 'aprendizaje', o que están basadas en metodologías psicológicas de entrevistas, por nombrar unas cuantas. Los científicos continúan investigando el uso del lenguaje natural en un programa automático de adquisición de manera que el experto se pueda comunicar directamente con el sistema.

Otra línea la constituyen las aplicaciones de *machine learning* para ayudar en la resolución de los problemas asociados con la representación del conocimiento y la expresión del conocimiento experto. Estos esfuerzos están ejemplificados con el META-DENDRAL, un programa que aprende reglas que predicen cómo las clases de componentes se descomponen ante un espectrógrafo de masas.

Los éxitos en estas áreas y en los trabajos de desarrollo han animado a los investigadores a desarrollar sistemas de adquisición del conocimiento. Estos sistemas buscan manipular los procesos de conceptualización, estructuración del conocimiento (mapping), extracción o representación (o una combinación de todos) en el desarrollo de un sistema experto. Normalmente promocionan la interacción entre el experto y el propio sistema, de forma que el ingeniero del conocimiento actúe principalmente como un 'facilitador'. Buchanan identificó en 1983 algunos de los beneficios de la automatización del proceso de adquisición del conocimiento incluyendo:

- Las herramientas automáticas se demostrarían más competentes que los humanos a la hora de extraer o refinar determinados tipos de conocimiento.
- Los métodos automatizados podrían reducir significativamente los costes (tiempo y dinero) de los recursos humanos implicados en el desarrollo de sistemas expertos.

¿Cómo aprende un médico recién titulado a ser un especialista experto? ¿Cómo se convierte un profesor novato en maestro? En ambos casos, la aproximación maestro-aprendiz es la utilizada para aprender. Es decir, dados los fundamentos del dominio, un aprendiz trabaja con un maestro en el dominio para aprender observando y participando en la resolución de problemas. A medida que el aprendiz observa como el maestro resuelve ejemplos de problemas cotidianos, y de casos difíciles, estudia las respuestas del mismo en cada caso. A pesar de que el maestro no instruye al aprendiz directa o explícitamente durante

las actividades de resolución de problemas, el aprendiz comienza a aprender por inducción.

La inducción es el proceso que nos permite inferir una ley o desarrollar teorías mediante la observación de eventos o casos en los que se aplica dicha ley. Así, después de observar a un 'maestro' empezamos a inferir qué preguntas debemos hacer primero, qué preguntas disparan caminos alternativos a través del cuestionario, y qué variables (ej. tipo de daño, tipo de seguro) y sus valores asociados son trascendentes.

La investigación en machine learning se centró en aprender (inducir reglas) a partir de ejemplos suministrados por el experto. También es posible generar teorías a partir de conjuntos incompletos de ejemplos. La generación de conocimiento a partir de tales casos incompletos hace de la inducción un excelente medio de adquirir conocimiento. Estos sistemas se apoyan en la tendencia natural de los expertos a proporcionar ejemplos de problemas, cuestiones críticas a realizar, y soluciones tipo durante las sesiones de adquisición. La adquisición del conocimiento basada en la inducción requiere que el experto proporcione los ejemplos y la información crítica tecleándola en un programa de ordenador el cual construye una tabla de inducción para el análisis de la información.

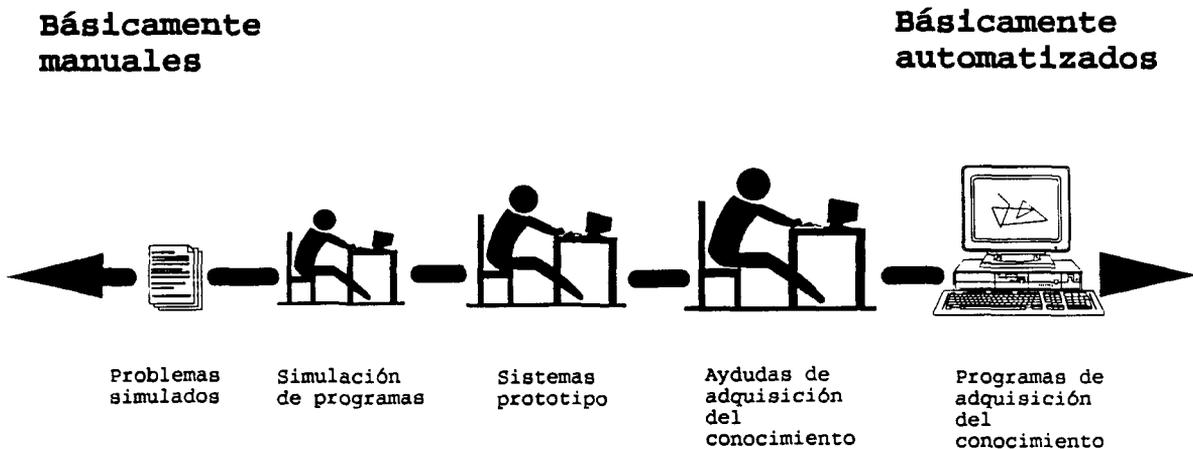
Se han desarrollado algunas herramientas de adquisición automática del conocimiento basándose en la teoría de la inducción. Sin embargo, el mero hecho de que podamos inferir teorías a partir de ejemplos no garantiza que el conocimiento adquirido sea de gran calidad. El grado en el que dichas teorías son representativas de la solución global depende de la bondad y de la completitud del conjunto de ejemplos de entrenamiento con el que se construye la teoría. Por lo tanto, (según Sapiro) *sólo* se garantiza que sean válidas aquellas descripciones inferidas de los hechos con los que se construyó la inducción.

Los intentos de mejorar la adquisición del conocimiento mediante la interacción directa del experto con la base de conocimiento del sistema experto a través de un programa inteligente de edición, 'sustituyen un conjunto de problemas de comunicación' por otro. Incluso sin que sea el ingeniero del conocimiento el centro del proceso, el cuello de botella continúa existiendo. Las herramientas de adquisición del conocimiento serían adecuadas dependiendo del ámbito, complejidad, y el tipo de la aplicación. Sin embargo, las siguientes restricciones pueden reducir sus posibilidades de uso:

- El requisito de que el experto sea un usuario experimentado de la herramienta de adquisición seleccionada para el desarrollo.
- La naturaleza difícil de que uno sea consciente de sus propios procesos de razonamiento.
- La necesidad de que la herramienta sea capaz de mantener un diálogo inteligente con

el experto para ayudar a dirigirle, a identificar variables críticas, y refinar la información extraída con el adecuado nivel de detalle.

A pesar de estas deficiencias, existen herramientas que cubren distintos grados dentro del proceso de adquisición, tal como se muestra en la siguiente figura. Las siguientes secciones discutirán aplicaciones para cada tipo de automatización.



## 2 Simulaciones en la adquisición del conocimiento

Un programa de simulación aporta una manera de desarrollar una descripción global de un conjunto de tareas del dominio. Un programa ideal de simulación

- emula el rendimiento de la tarea en el dominio
- proporciona un entorno en el que el ingeniero puede observar al experto resolver e interactuar con los problemas típicos del dominio
- proporciona la oportunidad de clarificar y refinar las conceptualizaciones o modelos del dominio.

Un ejemplo es OpusII, un simulador para el desarrollo de vehículos inteligentes. Adoptan el paradigma de miembros de una tripulación controlando una plataforma (p.e. un avión) para un 'mundo' determinado por el usuario. OpusII proporciona al usuario una serie de mundos,

#### 4 Adquisición del Conocimiento

plataformas, facilidades de simulación, y de presentación por pantalla. El diseño interactivo y gráficas (p.e. relojes, tacómetros...) lo hace una valiosa ayuda de adquisición en el área de la aviónica. Este sistema y otros como LOTTA (un generador de campos de batalla dinámico) se pueden utilizar para el testeo progresivo, el refinamiento, y la validación de la base de conocimiento y de técnicas de inferencia.

Antes de utilizar la simulación en la adquisición del conocimiento, se debería introducir la herramienta al experto en una sesión previa. En esta sesión también se deberían establecer claramente tanto los papeles que deben desempeñar el ingeniero y el experto, como los objetivos de las siguientes sesiones.

### 3 Prototipos del sistema en la adquisición del conocimiento

Pedir al experto que revise periódicamente las reglas que se han incluido en la base de conocimiento no asegura el adecuado funcionamiento del sistema. Cuando se revisa una regla, el experto es capaz de observar sólo el contenido de una regla cada vez. Revisar los resultados del proceso de inferencia durante la ejecución del prototipo y observar la interacción entre las reglas puede ser más útil para identificar las necesidades futuras de conocimiento. Por lo tanto, disponer de prototipos del sistema experto en desarrollo se convierte en una valiosa herramienta para la adquisición del conocimiento y para el refinamiento de la base de conocimiento. Estos prototipos pueden utilizarse para comprobar la idoneidad de la herramienta de construcción de sistemas expertos seleccionada, y posteriormente, la implementación de las reglas y conceptos que se han adquirido. Los últimos usos del prototipo consistirían en validar las suposiciones de que 'las reglas reflejan las asociaciones y métodos que o utilizan los expertos cuando resuelven los problemas, o son racionalizaciones comprensibles de tales métodos'. En la revisión de los prototipos, el experto es capaz de observar la interacción entre las reglas y el resultado de la ejecución del prototipo actual y entonces sugerir modificaciones. Esta interacción puede ser especialmente útil a la hora de identificar áreas en las que los procedimientos de inferencia deben modificarse, descubrir potenciales conflictos entre las reglas, o identificar vacíos en la base de conocimiento.

## 4 Herramientas de adquisición del conocimiento por computador

Finalmente, los ingenieros del conocimiento que elijan automatizar al menos parte del proceso e adquisición deben seleccionar o desarrollar un programa para tal tarea. Opiniones acerca de la utilidad o validez de dichos programas varían desde

*'con estas herramientas se puede automatizar totalmente el problemático proceso de la adquisición del conocimiento'*

hasta

*'aunque esta herramienta cumpla unas necesidades específicas de adquisición, un ingeniero del conocimiento debe todavía guiar al experto, ayudar a refinar el conocimiento, y clarificar el contenido de la base de conocimiento a través del uso de técnicas manuales de adquisición del conocimiento'*

Se están realizando gran cantidad de proyectos en el desarrollo de programas de adquisición del conocimiento; su número y eficiencia continúa aumentando a medida que se integran nuevas técnicas y metodologías y se mejora su aplicabilidad. Las herramientas que existen actualmente intentan proporcionar los siguientes tipos de asistencia:

- Aumentar la facilidad con la que un experto puede comunicar su conocimiento.
- Organizar el conocimiento que se transfiere de forma que se integre todo el conocimiento importante.

## Bibliografía

Hayes-Roth, Frederick. Waterman, Donald. Lenat. Building Expert Systems. ed. Addison Wesley 1983

McGraw, Karen. Knowledge Acquisition. Principles and guidelines. ed. Prentice-Hall. 1989