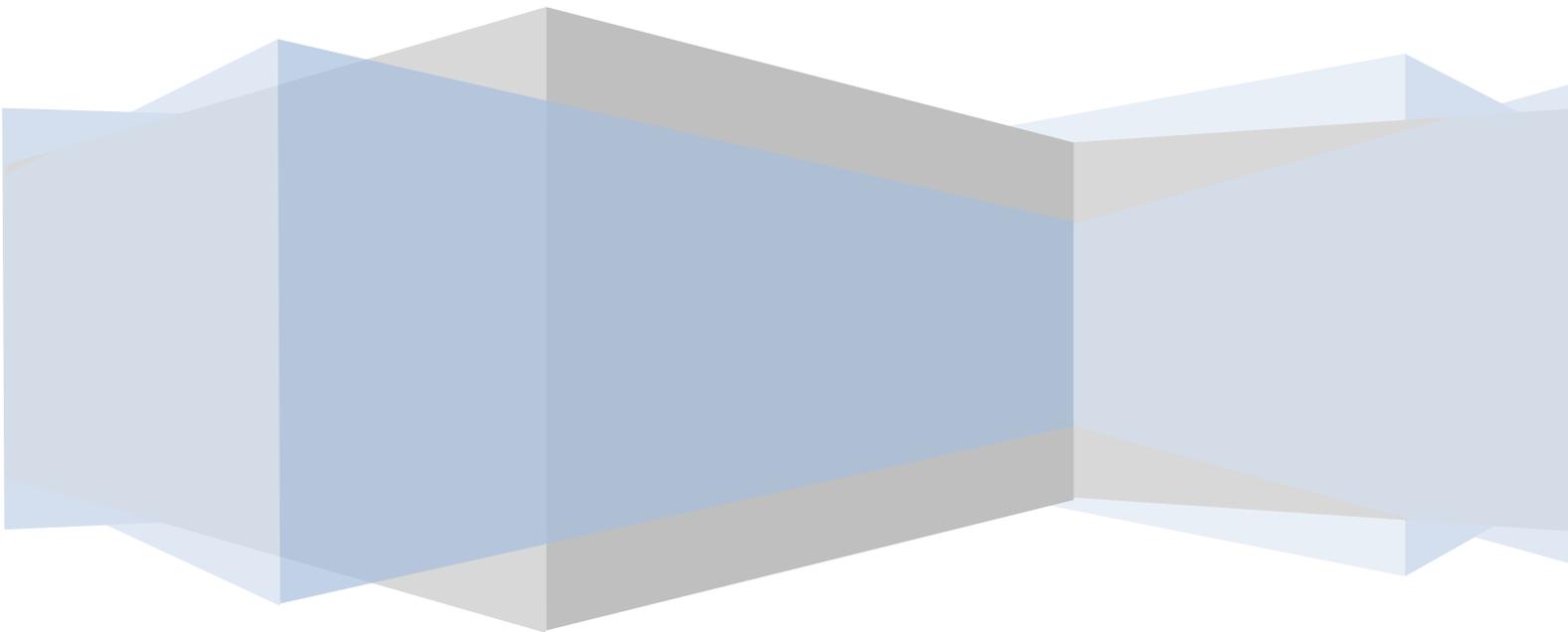


# **CAPÍTULO 2**

# **Ingeniería de Conocimiento**





## CAPÍTULO 2. INGENIERÍA DE CONOCIMIENTO

Antes de abordar este capítulo se presenta a continuación una breve descripción de los conceptos fundamentales, para el mejor entendimiento del mismo, tales como son: conocimiento, ingeniero del conocimiento y experto humano.

### *Conocimiento*

Según (Vázquez , 2009, p.59) “Desde el punto de vista de la Inteligencia Artificial(IA), el conocimiento se puede interpretar como la combinación de esquemas o estructuras de datos y procedimientos interpretativos que confieren algún comportamiento inteligente y está formado por hechos, conceptos, procedimientos, ideas abstracciones, reglas y asociaciones utilizadas para modelar el mundo real.”

El *conocimiento* se refiere al aprendizaje individual, en el cual intervienen el proceso de adquisición y almacenamiento del conocimiento cuyo objetivo es incrementar la capacidad del individuo para realizar acciones efectivas.

### *Tipos de conocimiento*

*Conocimiento declarativo:* según (Pech, 1999, p.29) se puede expresar desde un hecho o atributo poseído por un objeto, persona o concepto abstracto y una o varias relaciones entre estos.

*Conocimiento procedural:* consiste en un conjunto de reglas (basadas en conocimiento) que los expertos usa en la solución de los problemas. Consiguiendo así la generación de más conocimiento.

*Metaconocimiento:* es el conocimiento sobre el propio conocimiento y la experiencia, forma parte del Motor de inferencia. En IA el metaconocimiento se refiere al conocimiento sobre la operación de los sistemas basados en conocimiento, es decir, sobre sus capacidades de razonamiento.

### *Ingeniero de Conocimiento (ICO)*

El Ingeniero del Conocimiento (ICO) es un especialista informático, el cual tiene los conocimientos profundos sobre el desarrollo y ejecución de sistemas basados en el conocimiento como en un Sistema Experto (SE), debe conocer las herramientas de su desarrollo, estrategias efectivas de comunicación y contar con conocimientos mínimos de psicología para poder interpretar las expresiones y manifestaciones del experto humano, para que el SE se realice de tal manera que cumpla los objetivos y satisfaga a los usuarios.

El ICO es el encargado de realizar las siguientes actividades:

- Extrae el conocimiento del experto humano por medio del planteamiento de preguntas o algún otro método definido para la Adquisición del conocimiento y lo plasma en una Base de conocimiento.
- Implementa correctamente el conocimiento del experto humano.

*Experto Humano:* El experto es una persona de reconocido prestigio que decide poner a disposición de muchos su experiencia por medio de un sistema.

*Usuario:* Persona que va a utilizar el sistema. Su conocimiento debe ser considerado al desarrollar el Sistema Basado en el Conocimiento (SBC).

### **Ingeniería del conocimiento (IC)**

De acuerdo a (Rodríguez, 2002, p. 20) se presentan las siguientes definiciones de Ingeniería del conocimiento:

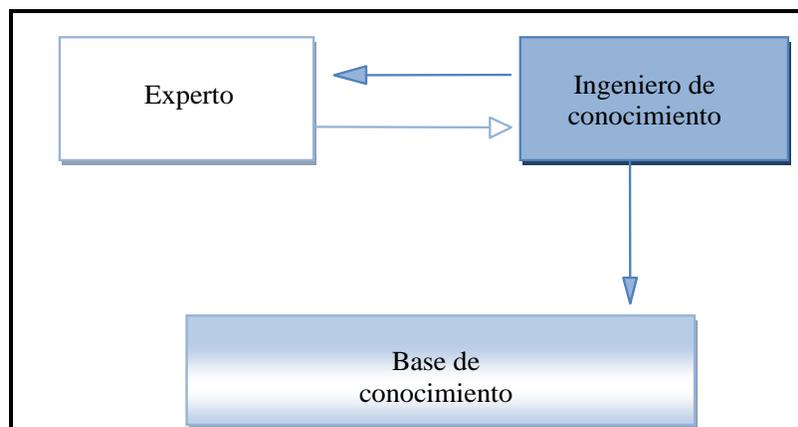
- Definición estricta: La Ingeniería del Conocimiento tiene que ver con la adquisición, representación, validación, inferenciación, explicación y mantenimiento del conocimiento.

- Definición amplia: La Ingeniería del conocimiento describe el proceso de desarrollo y mantenimiento de Sistemas de Inteligencia Artificial.

La ingeniería de Conocimiento se asocia como rama de la Inteligencia Artificial (IA), debido a que esta “relacionada con la adquisición, representación y el procesamiento del conocimiento”, estrechamente vinculada con el desarrollo de sistemas de software en donde el conocimiento y razonamiento tienen un papel fundamental (Sistema Experto -SE).

La ingeniería del conocimiento permite construir aplicaciones informáticas en dominios difíciles para la informática convencional como lo son los SE (sistemas basados en el conocimiento), donde los algoritmos empleados nos son de tipo formal, debido a que el conocimiento, en general, no está bien estructurado, puede ser inconsistente, incompleto e impreciso.

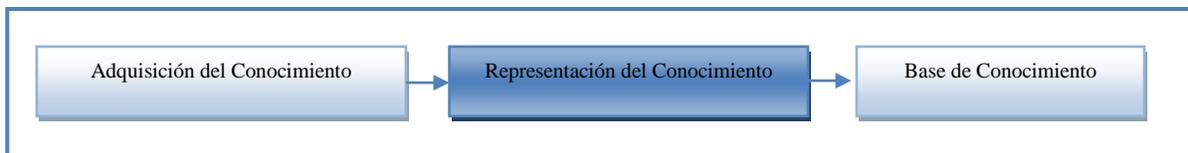
La habilidad de expresar el conocimiento y utilizarlo en un sistema experto es aún más difícil, pues el lenguaje que utiliza un experto no es un lenguaje que la computadora entienda. Por eso es necesario que el IC establezca una comprensión global del área, se forme un diccionario mental de los términos esenciales y desarrolle una comprensión básica de los conceptos clave.



*Figura 2. Interacción entre el IC y el experto.*

De manera general la Ingeniería del Conocimiento está constituida por tres procesos fundamentales:

- 1) Adquisición del conocimiento: fase en la cual mediante expertos humanos en el dominio del conocimiento.
- 2) Representación del conocimiento: en la cual interviene de manera fundamental el ingeniero del conocimiento encargado de codificar y hacer explícitas las reglas u otros procedimientos, todo esto para que los expertos humanos sean capaces de resolver problemas reales, en la construcción de un SE dicha cooperación del experto humano con el Ingeniero de conocimiento.
- 3) Base de Conocimiento: última fase y es en la cual la información entra tal como llega, ya que el orden no influye en los resultados obtenidos. Sucede así porque cada elemento de conocimiento es comprensible por sí mismo, tomado de forma aislada y, por lo tanto, no es necesario referirse al contexto en el cual está inserto. La información puede ser representada mediante reglas de producción. Las reglas de producción constituyen el método más utilizado para construir bases de conocimientos. Llamadas también implicaciones lógicas. Su estructura es la siguiente: para unas ciertas causas, unos efectos; o, para determinadas condiciones, ciertas consecuencias. Esto se define a menudo como programación orientada a las reglas.



*Figura 3. Ingeniería del Conocimiento de manera general*

La Ingeniería del Conocimiento se define como una disciplina que permite construir sistemas expertos (SE), mediante procesos fundamentales como son: adquisición del conocimiento, representación del conocimiento, validación del conocimiento, inferencia del conocimiento, explicación y justificación.

El objetivo de la Ingeniería del conocimiento es construir sistemas basados en el conocimiento de expertos humanos y auxiliado del proceso de Adquisición del conocimiento obtener el conocimiento requerido para construir un determinado sistema. Se debe tener en cuenta que el proceso de adquisición del conocimiento se lleva a cabo durante

todo el desarrollo del sistema, desde el momento en que se comienza a estudiar el problema y su solución, hasta su evolución.

## **Procesos Fundamentales de la Ingeniería del Conocimiento**

### Adquisición del Conocimiento (AC)

Es importante saber que éste proceso requiere de fuentes de conocimiento, de las cuales se da una breve descripción a continuación:

- Fuente de Conocimiento Estática (Fuente Secundaria): el contenido no se puede variar por lo cual se debe seleccionar las fuentes más apropiadas que están relacionadas con el problema para adquirir los conocimientos básicos del dominio, todo aquel conocimiento tangible a nosotros, por ejemplo un libro, una revista, un artículo, una película, etc.
- Fuente de Conocimiento Dinámica (Fuente Primaria): variable, cambiante e inexacta, basado en la experiencia, entre otros. El hombre realiza parte de este tipo de fuente, en particular, el Experto.

El proceso de Adquisición del conocimiento se define como la labor de extracción del conocimiento de las fuentes.

Por lo tanto, la Adquisición del Conocimiento es el proceso central en la creación de sistemas basados en el conocimiento para sistemas expertos. El ingeniero del conocimiento se encarga de crear y organizar un sistema de adquisición de conocimiento, con su respectiva base de conocimiento, a partir de la captación e interrogación de la experiencia previa del experto. En la práctica, puede producirse un sistema experto inadecuado cuando el experto no lo es tanto, o sus conocimientos no se presten a la formulación de reglas, por falta de estructuración, o porque la adquisición del conocimiento estuvo mal hecha.

En el ámbito educativo, el docente:

- Es el experto encargado de organizar el conocimiento y el proceso de adquisición por parte del estudiante.
- El diseño instruccional permite organizar el proceso de adquisición del conocimiento por parte del estudiante.
- Tiene como función principal facilitar la adquisición del conocimiento.

El conocimiento adquirido en esta etapa puede ser: específico sobre el entorno del problema y los procedimientos de solución.

El objetivo de la Adquisición del Conocimiento es comprender cómo un individuo lleva a cabo una actividad de modo que la misma pueda ser automatizada.

### ***Etapas de la Adquisición del conocimiento.***

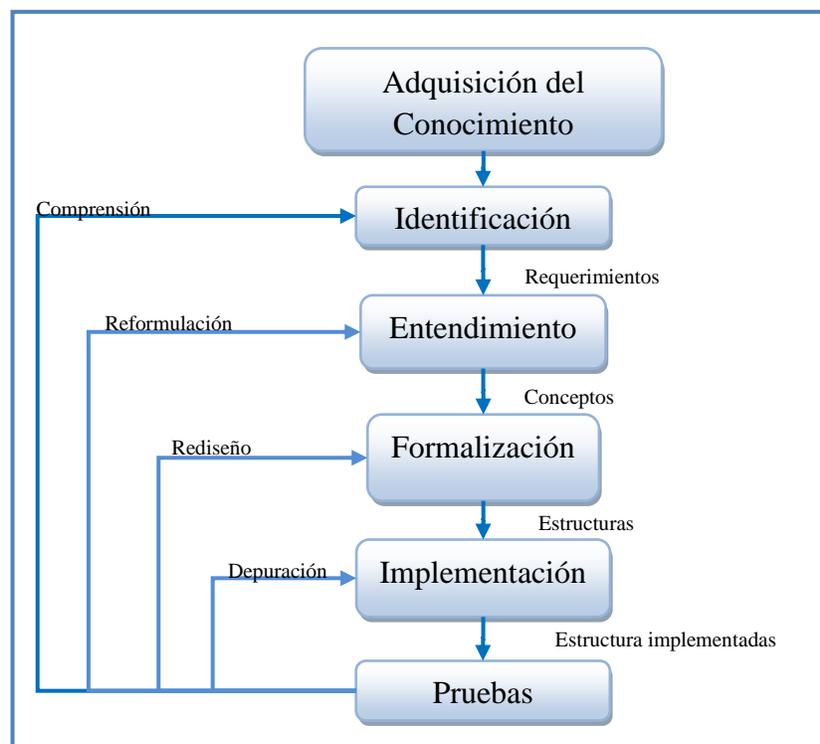
Según (Vázquez, 2009, págs.61-62). En el proceso de Adquisición del conocimiento se identifican 5 etapas para la extracción del conocimiento a continuación son descritas de manera general:

1. *Identificación.* Durante esta etapa, el problema y sus características principales son reconocidos. El problema es dividido en subproblemas (si es necesario), los participantes son identificados, y se describen los recursos. El Ingeniero de conocimiento aprende de la situación y lo plasma todo cumpliendo con el propósito de la aplicación de IA.
2. *Entendimiento.* El conocimiento importante para una situación de decisión puede estar diferenciado. Por tanto, esto es necesario para determinar los conceptos y las relaciones usadas. Estas y muchas otras cuestiones son respondidas durante el entendimiento, por ejemplo: ¿Cuál información es usada y cómo puede ser representada en la Base de conocimiento? ¿Son las reglas un buen medio de representación? ¿Cómo extraer los conocimientos de manera segura?

3. *Formalización.* El conocimiento es adquirido por la representación en la Base de conocimiento. La forma en la cual el conocimiento es organizado y representado puede determinar la metodología de adquisición. Por ejemplo, en los sistemas basados en reglas, debe ser organizado en términos de reglas. En esta etapa la Adquisición del conocimiento en realidad es mezclada con la Representación del conocimiento. Aquí, varias piezas de software y hardware también son examinadas. Esta etapa es muy difícil porque en ella está involucrada la extracción del conocimiento de los expertos humanos.

4. *Implementación.* Esta etapa involucra la programación del conocimiento en la computadora. Sin embargo, las mejoras del conocimiento están hechas con adquisiciones adicionales o cambios. Un prototipo de SE es desarrollado en esta etapa.

5. *Pruebas.* En la etapa final, el Ingeniero de conocimiento prueba el sistema por medio de ejemplos. Los resultados son mostrados al experto humano y las reglas (o cualquier Representación del conocimiento) son revisadas de ser necesario. En otras palabras, se examina la validez del conocimiento.



*Figura 4. Etapas de la Adquisición del Conocimiento*

***Representación del Conocimiento (Knowledge Representation KR)***

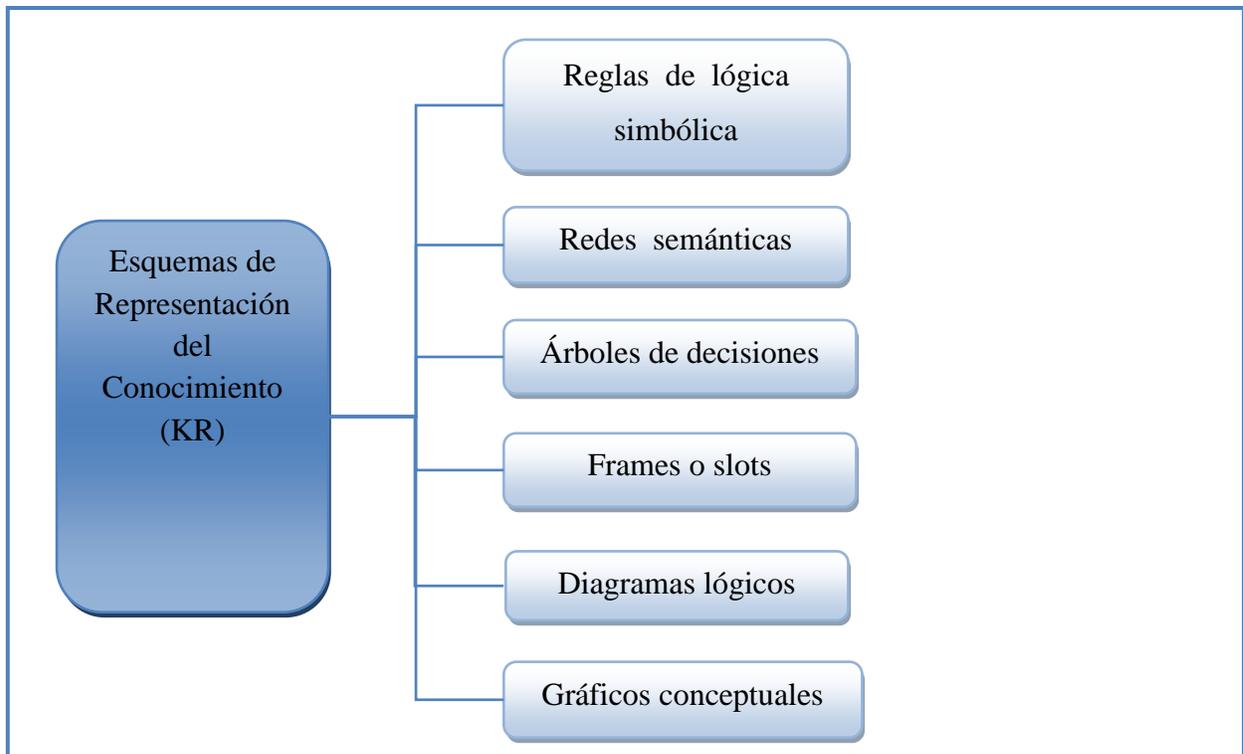
Representación del Conocimiento (KR): Proceso que consiste en llevar el conocimiento extraído de las fuentes y representarlo en una forma inteligible, es decir, que sea entendible para quienes lo utilicen.

La representación del conocimiento propone diferentes clases de estructuras y esquemas para organizar y almacenar el conocimiento en un sistema inteligente artificial. La elección de un esquema en particular dependerá del tipo de problema que se quiere resolver y de los métodos de inferencia que se utilizarán.

Según (Vázquez, 2009 p.73). La selección correcta de la representación del conocimiento, debe cumplir con los siguientes puntos:

- Sencilla. Fácil de modificar y manipular por procedimientos manuales o mediante técnicas automáticas.
- Fácil de modificar. Permitir la incorporación de nuevo conocimiento de forma sencilla.
- Transparente. Facilitar la detección de incoherencias y faltas de consistencia.
- Independiente. Facilitar la reutilización de sentencias, procedimientos, etc. Así como permitir, la inclusión, modificación o exclusión de una unidad de conocimiento sin que afecte al resto de la Base de conocimiento ni al resto del SE.
- Relacional. Permita establecer relaciones entre los conocimientos.

Los esquemas KR (Representación del Conocimiento) consisten de: reglas de lógica simbólica, redes semánticas, redes de producción, gráficos conceptuales, árboles de decisiones, frames o slots y diagramas lógicos.



*Figura 5. Esquemas KR*

### 1. Reglas de lógica simbólica

- Lógica proposicional

La forma más básica de la representación formal del conocimiento es la booleana o proposicional, en la cual cada proposición o hecho es representado por un símbolo y se evalúa su verdad (V) o su falsedad (F). Como resultado de la evaluación de una proposición sencilla o compuesta, se pueden generar las tablas de verdad. Las sentencias son Fórmulas Bien Definidas (FBD) se construyen usando los símbolos (p, q, r,...) y una serie de operadores lógicos o conectivos booleanos como:

Operador Lógico	Símbolo	Operador Lógico	Símbolo
Conjunción	$\wedge$	Implicación	$\rightarrow$
Disyunción	$\vee$	Equivalencia	$\equiv$
Negación	$\sim$		

*Tabla 3. Operadores lógicos*

Esta sintaxis aparentemente simple permite formular proposiciones un poco más sofisticadas como:

$$P \wedge Q \rightarrow S ; (P \text{ y } Q) \text{ implican } S$$

Según (Barco, 2004, p.124)El mecanismo de inferencia utilizado en la lógica proposicional, se basa en las siguientes reglas:

1. Modus Ponendo Ponens (Afirmando afirma)

Nos indica que si su implicación es cierta y su antecedente es cierto, entonces su consecuente es verdadero.

$$[(P \rightarrow Q) \wedge P] \rightarrow Q$$

2. Modus Tollendo Tollens (Negando niega)

Nos indica que si su implicación es cierta y su consecuente es falso, entonces su antecedente es falso.

$$[(P \rightarrow Q) \wedge \sim Q] \rightarrow \sim P$$

3. Modus Tollendo ponens (Negando afirma)

Si una disyunción es verdadera y una de sus proposiciones es falsa, entonces la otra proposición es verdadera.

$$[(P \vee Q) \wedge \sim Q] \rightarrow P$$

- Lógica de predicados.

La lógica de predicados se refiere a la forma en la que la lógica se relaciona con la forma de las frases lógicas más que con su significado, es decir, está relacionado con la sintaxis más que con la semántica de dichas las frases.

La lógica de predicados es un lenguaje formal con sintaxis y gramática propias, capaz de valorar enunciados lógicos y extraer conclusiones para la creación de nuevos enunciados.

El alfabeto en la lógica de predicados está conformado por los símbolos que construyen los enunciados, entre los que se encuentran: predicados, variables, funciones, constantes, conjunciones, cuantificadores.

- **Constantes:** son los elementos más simples en la lógica de predicados, se usan para representar un elemento específico del dominio. Puede ser cualquier objeto de intereses (físicos o abstractos como ideas y puntos de vista). Se simbolizan con letras mayúsculas.
- **Variables:** se emplean para representar un conjunto de elementos del dominio sin especificar algún elemento en concreto. Para un símbolo de variable se emplea un conjunto de minúsculas.
- **Funciones:** se emplean para identificar elementos del dominio. Describe un elemento identificándolo como el resultado único de la aplicación de una transformación entre otros elementos del dominio. Se usan letras minúsculas para representarlas y los argumentos pueden ser cualquier término válido.

Es importante mencionar, que mientras el resultado de evaluar una función da como resultado un elemento del universo, la evaluación de un predicado en la lógica binaria es verdadera o falsa.

- **Predicados:** se emplean para representar relaciones dentro del dominio e indican que un elemento se relaciona en alguna otra forma específica, además se emplean para conformar fórmulas atómicas. Tiene un valor de verdadero si los elementos dados están relacionados de modo específico y de falso si no lo están.
  - **Operadores lógicos:** para expresar proposiciones compuestas se emplean operadores lógicos que combinan fórmulas para construir FBD más complejas. Entre los operadores lógicos de uso común, se encuentran: conjunción ( $\wedge$ , Y, AND), disyunción ( $\vee$ , O, OR), negación ( $\sim$ , NO, NOT), implicación ( $\rightarrow$ , p implica q) y equivalencia ( $\equiv$ ).
  - **Cuantificadores:** se emplean para conformar hechos simples. Incluyen los cuantificadores existenciales ( $\exists$ , Existe) y universales ( $\forall$ , Para todo).
4. **Redes Semánticas.** Según (Vázquez, 2009, p.81). Una red semántica, también llamada red asociativa, se basa en la representación gráfica de las relaciones entre los elementos

de un dominio, los componentes básicos son los nodos y los enlaces. Los nodos son usados para representar elementos del dominio, un atributo, un estado, una entidad o un evento y gráficamente se muestran como rectángulos rotulados con los nombres de los elementos representados. Los enlaces (ligas o arcos) simbolizan las relaciones entre los elementos, la forma gráfica de ubicar un enlace es como un vector desde un nodo a otro, titulado con el nombre de las relaciones representadas.

Modelo de Representación del conocimiento declarativa, fue introducido por Ross Quillian en 1968, originalmente desarrollado como un modelo psicológico de la memoria asociativa humana conocido como memoria semántica.

Existen dos relaciones más utilizadas en las redes semánticas las cuales son:

- ES-UN. Es un enlace que se emplea para representar el hecho de que un elemento es miembro de una clase de elementos que tienen un conjunto de propiedades distintivos, en común. Un nodo que representa una ilustración de una clase es una instancia (ejemplo) de la clase. Los conceptos de una clase y de un enlace ES-UN se utilizan también para representar situaciones, acciones y eventos.
- ES-SUBCONJUNTO.

“Las redes semánticas son una representación gráfica de saber sobre objetos y sus relaciones”.

El razonamiento con redes semánticas es directo puesto que las asociaciones se pueden hacer simplemente rastreando los enlaces en el sistema, a este mecanismo se le llama propagación de la activación. Desafortunadamente, ninguna regla semántica rigurosa guía tal razonamiento. La interpretación de las estructuras de la red depende solamente del programa que las manipula, es decir, que no existe ninguna convención del significado, por esta razón, las inferencias que se derivan de la manipulación de la red no son necesariamente válidas

5. Gráficos Conceptuales (Mapas de Conocimiento). Son representaciones o expresiones gráficas que incluyen el conocimiento requerido para la solución de un problema, en los

cuales se expresa el conocimiento en forma de relaciones secuenciales de precedencia, de jerarquía que se dan en los factores relevantes que afectan el problema y su solución.

Por lo general relaciones de tipo causa- efecto.

El tamaño de cada mapa de conocimiento depende del nivel de detalle que se quiera dar al análisis y solución del problema.

6. Árboles de Decisiones. Según (Rodríguez, 2002, p.27). Se conceptualiza como la representación de los espacios de búsqueda de soluciones a un problema, donde el tamaño de cada espacio de búsqueda esta dado por el número de nodos (ramas) en el árbol.

Están compuestos por nodos que representan las metas y por ramas que representan decisiones (conclusiones o resultados).

Es el encargado de integrar estrategias de búsqueda con relación de conocimiento.

La graficación de estos árboles de decisión sigue el orden que se explica a continuación.

- El nodo inicial se grafica a la izquierda, y los efectos parciales o finales a la derecha.
- Un efecto parcial se constituye en una causa(rama de un árbol) hasta llegar al nodo final que da los resultados o conclusión al problema.

7. Frames (Marcos) o Slots:

Se trata de estructuras de datos para la representación de objetos. Un frame es, la división de objetos, o también de situaciones, en sus componentes. Estos componentes son introducidos en los slots (ranuras) correspondientes del frame. Los slots pueden estar a su vez subdivididos en facets (facetas o atributos para una definición más precisa).

Según (Vázquez, 2009, p. 82) “consiste en una colección de atributos que definen el estado de un objeto y su relación con otros objetos. Los atributos también son llamados slots, ranuras, casillas o campos y hacen referencia a los valores de los datos. Este

modelo parte de que existen muchas posibilidades de que los seres humanos tienen la capacidad de interpretar nuevas situaciones sobre la Base del conocimiento lograda de experiencias en situaciones similares. Esta destreza posibilita que nuestro conocimiento crezca con cada experiencia en lugar de partir de condiciones iniciales en cada situación”.

Los marcos están organizados jerárquicamente, conectados entre sí, estableciendo un mecanismo de herencia.

Los marcos se emplean para organizar nuestra comprensión básica de las cosas que típicamente son ciertas para algunas clases generales de elementos. Pero antes de que se pueda utilizar un marco, es necesario verificar que sea aplicable a la situación actual.

Los estados que puede presentar un marco están definidos por el sistema y son los siguientes:

- Activo: cuando se da el caso en el que se encuentra presente en la lista de hipótesis, para confirmarlo o eliminarlo
- Semiactivo: cuando las hipótesis sean sugeridas mediante varias alternativas, pero sin suficiente relevancia como para ser consideradas.
- Inactivos: cuando el objeto es eliminado o nunca es instanciado para ser considerado.

La estructura de control está determinada por el caso específico, pero algunos criterios seguidos son:

- Ordenar datos.
- Activar ciertas hipótesis asociadas a situaciones específicas.
- Ordenar las hipótesis.
- Verificar la hipótesis más importante.
- Instanciar la hipótesis ejecutada recientemente.

Los marcos al ser una forma de representación mediante objetos combina el aspecto procedural y declarativo. Los marcos comparten varias características con las redes semánticas, ambas son estructuras de propósito general, en las cuales es posible representar conjuntos particulares de conocimiento dentro de un dominio específico. Así, un marco representa una clase de elementos y de manera equivalente un nodo de clase se emplea para representar tales elementos en una red semántica. Es común desarrollar redes en que los nodos sean marcos.

Antes de su utilización, el Frame es un almacén pre-estructurado de datos. La configuración del Frame y las definiciones de los slots están ya fijadas. A lo largo del procesamiento se van llenando los slots con contenido. En este proceso puede haber varios Frames con la misma estructura pero diferente contenido.

Los valores de un slot (slot-values) son heredados. De esta forma no hace falta modificar más que el valor jerárquicamente superior en el slot y todas las instancias subordinadas del Frame obtienen el nuevo valor.

Para el procesamiento de los Frames deben existir reglas y procedimientos incorporados en el concepto, al igual que en la red semántica. Los procedimientos asociados a los slots son activados por determinados acontecimientos.

Los objetivos de los frames son:

- Agrupar hechos
- Asociar el conocimiento procedimental con algunos hechos o grupos de hechos.

## 8. Diagramas Lógicos

Representación del conocimiento se puede clasificar en dos clases de esquemas: declarativos y procedimentales.

- Esquemas Declarativos.- La representación del conocimiento hace énfasis en la acumulación de hechos estáticos junto con una información limitada que describe cómo se va a emplear el conocimiento.

- Esquemas Procedimentales.- Enfatiza la representación del conocimiento en forma de reglas dinámicas que describen procedimientos para usar el conocimiento.

Según (Vázquez, 2009, p.57). La ingeniería del conocimiento se basa en cinco actividades:

1. Adquisición del conocimiento.

Es extracción del conocimiento de los expertos humanos, libros, documentos, sensores, archivos de computadora, entre otros.

2. Representación del conocimiento.

Se organiza en la Base de conocimiento.

3. Validación del Conocimiento

Todo el conocimiento extraído del experto debe asemejarse a la realidad, es decir, que todo el trabajo que vaya a realizar el sistema sea igual al que realizaría un experto.

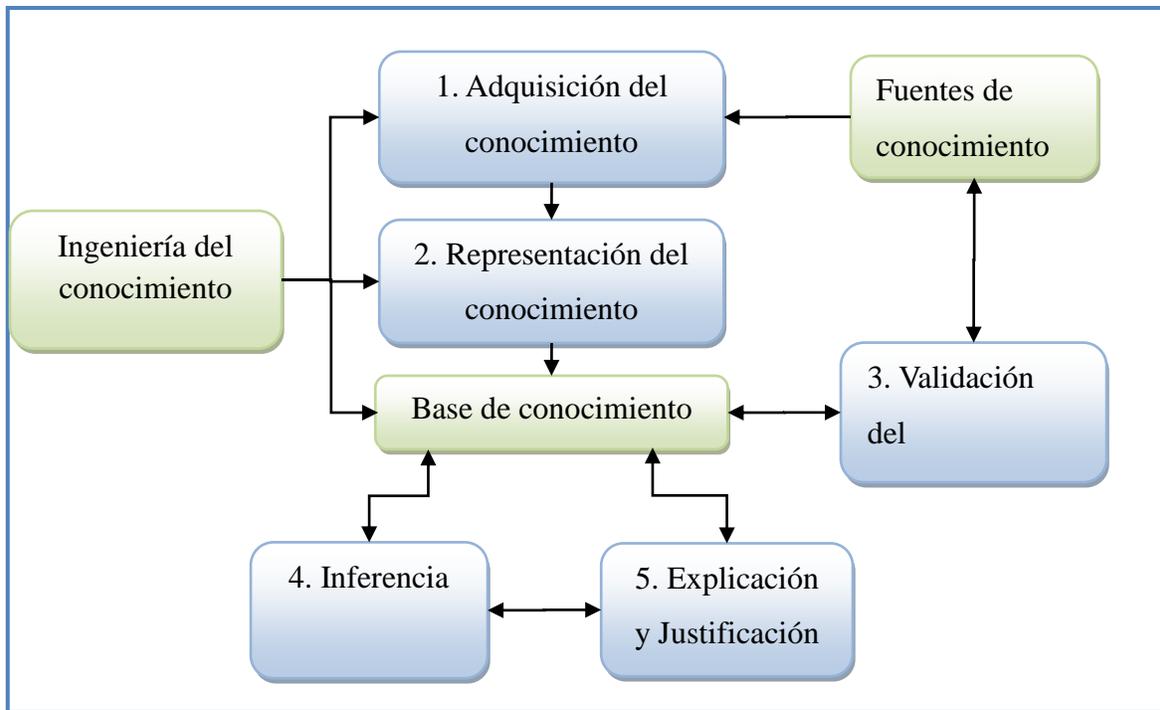
4. Inferencia del Conocimiento

Inferencia se refiere al diseño del software que habilitará a la computadora para ser inferencias basadas en el conocimiento y entonces proporciona al usuario avisos sobre ciertos tópicos.

5. Explicación y Justificación

Se refiere al diseño y programación de la capacidad de explicación.

La Ingeniería del Conocimiento engloba la interacción de los procesos mencionados en párrafos anteriores.

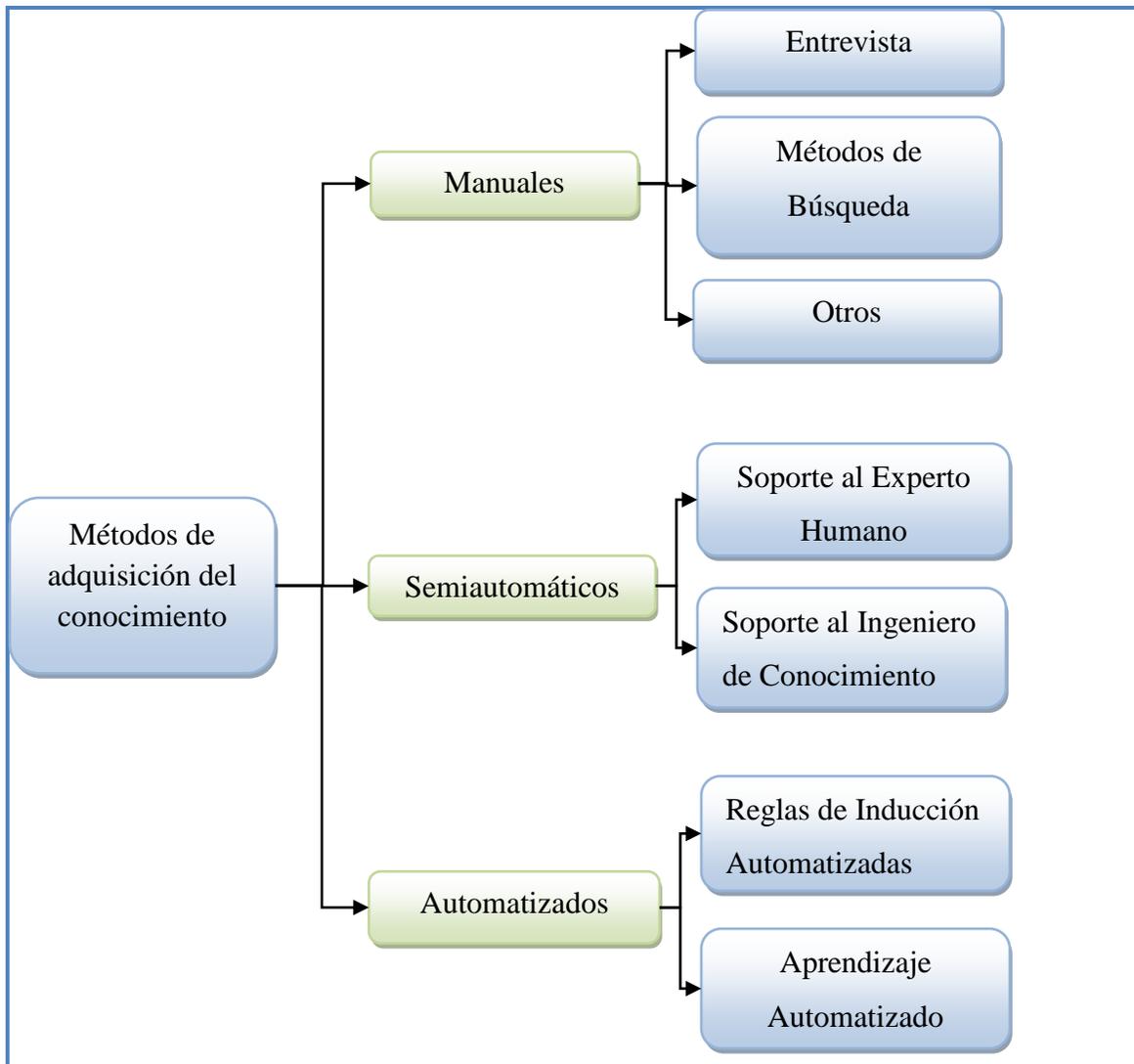


*Figura 6. Procesos de la ingeniería del conocimiento*

## 2.1 Técnicas de Adquisición de Conocimiento

La obtención del conocimiento se logra por medio de métodos manuales o mediante la utilización de computadoras, sin embargo, se clasifican en tres grandes grupos de métodos para la extracción del conocimiento los cuales son: manuales, semiautomatizados y automatizados.

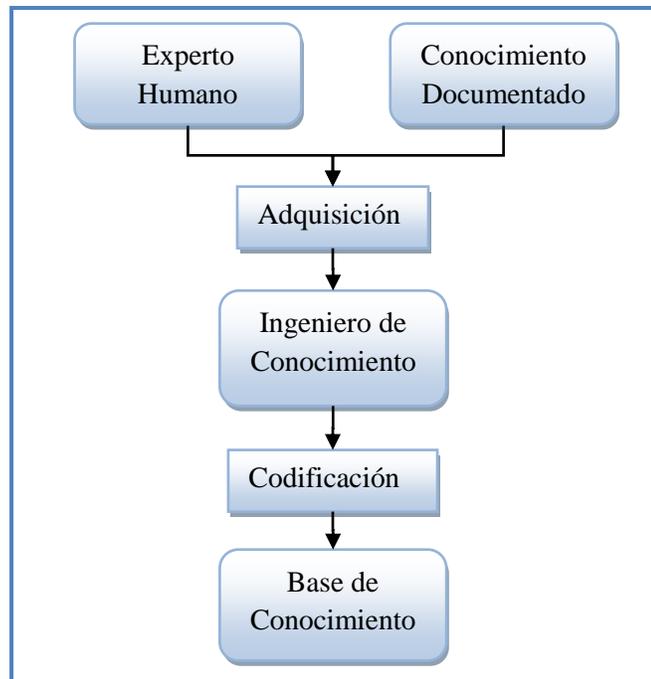
Es importante saber que las técnicas de Adquisición de Conocimiento están contenidas dentro de los Métodos de Adquisición de Conocimiento por lo cual antes de profundizar en dicho tema, se da una breve introducción acerca de los Métodos de Adquisición de Conocimiento mencionados en el párrafo anterior.



*Figura 7. Métodos de adquisición de conocimiento*

### Métodos Manuales.

Este tipo de métodos están fundamentalmente estructurados por medio de algún tipo de entrevista, donde el IC obtiene el conocimiento mediante la interacción directa del Experto Humano y/o de otras fuentes (conocimiento documentado), posteriormente lo codifica en la base de conocimiento.



*Figura 8. Métodos Manuales*

De acuerdo con (Rodríguez, 2002, p. 23) los métodos pueden ser:

- Entrevistas:

Se obtiene el conocimiento mediante el planteamiento de preguntas y problemas. Se trata de una técnica que está guiada por el conocimiento que va aportando el experto.

En esta técnica puede ser:

- Estructurada en la cual se realizan preguntas específicas relativas a las características del sistema. La entrevista estructurada es proceso sistemático orientado a objetivos. Lo anterior precisa una comunicación organizada entre el Ingeniero de conocimiento y el experto humano. La estructura reduce los problemas de interpretación propios de la entrevista no estructurada, y eso permite que el Ingeniero de conocimiento prevea la distorsión causada por la subjetividad del experto humano en el dominio. En una entrevista estructurada, el Ingeniero de conocimiento, requiere centrar la atención en actividades importantes que son parte del proceso, como:

- Estudiar el material disponible en el dominio para identificar de los aspectos más relevantes del conocimiento.
- Revisar las capacidades previstas del SE. Identificar los objetivos de las preguntas que se harán durante la sesión de la Adquisición del conocimiento.
- Formalizar la planeación de las entrevistas estructuradas. Incluyendo la planificación para asistir a las reuniones, la definición del periodo de sesiones para la adquisición de conocimientos, objetivos y agendas e identificar y refinar mejores áreas para realizar preguntas.
- Escribir preguntas simples, enfocarse en algún tipo de pregunta, en algún nivel y técnicas para realizar preguntas.
- Asegurar que el experto humano en el dominio entienda el propósito y los objetivos de la sesión y alentar al experto humano para establecer una preparación previa a la entrevista.
- Seguir a las directrices para la realización de la entrevista.
- Usar un control direccional para mantener la estructura de la entrevista.

Las entrevistas estructuradas conforman un método ideal, cuando se va a llevar a cabo una serie de entrevistas durante un periodo de tiempo, ya que permiten repetir preguntas, estableciendo una comparación y verificación entre las respuestas dadas por el experto humano.

- Semiestructurada en donde se realizan preguntas abiertas y puntos a cubrir. Se hace uso de este tipo de entrevista cuando existe información que se desea obtener de manera puntual. Se puede empezar con una lista de preguntas o temas que se quiera abordar durante la entrevista, sin embargo, no es necesario que el orden en el que se abordan los temas o preguntas, sea estricto, pero si es necesario que se cubran todos los

puntos. Conforme transcurra la entrevista, ésta se puede convertir en una conversación con el experto humano.

- No estructurada con preguntas generales para obtener la mayor cantidad de información posible. Este tipo de entrevista es usada como punto de partida, puesto que muchas entrevistas para la Adquisición del conocimiento son conducidas de manera informal, por lo tanto ayuda a la obtención rápida de una estructura básica del dominio. El rol del Ingeniero de conocimiento en una entrevista no estructurada es formular preguntas espontáneas, lo cual no siempre es una tarea fácil, ya que puede conducir problemáticas.

En este método se tiene una desventaja, pues el experto muchas veces no es consciente del conocimiento que tiene o que se le está pidiendo, por lo que induce a la formalización del conocimiento en múltiples sistemas de representación y en muchos casos innecesario.

## ***2. Métodos de Búsqueda***

El proceso de búsqueda se refiere a un juego de técnicas que rastrean el proceso de razonamiento de un Experto Humano, un enfoque destacado entre los psicólogos cognoscitivos, quienes están interesados en analizar “la trayectoria de los pensamientos” del Experto Humano, cuando llega a la solución de un problema.

El Ingeniero de conocimiento puede usar este método para encontrar el motivo para el cual la información está siendo usada y como está siendo usada.

Existen dentro de los métodos de búsqueda dos tipos: formal e informal, se destacan principalmente: Análisis de protocolo que es el más usado y las Observaciones respectivamente.

- **Protocolos:**

Es una entrevista en la cual se tiene un objetivo específico, la comunicación es organizada y se reducen los problemas de interpretación.

La ventaja de este método es cuando el ingeniero de conocimiento sabe cuál es el problema, ya que permite la representación del conocimiento de manera uniforme.

Por otra parte, la desventaja es que el ingeniero de conocimiento requiere una formación previa sobre determinado problema.

### Otros diversos métodos manuales

Se puede hacer uso de otro tipo de métodos para extraer el conocimiento de los expertos humanos. Como ejemplo se tienen los siguientes:

- **Casos de análisis.** En los que se pregunta al experto humano sobre la forma en la que maneja casos específicos, varios expertos humanos pueden ser consultados, usualmente este método se analiza la documentación proporcionada por el experto humano.
- **Análisis de casos particulares.** Se seleccionan casos de investigación, difíciles o que presentan especial interés para los expertos humanos, quienes pueden someterlos a discusión
- **Comentarios.** El Ingeniero de conocimiento pregunta a los expertos humanos y da un comentario rápido a lo que ellos están haciendo, este método es soportado por videos de los expertos en acción.
- **Mapas conceptuales.** Gráficas o diagramas pueden ser utilizados para dar soporte a los otros métodos de Adquisición del conocimiento.
- **Lluvia de ideas.** Se utiliza cuando se solicita la opinión de varios expertos humanos y es útil para generar ideas.
- **Prototipos.** Si se trabaja con un prototipo del sistema se estará tomando un rumbo muy eficaz para inducir la contribución del conocimiento del experto humano, los

cambios pueden hacerse instantáneamente y a los expertos humanos les gusta participar activamente en el sistema.

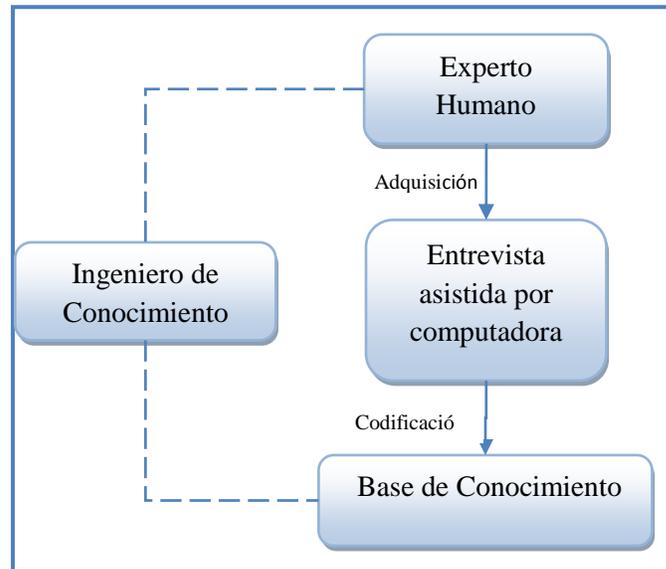
- Escalamiento multidimensional. Identifica varios niveles de conocimiento y después se acomoda en forma de una matriz de distancia. Por medio del ajuste de la regresión de mínimos cuadrados, se analizan, integran e interpretan varias dimensiones.
- Examen. En esta técnica el Ingeniero de conocimiento prepara una serie de pruebas para que el experto los resuelva y explique como ha hecho, para así obtener los conocimientos necesarios.
- Informes. El experto explica en forma oral y escrita los distintos tipos de problemas que enfrenta y cómo los resuelve.

Esta técnica es muy útil en los primeros pasos de desarrollo de la base de conocimientos. La desventaja es que el experto tiene que dedicar tiempo y esfuerzo a realizar su tarea.

Los métodos manuales son lentos, tienen costo elevado y tienden a la inexactitud. Sin embargo pueden capturar información que otros métodos no pueden.

### Métodos Semiautomatizados.

Según (Vázquez, 2009, p.69). Están divididos en dos categorías, los que apoyan al Experto Humano a la construcción de la base de conocimiento y los que ayudan a los ingenieros del conocimiento a ejecutar sus tareas necesarias de manera eficiente.



*Figura 9. Métodos Semiautomatizados*

Entre las técnicas de adquisición de conocimiento semiautomatizadas se destacan:

#### 1. Soporte (apoyo) al Experto Humano

Ofrecen soporte a los expertos humanos para construir las Bases de conocimiento aunque los ingenieros de conocimiento les ayuden poco. El proceso de Adquisición de conocimiento suele ser caro debido a que los ingenieros de conocimiento no poseen los conocimientos como el experto, por lo que suele ser lenta la comunicación entre ambos. El experto humano con el uso de estas herramientas aprende a usar la interface y ejecutar el proceso, estructurar el modelo de acuerdo al rendimiento que se espera.

La herramienta óptima para adquirir conocimiento debe ofrecer la posibilidad para agregar conocimiento en la Base de conocimiento, refinar e incluso corregir el conocimiento existente.

- **Análisis de Rejilla (Repertory Grid Analysis)**

Se utiliza esta técnica cuando el experto humano no puede expresar y estructurar su razonamiento claramente. Está basado en el modelo de Kelly del pensamiento humano llamado Teoría de Construcción Personal, que busca predecir y controlar eventos por medio de la formulación de teorías, probando hipótesis y analizando resultados de los

experimentos. El conocimiento y las percepciones sobre el mundo están clasificadas y organizadas por cada individuo como un modelo personal perceptual.

## 2. Soporte (apoyo) al Ingeniero de Conocimiento

Son técnicas que requieren del experto humano y del Ingeniero de conocimiento y que ejecutan las tareas necesarias de una manera eficiente y eficaz.

Existen diversos tipos de herramientas pueden ser desarrolladas para dar soporte al proceso de adquisición del conocimiento, por ello, a continuación se muestran algunas de las más representativas:

- Editores e Interfaces, buscar facilitar la manipulación del conocimiento en el sistema para evitar al máximo los errores en un ambiente amigable al experto humano.
- Explicación, proporciona ayuda al usuario, al Ingeniero de conocimiento y al experto humano, para refinar y mejorar la Base de conocimiento.
- Documentación, ayuda al Ingeniero de conocimiento en la adquisición, estructura, análisis y documentación del conocimiento del experto humano.

### Métodos Automatizados.

En los métodos de este tipo el rol del Experto Humano y del Ingeniero de Conocimiento son minimizados al máximo e incluso eliminados.

Los objetivos de los métodos automatizados son:

- Eliminar la necesidad de contar con un experto humano.
- Eliminar la necesidad de contar con un Ingeniero de conocimiento.
- Mejorar la productividad de la ingeniería del conocimiento.
- Mejorar la calidad del conocimiento adquirido.

Los principales métodos son:

### 1. Reglas de Inducción Automatizadas.

La inducción es un proceso de razonamiento que va de lo particular a lo general. Los métodos de inducción utilizan diversos algoritmos para convertir una matriz de conocimiento de atributos, valores y selecciones de reglas, donde los algoritmos pueden variar respecto a los métodos estadísticos de las redes neuronales.

El algoritmo más popular es el ID3 (Interactive Dichotomizer Version 3), el cual primero convierte la matriz de conocimiento en un árbol de decisión. Los atributos irrelevantes son eliminados y los atributos relevantes son organizados de una manera eficiente.

Un sistema de inducción para generar reglas ofrece algunas ventajas de las cuales se destacan:

- Permite que los SE sean usados en campos más complicados.
- El experto humano o el analista pueden ser los constructores.
- Puede generar nuevo conocimiento.

Existen varias desventajas que con la implementación del método de inducción de reglas tales como:

- La generación de reglas muy complejas para un humano ya que la forma en la cual se clasifican los atributos y propiedades de los problemas no es como normalmente se realizaría.
- EL experto humano debe especificar los atributos más significativos para que el sistema genere las reglas.
- Para obtener mejores resultados se deben tener grandes cantidades de reglas por lo que depende de la capacidad del sistema la cantidad de reglas que se usarán.
- El método es bueno sólo para problemas basados en reglas.

- El número de atributos de los objetos que generan las reglas debe ser muy pequeños.
- El número de ejemplos necesarios puede ser muy grande.
- El método es limitado para situaciones con certeza (determinísticos).

## 2. Aprendizaje Automatizado.

Mediante programas heurísticos las computadoras aprenden de la experiencia. El aprendizaje depende de cómo se adquiere y se almacena el conocimiento en las computadoras para que puedan aprender.

A continuación se revisarán los fundamentos de las bases de datos, entre otros.