



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

## SISTEMA EXPERTO PARA EL PREDIAGNÓSTICO DE PACIENTES CON PROBLEMAS DE COMUNICACIÓN HUMANA

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN COMPUTACIÓN  
P R E S E N T A N :

FLORES SOSA ZEINA  
GÓMEZ GARCÍA MIRIAM



DIRECTOR: DR. FERNANDO GAMBOA RODRÍGUEZ

MÉXICO D.F. 2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	
Análisis del problema	2
Planteamiento del problema	3
II. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	
¿Qué es la Inteligencia Artificial?	6
Técnicas de la Inteligencia Artificial	8
III. SISTEMAS EXPERTOS	25
Historia de los Sistemas Expertos	28
Definición	30
Características	31
Componentes de los Sistemas Expertos	33
El componente de Adquisición	34
Base de Conocimientos	34
Base de Hechos	35
Máquina de Inferencia	35
Interfaz de usuario	36
El componente explicativo	38
El equipo de desarrollo del Sistema Experto	38
El Experto	38
El Ingeniero del Conocimiento	38
El Usuario	39
Usos de un Sistema Experto	39
Ventajas, desventajas y limitaciones de un Sistema Experto	41
Ventajas	41
Desventajas	42
Limitaciones	42
Desarrollo de un Sistema Experto	43
IV. INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO	46
Fases o procesos de la Ingeniería del Conocimiento	46
Adquisición del Conocimiento	47
Representación del Conocimiento	63
Razonamiento y Búsqueda	67
V. ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE PREDIAGNÓSTICO	70
Análisis y Planteamiento del problema	70
Adquisición del conocimiento	70
Primeras entrevistas	70
Problemas encontrados y propuesta de solución	72
Validación de los árboles de decisión con pacientes del InCH	72
Desarrollo del sistema	75

VI. CONCLUSIONES	82
REFERENCIAS	85
ANEXOS	
Anexo A. Árboles de decisión y cuestionarios	87
Anexo B. Cuestionario de prueba	103
Anexo C. Pruebas con usuarios	106
Anexo D. Mapa de Navegación del Sistema	115
Anexo E. Código fuente	117

# CAPÍTULO I

---

## INTRODUCCIÓN

---

# I. INTRODUCCIÓN

## Análisis del problema

En nuestro país existe una gran dificultad para proporcionar asistencia médica en las zonas rurales y urbano-marginales debido a la escasez de recursos, misma que se traduce en escasez de médicos, hospitales, transporte, caminos adecuados, etc. Esta realidad ha llevado a algunos centros de salud a replantear la forma en que brindan atención médica y en algunos casos a considerar el uso de la tecnología para crear nuevas soluciones.

Desde 1991 se comenzó a explorar la posibilidad de emplear la nueva generación de Satélites Solidaridad en la atención médica. Actualmente el Hospital 20 de Noviembre del ISSSTE ofrece servicios médicos mediante enlaces vía satélite a diversos hospitales del país, logrando así la reducción de traslados innecesarios a la Ciudad de México en un 50%[1]. De esta manera, se contribuye a la necesidad de proporcionar servicios médicos a pacientes que por vivir en áreas remotas de las ciudades, no reciben atención médica adecuada. En este caso el empleo de las telecomunicaciones ha permitido realizar consultas remotas al transmitir datos, imágenes y video entre médicos y pacientes.

Al uso de las telecomunicaciones para proporcionar servicios médicos se conoce como **telemedicina** y puede ser tan simple como un médico que a través de una línea telefónica realiza una consulta a su paciente o tan compleja como el uso de equipo de videoconferencia para intervenir quirúrgicamente a un paciente de otro continente.

Aunque las tecnologías más sofisticadas (como la realidad virtual) tienen un costo elevado, el de otras cae. Esto permite que la telemedicina se vuelva más económica y sea accesible a más personas, en más regiones y países. De esta forma, la telemedicina avanza y seguirá haciéndolo en la medida en que la tecnología lo haga.

Otra necesidad de los pequeños poblados es la capacitación de sus médicos regionales. Por medio de las telecomunicaciones también se ha facilitado el acceso a bibliotecas médicas, así como al intercambio de información entre médicos locales y especialistas para ampliar sus conocimientos y poder brindar diagnósticos adecuados.

Así, la telemedicina ha mostrado que es una manera viable de dar servicio médico a pacientes en poblaciones lejanas, ahora con la posibilidad de integrar herramientas multimedia (video, texto y audio) y tecnologías de comunicación (internet, redes privadas, comunicación satelital, etc.), se pueden realizar consultas, diagnósticos, tratamientos, prevención de enfermedades, así como capacitación continua de médicos. Todo esto con el interés de avanzar en los servicios de salud.

Basándonos en las ventajas de la Telemedicina, se desarrolla este proyecto con el objeto de mejorar la atención médica para pacientes con problemas de comunicación humana.

## Los problemas del Instituto de la Comunicación Humana (InCH) para dar atención médica

El InCH, es el único instituto en el país que atiende problemas de Comunicación Humana; por esta razón, los pacientes tienen que trasladarse al Distrito Federal para una primera valoración y en muchos casos son canalizados a otra Institución de salud debido al tipo de patología que presentan. Esta situación provoca saturación de los servicios que ofrece el Instituto; es así como surge la necesidad de crear una alternativa que agilice la atención y evite traslados innecesarios.

El InCH, del Centro Nacional de Rehabilitación (CNR) en colaboración con el Laboratorio de Interacción Humano Máquina y Multimedia (IHM) del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la UNAM, analizaron la problemática y decidieron desarrollar un proyecto llamado "*Hospital Virtual para el Diagnóstico, Tratamiento y Rehabilitación de Pacientes con Problemas de Comunicación Humana*" cuyo objetivo será ofrecer servicio de calidad a las personas que por diversas razones no pueden desplazarse a la capital fácilmente. Este proyecto estará basado en la Telemedicina.

## Planteamiento del Problema

### Módulos del Hospital Virtual

De acuerdo a las necesidades del InCH se decidió dividir el proyecto en los siguientes módulos, los cuales funcionarán como cada una de las etapas por las que pasa un paciente que solicita los servicios del Instituto.

1. **Preconsulta.** Determina si el usuario es un paciente que puede ser atendido en el sistema.
2. **Prediagnóstico.** Se trata de una primera valoración del paciente en la que, con base en exámenes generales, se determina el probable problema que tiene y se canaliza con el especialista adecuado.
3. **Diagnóstico.** Se realizan una serie de consultas entre el médico y el paciente. El médico puede solicitar estudios de laboratorio que le permitan alcanzar un diagnóstico. Una vez que el padecimiento está identificado, se envía el paciente a terapia para que se le asigne una rutina de ejercicios. Para este módulo se prevén en diferentes niveles de especialización: básico, medio y alto.
4. **Terapia** En este módulo un terapeuta asigna a un paciente una rutina de ejercicios y revisa que los haya realizado. Una vez la terapia concluida el paciente regresa con el médico especialista para valoración.
5. **Expediente electrónico** Se trata de toda la información del paciente, desde su llegada, su paso por el hospital, hasta su "alta", registrada con pleno respeto a los estándares internacionales.
6. **Hospital** En el caso de que el sistema o el médico determinen que un paciente no puede ser atendido en el hospital, se le hace una recomendación de que acuda a otro hospital cercano a su domicilio. En este módulo se pretende registrar los hospitales del país, y determinar cual es el más cercano al paciente para enviarlo a él.

Cuando se comenzó a trabajar en el Hospital Virtual nos dimos cuenta de que no era factible separar los dos primeros módulos, ya que una vez que se comienza con la

---

entrevista al paciente, las preguntas nos conducen directamente al prediagnóstico. Por esta razón, se decidió unirlos en uno solo, al que se llamó **Módulo de Prediagnóstico**.

### **Características del prediagnóstico para las patologías atendidas en el InCH**

Algunas características particulares que se presentan en el prediagnóstico de las patologías atendidas en el InCH son las siguientes:

- En la primera valoración no es necesaria una auscultación física del paciente para tener una primera idea de la patología que le aqueja. El prediagnóstico de los padecimientos que atiende el InCH se puede realizar a partir de preguntas clave.
- No es necesaria una comunicación síncrona ni en tiempo real para realizar el prediagnóstico.
- El InCH ya cuenta con cuestionarios que ayudan a detectar algunos problemas de lenguaje y habla, sobre todo en niños.

Por lo anterior, concluimos que el *Módulo de Prediagnóstico* es perfectamente viable utilizando la Telemedicina.

### **Módulo de Prediagnóstico**

El módulo de prediagnóstico, motivo de esta tesis, es un sistema que servirá como filtro, seleccionando de manera automática aquellos pacientes que son susceptibles de ser atendidos por el Hospital Virtual. Además tendrá la función de determinar el tipo de padecimiento que le aqueja y turnarlo con el especialista adecuado. Finalmente, estará encargado de recolectar información valiosa para las futuras consultas.

La selección de los pacientes se logrará a través de la aplicación de preguntas clave, mediante las cuales el sistema decidirá si el paciente es candidato a ser atendido por el Hospital Virtual o si es necesario, con ayuda de otro módulo (*Hospitel*), canalizarlo a un hospital cercano a su lugar de residencia donde pueda obtener la atención médica adecuada. Después de que el sistema haya detectado a un paciente con alguna patología tratada en el Hospital Virtual, el sistema obtendrá información adicional mediante la aplicación de un cuestionario.

Para desarrollar el sistema fue necesario realizar una investigación sobre temas relacionados con la creación de sistemas de diagnóstico. De esta investigación observamos que las técnicas de Inteligencia Artificial facilitan el desarrollo de este tipo de sistemas. Así, en el Capítulo II abordaremos las técnicas de Inteligencia Artificial, en el Capítulo III se analizará con detalle la teoría de Sistemas Expertos. El Capítulo IV se tomará como referencia para el proceso de Adquisición del Conocimiento; será en el Capítulo V donde se Analizará el Problema y se Desarrollará el sistema, incluyendo en éste cada una de las etapas por las que pasamos para crear el sistema. Finalmente en el Capítulo VI presentamos las conclusiones de este trabajo. En la parte final de la tesis se presenta las referencias propias de la teoría que consultamos y enseguida los Anexos.

# CAPÍTULO II

---

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL

## II. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

### ¿Qué es la Inteligencia Artificial?

La Inteligencia Artificial es un término que define las técnicas de la lógica formal, de los nuevos procedimientos y métodos de búsqueda de la representación del conocimiento en programas de computadora. En este contexto podemos describir como *inteligente* la presencia aparente de la experiencia y conocimiento de causa en programas, aun cuando estos programas "inteligentes" se traten de técnicas de solución que son resultado de la investigación del comportamiento humano ante la solución de problemas. Por lo tanto, coincidimos con la definición de Elaim Reich [2], quien dice que la Inteligencia Artificial es el estudio de cómo hacer que sistemas de cómputo hagan cosas que, en estos momentos, hacen mejor los seres vivos.

La Inteligencia Artificial es una disciplina de estudio relativamente nueva, cuyo inicio formal data de 1956. Sus esfuerzos están encaminados tanto a la construcción de entidades inteligentes como a su comprensión.

A lo largo de la historia se han adoptado cuatro enfoques principales para el entendimiento de la Inteligencia Artificial [3]. Desde luego, existe una tensión entre enfoques centrados en los humanos y aquellos centrados en la racionalidad. El enfoque centrado en el comportamiento humano constituye una ciencia empírica, que entraña el empleo de la hipótesis y de la confirmación mediante experimentos. El enfoque racionalista combina matemáticas e ingeniería. Los miembros de estos grupos frecuentemente critican el trabajo realizado por los miembros de otro, si bien todas las orientaciones han hecho valiosas aportaciones.

Así, de acuerdo con Russell y Norvig [3], las definiciones que hacen referencia a esta disciplina varían en torno a cuatro dimensiones principales:

a) *Sistemas que piensan como humanos.*

Para poder afirmar que un programa determinado utiliza algún tipo de razonamiento humano, previamente habrá que definir cómo piensan los seres humanos. Hay dos formas de hacer esto: mediante la introspección, para ir atrapando los pensamientos conforme se van dando, o mediante la realización de experimentos psicológicos. Una vez que se cuente con una teoría bastante precisa de la mente, podrá procederse a expresar tal teoría en un programa de computadora.

El interés fundamental en estos sistemas es seguir la pista de los pasos de razonamiento y compararla con la ruta seguida por los sujetos humanos. Así en el campo de la ciencia cognoscitiva concurren modelos computacionales de la Inteligencia Artificial y técnicas experimentales de la Psicología para intentar elaborar teorías precisas y verificables sobre el funcionamiento de la mente humana. Del mismo modo que se siguen intercambiando diversas aportaciones, especialmente en áreas de la vista, lenguaje natural y aprendizaje.

b) *Sistemas que actúan como humanos.*

Este tipo de sistemas deberán comportarse de acuerdo con ciertas convenciones normales de las interacciones humanas con el fin de poder entenderlos. La manera de elaborar representaciones y de razonar en qué se basan estos sistemas podrá o no

conformarse de acuerdo con un modelo humano. Para cumplir su objetivo de actuar como humano el sistema requerirá ser capaz de:

- 1) Procesar un lenguaje natural, para así poder establecer comunicación satisfactoria.
- 2) Representar el conocimiento, para que sea capaz de almacenar toda la información que se le dé.
- 3) Razonar automáticamente, con el fin de utilizar la información guardada al responder preguntas y obtener nuevas conclusiones.
- 4) Autoaprendizaje de la máquina, para que se adapte a nuevas circunstancias.

Se pretende comprobar la capacidad de percepción del evaluado, sin necesidad de simular a un humano; entonces, la computadora debe estar dotada de:

- Vista, que le permita percibir objetos.
- Robótica, para desplazar objetos.

La necesidad de actuar como los humanos se presenta básicamente cuando los programas de Inteligencia Artificial deben interactuar con gente, por ejemplo, cuando un sistema de procesamiento de lenguaje natural entabla diálogo con un usuario.

*c) Sistemas que piensan racionalmente.*

Son sistemas con tradición logística, en donde se busca codificar la manera correcta de pensar y en la cual siempre se llega a conclusiones correctas partiendo de premisas correctas, utilizando la lógica formal. Se cuenta con una notación precisa para representar aseveraciones relacionadas con todo lo que existe en el mundo, así como sus relaciones mutuas.

Las limitaciones de estos sistemas radican en que:

- No es fácil recibir un conocimiento informal y expresarlo en términos formales.
- Existe una gran diferencia entre la posibilidad de resolver un problema “en principio” y realmente hacerlo en la práctica.

*d) Sistemas que actúan racionalmente.*

Actuar racionalmente implica actuar de manera tal que se logran los objetivos deseados, con base en ciertos supuestos. Un agente es algo capaz de percibir y actuar. De acuerdo con este enfoque se considera la Inteligencia Artificial como el estudio y construcción de agentes racionales.

El objetivo es construir sistemas; que, al estar basados en inferencias correctas y en el razonamiento lógico aseguren la obtención de un resultado determinado para ciertas situaciones. Sin embargo, existen algunas maneras de actuar “racionalmente”, que de ninguna manera entrañan inferencia alguna. De forma semejante a los sistemas que actúan como humanos, estos sistemas requieren habilidades tales como: contar con la capacidad para representar el conocimiento y razonar con base en él; generar oraciones comprensibles en lenguaje natural; profundizar en el conocimiento de cómo funciona el mundo para concebir mejores estrategias para manejarse en él y la percepción para tener una mejor idea de lo que una acción determinada puede producir.

## Técnicas de la Inteligencia Artificial

Uno de los resultados que surgieron de las primeras investigaciones en Inteligencia Artificial fue que la inteligencia necesita conocimiento. Sin embargo: el conocimiento posee algunas propiedades poco deseables como:

- Es voluminoso.
- Es difícil caracterizarlo.
- Cambia.
- Se organiza de manera que se corresponde con la forma en que va a ser usado.

De tal manera que, para poder representar el conocimiento y hacer uso de él; la Inteligencia Artificial ha tenido que desarrollar técnicas que le sean útiles para enfrentar este problema.

Así, una técnica de Inteligencia Artificial es un método que explota el conocimiento representado de manera que se cumpla que[4]:

- Represente generalizaciones, es decir, no es necesario representar cada situación individual, sino que las situaciones que comparten propiedades importantes se agrupan.
- Debe ser entendido por las personas que lo provean.
- Puede ser modificado para corregir errores y reflejar cambios en el mundo.
- Puede usarse en muchas situaciones aun sin ser totalmente exacto o completo.
- Puede usarse para superar su propio volumen, y disminuir el rango de posibilidades que normalmente deben considerarse.

Las técnicas de Inteligencia Artificial se pueden caracterizar independientemente del problema a tratar. Para solucionar problemas complicados, los programas que utilizan las técnicas de Inteligencia Artificial presentan numerosas ventajas, con respecto a los que no lo hacen:

- Son menos frágiles, es decir, que no se despistan frente a una perturbación pequeña de la entrada.
- El conocimiento del programa es comprendido fácilmente por la gente.
- Usa generalizaciones.
- Tiene facilidad de extensión.

Como contraposición, generalmente tienen más complejidad que otras soluciones.

Las técnicas de Inteligencia Artificial, más usadas son:

- *Algoritmos genéticos.*
- *Inteligencia artificial distribuida.*
- *Lógica difusa.*
- *Planificación y control inteligente.*
- *Razonamiento aproximado.*
- *Razonamiento basado en casos.*
- *Reconocimiento de patrones e imágenes.*

- *Redes neuronales.*
- *Robótica.*
- *Sistemas basados en el conocimiento.*
- *Sistemas de ayuda a la decisión.*
- *Sistemas de lenguaje natural.*
- *Sistemas expertos.*
- *Sistemas inteligentes híbridos.*

A continuación describiremos cada una de éstas técnicas, en forma general.

### **Algoritmos genéticos**

Los Algoritmos Genéticos (GA) fueron introducidos por John Holland en 1970 inspirándose en el proceso observado en la evolución natural de los seres vivos.

Los biólogos han estudiado en profundidad los mecanismos de la evolución, y aunque quedan aspectos por entender, muchos están bastante explicados. De manera muy general podemos decir que, en la evolución de los seres vivos, el problema al que cada individuo se enfrenta cada día es la supervivencia. Para ello cuenta con las habilidades innatas provistas en su material genético. A nivel de los genes, el problema es el de buscar aquellas adaptaciones beneficiosas en un medio hostil y cambiante. Debido en parte a la selección natural, cada especie gana una cierta cantidad de "conocimiento", el cual es incorporado a la información de sus cromosomas.

Así pues, la evolución tiene lugar en los cromosomas, en donde está codificada la información del ser vivo. La información almacenada en el cromosoma varía de unas generaciones a otras. En el proceso de formación de un nuevo individuo, se combina la información cromosómica de los progenitores aunque la forma exacta en que se realiza es aún desconocida.

Aunque muchos aspectos están todavía por discernir, existen unos principios generales ampliamente aceptados por la comunidad científica. Algunos de estos son:

1. La evolución opera en los cromosomas en lugar de en los individuos a los que representan.
2. La selección natural es el proceso por el que los cromosomas con "buenas estructuras" se reproducen más a menudo que los demás.
3. En el proceso de reproducción tiene lugar la evolución mediante la combinación de los cromosomas de los progenitores. Llamamos Recombinación a este proceso en el que se forma el cromosoma del descendiente. También son de tener en cuenta las mutaciones que pueden alterar dichos códigos.
4. La evolución biológica no tiene memoria en el sentido de que en la formación de los cromosomas únicamente se considera la información del período anterior.

Los algoritmos genéticos establecen una analogía entre el conjunto de soluciones de un problema y el conjunto de individuos de una población natural, codificando la información de cada solución en un string (vector binario) a modo de cromosoma. En palabras del propio Holland:

"Se pueden encontrar soluciones aproximadas a problemas de gran complejidad computacional mediante un proceso de **evolución simulada**".

A tal efecto se introduce una función de evaluación de los cromosomas, que llamaremos calidad ("fitness") y que está basada en la función objetivo del problema. Igualmente se introduce un mecanismo de selección de manera que los cromosomas con mejor evaluación sean escogidos para "reproducirse" mas a menudo que los que la tienen peor.

Los algoritmos desarrollados por Holland inicialmente eran sencillos pero dieron buenos resultados en problemas considerados difíciles. Los algoritmos Genéticos están basados en integrar e implementar eficientemente dos ideas fundamentales: Las representaciones simples como strings binarios de las soluciones del problema y la realización de transformaciones simples para modificar y mejorar estas representaciones.

Para llevar a la práctica el esquema anterior y concretarlo en un algoritmo, hay que especificar los siguientes elementos:

- Una representación cromosómica.
- Una población inicial.
- Una medida de evaluación.
- Un criterio de selección / eliminación de cromosomas.
- Una o varias operaciones de recombinación.
- Una o varias operaciones de mutación.

### **Inteligencia Artificial Distribuida (IAD)**

El concepto de IAD es, desde luego, tan difícil de definir como todos aquellos que comprende. Sin embargo y a riesgo de ser demasiado generales, es necesario establecer una primera definición que nos ayude a entender lo que se ha venido en denominar IAD.

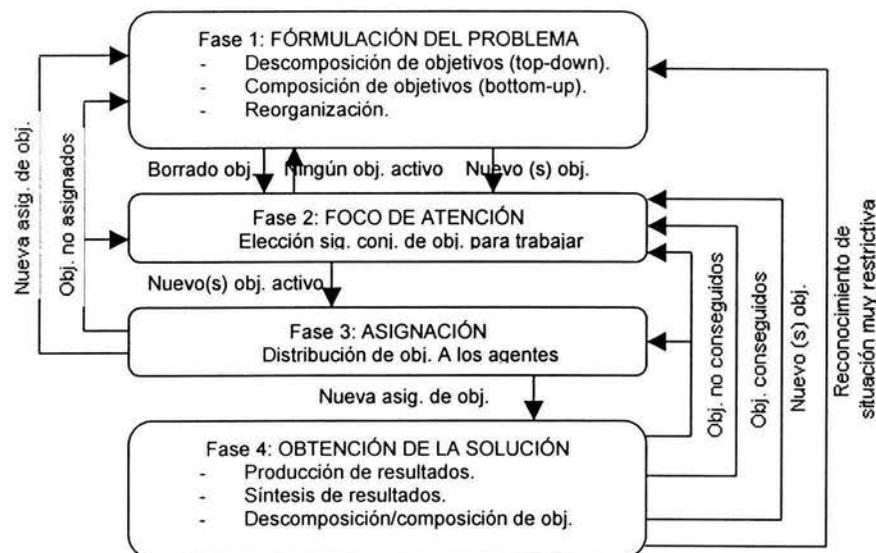
La Inteligencia Artificial Distribuida se centra en la resolución de problemas mediante la aplicación tanto de técnicas de la Inteligencia Artificial como de múltiples solucionadores de problemas. Una definición mínima de un *sistema IAD* establece que debe incluir al menos dos agentes, que tales agentes tengan cierto grado de información y/o autonomía, y que parte de los agentes considerados sean sofisticados (capacidad de razonamiento, planificación, etc.).

En particular, A. H. Bond y L. Passer [5] han caracterizado cinco problemas básicos en IAD:

1. Cómo formular, describir, descomponer y asignar problemas y cómo sintetizar los resultados en un grupo de agentes inteligentes.
2. Cómo capacitar a los agentes para que se comuniquen e interactúen, es decir, qué tipo de lenguaje y qué protocolos de comunicación utilizarán, qué y cuándo se comunicarán, etc.
3. Cómo asegurar que los agentes actúen coherentemente a la hora de tomar decisiones o de ejecutar una acción, equilibrando los efectos globales de las decisiones locales y evitando interacciones perjudiciales.

4. Cómo diseñar los agentes individuales de manera que puedan representarse y razonar acerca de las acciones, los planes y el conocimiento de otros agentes, de modo que puedan coordinarse.
5. Cómo reconocer y reconciliar puntos de vista diferentes e intenciones conflictivas.

En la **Figura 1** se muestran los pasos para solucionar un problema utilizando Inteligencia Artificial Distribuida.



**Figura 1.** Etapas de la resolución distribuida de problemas.

*Principales aplicaciones de IAD:*

- Diseño de red: Con Sistemas Expertos débilmente acoplados más negociación o pizarra.
- Gestión de red: Un agente en cada unidad (segmento/estación/...).
- Reconfiguración dinámica (p.ej. reestablecer rutas).
- Gestión de fallos.
- Gestión de prestaciones.
- Integración de sistemas (interoperabilidad).
- Búsqueda de información.
- Secretaría inteligente.

### Lógica difusa

Se trata de un tipo de lógica para procesar datos inciertos. En ella, un elemento puede tener infinitas gradaciones entre VERDADERO y FALSO.

Es una forma de razonamiento que incorpora criterios múltiples para tomar decisiones y valores múltiples para evaluar posibilidades. La lógica difusa difiere de la dicotómica en este sentido. En lógica dicotómica se espera derivar una solución decidiendo por sí o por no si cada una de las restricciones o parámetros es verdadero o falso, pero en lógica difusa es admisible usar escalas de condiciones (restricciones) y matices (flexibilidad) en

los valores numéricos. En el intervalo  $[0..1]$  puede haber cualquier valor de verdad, sin necesidad de ser un número entero. Por ello está algo menos interesado en la verdad y algo más interesado en la facilidad práctica. Permite volcar numéricamente expresiones del tipo "muy caliente". Se aplica en teoría del control y en otras ramas de las tecnologías.

En la lógica difusa se emplean técnicas de razonamiento que aplican valores múltiples de verdad o confianza a las restricciones durante la resolución de problemas. Las técnicas difusas pueden ser usadas en algoritmos computacionales que imitan al conocimiento humano para superar la fragilidad de programas que solamente se dirigen a dos posibles valores, verdadero y falso, en el momento de juzgar opciones. Con este recurso los programas de Inteligencia Artificial pueden reconocer matices de verdad o de confianza y sugerir posibles soluciones aún cuando ninguna sea "cierta".

### Planificación y control inteligente

A grandes rasgos, la planificación y control inteligente, se refiere a combinar técnicas de planeación y de la Inteligencia Artificial, para poder llevar a cabo las siguientes actividades:

- Estudio de la aplicabilidad de los operadores difusos en el diseño de sistemas de control inteligentes.
- Diseño automático de controladores.
- Análisis teórico de controladores difusos.
- Planificación en dominios con información incompleta. Aplicación al control de procesos.
- Aplicación del control inteligente en robótica.

### Razonamiento aproximado

El tratamiento de la incertidumbre constituye uno de los campos fundamentales de la Inteligencia Artificial, pues afecta en mayor o menor medida a todos los demás. En particular, una de las propiedades esenciales de los sistemas expertos, y a la vez una de las más complejas, es el tratamiento de la incertidumbre. Hay que considerar, que cuando se realiza un análisis mediante métodos numéricos, suele denominarse razonamiento aproximado.

Dado un problema, el *razonamiento* a efectuarse depende del conocimiento con que contamos.

- Si es *parcial*, el razonamiento será *por defecto*.
- Si es *conflictivo*, el razonamiento será *no monótono*.
- Si el conocimiento es *incierto* o el lenguaje en que se representa es *impreciso*, estamos en presencia de un razonamiento *aproximado*.

Vemos entonces que un conocimiento puede ser impreciso sin ser incierto o ser incierto sin ser impreciso. Veremos ambos casos.

*¿Cuándo un conocimiento es incierto?*

Un conocimiento es *incierto* cuando está expresado con predicados precisos, pero donde no puede establecerse el valor de verdad.

Ejemplos de lo anterior están constituidos por predicados del tipo:

*Creo que ...*  
*Es posible que...*

¿Cuándo un conocimiento es impreciso?

Un conocimiento es *impreciso* cuando cuenta solamente con predicados vagos, o sea que las variables no reciben un valor preciso, sino que solamente se especifica un subconjunto al que pertenecen.

Ejemplo de esto sería:

*Carlos es alto.*  
*Juan tiene entre 30 y 35 años.*

El uso de este tipo de conocimiento nos adentra en la lógica difusa, dado que se recurre a la utilización de coeficientes. Este, es un factor que se agrega para representar la incertidumbre o la imprecisión que el experto asigna a este conocimiento.

Este factor recibe el nombre de *coeficiente de refinamiento* y por lo general se mide en una escala de **0** a **1** e implica una modificación al principio de inferencia. Por lo tanto la regla tomaría la siguiente forma:

*IF < premisa > THEN < conclusión > < coeficiente >*

Este coeficiente de refinamiento constituye un modificador de la conclusión en la regla y, por lo tanto, es luego utilizado para la gestión del razonamiento aproximado.

### **Reconocimiento de patrones e imágenes**

En los sistemas reconocedores de imágenes debe reconocerse el significado de imágenes con ayuda de procesos exactamente definidos. Los procesos desarrollados permiten aplicaciones especiales y avanzadas (por ejemplo, robótica, automatismo industrial, análisis de fotografías aéreas, etc.).

Los subcampos generales del reconocimiento de imágenes son:

- División en procesos parciales apropiados.
- Determinación de las formas de representación para resultados intermedios y finales.
- Identificación y utilización de regularidades físicas.
- Identificación, representación y utilización de los conocimientos derivados de la experiencia.

Para ello deben solucionarse muchos problemas distintos. Se buscan procesos capaces de distinguir cantos de iluminación, cantos de orientación y cantos de reflexión, es decir, sombras, contornos y límites de color. Además existe también el objetivo de desarrollar el hardware especial con el que se pueda analizar posibles soluciones con gran cantidad de cálculo, por ejemplo, en la interpretación de secuencias de imágenes.

Los dominios que lindan con el reconocimiento de imágenes (en inglés "vision") son el reconocimiento de patrones (pattern recognition) y el tratamiento de imágenes (picture processing).

El objetivo del reconocimiento de patrones es, principalmente, reconocer las diferentes versiones de un mismo objeto, por ejemplo en la lectura de números y letras.

El tratamiento de imágenes abarca todos los procesos de cálculo para la manipulación de datos aportados por los mismos, en especial sólo de aquellos que tratan una imagen para obtener otra, por ejemplo: filtrado, aislado, aumento del contraste, corrección geométrica y eliminación de errores.

Actualmente se emplea la validación de técnicas difusas para el reconocimiento de patrones e imágenes.

### Redes neuronales

Las Redes Neuronales Artificiales (ANNs de Artificial Neural Networks) fueron originalmente una simulación abstracta de los sistemas nerviosos biológicos, formados por un conjunto de unidades llamadas "neuronas" o "nodos" conectadas unas con otras. Estas conexiones tienen una gran semejanza con las *dendrítas* y los *axones* en los sistemas nerviosos biológicos.

El Primer modelo de red neuronal fue propuesto en 1943 por McCulloch y Pitts en términos de un modelo computacional de "actividad nerviosa". El modelo de McCulloch-Pitts es un modelo binario, y cada neurona tiene un escalón o umbral prefijado. Este primer modelo sirvió de ejemplo para los modelos posteriores de Jhon Von Neumann, Marvin Minsky, Frank Rosenblatt, y muchos otros.

Una primera clasificación de los modelos de ANNs podría ser, atendiendo a su similitud con la realidad biológica:

1. Los modelos de *tipo biológico*. Este comprende las redes que tratan de simular los sistemas neuronales biológicos así como las funciones auditivas o algunas funciones básicas de la visión.
2. El modelo *dirigido a aplicación*. Estos modelos no tienen porque guardar similitud con los sistemas biológicos. Sus arquitecturas están fuertemente ligadas a las necesidades de las aplicaciones para las que son diseñados.

El objetivo principal de las redes neuronales de tipo biológico es desarrollar un elemento sintético para verificar las hipótesis que conciernen a los sistemas biológicos.

Las ANNs dirigidas a aplicación están en general poco ligadas a las redes neuronales biológicas. Ya que el conocimiento que se posee sobre el sistema nervioso en general no es completo, se han de definir otras funcionalidades y estructuras de conexión distintas a las vistas desde la perspectiva biológica. Las características principales de este tipo de ANNs son los siguientes:

1. *Auto Organización y Adaptatividad*. Utilizan algoritmos de aprendizaje adaptativo y auto organización, por lo que ofrecen posibilidades de procesado robusto y adaptativo.

2. *Procesado No Lineal*. Aumenta la capacidad de la red de aproximar, clasificar y su inmunidad frente al ruido.
3. *Procesado paralelo*. Normalmente se usa un gran número de células de procesado por el alto nivel de interconectividad.

Estas características juegan un importante papel en las ANNs aplicadas al procesado de señal e imagen. Una red para una determinada aplicación presenta una arquitectura muy concreta, que comprende elementos de procesado adaptativo masivo paralelo combinadas con estructuras de interconexión de red jerárquica.

## **Robótica**

Los robots han ocupado siempre la fantasía de muchas personas. Sin embargo, los robots de las modernas plantas industriales de producción desempeñan actividades monótonas y repetitivas según un plan de acción previamente fijado con exactitud.

Con ayuda de la Inteligencia Artificial se intenta que el comportamiento de los robots sea más "inteligente". Como ejemplo podemos tomar la reacción ante fallos. Durante la ejecución del plan puede surgir un resultado imprevisto. Un objetivo de la investigación es modificar el plan en tiempo real, es decir, durante el trabajo, e incorporar una reacción apropiada según el resultado.

Si el robot coge, por ejemplo, una tuerca que no coincide con el tamaño, debe dejar ésta de lado y coger una nueva.

Esta estrategia de crear un plan con sentido a partir de capacidades elementales puede utilizarse también para crear nuevos planes, y no sólo para modificar los antiguos.

Además hay otras capacidades de necesaria aplicación si un robot debe realizar actividades no monótonas. Los robots especialmente móviles necesitan una amplia capacidad sensora y visual.

Para poder convertir éstas y otras capacidades más avanzadas en realidad, se están empleando cada vez más técnicas de la Inteligencia Artificial en la programación de robots:

- Técnicas de solución espacial de problemas, espacios tridimensionales y geometría de objetos.
- Tiempo real, optimización de procesos de movimiento y coordinación.
- Tratamiento de señales sensoriales, elección de la información relevante de diferentes señales obtenidas por el sensor (datos visuales, electrónicos, etc.).
- Sistemas de planificación, que coordinan informaciones espaciales, temporales y de sensores, para solucionar la tarea de forma óptima o para coordinar varios robots en una producción en serie.

## **Sistemas basados en el conocimiento**

Los sistemas del conocimiento se refieren a programas que son basados en el conocimiento que es accesible al promedio de profesionales de un campo dado. Estos son los descendientes más importantes desde el punto de vista industrial y comercial de la Inteligencia Artificial. En la actualidad se usan en todas partes del mundo y en cualquier

variedad de casos. Son utilizados para ayudar a los humanos a solucionar problemas tales como la detección de fraude por tarjeta de crédito, asesoría en la calidad del producto, para soportar la recuperación de servicios de redes eléctricas, asesoría en servicios bancarios, diagnóstico médico, entre otros.

El desarrollo de los sistemas basados en el conocimiento siempre se hace siguiendo una metodología en donde, entre otras cosas, se define cuándo y cómo hacer dichos procesos. Algunas metodologías los incluyen como tareas de alguna etapa, otras como una etapa específica y otras como procesos independientes de las etapas pero paralelas a ellas.

Generalmente al referirnos a sistemas basados en el conocimiento, pensamos en Sistemas Expertos (véase "Sistemas Expertos"), ya que éstos se basan en el conocimiento almacenado en su base de conocimientos para llegar a una solución sobre su área de desarrollo.

Así, un sistema basado en el conocimiento tratará de actuar como el experto humano cuando se está enfrentado a una situación en el dominio y en la cual se requiere tomar una decisión. Es importante expresar, que otro de los objetivos del proceso de adquisición del conocimiento es precisar las actividades o procesos mentales que el experto realiza con su conocimiento con el fin de llegar a una conclusión.

### **Sistemas de ayuda a la decisión**

Se trata de Algoritmos y modelos de optimización con información difusa: Programación lineal difusa, programación multiobjetivo difusa, problema del transporte, optimización combinatoria difusa, teoría de juegos.

- Modelos de redes y grafos difusos.
- Problemas de decisión (unipersonal, multipersonal, multicriterio, ...).
- Análisis y relación entre estructuras de preferencia en modelos de decisión.
- Metaheurísticas aplicadas a problemas de optimización difusa.
- Sistemas de ayuda a la decisión: desarrollos en entornos semi-estructurados y mal estructurados.
- Aplicaciones al ámbito económico-financiero y medioambiental.

### **Sistemas de lenguaje natural**

La tarea de la investigación de Inteligencia Artificial orientada al lenguaje estriba en disponer en la máquina de capacidades ligadas a la comprensión inteligente del lenguaje y a facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina.

Un sistema de Procesamiento de lenguaje natural es aquel en que:

- Parte de la información a procesar está codificada en lenguaje natural y
- Se aplican algoritmos para el análisis sintáctico, semántico y pragmático de la información y para la generación en lenguaje natural.

Gran parte de los sistemas desarrollados son sistemas de diálogo, por ejemplo, sistemas informativos. Otros campos de investigación son, por ejemplo: La comprensión

de textos, es decir, que el sistema responde preguntas sobre un texto introducido anteriormente; otras áreas son traducción automática y generación de extractos (resumen del texto).

Los sistemas de lenguaje natural poseen – al contrario que, por ejemplo, los procesadores de textos – también una representación interna para la información. Esta representación es necesaria para poder procesar la información y reaccionar entonces de una forma inteligente para el usuario. Tras los primeros y no muy fructuosos ensayos de traducción automática y procesamiento de datos lingüísticos, se reconoció la ventaja de un lenguaje natural. La generación o “comprensión” de una expresión lingüística se divide en tres niveles:

- La sintaxis como estructura de la expresión.
- La semántica como significado de la expresión.
- La pragmática como utilización de la expresión.

Para ello hace falta conocimiento en tres campos:

1. Conocimiento general de palabras, conocimiento sobre modismos y frases hechas, conocimiento gramatical, reglas de la configuración del diálogo o de la estructura del texto.
2. Conocimiento específico de un determinado sector. Por ejemplo: reglas especiales sobre el campo especializado, objetivos de diálogo del usuario potencial.
3. Conocimiento referido al diálogo y/o texto. Es decir, conocimiento que se acumula, por ejemplo, durante un diálogo, como informaciones sobre el transcurso de la conversación hasta el momento o sobre el interlocutor actual.

Si la entrada o salida debe efectuarse en lenguaje hablado, hará falta saber, por ejemplo, sobre sonidos o prosodia de una lengua.

### **Sistemas expertos**

Un Sistema Experto puede almacenar el conocimiento de expertos para un campo de especialidad determinado – y muy estrechamente delimitada- y solucionar un problema mediante la deducción lógica. Representan la transición del procesamiento de datos al procesamiento de conocimientos y sustituyen al mismo tiempo los algoritmos por mecanismos de inferencia.

La base de este avance tecnológico fue el desarrollo de nuevos lenguajes de programación que permiten representar y procesar expresiones simbólicas y amplias estructuras de conocimientos.

Este conocimiento se almacena en la base de conocimientos y se procesa con las estrategias de solución depositadas en la máquina de inferencia (Para mayor referencia ver “Componentes de los Sistemas Expertos” del Capítulo III).

Los Sistemas Expertos encuentran aplicación allí donde haya conocimientos especializados y experiencia, y no resulte posible o rentable una solución convencional de procesamiento de datos.

Hasta aquí debe bastarnos este pequeño resumen sinóptico, ya que más adelante se tratará el tema con más profundidad.

### Razonamiento basado en casos (Case-Based Reasoning)

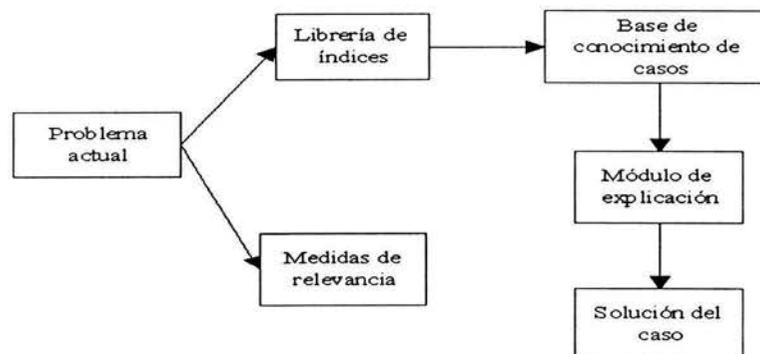
Otro campo de la inteligencia artificial que destaca por su utilidad en el problema de la programación y el control de la programación es el *razonamiento basado en casos*. Los sistemas de razonamiento basado en casos se utilizan para la resolución de problemas. Se basan en problemas similares ocurridos en el pasado, que se denominan casos, para encontrar soluciones a los mismos, modificar soluciones existentes y explicar situaciones anómalas.

Frente a otros campos de la Inteligencia Artificial, los sistemas de razonamiento basado en casos son capaces de utilizar conocimiento específico de experiencias previas para resolver un problema. Capturan las características de dicho problema, buscan casos históricos con valores similares para dichas características, analizan las soluciones de estos casos y proponen una solución al problema, y finalmente aprenden del problema actual para problemas futuros.

El aprendizaje de los casos en un sistema de razonamiento basado en casos requiere métodos para extraer el conocimiento relevante de la experiencia, integrar el caso en la estructura del conocimiento, e indexar el problema para ser seleccionado en casos similares.

#### Elementos de un Sistema basado en casos

Los sistemas de razonamiento basado en casos constan de cuatro elementos, los cuales se observan en la **Figura 2**:



**Figura 2.** Elementos de un Sistema basado en casos.

#### 1. Base de conocimiento de casos

Es una base de datos de casos históricos estructurada, que captura problemas reales y sus soluciones. Se diseña para almacenar conocimiento y experiencia en el problema. Consta de teorías, principios y clasificaciones del problema, junto con las heurísticas y los juicios asociados a cada caso concreto.

## 2. Librería de índices

Formada por un conjunto de índices para buscar y recuperar casos similares al problema actual. El mecanismo de indexado determina los casos que serán seleccionados, mientras que el proceso de recuperación asegura que el caso más relevante es seleccionado para un análisis posterior. Existen tres formas de recuperar los casos, usadas conjuntamente:

*Vecino más cercano:* El sistema selecciona el caso almacenado en que más se parezcan sus características a las del problema en estudio. Las características pueden tener pesos para dar más importancia a unas que a otras.

*Razonamiento inductivo:* El sistema ordena los casos en memoria basándose en las características que más frecuentemente se parecen.

*Indexado guiado por el conocimiento:* El sistema selecciona las características más relevantes en función de la experiencia, implementada en forma de reglas.

## 3. Medidas de relevancia

Son un conjunto predeterminado de características del problema, generales o específicas, que el sistema usa para asegurar la relación entre el caso actual y los históricos. Con estas medidas el sistema puede seleccionar y clasificar los casos más relevantes.

## 4. Módulo de explicación

Es el que permite justificar y explicar el análisis completo del problema y las soluciones propuestas, así como la semejanza o diferencia entre dicha solución y las de los casos históricos.

El proceso completo que se realiza en un sistema de razonamiento basado en casos se puede representar como un ciclo de actividades:

1. RECUPERAR el o los casos más parecidos al problema actual. Para ello el sistema utiliza la librería de índices.
2. REUTILIZAR la información y el conocimiento de dicho caso para intentar resolver el problema.
3. REVISAR la solución propuesta si es necesario.
4. RETENER la parte útil de esta experiencia para ser utilizada en la resolución de futuros problemas.

Tanto los Sistemas Expertos como los sistemas de razonamiento basado en casos son campos de la Inteligencia Artificial que usan la búsqueda para llegar a las soluciones admisibles de un cierto problema. La eficiencia y rigor de dicha búsqueda es fundamental para encontrar buenas soluciones.

La diferencia más importante entre ambos sistemas estriba en la forma de resolver los problemas: En los Sistemas Expertos se utiliza el razonamiento deductivo a partir de los datos conocidos, mientras que en los Sistemas de razonamiento basado en casos se

utiliza el razonamiento analógico, es decir, a partir del problema se usa el conocimiento de casos históricos.

Los Sistemas Expertos se utilizan para aquellos problemas donde:

- El entorno del problema es rico en conocimiento del mismo y pobre en experiencias previas, fundamentalmente por su inviabilidad.
- No es fácil comparar unos problemas con otros.
- La experiencia se puede implementar en forma de reglas.
- No se puede aprender del pasado.

Los sistemas de razonamiento basado en casos se utilizan entonces cuando:

- Los problemas se representan mejor en forma de conocimiento del medio que en forma de reglas.
- Es más fácil extraer conocimiento mediante casos ya ocurridos que mediante reglas. Así se hace menos costosa la adquisición del conocimiento.
- Es necesario incorporar creatividad y sentido común para resolver el problema.
- Se repiten los problemas cada cierto tiempo.

### **Sistemas inteligentes híbridos**

Son sistemas inteligentes que resultan al combinar varias técnicas de la Inteligencia Artificial.

### **Comparación entre las técnicas de la Inteligencia Artificial**

En la **Tabla 1** (siguiente página), se aprecia la comparación de las técnicas de la Inteligencia Artificial, antes mencionadas, analizando las ventajas y desventajas de cada una para solucionar cierto tipo de problemas.

	PROBLEMAS TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Algoritmos Genéticos	Generalmente los problemas que se resuelven con algoritmos genéticos son aquellos en los que la aproximación y la búsqueda de una mejora en un proceso es primordial.  Diseño y gestión de red.	Con los algoritmos genéticos las representaciones simples como cadenas binarias de las soluciones del problema y la realización de transformaciones simples para modificar y mejorar estas representaciones logran encontrar soluciones aproximadas a problemas de gran complejidad computacional mediante un proceso de "evolución simulada".  Al emplear técnicas de la Inteligencia Artificial y diversos resolvedores de problemas ayuda a que el problema sea más eficiente.	El proceso de desarrollo es largo, ya que a partir de una población inicial, generada aleatoriamente se pretende mejorarla mediante procesos de reproducción, cruzamiento y mutación; lo cual ocasiona el manejo de gran cantidad de cadenas binarias, lo cual puede desembocar en un tiempo largo para encontrar la solución al problema.  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No es fácil formular, describir, asignar problemas y sintetizar los resultados.</li> <li>2. Hay problema en cómo capacitar a los agentes para que se comuniquen e interactúen.</li> <li>3. No es seguro que los agentes actúen coherentemente.</li> <li>4. Hay problema en cómo diseñar los agentes individuales de manera que puedan representarse y razonar acerca de las acciones.</li> <li>5. Es difícil reconocer y reconciliar puntos de vista diferentes e intenciones conflictivas.</li> <li>6. En su definición mínima debe incluir al menos dos agentes con gran capacidad de razonamiento y planificación.</li> </ol>
Inteligencia Artificial Distribuida	Solucionan problemas en los que se tienen que tomar decisiones y valores múltiples para evaluar posibilidades.	Los programas de Inteligencia Artificial pueden reconocer matices (tienen flexibilidad) de verdad o de confianza y sugerir posibles soluciones aún cuando ninguna sea "cierta".	Al procesar datos inciertos, puede producir resultados alejados de las posibilidades reales.
Lógica Difusa			
Planificación y Control Inteligente	Aplicación al control de procesos y diseño de controladores.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudia la aplicabilidad de los operadores difusos en el diseño de sistemas de control inteligentes.</li> <li>2. Aplica el control inteligente en la robótica.</li> </ol>	Antes de diseñar el proceso de control tiene que analizar teóricamente los controladores difusos.
Razonamiento Aproximado	Problemas de Inteligencia Artificial y métodos numéricos mediante incertidumbre.	El tratamiento de la incertidumbre constituye uno de los campos fundamentales en la Inteligencia Artificial.	<p>Dado un problema, el razonamiento a efectuarse depende del conocimiento con que contamos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si es parcial, el razonamiento será por defecto.</li> <li>- Si es conflictivo, el razonamiento será no monótono.</li> <li>- Si el conocimiento es incierto o el lenguaje en que representa es impreciso, estamos en presencia de un razonamiento aproximado.</li> </ul>

<p><b>Razonamiento Basado en Casos</b></p> <p>Los sistemas de razonamiento basado en casos se utilizan cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los problemas se representan mejor en forma de conocimiento del medio que en forma de reglas.</li> <li>- Es más fácil extraer conocimiento mediante casos ya ocurridos que mediante reglas. Así se hace menos costoso.</li> </ul>	<p>1. Como se basan en problemas similares ocurridos en el pasado, que se denominan casos, se encontrará una mejor solución, modificando soluciones existentes y explicar situaciones anómalas.</p> <p>2. Los sistemas basados en casos son capaces de utilizar conocimiento específico de experiencias previas para resolver un problema.</p> <p>3. Capturan las características de dicho problema, buscan casos históricos con valores similares para dichas características, analizan las soluciones de estos casos y proponen una solución al problema, y finalmente aprenden del problema actual para problemas futuros.</p> <p>4. Por basarse en casos pasados se hace menos costosa la adquisición del conocimiento.</p>	<p>1. Es necesario incorporar creatividad y sentido común para resolver el problema.</p> <p>2. Requiere métodos para extraer el conocimiento relevante de la experiencia, integrar el caso en la estructura del conocimiento e indexar el problema para ser seleccionado en casos similares.</p>
<p><b>Reconocimiento de Patrones e imágenes</b></p> <p>Los problemas generales de reconocimiento de imágenes son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- División en procesos parciales apropiados.</li> <li>- Determinación de las formas de representación para resultados intermedios y finales.</li> <li>- Identificación y utilización de regularidades físicas.</li> <li>- Identificación, representación y utilización de los conocimientos derivados de la experiencia.</li> </ul>	<p>1. En reconocimiento de imágenes mejora en mucho la apariencia de éstas.</p> <p>2. En Reconocimiento de patrones es, principalmente, reconocer las diferentes versiones de un mismo objeto; por ejemplo, en la lectura de números y letras.</p> <p>3. Actualmente se emplea la validación de técnicas difusas para el reconocimiento de patrones e imágenes.</p>	<p>1. El proceso de tratamiento de imágenes es muy tardado, ya que abarca todos los procesos de cálculo para la manipulación de datos aportados por los mismos, en especial sólo de aquellos que tratan una imagen para obtener otra, por ejemplo: filtrado, aislado, aumento de contraste, corrección geométrica y eliminación de errores.</p> <p>2. Existe también el objetivo de desarrollar el hardware especial con el que se pueda analizar posibles soluciones con gran cantidad de cálculo; por ejemplo, en la interpretación de secuencias de imágenes.</p>
<p><b>Redes Neuronales</b></p> <p>Resuelve problemas de tipo biológico (modelos de tipo biológico) y problemas de aplicación en diversas áreas de la ciencia y tecnología (modelos dirigidos a aplicación).</p>	<p>Una red para una determinada aplicación presenta un arquitectura muy correcta, que comprende elementos de procesado adaptativo masivo paralelo, combinadas con estructuras de interconexión de red jerárquica.</p>	<p>Utilizan algoritmos de aprendizaje adaptativo y auto organización, por lo que ofrecen posibilidades de procesado robusto. Normalmente se usa un gran número de células de procesado por el alto nivel de interconectividad entre ellas.</p>
<p><b>Robótica</b></p> <p>La robótica soluciona problemas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimización de procesos de movimiento y coordinación.</li> <li>- Tratamiento de señales sensoriales, elección de información relevante.</li> <li>- Sistemas de planificación, para producción en serie.</li> <li>- Seguridad de personal humano en el campo laboral o espacial.</li> </ul>	<p>Los robots han logrado que el hombre facilite su trabajo, llegando a zonas o áreas donde antes el hombre no era posible llegar para realizar actividades arriesgadas.</p>	<p>Muchos robots desempeñan actividades monótonas y repetitivas según el plan de acción previamente fijado con exactitud, por lo que no nos capaces de crear nuevos planes y modificar los ya establecidos. Los robots especialmente móviles necesitan una amplia capacidad sensorial y visual.</p>

<p><b>Sistemas basados en el conocimiento</b></p> <p>Ayudan al ser humano a solucionar problemas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detección de fraude de tarjetas de crédito.</li> <li>- Asesoría en la calidad del producto.</li> <li>- Para soportar la recuperación de servicios de redes eléctricas.</li> <li>- Asesoría en servicios bancarios.</li> <li>- Diagnóstico médico.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Amplia difusión del conocimiento.</li> <li>2. Fácil modificación.</li> <li>3. Respuestas coherentes.</li> <li>4. Disponibilidad: (casi completa: 24 horas del día, los 7 días de la semana...).</li> <li>5. Conservación del conocimiento.</li> <li>6. Capaz de resolver problemas disponiendo de información incompleta.</li> <li>7. Capaz de explicar los resultados y su obtención.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es importante expresar en forma precisa las actividades o procesos mentales que el experto realiza con su conocimiento con el fin de llegar a una conclusión, ya que de lo contrario, el sistema no podrá actuar como el experto humano cuando se está enfrentando a una situación en el dominio y en la cual se requiere tomar decisión.</li> <li>2. Las soluciones no siempre son correctas</li> <li>3. Conocimiento limitado al dominio del experto</li> <li>4. Carecen de sentido común (SBC=Experto - sentido común)</li> <li>5. Es difícil extraer el conocimiento del experto: este es el cuello de botella</li> </ol>
<p><b>Sistemas de ayuda a la decisión</b></p> <p>Resuelve problemas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Programación lineal, difusa, programación multiojetivo difusa, problemas de transporte, optimización combinatoria difusa, teoría de juegos, modelos de redes y grafos difusos, problemas de decisión y aplicaciones en el ámbito económico-financiero y medioambiente.</li> </ul> <p>Gran parte de los sistemas desarrollados mediante este método son sistemas de diálogo; por ejemplo, sistemas informativos y tutoriales.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modularidad.</li> <li>2. Uniformidad en la representación del conocimiento.</li> <li>3. Naturalidad de la representación del conocimiento mediante reglas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bucles infinitos.</li> <li>2. Incorporación de nuevo conocimiento incoherente.</li> <li>3. Modificación de reglas existentes.</li> <li>4. Ineficiencia.</li> <li>5. Opacidad.</li> <li>6. Amplitud y complejidad de los campos.</li> </ol>
<p><b>Sistemas de lenguaje natural</b></p>	<p>Dado que se aplican algoritmos para el análisis sintáctico, semántico y pragmático de la información y para la generación del lenguaje natural, al crear un sistema de diálogo, se logrará un mejor entendimiento entre el usuario y la máquina.</p>	<p>La tarea de la investigación de Inteligencia Artificial orientada al lenguaje estriba en disponer en la máquina de capacidades ligadas a la comprensión inteligente del lenguaje y a facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina; objetivo que no siempre se logra.</p>

Sistemas expertos		Sistemas expertos híbridos
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Permite representar y procesar expresiones simbólicas y amplias estructuras del conocimiento. Por lo que los Sistemas Expertos encuentran aplicación allí donde haya conocimientos especializados y experiencia, y no resulte posible o rentable una solución convencional de procesamiento de datos.</li> <li>2. Puede resolver problemas para los que no existe un modelo matemático adecuado o su solución es muy compleja, por ejemplo en áreas como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medicina.</li> <li>• Ingeniería</li> <li>• Exploración.</li> <li>• Análisis y Diseño.</li> </ul> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tiene gran disponibilidad y conveniencia. A diferencia de un humano que tiene que dormir, comer, descansar, etc., el sistema experto está disponible durante las 24 horas del día, todos los días del año.</li> <li>2. Los conocimientos de un sistema experto pueden ser copiados y almacenados fácilmente, siendo muy difícil la pérdida de éstos.</li> <li>3. El experto computarizado siempre está a pleno rendimiento.</li> <li>4. Un sistema experto radica no tiene ¡personalidad!, Por lo tanto no hay que preocuparse por agradarle.</li> <li>5. Además, si ya existe un Sistema Experto, usted puede crear uno nuevo simplemente copiando el programa de una máquina a otra.</li> <li>6. Se puede preservar el conocimiento de expertos y hacerlo accesible a más personas.</li> <li>7. Tiene la capacidad de explicar al usuario el proceso de razonamiento para llegar a los resultados.</li> <li>8. Un sistema experto sintetiza nuevo conocimiento a partir de su "entendimiento" del mundo que lo rodea.</li> <li>9. Reducción de la dependencia de personal clave. Esto es útil cuando la experiencia es escasa o costosa, o bien, cuando los expertos no se encuentran disponibles para la solución de un problema en particular.</li> <li>10. El Sistema Expertos puede ayudar de manera importante, y a costo menor, a la capacitación y adiestramiento del personal sin experiencia.</li> <li>11. Mejora en la calidad y eficiencia en el proceso de la toma de decisiones.</li> <li>12. Un Sistema Experto puede facilitar la descentralización de datos en el proceso de la toma de decisiones en aquellos casos que se consideren convenientes.</li> <li>13. La construcción del Sistema Experto en forma modular, ayuda a que las adiciones y cambios puedan ser hechos en cada módulo sin afectar los funcionamientos de otros.</li> </ol>	<p>Aplicada a cualquier área, debido a su capacidad de adaptarse al problema.</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los sistemas expertos no pueden responder en forma creativa a situaciones que los humanos lo harían.</li> <li>2. Los Sistemas Expertos actualmente dependen de una entrada simbólica.</li> <li>3. Los Sistemas Expertos no son buenos para reconocer cuando no existen respuestas o cuando los problemas están fuera de su área.</li> <li>4. Se requiere de un equipo computacional adecuado para el uso de herramientas de desarrollo; sin embargo, esto puede adecuarse a las posibilidades del equipo.</li> <li>5. El coste: En tiempo y dinero para extraer el conocimiento de los especialistas humanos y desarrollar el Sistema Experto.</li> <li>6. Actualización del sistema. Hay que reprogramar el sistema, aunque no por completo, ya que si se desea cambiar el área de aplicación o solucionar otro tipo de problemas puede utilizarse la misma máquina de inferencia y cambiar la base de conocimientos.</li> <li>7. La información que contenga el Sistema Experto deberá estar bien estructurada, completa y sin errores para producir el resultado esperado.</li> </ol>	<p>Es necesario que el Ingeniero o el creador de un sistema que pretenda resolver un problema tenga pleno conocimiento de las ventajas y desventajas que le traerá el uso de esta técnica.</p>	<p>Al ser sistemas que resultan al combinar varias técnicas de la Inteligencia Artificial, las ventajas de éstas mejorarán el resultado del problema.</p>

**Tabla 1. Comparación entre las técnicas de la Inteligencia Artificial.**

## Discusión

Habiendo revisado las ventajas y desventajas de cada una de las técnicas de la Inteligencia Artificial, hemos llegado a la conclusión de que la mejor manera de dar solución a nuestro problema es mediante los Sistemas Expertos. Por lo tanto, es necesario, antes de comenzar con el desarrollo del sistema, describir con mayor detalle esta técnica de la Inteligencia Artificial. Así, en el siguiente Capítulo se presenta lo más sobresaliente del tema; definición, características, componentes y desarrollo.

# CAPÍTULO III



## SISTEMAS EXPERTOS

---

## III. SISTEMAS EXPERTOS

### Historia de los Sistemas Expertos

Los Sistemas Expertos proceden de la Inteligencia Artificial, a mediados de los años sesenta. En ese período se creía que bastaban unas pocas leyes de razonamiento junto con potentes sistemas de cómputo para producir resultados brillantes. Un intento en ese sentido fue el llevado a cabo por los investigadores Alan Newell y Herbert Simon [6] que desarrollaron un programa denominado GPS (General Problem Solver; solucionador general de problemas). Este sistema podía trabajar con criptoaritmética, con las torres de Hanoi y con otros problemas similares. Lo que no podía hacer el GPS era resolver problemas del mundo real, tales como un diagnóstico médico.

Algunos investigadores decidieron entonces cambiar por completo el enfoque del problema restringiendo su ambición a un dominio específico e intentando simular el razonamiento de un experto humano. Así, en vez de dedicarse a computarizar la inteligencia general, se centraron en dominios de conocimiento muy concretos. De esta manera nacieron los Sistemas Expertos.

A partir de 1965, un equipo dirigido por Edward Feigenbaum, comenzó a desarrollar Sistemas Expertos utilizando bases de conocimiento definidas minuciosamente, para mayor referencia ver más adelante en la sección de "Componentes de los Sistemas Expertos".

En 1967 se construye **DENDRAL**, que se considera como el primer Sistema Experto. Este sistema se utilizaba para identificar estructuras químicas moleculares a partir de su análisis espectrográfico.

Entre 1970 y 1980 se desarrolló **MYCIN** para consulta y diagnóstico de infecciones de la sangre. Este sistema introdujo nuevas características: Utilización de conocimiento impreciso para razonar y la posibilidad de explicar el proceso de razonamiento. Lo más importante es que funcionaba de manera correcta, dando conclusiones análogas a las que un ser humano daría tras largos años de experiencia. En MYCIN aparecen claramente diferenciados la *máquina de inferencia* y la *base de conocimientos*, modelos que hoy día se reconocen como el núcleo en la estructura de todo Sistema. Al separar esas dos partes, se puede considerar la máquina de inferencia aisladamente. Esto da como resultado un sistema vacío o *shell*. Así surgió **EMYCIN** (MYCIN Esencial) con el que se construyó **SACON**, utilizado para estructuras de ingeniería, **PUFF** para estudiar la función pulmonar y **GUIDON** para elegir tratamientos terapéuticos.

En esa época se desarrollaron también: **HERSAY**, que intentaba identificar la palabra hablada, y **PROSPECTOR**, utilizado para hallar yacimientos de minerales. De este último derivó el shell **KAS** (Knowledge Acquisition System).

Un ejemplo de Sistema Experto moderno es **CASHVALUE**, que evalúa proyectos de inversión y **VATIA**, que asesora acerca del impuesto sobre el valor añadido o I.V.A.

## Auge de los Sistemas Expertos

Así, a partir de 1980 se ponen de moda los Sistemas Expertos; numerosas empresas de alta tecnología investigan en esta área de la Inteligencia Artificial, desarrollando Sistemas Expertos para su comercialización. Se llega a la conclusión de que el éxito de un Sistema Experto depende casi exclusivamente de la calidad de su base de conocimiento. El inconveniente es que codificar la experiencia de un experto humano puede resultar difícil, largo y laborioso.

La moda de usar Sistemas Expertos radica en algunos aspectos como:

- El acceso al conocimiento y al juicio de un experto es extremadamente valioso en muchas ocasiones (prospecciones petrolíferas, manejo de valores bursátiles, diagnóstico de enfermedades, etc.); sin embargo, en la mayoría de los campos de actividad existen más problemas por resolver que expertos para resolverlos. Para solucionar este desequilibrio es posible utilizar un Sistema Experto. En general, actuará como ayudante para los expertos humanos y como consultor cuando no se tiene otro acceso a la experiencia.
- Un Sistema Experto; además, mejora la productividad al resolver y decidir los problemas más rápidamente. Esto permite ahorrar tiempo y dinero. A veces, sin esa rapidez, las soluciones obtenidas serían inútiles.
- Los valiosos conocimientos de un especialista se guardan y se difunden; de forma que, no se pierden aunque desaparezca el especialista. En los Sistemas Expertos se guarda la esencia de los problemas que se intenta resolver y se programa cómo aplicar los conocimientos para su resolución. Ayudan a entender cómo se aplican los conocimientos para resolver un problema. Esto es útil porque normalmente el especialista da por ciertos sus conocimientos y no analiza cómo los aplica.
- Se pueden utilizar personas no especializadas para resolver problemas. Además si una persona utiliza regularmente un Sistema Experto aprenderá de él y se aproximará a la capacidad del especialista.
- Con un Sistema Experto se obtienen soluciones más fiables gracias al tratamiento automático de los datos y más contrastadas, debido a que se suele tener almacenado el conocimiento de varios expertos.

Los motivos por los que se consultan Sistemas Expertos pueden ser muy variados. Dependerán también del objetivo con el que se ha desarrollado el sistema.

Ejemplos:

- *Tareas tediosas de los expertos.* El Sistema Experto evita que el experto realice tareas tan cotidianas que le resulten tediosas, dándole la oportunidad de enfocarse a nuevos proyectos.
- *Diccionario dinámico.* Los Sistemas Expertos sirven también al mismo experto, como diccionario dinámico, manteniendo el conocimiento de reglas antiguas; mientras el experto se concentra en los nuevos desarrollos.
- *Servicio de asesoría a grupos de personas.* Otra aplicación del Sistema Experto consiste en brindar un servicio de asesoría consistente para un grupo de personas. Un Sistema Experto se podrá consultar cuando exista un problema y no se pueda o quiera recurrir primero al experto.

- *Confirmación de decisiones tomadas.* Este servicio ofrece consultas rutinarias, que se realizan con la ayuda de un Sistema Experto, para hallar una confirmación positiva a una decisión ya tomada..
- *Aprendizaje, formación.* En el caso en el que el usuario no tenga un conocimiento previo, el Sistema Experto puede servirle para capacitarlo en un área en particular.
- *Asesoramiento del usuario.* En el asesoramiento del usuario por parte del sistema, un aspecto muy importante es la transparencia que le brinda con determinadas explicaciones; para que pueda reforzar sus bases de argumentación en discusión con otros expertos.
- *Control del propio conocimiento.* Las consultas son también útiles para el control del propio conocimiento; en especial puede comprobarse muy bien la importancia del sistema de reglas con la ayuda de un Sistema Experto, ya que - como se ha dicho antes - un Sistema Experto puede demostrar, junto a las reglas adecuadas, también aquellas que a pesar de un resultado acertado, no han sido "disparadas". De esta forma puede conseguirse información sobre la sensibilidad o robustez de determinadas cantidades de reglas parciales.

### Tendencias futuras

- Los Sistemas Expertos se están utilizando cada vez más en las organizaciones, debido a que la tecnología también es cada vez más accesible para una gran mayoría de las empresas.
- Se piensa que en el futuro la interfaz de los Sistemas Expertos será en lenguaje natural, lo cual facilitará la comunicación entre usuarios y el sistema.
- Los Sistemas Expertos darán mayor soporte en el proceso de toma de decisiones, permitiendo tener el conocimiento del experto capturando en una base de conocimiento y utilizarlo cuando se requiera sin que esté él presente.
- Se manejarán herramientas inteligentes para explotar la información que contengan las bases de datos, permitiendo con ello un mejor uso de la información.
- Los Sistemas Expertos se integrarán a otras tecnologías para dar un mayor soporte en todas las áreas de la empresa.

### Definición

Bajo el término de "Sistema Experto" se entiende un tipo de software que imita el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema. Puede almacenar conocimientos de expertos para un campo determinado –y muy delimitado- y solucionar un problema mediante deducción lógica de conclusiones. Por supuesto integra elementos de transferencia y conversión de datos mejor conocidos como interfaz, medio por el cual la computadora se comunica con máquinas o con humanos. El programa puede explicar, cómo llegó a su conclusión y porqué.

Los Sistemas Expertos son uno de los puntos que componen las investigaciones en el campo de la Inteligencia Artificial. Un sistema de computadora que trabaje con técnicas de Inteligencia Artificial deberá estar en situación de combinar información de forma "inteligente", alcanzar conclusiones y justificarlas (al igual que el resultado final). Los Sistemas Expertos son una expresión de los sistemas basados en el conocimiento.

---

En un sentido estricto, un Sistema Experto, o sistema basado en conocimientos, se puede definir como:

“... sistema que resuelve problemas utilizando una representación del conocimiento”[7]

Por ejemplo, en la medicina, un Sistema Experto puede conectarse a dispositivos que efectúan electrocardiogramas, miden la presión sanguínea, o bombean oxígeno, con objeto de obtener, proporcionar y modificar parámetros de información en tiempo real. Asimismo, *conoce* ampliamente las posibles soluciones o prevé situaciones desconocidas. Teniendo la oportunidad de ampliar sus conocimientos; introduciendo cosas nuevas en su base de conocimientos (Ver “Componentes de los Sistemas Expertos”).

## Características

La característica principal de los Sistemas Expertos que están basados en reglas, es que contienen un juego predefinido de conocimientos que se utiliza para todas sus decisiones. El sistema usa las reglas y las inferencias que se le han indicado para producir los resultados.

Dependiendo del tipo de entrada y las reglas que se usaron, los Sistemas Expertos pueden utilizarse como herramientas cuantitativas o cualitativas. Los Sistemas Expertos operan con datos cualitativos y cuantitativos; razonan y sacan conclusiones a partir de información incompleta o vaga; reaccionan inmediatamente frente a un problema; interrumpen una línea de razonamiento para efectuar otra; revisan sus conclusiones ante la llegada de datos contradictorios y acceden a módulos escritos en otros lenguajes.

Un Sistema Experto genérico, consiste de dos módulos principales: la base de conocimientos y la máquina de inferencia.

La base de conocimientos, contiene el conocimiento del sistema con respecto al tema específico para el que se diseña el sistema. Este conocimiento se codifica según una notación específica que incluye reglas, predicados, redes semánticas y frames; éstos últimos son estructuras de datos para representar objetos o entidades (Para mayor información sobre estas formas de representación del conocimiento, en el capítulo IV). Una vez codificado el conocimiento, la máquina de inferencia recoge las conclusiones generadas por la base de conocimientos y la utiliza para formular hipótesis y obtener conclusiones acerca de un problema en particular.

Es de precisar que el sistema se comunica con el equipo de desarrollo del sistema (usuario, experto e ingeniero de conocimiento) por medio de una interfaz de entrada/salida. Así, por ejemplo; el usuario, ofrece datos iniciales a la máquina y ésta a su vez le responde.

Cuando el Sistema Experto ha resuelto el problema, el contenido de la memoria de trabajo es eliminado. Sin embargo; si el usuario no estuviera satisfecho con la información obtenida, el sistema posee un módulo de explicaciones, donde se describe el porqué se llegó a esa conclusión.

Con el módulo de explicaciones, apunta Kemper Valverde [8] , académico del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de

México (CCADET-UNAM), el usuario sigue de cerca el proceso que el sistema ejecuta para llegar a la solución de un problema.

La máquina de inferencia es la que combina los hechos y las preguntas particulares, utilizando la base de conocimiento, seleccionando los datos y pasos apropiados para alcanzar los resultados.

Una de las principales facetas de un Sistema Experto es la habilidad de aprender. En un Sistema Experto pueden considerarse dos tipos distintos de aprendizaje: el estructural y el paramétrico: El aprendizaje estructural se refiere a algunos aspectos relacionados con la estructura del conocimiento (reglas, espacios probabilísticos, etc.). El aprendizaje paramétrico se refiere a los cambios de los parámetros de la base de datos.

Los Sistemas Expertos siguen una filosofía diferente a los programas clásicos. Esto queda reflejado en la **Tabla 2**, que resume las diferencias entre ambos tipos de procesamiento.

SISTEMA CLÁSICO	SISTEMA EXPERTO
Conocimiento y procesamiento combinados en un programa.	Base de conocimientos separada del mecanismo de procesamiento.
No contiene errores.	Puede contener errores.
No da explicaciones, los datos sólo se usan o escriben.	Una parte del Sistema Experto la forma el módulo de explicación.
Los cambios son tediosos.	Los cambios en las reglas son fáciles.
El sistema sólo opera completo.	El sistema puede funcionar con pocas reglas.
Se ejecuta paso a paso.	La ejecución usa heurísticas y lógica.
Necesita información completa para operar.	Puede operar con información incompleta.
Representa y usa datos.	Representa y usa conocimiento.

**Tabla 2.** Comparación entre un sistema clásico de procesamiento y un Sistema Experto

Sintetizando, las características de los Sistemas Expertos son las siguientes:

- Representación explícita del conocimiento.
- Capacidad de razonamiento independiente de la aplicación específica.
- Capacidad de explicar sus conclusiones y el proceso de razonamiento.
- Alto rendimiento en un dominio específico.
- Uso de heurísticas vs. Modelos matemáticos.
- Uso de inferencia simbólica vs. Algoritmo numérico.
- Los Sistemas Expertos basan su rendimiento y calidad del conocimiento de un dominio específico y no tanto en las técnicas de solución de problemas.
- En Matemáticas, Teoría de Control y Computación, se intenta resolver el problema mediante su modelado (Modelo del problema). En Sistemas Expertos se ataca el problema construyendo un modelo del "experto" o solucionador de problemas (Modelo experto).

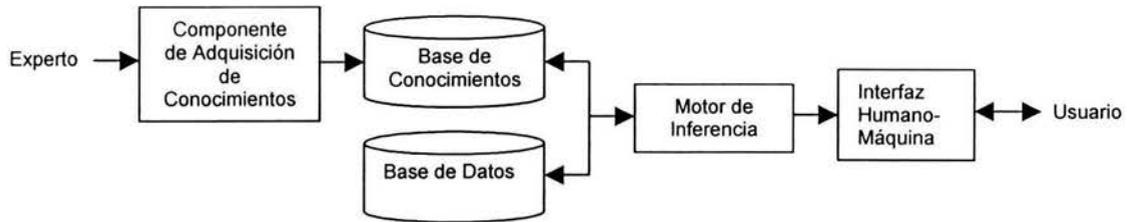
Algunas de estas propiedades se deben a la separación entre:

- Conocimiento específico del problema –BASE DE CONOCIMIENTOS.
- Metodología para solucionar el problema –MÁQUINA DE INFERENCIA.

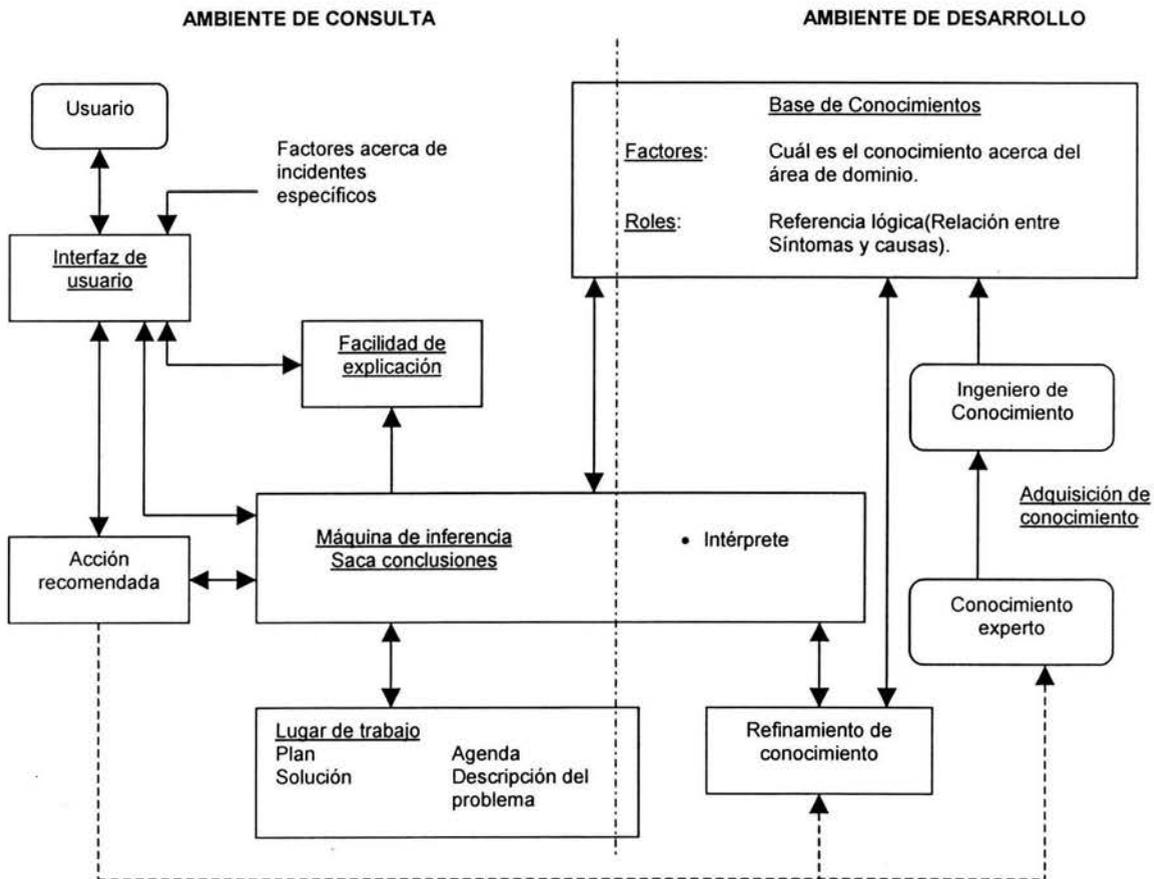
## Componentes de los Sistemas Expertos

Una característica decisiva de los Sistemas Expertos es la separación entre conocimientos por un lado y su procesamiento por el otro. A ello se añade una interfase de usuario y un componente explicativo.

Las partes de un Sistema Experto, en forma general, se ven en la **Figura 3** y con detalle en la **Figura 4**.



**Figura 3.** Arquitectura de un Sistema Experto



**Figura 4.** Estructura de un Sistema Experto

A continuación daremos una visión general de cada uno de los componentes.

### **El Componente de Adquisición**

Ofrece apoyo en la estructuración e implementación del conocimiento en la Base de Conocimientos. Este subsistema determina si la nueva información es redundante, es decir, si está contenida ya en la base de conocimientos. Aquella información no redundante es transmitida a la Base de Conocimientos para que sea almacenada.

Un buen Componente de Adquisición ayudará considerablemente a labor del Ingeniero del Conocimiento. Este puede concentrarse principalmente en la estructuración del conocimiento sin tener que dedicar tanto tiempo a la actividad de la programación.

Es deseable que el Componente de Adquisición posea las siguientes cualidades:

- El conocimiento, es decir las reglas, los hechos, las relaciones entre los hechos, etc., deben poder introducirse de la forma más sencilla posible.
- Posibilidades de representación clara de toda la información contenida en una base de conocimientos.
- Comprobación automática de la sintaxis.
- Posibilidad constante de acceso al lenguaje de programación.

De ser posible, el experto estará familiarizado con el Componente de Adquisición para poder realizar modificaciones sencillas por sí solo.

### **Base de Conocimientos**

Para obtener los conocimientos necesarios para crear un Sistema Experto; se llevan a cabo entrevistas entre el ingeniero del conocimiento y el experto, la información obtenida de éstas se codifica y se capturan las reglas heurísticas, para integrar la Base de Conocimientos, que posteriormente será utilizada para apoyar la solución de problemas reales y específicos que se le presenten al usuario.

La Base de Conocimientos contiene todos los hechos, las reglas y los procedimientos del área de aplicación es decir, los conocimientos de los expertos en un dominio determinado.

En la creación de la Base de Conocimientos se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Qué objetos serán definidos?
- ¿Cómo son las relaciones entre los objetos?
- ¿Cómo se formularán y procesarán las reglas?
- ¿La Base de Conocimientos es consistente?

Estas son cuestiones que el Ingeniero del Conocimiento debe solucionar, en parte colaborando con los expertos.

La Base de Conocimientos contiene todos los hechos, las reglas y los procedimientos del dominio de aplicación que son importantes para la solución del problema.

La programación que se utiliza para este tipo de casos, se define como orientada a objetos y se utiliza con frecuencia en el desarrollo de los Sistemas Expertos. Puede darse el caso de que determinados procesos y funciones deban subordinarse a unos objetos en particular.

Cómo se lleva a cabo la clasificación en grupos de las características y de los procedimientos alrededor de un objeto con las técnicas de programación, y cómo deben ser las relaciones entre los objetos pueden variar mucho de aplicación a aplicación. Junto a estos objetos, la Base de Conocimientos dispone de reglas. Estas reglas se representan en forma de :

*Si premisas **Entonces** Conclusión y/o Acción*

En la zona de las premisas se solicitan vinculaciones lógicas referentes a las cualidades de los objetos.

En la zona de la conclusión se añaden nuevos hechos y cualidades a la Base de Conocimientos y/o se ejecutan acciones.

### **Base de Hechos (Base de Datos)**

Los datos propios de un determinado problema se almacenan en una base de datos aparte, llamada Base de Hechos, la cual es una memoria de trabajo que contiene en cada momento toda la información relativa al problema que se está resolviendo.

El Estado del razonamiento de un Sistema Experto se encuentra en la Base de Hechos, en la cual se almacenan los hechos validos y el estado de la resolución del problema actual, es el elemento que utiliza la Máquina de Inferencia para almacenar los pasos que realiza y para instancias las reglas que saca de la base de conocimiento, ya que contiene la información que permanece invariable y que recibe el nombre de hecho.

Podemos decir que constituye la memoria de trabajo del Sistema Experto.

Los hechos representan la estructura dinámica del conocimiento ya que su número puede verse incrementado a medida que se van relacionando las reglas.

### **Máquina de Inferencia**

La Máquina de Inferencia es la unidad lógica con la que se extraen conclusiones de la Base de Conocimientos, según un método fijo de solución de problemas que esta configurado, simulando la estrategia que los expertos utilizan para solucionar problemas.

Una conclusión se produce mediante la aplicación de las reglas sobre los hechos presentes.

Ejemplo:

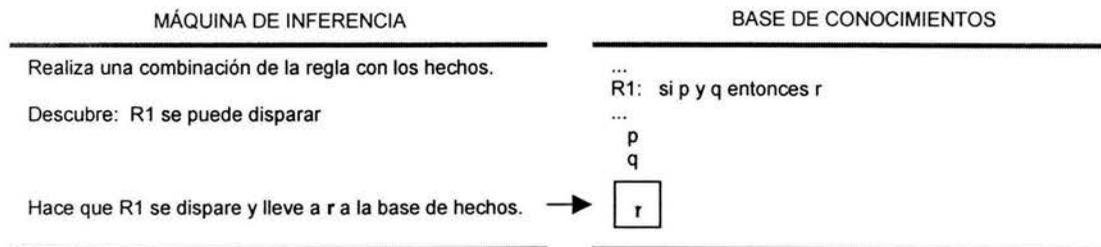
*Una regla es:                      Si p y q entonces r  
Se dan los hechos:                p y q*

*p y q son aquellos hechos que se mencionan en la cláusula "si" de la regla, es decir, las condiciones para la aplicabilidad de la regla. Aplicar la regla es: deducir los hechos p y q el hecho r.*

En un Sistema Experto existirá un hecho sólo cuando esté contenido en la base de conocimientos.

Los hechos que constan en la cláusula "si" se llaman *premisas*, y el contenido en la cláusula "entonces" se llama *conclusión*. Cuando se aplica una regla sobre algunos hechos cualesquiera se dice que se *dispara* la regla.

El disparo de una nueva regla provoca la inserción del nuevo hecho en la Base de Conocimientos:



Las funciones de la Máquina de Inferencia son:

- Determinación de las acciones que tendrán lugar, el orden en que lo harán y cómo lo harán entre las diferentes partes del Sistema Experto.
- Determinar cómo y cuándo se procesarán las reglas, y dado el caso también la elección de qué reglas deberán procesarse.
- Control del diálogo con el usuario.

La Máquina de Inferencia es "genérica", es decir, que se puede aplicar a diferentes dominios sólo cambiando la Base de Conocimientos. Existen tres formas en que una Máquina de Inferencia trabaja: encadenamiento hacia adelante, encadenamiento hacia atrás y encadenamiento mixto (donde se combinan los dos tipos de encadenamiento). Éstas formas de operación de la Máquina de Inferencia se presentan más adelante.

### Interfaz de Usuario

Los Sistemas Expertos desempeñan el papel de asistentes inteligentes y competentes como un experto en un área particular.

El conocimiento de los expertos es necesario para muchas personas que, por regla general, no poseen una formación especializada en dominios muy concretos. Por ejemplo, el usuario debe disponer de un conocimiento especializado lo suficientemente amplio sobre el entorno en el cual trabaja para poder manejar el Sistema Experto. Como regla general puede decirse que la diferencia en el lenguaje entre el usuario y el experto no debe ser demasiado grande. Ambos deben poder "conversar", mediante una interfaz, en un lenguaje común sobre el problema mediante el Sistema Experto.

En la interfaz de usuario de un Sistema Experto se ponen a disposición del usuario dos componentes:

- Un componente activo que determina el resultado de la interacción con el usuario.
- Un componente pasivo que justifica el resultado (componente explicativo).

La consulta misma transcurre en general según el esquema siguiente:

Primero se plantean al usuario algunas preguntas generales para alcanzar una determinación aproximada del contexto. Una primera valoración, que se produce dependiendo del método prefijado de procesamiento de los conocimientos del Sistema Experto en uso; desemboca entonces en el verdadero diálogo con el usuario orientado al objetivo. El diálogo, por parte del sistema, está a menudo dimensionado para ir confirmando o rechazando hipótesis o para realizar una aproximación sucesiva hacia un objetivo introducido de antemano.

En el marco de este diálogo, el sistema realiza constantemente las actividades necesarias para alcanzar la solución del problema y para explicar el estado del sistema.

El sistema se comporta como un experto y:

- Plantea preguntas precisas,
- Informa (según el caso sólo a petición del usuario) sobre los resultados intermedios y las hipótesis modificadas,
- Determina el resultado, por ejemplo, un diagnóstico,
- Justifica el resultado y
- Explica (según el caso sólo a petición) también el rechazo de las hipótesis.

Una vez finalizado el diálogo, el componente explicativo suministra, si es necesario, el historial completo de la consulta.

Es posible:

- Visualizar todas las entradas del usuario,
- Comparar el resultado obtenido con todos los demás resultados posibles,
- Visualizar las reglas activas y no utilizadas; incluso las reglas activadas, que sin embargo fueron rechazadas en una misma hipótesis, pueden elegirse y visualizarse.

El resultado alcanzado por el Sistema Experto dependerá de la calidad de las respuestas del usuario. En general, el Sistema Experto no puede comprobar la consistencia de las diferentes respuestas del usuario. Especialmente cuando el usuario se ve obligado a realizar correcciones respecto a algún dato introducido con anterioridad, el sistema no puede determinar qué otras respuestas dadas y procesadas pueden estar afectadas. La responsabilidad de la consistencia del resultado recae naturalmente en el usuario y no en el sistema.

Resumiendo: En este componente se establece la forma en que el Sistema Experto se presentará ante el usuario:

- ¿Cómo debe responder el usuario a las preguntas planteadas?
- ¿Cómo saldrán las respuestas del sistema a las preguntas que se le planteen?
- ¿Qué información se representará de forma gráfica?

La interfaz de usuario debe cumplir con los siguientes requisitos:

- El aprendizaje del manejo debe ser rápido.
- Debe evitarse en lo posible la entrada de datos errónea.

- Los resultados deben presentarse en una forma clara para el usuario.
- Las preguntas y explicaciones deben ser comprensibles.
- Establecer una comunicación sencilla entre el usuario y el sistema.
- El usuario puede consultar el sistema a través de menús, gráficos, etc. y éste le responde con resultados.
- También es interesante mostrar la forma en que extrae las conclusiones a partir de los hechos.
- En sistemas productivos se cuida la forma de presentar al operador las órdenes obtenidas del Sistema Experto, debido a que información excesiva o confusa dificulta la actuación en tiempo real.

### **El Componente explicativo**

Es otro de los componentes de los Sistemas Expertos que requieren de una interfaz de usuario. El usuario puede solicitar una explicación la estrategia de solución tomada y el porqué de las decisiones encontradas.

Aunque encontrar la forma de representar en un texto lo suficientemente inteligible las relaciones encontradas depara algunas dificultades, los componentes explicativos existentes pueden ser suficientes para el ingeniero del conocimiento, ya que está muy familiarizado con el entorno del procesamiento de datos, y a veces bastan también para el experto; pero para el usuario, que a menudo desconoce las sutilezas del procesamiento de datos, los componentes explicativos son todavía demasiado insatisfactorios.

### **El equipo de desarrollo del Sistema Experto**

Antes de comenzar con el desarrollo de un Sistema Experto, es necesario identificar a las personas que participarán en su creación, quienes son: el Experto, el Ingeniero de Conocimiento y el Usuario; definiendo las actividades que realizará cada uno.

El desarrollo del Sistema Experto requiere la interacción de un Experto en alguna rama específica del saber y un Ingeniero de conocimiento, que se encarga de traducir el conocimiento del Experto a reglas heurísticas para formar la base de conocimiento e implementar una interfaz gráfica para que el Usuario; quien finalmente usará el Sistema Experto, para aplicarlo a la solución de problemas.

A continuación se describen las actividades del equipo de desarrollo del Sistema Experto y la interacción de uno con otro.

#### **El Experto**

Es la persona que interactúa con el Ingeniero del Conocimiento, aportando su conocimiento y experiencia de un área particular del saber humano.

#### **El Ingeniero del Conocimiento**

El Ingeniero que plantea las preguntas al Experto, estructura sus conocimientos y los implementa en la base de conocimientos.

## El Usuario

El Usuario aporta sus deseos y sus ideas, determinado especialmente el escenario en el que debe aplicarse el Sistema Experto.

En el desarrollo del Sistema Experto, el Ingeniero del Conocimiento y el Experto trabajan muy unidos. El primer paso consiste en elaborar los problemas que deben ser resueltos por el sistema. Precisamente en la primera fase de un proyecto es de vital importancia determinar correctamente el ámbito estrechamente delimitado de trabajo. Aquí se incluye ya el Usuario posterior, o un representante del grupo de usuarios. Para la aceptación y en consecuencia para el éxito, es de vital y suma importancia tener en cuenta los deseos y las ideas del usuario.

Una vez delimitado el dominio, se crea el Sistema con los conocimientos del Experto. El Experto debe comprobar constantemente si su conocimiento ha sido transmitido de la forma más conveniente. El Ingeniero del Conocimiento es responsable de una implementación correcta, pero no de la exactitud del conocimiento. La responsabilidad de esta exactitud recae en el Experto.

De ser posible, el Experto deberá conocer las etapas por las que pasarán los datos durante su procesamiento. Ello facilitará mucho el trabajo. Además, no debe ignorarse nunca al Usuario durante el desarrollo, para que al final se disponga de un sistema que le sea de máxima utilidad.

La estricta separación entre Usuario, Experto e Ingeniero del Conocimiento no deberá estar siempre presente. Pueden surgir situaciones en las que el Experto puede ser también el Usuario. Este es el caso cuando exista un tema muy complejo cuyas relaciones e interacciones deben ser determinadas una y otra vez con un gran consumo de tiempo. De esta forma el Experto puede ahorrarse trabajos repetitivos.

Se pueden seguir situaciones en las que el Experto es también el Usuario. Este es el caso cuando existe un tema muy complejo cuyas relaciones e interacciones deben ser determinadas una y otra vez con gran consumo de tiempo. De esta forma el Experto puede ahorrarse trabajos repetitivos.

## Usos de un Sistema Experto

Un Sistema Experto es muy eficaz cuando tiene que analizar una gran cantidad de información, interpretándola y proporcionando una recomendación a partir de la misma. Un ejemplo es el análisis financiero, donde se estudian las oportunidades de inversión, dependiendo de los datos financieros de un cliente y de sus propósitos.

Para detectar y reparar fallos en equipos electrónicos, se utilizan los Sistemas Expertos de diagnóstico y depuración, que formulan listas de preguntas con las que obtienen los datos necesarios para llegar a una conclusión. Entonces recomiendan las acciones adecuadas para corregir los problemas descubiertos. Este tipo de sistemas se utilizan también en medicina (ej. MYCIN y PUFF), y para localizar problemas en sistemas informáticos grandes y complejos.

Los Sistemas Expertos son buenos para predecir resultados futuros a partir del conocimiento que tienen. Los sistemas meteorológicos y de inversión en bolsa son ejemplos de utilización en este sentido. El sistema PROSPECTOR es de este tipo.

La planificación es la secuencia de acciones necesaria para lograr una meta. Conseguir una buena planificación a largo plazo es muy difícil. Por ello, se usan Sistemas Expertos para gestionar proyectos de desarrollo, planes de producción de fábricas, estrategia militar y configuración de complejos sistemas informáticos, entre otros.

Cuando se necesita controlar un proceso tomando decisiones como respuesta a su estado y no existe una solución algorítmica adecuada, es necesario usar un Sistema Experto. Este campo comprende el supervisar fábricas automatizadas, factorías químicas o centrales nucleares. Estos sistemas son extraordinariamente críticos porque normalmente tienen que trabajar a tiempo real.

El diseño requiere una enorme cantidad de conocimientos debido a que hay que tener en cuenta muchas especificaciones y restricciones. En este caso, el Sistema Experto ayuda al diseñador a completar el diseño de forma competente y dentro de los límites de costes y de tiempo. Se diseñan circuitos electrónicos, circuitos integrados, tarjetas de circuito impreso, estructuras arquitectónicas, coches, piezas mecánicas, etc.

Por último, un Sistema Experto puede evaluar el nivel de conocimientos y comprensión de un estudiante, y ajustar el proceso de aprendizaje de acuerdo con sus necesidades.

En la **Tabla 3**. se muestran los modelos funcionales de los Sistemas Expertos, junto al tipo de problema que intentan resolver y algunos de los usos concretos a que se destinan.

Así, según la clase de problemas hacia los que estén orientados, podemos clasificar los Sistemas Expertos en diversos tipos entre los que cabe destacar **diagnóstico, pronóstico, planificación, reparación e instrucción**.

CATEGORÍA	TIPO DE PROBLEMA	USO
<i>Interpretación</i>	Deducir situaciones a partir de datos observados	Análisis de imágenes, reconocimiento del habla, inversiones financieras
<i>Predicción</i>	Inferir posibles consecuencias a partir de una situación	Predicción meteorológica, previsión del tráfico, evolución de la Bolsa.
<i>Diagnóstico</i>	Deducir fallos a partir de sus efectos	Diagnóstico médico, detección de fallos en electrónica
<i>Diseño</i>	Configurar objetos bajo ciertas especificaciones	Diseño de circuitos, automóviles, edificios, etc.
<i>Planificación</i>	Desarrollar planes para llegar a unas metas	Programación de proyectos e inversiones. Planificación militar
<i>Monitorización o supervisión</i>	Controlar situaciones donde hay planes vulnerables	Control de centrales nucleares y factorías químicas

<i>Depuración</i>	Prescribir remedios para funcionamientos erróneos	Desarrollo de software y circuitos electrónicos
<i>Reparación</i>	Efectuar lo necesario para hacer una corrección	Reparar sistemas informáticos, automóviles, etc.
<i>Instrucción</i>	Diagnóstico, depuración y corrección de una conducta	Corrección de errores, enseñanza
<i>Control</i>	Mantener un sistema por un camino previamente trazado. Interpreta, predice y supervisa su conducta	Estrategia militar, control de tráfico aéreo
<i>Enseñanza</i>	Recoger el conocimiento y mostrarlo	Aprendizaje de experiencia

**Tabla 3.** Modelos funcionales de los Sistemas Expertos

## Ventajas, desventajas y limitaciones de un Sistema Experto

### Ventajas

- El atractivo de un Sistema Experto es fundamentalmente su disponibilidad y conveniencia. A diferencia de un humano que tiene que dormir, comer, descansar, etc..., el Sistema Experto está disponible durante las 24 horas del día, todos los días del año.
- Los conocimientos de un Sistema Experto pueden ser copiados y almacenados fácilmente, siendo muy difícil la pérdida de éstos.
- Otra ventaja de los Sistemas Expertos sobre los humanos es que el experto computarizado siempre está a pleno rendimiento. Cuando un humano se cansa, la exactitud de sus consejos puede decaer. Sin embargo, el experto computarizado siempre proporcionará las mejores opiniones posibles dentro de las limitaciones de sus conocimientos.
- Otra ventaja menos importante de un Sistema Experto radica en su ¡falta de personalidad! Como probablemente sabrá, las personalidades no son siempre compatibles. Si no se lleva bien con el humano experto, puede que se encuentre reticente a recabar sus conocimientos.
- Además, si ya existe un Sistema Experto, se puede crear uno nuevo simplemente copiando el programa de una máquina a otra. Un humano necesita mucho tiempo para convertirse en un especialista en ciertos campos, lo que hace difícil que puedan aparecer nuevos especialistas humanos.
- Puede resolver problemas para los que no existe un modelo matemático adecuado o su solución es muy compleja, por ejemplo en áreas como: Medicina, Ingeniería, Exploración, Análisis y Diseño.
- Preservar el conocimiento de expertos y hacerlo accesible a más personas.

- 
- Capacidad de explicar al usuario el proceso de razonamiento para llegar a los resultados.
  - Un Sistema Experto sintetiza nuevo conocimiento a partir de su "entendimiento" del mundo que lo rodea.
  - Reducción de la dependencia de personal clave. Esto se debe a que los conocimientos del personal especializado son retenidos y están listos para ser utilizados por diferentes personas. Esto es útil cuando la experiencia es escasa o costosa, o bien, cuando los expertos no se encuentran disponibles para la solución de un problema en particular.
  - Facilita el entrenamiento del personal. El Sistema Expertos puede ayudar de manera importante, y a costo menor, a la capacitación y adiestramiento del personal sin experiencia.
  - Mejora en la calidad y eficiencia en el proceso de la toma de decisiones. Lo anterior implica que las decisiones podrán tomarse de una forma más ágil con el apoyo de un Sistema Experto. Incluso, las decisiones podrán ser consistentes al presentarse situaciones equivalentes.
  - Transferencia de la capacidad de decisiones. Un Sistema Experto puede facilitar la descentralización de datos en el proceso de la toma de decisiones en aquellos casos que se consideren convenientes. Así, el conocimiento de un experto puede transferirse a varias personas, de tal forma que las decisiones sean tomadas en el nivel más bajo.
  - La construcción del Sistema Experto en forma modular, ayuda a que las adiciones y cambios puedan ser hechos en cada módulo sin afectar los funcionamientos de otros.

### **Desventajas**

- **Creatividad:** Los humanos pueden responder creativamente a situaciones inusuales, los Sistemas Expertos no pueden.
- **Experiencia Sensorial:** Los humanos tienen un amplio rango de disponibilidad de experiencia sensorial. Y los Sistemas Expertos actualmente dependen de una entrada simbólica.
- **Degradación:** Los Sistemas Expertos no son buenos para reconocer cuando no existen respuestas o cuando los problemas están fuera de su área.

### **Limitaciones**

- Se requiere de un equipo computacional adecuado para el uso de herramientas de desarrollo; sin embargo, esto puede adecuarse a las posibilidades del equipo.
- **El coste:** En tiempo y dinero para extraer el conocimiento de los especialistas humanos y desarrollar el Sistema Experto.

- Actualización del sistema. Hay que reprogramar el sistema, aunque no por completo, ya que si se desea cambiar el área de aplicación o solucionar otro tipo de problemas puede utilizarse la misma máquina de inferencia y cambiar la base de conocimientos.
- La información que contenga el Sistema Experto deberá estar bien estructurada, completa y sin errores para producir el resultado esperado.
- Desacuerdo entre los especialistas humanos: En la elaboración del Sistema Experto, los especialistas humanos pueden estar en desacuerdo entre ellos mismos a la hora de tomar las mejores decisiones para la solución de los problemas particulares.

## Desarrollo de un Sistema Experto

En el desarrollo de un Sistema Experto participan el Experto humano en el área de conocimiento, el Ingeniero de Conocimiento y el Usuario final. Los pasos para desarrollar el Sistema son los siguientes:

### 1. Identificar los problemas que pueden ser resueltos por un Sistema Experto.

Las características que deben tener los problemas para considerarlos susceptibles de resolverse a través de un Sistema Experto son:

- Utilización de varios expertos desarrollando un trabajo rutinario.
- Las decisiones complejas siguen una secuencia lógica.
- Las decisiones lógicas, así como las soluciones del problema, pueden expresarse o traducirse a reglas.
- El conocimiento que se está modelando se encuentra bien delimitado, claro y conciso.
- Las reglas para solucionar el problema no cambian con demasiada frecuencia, de lo contrario sería incosteable el desarrollo del Sistema Experto.
- Si hay pocos expertos en otras áreas de la organización o localidades remotas.

### 2. Elegir las herramientas para el desarrollo del Sistema Experto.

Para desarrollar Sistemas Expertos es necesario utilizar una herramienta apropiada. Las herramientas pueden ser Lenguajes de programación o sistemas de ayuda para la generación de Sistemas Expertos, los cuales son llamados Shells.

La implementación de un Sistema Experto requiere de la construcción de los elementos anteriores a través de lenguajes o herramientas de desarrollo. Existen cuatro alternativas para la implementación de un Sistema Experto.

1. *Lenguajes de alto nivel (HLL)*: Son lenguajes de propósito general (C, Fortran, Basic,...). Tienen como ventajas su eficiencia, su familiaridad y la portabilidad a cualquier entorno, pero el inconveniente de no estar preparados para una programación basada en símbolos.
2. *Lenguajes simbólicos*: Fundamentalmente LISP y PROLOG. Son los lenguajes de alto nivel más utilizados por su adaptación a la lógica de la Base de

---

Conocimientos representada mediante símbolos, y por su mecanismo de extraer conclusiones. Su eficiencia aumenta en estaciones de trabajo diseñadas para dichos lenguajes.

3. *Herramientas de desarrollo ("shells")*: Son programas preparados para el desarrollo de Sistemas Expertos pues incorporan la Máquina de Inferencia, independiente de las Bases de Hechos y de Conocimientos. El programador se limita a traducir dichas bases a un lenguaje preparado a tal efecto, pudiendo enlazarse con otros lenguajes para el desarrollo de funciones adicionales. Suelen estar desarrollados en LISP o PROLOG para aumentar su eficiencia. La flexibilidad es menor, aunque suelen incorporar procesadores de texto, gráficos y herramientas de análisis.
4. *Entornos de desarrollo ("environments")*: Añaden a los "shells" el uso de un entorno gráfico (ventanas, iconos,...) que facilita el desarrollo del Sistema Experto. Tienen como ventaja la disminución del tiempo de desarrollo, pero suelen ser caros y poco flexibles.

Los "shells" son los más usados para el desarrollo de Sistemas Expertos, mientras que el PROLOG está muy extendido en Europa y Japón, el LISP lo está en Estados Unidos. Los entornos aún ocupan un sector minoritario pero la tendencia a su utilización va en aumento.

Dependiendo de la aplicación es necesario seleccionar las herramientas a usar para construir el Sistema Experto.

### **3. Probar el Sistema Experto poco a poco con los conocimientos del Experto.**

El Experto debe comprobar constantemente si sus conocimientos han sido transmitidos de forma conveniente y correcta. En efecto, el Ingeniero del Conocimiento es responsable de una implementación correcta, pero no de la exactitud del conocimiento. La responsabilidad de esta exactitud recae en el Experto.

## **Discusión**

Habiendo estudiado las ventajas de usar Sistemas Expertos y revisado los componentes de éstos, es necesario considerar lo que nos ofrece la Ingeniería del Conocimiento para desarrollar el sistema. Por ello, en el Capítulo IV se analizarán los métodos de Adquisición del Conocimiento para recopilar el conocimiento de los expertos, lo cual resulta importante para nuestro caso.

# CAPÍTULO IV

---

## INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO

## IV. INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO

La actividad de la Ingeniería del Conocimiento es definida por Feigenbaum y McCorduck [9] como:

El arte de emplear los principios e instrumentos de la Inteligencia Artificial tiene que ver con problemas difíciles que requieren conocimiento de Expertos para solucionarse. Las cuestiones técnicas de adquirir este conocimiento, representarlo y usarlo de manera apropiada para construir y explicar líneas de razonamiento son problemas importantes en el diseño de sistemas basados en conocimientos. Esto se logra con la construcción de programas informáticos complejos que representan y razonan con el conocimiento del mundo.

La Ingeniería del Conocimiento puede ser vista bajo una perspectiva simple, donde tiene que ver con: La adquisición del conocimiento, la representación, validación, inferencia, explicación y mantenimiento.

La Ingeniería del Conocimiento está basada en la intervención del Experto humano en un área determinada. El ingeniero trabaja para codificar y hacer explícitas las reglas (o los procedimientos) que los Expertos humanos emplean para solucionar problemas verdaderos.

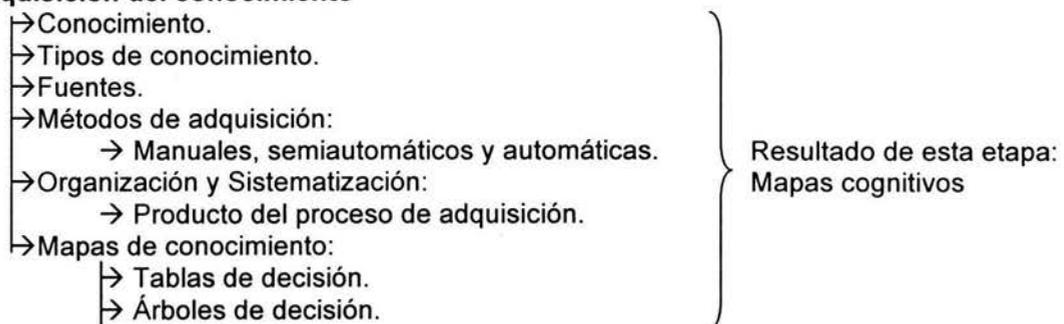
El propósito de la Ingeniería del Conocimiento es construir sistemas basados en el conocimiento de Expertos humanos y con la ayuda del proceso de Adquisición del Conocimiento se obtiene el conocimiento que se requiere para construir el sistema. Se debe tener en cuenta que el proceso de adquisición del 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. Por lo tanto, se realiza en todas las etapas del desarrollo, en unas con mayor intensidad que en otras. Se puede decir que es un proceso que no termina.

### Fases o procesos de la Ingeniería del Conocimiento

La Ingeniería del Conocimiento, básicamente consta de tres fases; sin embargo podría agregarse una cuarta, referida a la "Actualización y el Mantenimiento".

El siguiente esquema representa en forma general las etapas de la Ingeniería del Conocimiento:

#### 1ª Adquisición del conocimiento

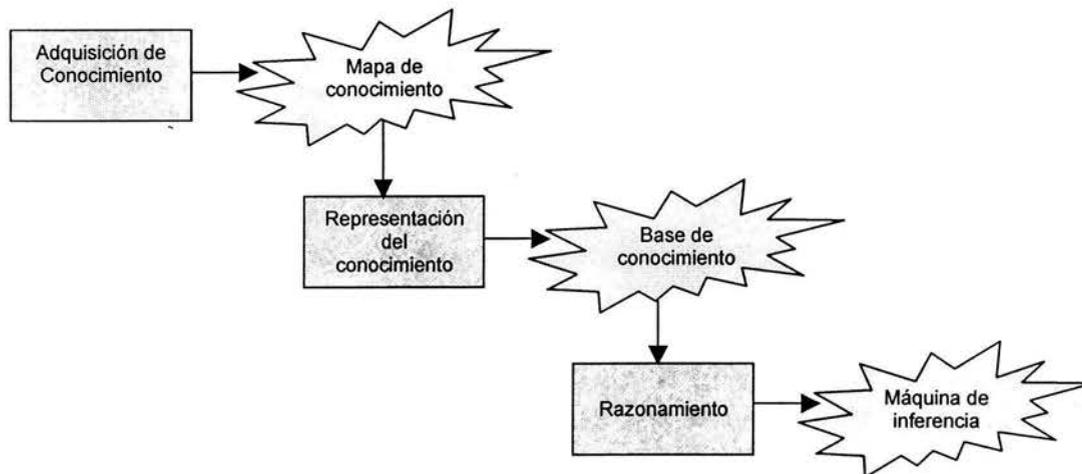


→ Diagramas de dependencias y Diagramas de Ishikawa

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <p><b>2ª Representación “Codificación”</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Reglas de Producción.</li> <li>→ Redes semánticas.</li> <li>→ Cálculo de predicados.</li> <li>→ Frames.</li> </ul> | } | <p>Resultado de esta etapa:<br/>Base de conocimientos</p> |
| <p><b>3ª Razonamiento “Cerebro”</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Encadenamiento hacia adelante.</li> <li>→ Encadenamiento hacia atrás.</li> <li>→ Razonamiento híbrido.</li> </ul>         | } | <p>Resultado de esta etapa:<br/>Máquina de inferencia</p> |

**4ª Actualización – Mantenimiento.**

En forma general, la Ingeniería del Conocimiento aplica cada fase para obtener una parte o módulo del Sistema Experto, como se ve en la siguiente figura (**Figura 6**):



**Figura 6.** Fases de la Ingeniería del Conocimiento.

A continuación se describe en forma más extensa cada una de las etapas de la Ingeniería del Conocimiento.

**Adquisición del Conocimiento**

Esta fase de la Ingeniería del Conocimiento implica la adquisición de conocimiento de: Expertos humanos, libros, documentos, sensores o archivos de computadora.

El conocimiento adquirido en esta etapa puede ser: Específico sobre el dominio del problema y los procedimientos de resolución, o bien, puede ser conocimiento general, también puede ser metaconocimiento. Por medio de esto sabemos cómo los Expertos usan su conocimiento para solucionar problemas.

La meta de la Adquisición del Conocimiento es entender cómo una persona lleva a cabo alguna actividad de modo que esa misma actividad pueda ser automatizada.

Con esto, la Adquisición del Conocimiento se refiere a la labor de extracción del conocimiento de dichas fuentes y dependiendo de su tipo, se siguen procedimientos apropiados.

### ***Fuentes de conocimiento***

El Conocimiento puede ser obtenido de diversas fuentes. Una lista representativa de fuentes incluye las películas, libros, bases de datos, cuadros, mapas, organigramas, historias, canciones o la propia experiencia del observador. Estas fuentes pueden ser divididas en dos tipos: documentado e indocumentado. El último reside en la mente de la gente. El conocimiento puede ser identificado y recogido por los sentidos humanos, aunque en algunos casos, también por máquinas.

La multiplicidad de fuentes y los tipos de conocimiento contribuyen a la complejidad de Adquisición del Conocimiento. Esta es sólo una razón por la cual es difícil adquirir el conocimiento.

Para la Ingeniería del Conocimiento, las fuentes de conocimientos son de dos tipos:

- *Fuente de conocimiento estática* (fuente secundaria): Es rígida en cuanto a que su contenido, no se puede variar. Por ejemplo, un libro, una revista, un artículo, una película, etc.
- *Fuente de conocimiento dinámica* (fuente primaria): Refleja las características del conocimiento tales como, la variabilidad, el hecho de ser cambiante e inexacto, entre otras. El hombre hace parte de este tipo de fuente y en particular, el Experto.

### ***Adquisición del Conocimiento de una Fuente Estática***

El propósito es que el Ingeniero del Conocimiento y el Experto puedan tener un vocabulario común para que logren una comunicación efectiva y eficiente, lo cual se consigue cuando el Ingeniero del Conocimiento ha adquirido conocimientos del dominio del Experto a través de los libros, revistas, etc. y cuando el Experto del dominio a su vez, ha obtenido el conocimiento relacionado con las bases de los sistemas basados en el conocimiento. Esto es para que se pueda entender completamente el objetivo del proyecto y puedan realizar una labor apropiada.

Lo primero que se debe realizar es seleccionar las fuentes más apropiadas para adquirir el conocimiento del dominio relacionado con el problema, evaluando todos los recursos que se tengan disponibles, ya sea al interior de la empresa o fuera de ella. Comúnmente, el Experto en el dominio es quien aconseja cuáles fuentes estudiar. Después de ello, se hace un estudio minucioso de dichas fuentes para que así el (los) ingeniero(s) del conocimiento pueda(n) adquirir ese conocimiento básico y fundamental del dominio del Experto y así realizar un proceso de adquisición eficiente y eficaz. Por último, se debe hacer una validación del conocimiento para saber si fue correcto lo que se extrajo.

### ***Adquisición del Conocimiento de una Fuente Dinámica***

Esta labor se realiza una vez se ha adquirido el conocimiento básico del dominio por parte del (los) ingeniero(s) del conocimiento. La idea es que tanto el Ingeniero del Conocimiento como el Experto, deben ser capaces de expresar el conocimiento, tanto profundo como superficial, que se tiene acerca del dominio y de la solución de problemas en él. Además, como el sistema basado en el conocimiento tratará de actuar como el Experto humano cuando se está enfrentado a una situación en el dominio y en la cual se requiere tomar una decisión.

Es importante expresar que otro de los objetivos del proceso de Adquisición del Conocimiento es precisar las actividades o procesos mentales que el Experto realiza con su conocimiento con el fin de llegar a una conclusión. Esto es una tarea ardua para el Ingeniero del Conocimiento y por ello debe llevarse a cabo con exactitud y precisión para que se pueda concretar el conocimiento heurístico del sistema, es decir las reglas de buen juicio usadas por el Experto en el dominio.

Si con anterioridad se determinaron muy bien las bases conceptuales del dominio, es decir, se entendió el problema y se hicieron lecturas profundas de temas relacionados con el dominio, el Ingeniero del Conocimiento estará en capacidad de comprender la forma como el Experto maneja su conocimiento.

La extracción de los datos y las heurísticas del Experto puede ser facilitada si se tiene un patrón sistemático para registrar la información obtenida.

Como ayuda a este proceso, se han determinado ciertas preguntas que pueden servir para comenzar con el proceso de adquisición:

- ¿Cuáles son las entradas o los datos que el Experto necesita para poder comenzar a solucionar el problema?
- ¿El orden o la forma en que se le dan los datos al Experto tiene alguna importancia?
- ¿Cuáles son las salidas o los resultados que el Experto ofrece después de analizar el problema?
- ¿Son todas las situaciones enfrentadas de la misma forma? O existen casos diferentes.
- ¿Puede el Experto expresar en pasos sencillos el proceso que realiza hasta llegar a una solución?
- ¿Cuáles son las bases conceptuales en las que se apoya el Experto para solucionar el problema?
- ¿Qué conocimiento ha adquirido el Experto a través de su trabajo permanente y que no fue proporcionado directamente por los cursos formales de su educación?
- ¿Qué relaciones hace el Experto con los datos que se le han proporcionado?
- ¿Cuáles son las situaciones que se puedan presentar y cómo afectan la solución del problema?
- ¿Cuáles son los casos más comunes, los más raros y los más interesantes que se pueden dar?
- ¿Cuáles de las cosas que hace el Experto podría hacer el sistema y cuáles no?

Adicionalmente, el ingeniero debe buscar que el Experto le explique detalladamente el porqué de sus preguntas, de sus razonamientos y de sus conclusiones. Es decir, debe buscar asociar un conocimiento explicativo para cada una de las acciones que el Experto tome, con el fin de que sean aclaradas amplia y sencillamente, ya que esto lo tendrá que manejar el sistema en el módulo explicativo.

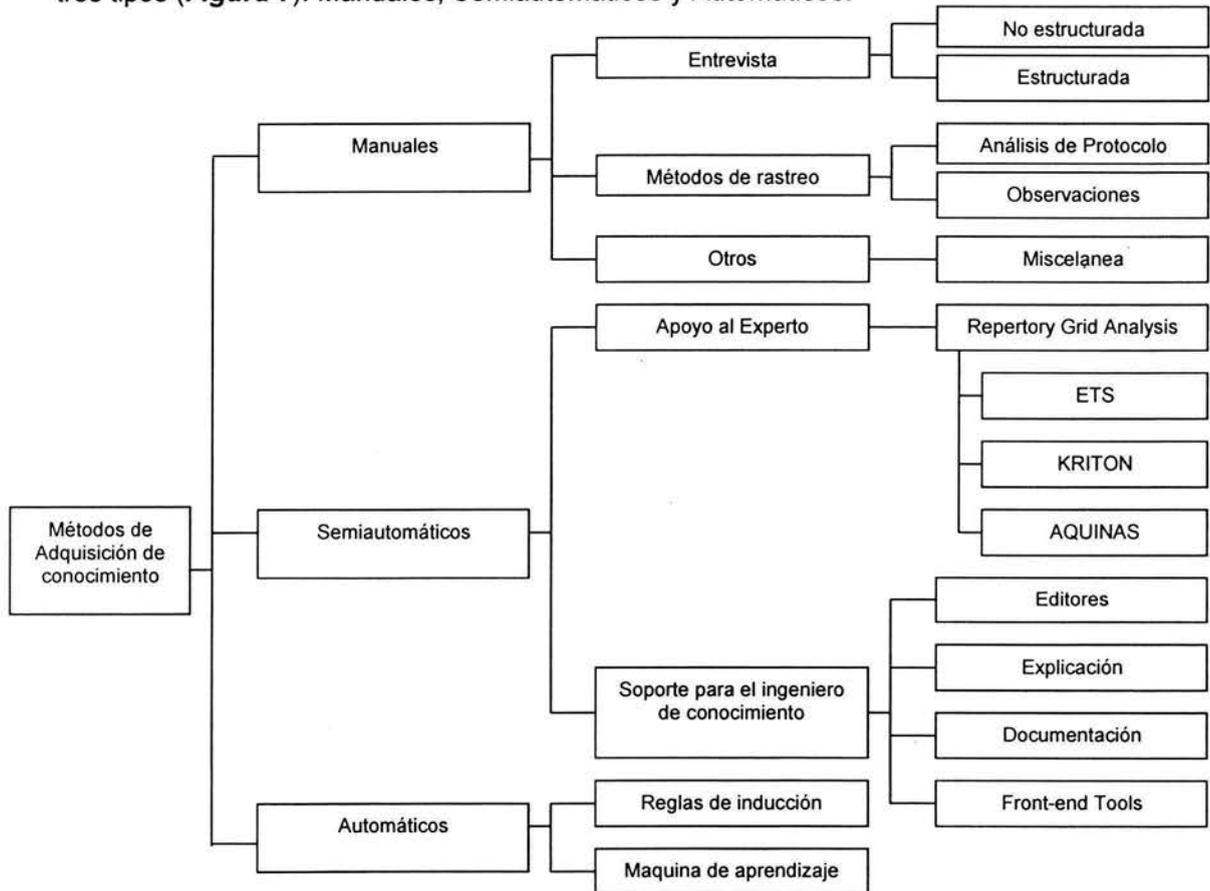
Muchas veces esto se le dificulta al Experto porque ya tiene interiorizado una gran cantidad de conocimiento, por lo tanto el ingeniero le debe ayudar a logarlo.

Con este proceso bien realizado, el Ingeniero del Conocimiento puede determinar la línea de razonamiento del Experto, por ejemplo deducción, inducción, abducción. Puede identificar los subsistemas que formarían el sistema final y además, puede comenzar a plasmar el conocimiento en la estructura que haya definido como la más conveniente. Por lo tanto, puede construir un árbol de conocimientos sobre el tema específico.

Para hacer la Adquisición del Conocimiento de las fuentes dinámicas, hay diferentes estrategias o métodos.

*Métodos de adquisición*

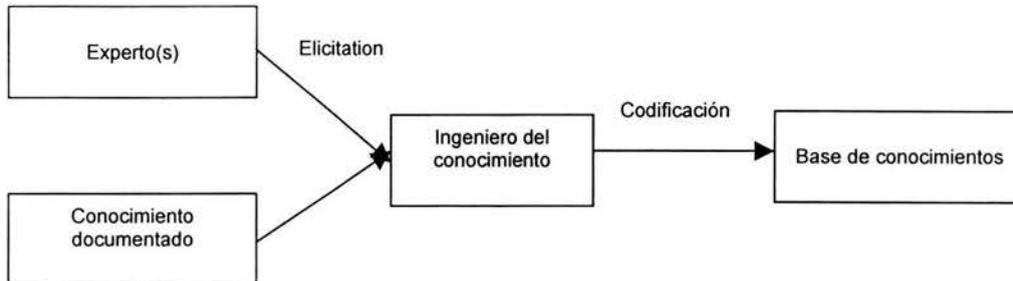
Los métodos de adquisición de conocimientos se pueden clasificar básicamente en tres tipos (**Figura 7**): Manuales, Semiautomáticos y Automáticos.



**Figura 7.** Métodos de adquisición de conocimiento.

### 1. Métodos manuales

Los métodos manuales se estructuran por medio de entrevistas. El Ingeniero del Conocimiento obtiene el conocimiento del Experto y/o de otras fuentes y luego lo cifra en la base de conocimiento. El proceso es mostrado en la **Figura 8**. Los tres métodos principales de entrevista (estructurado, semiestructurado, no estructurado) rastrean el proceso del razonamiento y lo observación. Los métodos manuales son lentos, caros y a veces inexactos. Por lo tanto, hay una tendencia para automatizar el proceso tanto como sea posible. Sin embargo; pueden capturar información que otros métodos no pueden.



**Figura 8.** Métodos manuales

Como se observa en la Figura 8, los métodos manuales más utilizados para la Adquisición del Conocimiento, suelen ser las entrevistas y los métodos de rastreo; los cuales se describen con detalle a continuación.

#### 1.1. Entrevistas

La forma más usada para la adquisición de conocimiento es la entrevista. Esta es una técnica explícita y tiene muchas variantes. La entrevista implica un diálogo directo entre el Experto y el Ingeniero del Conocimiento. La Información es recogida con la ayuda de instrumentos convencionales (como grabadoras o cuestionarios) y posteriormente transcrita, analizada y cifrada.

En la entrevista, al Experto se le presenta un caso simulado, o si es posible, un problema real propio de su área y que se espera que el Sistema Experto solucione. El Experto habla con el Ingeniero del Conocimiento sobre la forma en que lo soluciona. El Experto debe tener cuidado de aclarar explícitamente todos los factores y términos propios de su área, y que el Ingeniero del Conocimiento requiera para estructurar de manera correcta la solución; esto con el fin de definir de forma correcta la entrada que el Sistema Experto requerirá.

El proceso de entrevista puede ser aburrido, por lo que se requiere que el Ingeniero del Conocimiento posea una gran habilidad en este proceso. También se requieren grandes exigencias sobre el Experto del dominio, quien debe ser capaz no sólo de demostrar los conocimientos, sino también de expresarlo. Por otra parte, este método requiere poco equipo, es sumamente flexible y portátil y se puede reducir la cantidad de información, si el Ingeniero del Conocimiento está bien entrenado.

Pueden distinguirse dos tipos básicos de entrevistas: no estructurada (informal) y estructurada.

### 1.1.1. Entrevistas no estructuradas

Muchas entrevistas realizadas para la Adquisición del Conocimiento son conducidas de manera informal, por lo general como un punto de partida. El comienzo de manera informal hace ahorrar tiempo; lo cual ayuda a estructurar rápidamente el área que se investiga. Generalmente a este proceso le sigue una técnica formal.

Las entrevistas no estructuradas no siempre son tan simples; de hecho, pueden representar efectos secundarios muy problemáticos para el Ingeniero del Conocimiento.

La entrevista no estructurada, según McGraw y Harbison-Briggs[10], raras veces proporciona las descripciones completas o bien organizadas de procesos cognoscitivos; Por lo tanto, presenta cinco problemas principales:

1. Los autores observaron que los dominios de los sistemas Expertos son generalmente complejos; así, el Ingeniero del Conocimiento y el Experto deben prepararse activamente para la entrevista. Las entrevistas no estructuradas generalmente carecen de la organización que permitiría llevarla a cabo de forma eficiente.
2. Los Expertos del dominio por lo general encuentran muy difícil expresar los elementos más importantes (básicos) de su conocimiento.
3. Los Expertos del dominio pueden interpretar la carencia de estructura como el requerir de poca preparación de su parte antes de la entrevista.
4. Los datos adquiridos de una entrevista no estructurada a menudo no tienen relación, existen una variación en los niveles de complejidad y dificultan al Ingeniero del Conocimiento su revisión, su interpretación y su integración.
5. Problema citado por McGraw y Harbison - Briggs es la educación (entrenamiento) de los que realizarán las entrevistas, ya que la carencia de educación (entrenamiento) y la experiencia, provoca que pocos Ingenieros del Conocimiento puedan conducir una entrevista no estructurada de forma eficiente. Así, los Ingenieros del Conocimiento aparecen desorganizados e inconscientemente generan una actitud de desconfianza en el Experto. Finalmente, hay que considerar que las situaciones no estructuradas generalmente no facilitan la adquisición de información específica para los Expertos.

### 1.1.2. Entrevistas Estructuradas

La entrevista estructurada es un proceso sistemático orientado hacia un objetivo. Esto obliga a tener una comunicación organizada entre el Ingeniero del Conocimiento y el Experto. Lo estructurado reduce los problemas de interpretación inherentes en entrevistas no estructuradas y esto permite al Ingeniero del Conocimiento prevenir la distorsión causada por la subjetividad del Experto de dominio. Para estructurar una entrevista se siguen algunos procesos, que son resumidos en la **Tabla 4**.

- 
- El Ingeniero del Conocimiento estudia el material disponible sobre el dominio para identificar las demarcaciones relevantes del conocimiento.
  - El Ingeniero del Conocimiento revisa las capacidades planeadas que tendrá el sistema Experto. Él o ella identifican objetivos para las preguntas que hará durante la sesión de Adquisición del Conocimiento.
  - El Ingeniero del Conocimiento formalmente programa y proyecta las entrevistas estructuradas. La planificación incluye definir los objetivos de la sesión de Adquisición del Conocimiento e identificar las áreas principales del interrogatorio.
  - El Ingeniero del Conocimiento puede escribir preguntas muestra, para definir el tipo, nivel y técnicas de las preguntas.
  - El Ingeniero del Conocimiento asegura que el Experto del dominio entiende el propósito y el objetivo de la sesión y anima al Experto a prepararse antes de la entrevista.
  - Durante la entrevista el Ingeniero del Conocimiento sigue directrices utilizadas en la conducción de entrevistas.
  - Durante la entrevista el Ingeniero del Conocimiento usa el control direccional para conservar la estructura de la entrevista.
- 

**Tabla 4. Procedimiento para Entrevistas Estructuradas**

Por la naturaleza específica de cada entrevista, es difícil proporcionar directrices válidas para el proceso entero. Por lo tanto, la comunicación interpersonal y las habilidades analíticas son importantes. Sin embargo, varias directrices, listas de comprobación e instrumentos se observan en el siguiente ejemplo (**Tabla 5**).

- 
- Antes de la entrevista, diga al Experto que Ud. tomará apuntes, que estarán a la disposición de ambos.
  - Mantenga el contacto visual, tanto como sea posible, mientras toma nota.
  - No le señale al Experto en cuanto a lo que es o no es importante en las respuestas a sus preguntas. Mantenga un nivel estable de actividad tomando nota en todas partes de la entrevista, conforme le sea posible. Recuerde que hará sentir al Experto más a gusto permitiéndole ver los apuntes en vez de ocultarlos.
  - Cifre los apuntes a fases o a secciones de la entrevista para ayudarse a reestructurar la entrevista como Ud. prefiera.
  - Revise los apuntes oportunamente (dentro de las primeras veinte cuatro a cuarenta ocho horas) después de la entrevista para ayudar a su memoria.
- 

**Tabla 5. Guías para tomar nota**

En resumen, las entrevistas son técnicas importantes, pero deben planearse cuidadosamente y sus resultados deben sujetarse a la completa comprobación y a metodologías de aprobación. Las entrevistas a veces son reemplazadas por métodos de rastreo. Alternativamente, estos u otros métodos pueden usarse para complementar el seguimiento de Adquisición del Conocimiento.

## 1.2. Métodos de rastreo

El proceso de rastreo se refiere a un juego de técnicas que rastrean el proceso de razonamiento de un Experto. Esto es un enfoque popular entre los psicólogos cognoscitivos, quienes están interesados en analizar "el tren de pensamiento" del Experto, mientras éste llega a una conclusión.

El Ingeniero del Conocimiento puede usar el proceso de rastreo para encontrar el motivo para el cual la información es usada y como es usada. El rastreo de métodos puede ser informal o formal. Entre los métodos formales más comunes se encuentra el análisis de protocolo.

### 1.2.1. El análisis de protocolo

Este análisis consiste en un juego de técnicas, como el análisis de protocolo verbal (un método común por el que el Ingeniero del Conocimiento adquiere el conocimiento detallado del Experto). Un protocolo es un registro o la documentación de los actos realizados por el Experto paso a paso; y de su comportamiento durante la toma de decisiones. El Ingeniero del Conocimiento pide al Experto " pensar en voz alta " realizando la tarea o solucionando el problema en cuestión. Por lo general, se hace una grabación mientras el Experto describe cada aspecto del comportamiento de toma de decisiones. Con esta grabación entonces se hace un registro, o el protocolo, del comportamiento del Experto. Más tarde, la grabación es transcrita para el análisis posterior y cifrada por el Ingeniero del Conocimiento.

En contraste con métodos de entrevista interactivos, un análisis de protocolo implica principalmente una comunicación de sentido único. El Ingeniero del Conocimiento prepara el argumento (guión) y planifica el proceso. Durante la sesión el Experto hace la mayor parte de la conversación e interactúa con datos para solucionar el problema. Simultáneamente, el Ingeniero del Conocimiento escucha y registra el proceso. Más tarde, el Ingeniero del Conocimiento debe ser capaz de analizar, interpretar y estructurar el protocolo en la representación de conocimiento para que el Experto lleve a cabo una revisión.

El proceso de análisis de protocolo es resumido en la **Tabla 6**, y sus ventajas y limitaciones en la **Tabla 7**.

- 
- Proporcione al Experto una gama completa de información, normalmente asociada con una tarea.
  - Pregunte al Experto la manera en que normalmente resuelve esa tarea y grabe su respuesta.
  - Haga "declaraciones", transcribiendo los protocolos en forma verbal.
  - Junte las declaraciones que parecen tener un alto contenido de información.
  - Simplifique y vuelva a escribir las declaraciones y construya una tabla de reglas de producción de dichas declaraciones.
  - Produzca una serie modelo usando las reglas de producción.
- 

**Tabla 6.** Procedimiento del Análisis de Protocolo.

Ventajas	Limitaciones
El Experto deliberadamente considera la heurística de toma de decisiones.	Requiere que el Experto sea consciente de por qué toma una decisión.
El Experto considera alternativas de decisión, atributos y valores.	Requiere ser capaz de verbalizar los atributos y los valores de una alternativa de decisión.
El Ingeniero del Conocimiento puede observar el comportamiento de toma de decisiones del analizador.	Requiere que el Experto sea capaz de decidir sobre la selección de una alternativa dada.
El Ingeniero del Conocimiento puede registrar y más tarde analizar con el Experto, puntos claves.	Vista subjetiva de toma de decisiones.
	Las explicaciones no pueden rastreadas con el razonamiento.

**Tabla 7.** Ventajas y limitaciones del Análisis de protocolo.

### 1.2.2. Observaciones

En algunos casos puede ser posible observar al Experto en el campo de trabajo. Este es el mejor método para la adquisición de conocimiento. La mayor parte de los Expertos aconseja trabajar con varias personas simultáneamente, de tal forma que las observaciones hechas cubrirán también otras actividades. Por lo tanto, son recogidas grandes cantidades de datos; sin embargo, sólo poca es útil. En particular, si se hacen grabaciones en vídeo, debería considerarse el costo de transcribir todo.

Las observaciones, que pueden ser vistas como un caso especial de protocolos, son de dos tipos: motor y movimiento de vista. En el primer tipo se documenta el funcionamiento físico del Experto al resolver la tarea. En el segundo se escribe a máquina un registro. Las observaciones son usadas principalmente como un camino de apoyo para protocolos verbales, ya que éstos son generalmente caros y tardados.

### 1.3. Otros Métodos Manuales

Muchos otros métodos manuales pueden ser usados para obtener el conocimiento de Expertos. A continuación se presenta una lista:

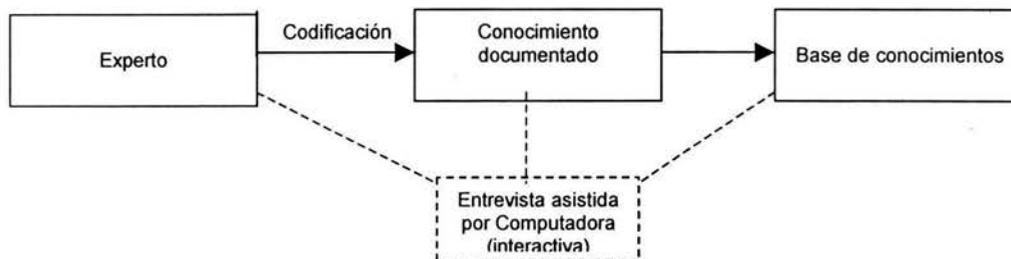
- *Análisis de caso:* Se pregunta a Expertos cómo manejaron casos específicos en el pasado. Por lo general este método implica el análisis de la documentación.
- *Análisis de incidente crítico:* En esta técnica sólo se seleccionan casos investigados, por lo general memorables, difíciles, o de un interés especial.
- *Comentarios:* En este método el Ingeniero del Conocimiento realiza un reportaje directo con los Expertos, para determinar qué es lo que hacen. Este método puede ser apoyado por grabaciones en video, cuando los Expertos estén en acción o preguntando a un observador.
- *Gráficos conceptuales:* Los diagramas y otros métodos gráficos pueden contribuir y apoyar otros métodos de adquisición.
- *Reunión de reflexión:* Este método puede ser usado para solicitar la opinión de Expertos múltiples. El método ayuda a generar ideas.
- *Generación de prototipos:* Mostrar el funcionamiento de un prototipo del sistema es una manera muy poderosa de inducir a los Expertos a contribuir con su

conocimiento. A los Expertos les gusta criticar sistemas. Los cambios pueden ser hechos al instante.

- *Escalamiento multidimensional*: La técnica es compleja e identifica las diferentes dimensiones del conocimiento, para luego colocarlas en la forma de una matriz de distancia, para ser analizados, interpretados e integrados.
- *Johnson's hierarchial clustering*: Este es otro método de escalamiento, pero dado que es simple complementarlo, es más usado. Combina elementos de conocimiento relacionados en un árbol jerárquico (dos elementos a la vez).
- *Simulación*: Este es un método auxiliar y muy efectivo, en el cual se trata de realizar una simulación de la forma de adquirir la información y de cómo funcionaría el sistema.
- *Clasificación de Concepto*: Este método se trata de organizar los conceptos importantes y básicos del área de interés, de tal forma que se obtengan las ideas más importantes que conducirán a la solución de un problema.
- *Análisis de la tarea*: Se trata de una técnica de adquisición que permite diseñar interfaces centradas en el usuario, con la cual se obtendrán beneficios tales como: reducir tiempos y errores de los usuarios al emplear la aplicación diseñada, mejorar la productividad de los usuarios y reducir costos. Este método se basa en el método de entrevistas dirigidas y no dirigidas para encontrar los objetivos fundamentales de alguna tarea.

## 2. Métodos Semiautomáticos

Los métodos semiatómicos son divididos en dos categorías: (1) los que nos ayudan a la construcción de bases de conocimiento (**Figura 9**) y (2) los que ayudan a los Ingenieros del Conocimiento a ejecutar sus tareas necesaria en una manera más eficiente (a veces con la participación mínima del Experto).



**Figura 9.** Métodos semiatómicos para la construcción de bases de conocimiento.

Según Kim y Courtney[11], para que el Experto pueda expresar de forma adecuada sus conocimientos sobre la solución de un problema (con ayuda de un método de adquisición semiautomático), es necesario que éste lleve a la práctica las siguientes aseveraciones:

- El Experto puede identificar las variables y las relaciones entre ellas.
- El Experto puede aprender y usar la interfaz de codificación.
- El Experto puede usar técnicas automatizadas para ejecutar el proceso, cuando sea necesario.
- El Experto puede hacer un modelo detallado para estructurar el dominio.

- La pérdida inevitable de transparencia en el conocimiento codificado es aceptable si el Experto puede asegurar el funcionamiento del modelo.

## 2.1. Apoyo al Experto

### 2.1.1. Repertory Grid Análisis (RGA)

Esta técnica se basa en la Psicología para obtener una entrevista bien estructurada, con ayuda de un programa de computadora y técnicas de la entrevista.

El RGA esta basado en el modelo de Kelly del pensamiento humano. Según esta teoría cada persona es vista como " un científico personal " quien procura predecir y controlar acontecimientos; formando teorías, probando hipótesis, y analizando los resultados de experimentos. El conocimiento y percepciones sobre el mundo (o sobre un dominio o un problema) son clasificados por cada individuo como un modelo personal, de percepción. Por medio de este modelo se encontró que cada individuo es capaz de prever y luego actuar de forma anticipada ante ciertas situaciones.

El RGA combina varios procesos:

1. El Experto identifica los objetos importantes.
2. El Experto identifica los atributos importantes que son considerados en la toma de decisiones.
3. Para cada atributo el Experto establece una escala bipolar con características distinguibles (rasgos) y sus contraposiciones.
4. El entrevistador escoge tres de los objetos y pregunta: ¿Qué atributos y rasgos distinguen dos de estos objetos?

Muchas de las herramientas de adquisición de conocimiento han sido desarrolladas basándose en RGA. Estas herramientas están orientadas a diferentes dominios de aplicación. Tres de estas herramientas son: ETS, KRITON Y AQUINAS.

#### 2.1.1.1. Sistema de Transferencia de Experiencia (ETS)

Es un programa informático que entrevista a Expertos y los ayuda a construir sistemas Expertos. ETS entrevista a Expertos para encontrar conclusiones, formas de resolución de los problemas, estructuras, pesos e inconsistencias en ellas. Esto ha sido utilizado para construir prototipos rápidamente, ayudar al Experto a determinar si hay suficiente conocimiento para solucionar el problema, y crear bases de conocimiento para una variedad de tipos de Sistemas Expertos y su propia representación interna. Una versión mejorada de ETS llamado NeoETS ha sido desarrollada para ampliar las capacidades de ETS. El método se limita a problemas clasificados.

#### 2.1.1.2. KRITON

Es un sistema que intenta automatizar el uso del RGA. Primero dirige las entrevistas con los Expertos; entonces analiza protocolos y documentos actuando reciprocamente con los Expertos. El Experto, basado en las estadísticas, selecciona porciones de textos para el análisis preposicional que usa las mismas herramientas usadas en el análisis protocolar. Desde que los documentos no están orientados a los protocolos, el Experto

agrega la información de la meta a los resultados del análisis. Si los experimentos con este sistema tienen éxito, se podrá reemplazar a un Ingeniero del Conocimiento.

### 2.1.1.3. AQUINAS

Es una herramienta muy compleja que resuelve el problema y representa el conocimiento de ETS, permitiéndoles a los Expertos estructurar el conocimiento jerárquicamente. Un juego de heurística es definido e incorporado en el Gerente del Diálogo, un subsistema de AQUINAS, proporcionar la guía en el proceso de Adquisición del Conocimiento a los Expertos del dominio e Ingenieros del Conocimiento.

## 2.2. Soporte para el Ingeniero del Conocimiento

Una herramienta de adquisición y de codificación reduce enormemente el tiempo e intervención del Ingeniero del Conocimiento. Sin embargo, el Ingeniero del Conocimiento todavía juega un papel importante en el proceso, donde sus tareas principales son:

- aconsejar al Experto sobre el proceso de Adquisición de Conocimientos interactivo.
- Manejar las herramientas de Adquisición del Conocimiento interactivas, de manera apropiada.
- Corregir la base de conocimientos en colaboración con el Experto.
- Manejar las herramientas de codificación de conocimiento.
- Validar la aplicación de la base de conocimientos en colaboración con el Experto.
- Entrenar a los clientes en el empleo eficaz de la base de conocimientos en colaboración con el Experto.

El Ingeniero del Conocimiento hace uso de diversas herramientas, tanto manuales como semiautomáticas, de las cuales selecciona la más adecuada para adquirir el conocimiento del Experto; algunas herramientas semiautomáticas más usadas son las siguientes.

### 2.2.1. Editores e Interfaz de usuario

El empleo de un editor de textos o un editor especial para el conocimiento puede facilitar la tarea de introducir el conocimiento en el sistema y disminuir la posibilidad de errores. Un buen editor proporciona la interfaz de usuario que facilita dar instrucciones y mostrar la información convenientemente. Los editores comprueban, por ejemplo, la sintaxis, la semántica y la consistencia. Los redactores de reglas de EXSYS son un ejemplo, que simplifica la entrada de reglas y pruebas.

### 2.2.2. Facilidad de Explicación

Los subsistemas de explicación sirven no sólo al usuario, sino también al Ingeniero del Conocimiento y al Experto, en la refinación y el mejoramiento de la base de conocimiento. Además de los dispositivos de uso general (como la eliminación de fallos y mecanismos de rastreo), existen las instalaciones de explicación especialmente construidas, que pueden remontar, por ejemplo, la cadena de razonamiento después de que esto ha sido completado.

### 2.2.3. Adquisición de Conocimiento y Sistema de Documentación (KADS)

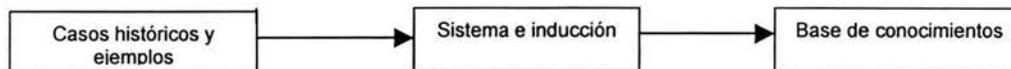
El objetivo de estas técnicas, que han sido desarrollados en la Universidad de Amsterdam, es ayudar al Ingeniero del Conocimiento y al Experto en la adquisición, estructuración, análisis y documentación del conocimiento. KADS aumenta la productividad del Ingeniero del Conocimiento.

### 2.2.4. Herramientas Front-end

El conocimiento tiene que ser cifrado en una manera específica en varias herramientas basadas en conocimientos. En un intento de automatizar la codificación, varias herramientas han sido desarrolladas. Por ejemplo, la Herramienta de Análisis de Conocimiento (KAT), que convierte el conocimiento a un formato de regla específico para una herramienta llamada Level5. NEXTRA es una herramienta similar que ayuda al Ingeniero del Conocimiento a codificar las reglas, es un producto llamado el Objeto Nexpert.

## 3. Métodos automáticos

En los métodos automáticos el papel del Experto y/o del Ingeniero del Conocimiento son reducidos al máximo o incluso eliminados. Por ejemplo, en el método "De inducción" (**Figura 10**) los conocimientos (casos históricos y ejemplos) pueden ser administrados por cualquier constructor. El papel del Experto es mínimo (limitado a la validación), y no hay ninguna necesidad de un Ingeniero del Conocimiento. Es necesario aclarar que el término automático puede ser engañoso, pues siempre habrá un constructor humano. Sin embargo, no es indispensable que dicho usuario sea el Ingeniero del Conocimiento o el Experto.



**Figura 10** Inducción.

Al igual que en los métodos automáticos y los semiautomáticos, es necesario describir las herramientas "automáticas" que ayudarán al Ingeniero del Conocimiento en el proceso de adquisición; dichos métodos son los siguientes.

### 3.1. Regla de Inducción Automática

La inducción es un proceso de razonamiento que va de lo específico a lo general. En la terminología de Sistemas Expertos se refiere al proceso en el que las reglas son generadas por un programa de computadora. Los métodos de inducción usan varios algoritmos para convertir una matriz de conocimiento en atributos y valores, y seleccionar las reglas. Tales algoritmos varían de métodos estadísticos a la computación neuronal.

Un algoritmo de inducción popular es ID3, el cual convierte primero la matriz de conocimiento en un árbol de decisión. Los atributos irrelevantes son eliminados y los atributos relevantes son organizados en una manera eficiente.

El sistema de inducción también ofrece la posibilidad de deducir un nuevo conocimiento. Es posible poner en una lista todos los factores que influyen en una decisión que, sin entender sus impactos, induce una regla que trabaja satisfactoriamente.

Una vez que las reglas son generadas; éstas son revisadas por el Experto y modificadas si es necesario. Una ventaja de las reglas de inducción consiste en que realzan el proceso de pensamiento del Experto.

A pesar de las ventajas, existen dificultades al poner en práctica las reglas de inducción, como son:

- El proceso de búsqueda en la regla de inducción está basado en algoritmos especiales que generan árboles de decisión eficientes, que reducen el número de las preguntas para dar una conclusión. Sin embargo, muchos algoritmos varían en sus procesos y capacidades, por lo cual no cualquiera podrá manejar una gran cantidad de reglas.
- El método no es bueno sólo por estar basado en reglas, tiene problemas de tipo de clasificación.
- El número de atributos de los objetos que generan las reglas debe ser pequeño.
- El número de ejemplos necesarios puede ser muy grande.
- Los casos que son excepciones a reglas deben ser quitados.
- El método es limitado con situaciones de determinística.
- Un problema principal con el método, según Hart[12], consiste en que el Ingeniero del Conocimiento no sabe por adelantado si el número de ejemplos es suficiente, o si el algoritmo es suficientemente bueno. Estar seguro de esto presupondría que Ingeniero del Conocimiento tenía alguna idea "de la solución"; la razón de la utilización de la inducción en primer lugar es que el Ingeniero no sabe la solución, pero quiere descubrirlo usando las reglas.

Por estas limitaciones, el método de inducción sólo es usado para proporcionar un primer prototipo; el cual es posteriormente traducido en algo más robusto y hecho a mano en un sistema mejorado.

### 3.2. Máquina de aprendizaje

Para comprender cómo funciona una máquina de aprendizaje, es necesario primero definir lo que es "aprendizaje y los tipos de éste, como a continuación se indica.

Una definición del aprendizaje sería la facultad de adaptarse respecto al mundo exterior, modificando las estructuras internas que rigen el comportamiento para aceptar o hacer suyas estas nuevas relaciones con el mundo externo. En términos de conocimiento, es el modificar las estructuras mentales, para relacionar e incrementar la información nueva y sobre todo aumentar con ellas la capacidad de inferir, deducir y generar nuevo conocimiento. En consecuencia, el aprendizaje es el analizar no sólo información, sino mecanismos para seguir aprendiendo. Uno de los problemas actuales de la Computación (en su rama de inteligencia artificial) es la formulación algorítmica del comportamiento humano y en particular del aprendizaje.

La dificultad de los problemas que conlleva el aprendizaje son, en general, bastante más difíciles que aún los problemas teóricos clásicos de la Informática. Una parte de esta

dificultad proviene del hecho de no poder acotar hasta dónde el aprendizaje llega o cuáles son sus métodos.

Existen tres tipos de aprendizaje:

- El aprendizaje de memoria.
- El aprendizaje de un conjunto de información organizándola, simplificándola y asociándola (una materia como Geografía o Historia o la Aritmética).
- El aprendizaje de un comportamiento en una situación dada, por ejemplo jugar al tenis, viajar, aprender un oficio, el aprender a resolver problemas diferentes con Matemáticas, etc.

Estos tres tipos de aprendizaje tienen niveles de complejidad diferentes, lo cual es diferente a la dificultad. Así para ciertas personas les es más difícil o más fácil el aprender a hacer algo que el memorizar algo. La complejidad estriba en el significado de lo que implica o representa ese aprendizaje. Así, el memorizar significa simplemente guardar y poderse acordar de algo directamente. El siguiente nivel implica el aprender cosas en conjunto, con su significado así como el poder trabajar con ellas para relacionarlas. El último nivel significa el aprender a resolver situaciones nuevas, teniendo un patrón, o estructura de respuesta fundamental. El punto común de estas operaciones es el aumentar los conocimientos con la finalidad de poderlos utilizar posteriormente.

Si se trasladan las ideas anteriores al campo de la Computación, se podría tratar de definir un sistema informático que mejore su desempeño y ámbito de operaciones como consecuencia de ensayos especiales llamados de aprendizaje, que permiten modificar el objeto en cuestión. Actualmente, esto es posible en ámbitos o contextos muy reducidos. Es claro que el objeto es un programa que de alguna manera se perfecciona como consecuencia de ensayos y que esta perfección, aunque inducida exteriormente, no es realizada explícitamente. De alguna manera en la Computación el enfoque de aprendizaje trata de hacer intervenir al hombre lo menos posible, comprendiendo y haciendo explícito las condiciones en las cuales el objeto aumenta el conocimiento. A estos programas computacionales que mejoran el desempeño en el aprendizaje se les conoce como "Máquinas de aprendizaje".

Actualmente se plantea y se hacen los primeros prototipos de las "máquinas inteligentes" cuyo objeto de trabajo es el conocimiento, es decir, la incorporación como un objeto de manipulación no sólo a la información encadenada sino a los mecanismos intrínsecos de éstos, para inducir o deducir. Dentro de este contexto el aprender sería el comprender la semántica de las transformaciones que permitan deducir y modificar la representación y el establecimiento de una estructura de datos utilizable para la solución de problemas del mismo tipo, es decir, que utilice la misma información.

Es en este último sentido que no sólo las computadoras "inteligentes" de la quinta generación y el futuro que ayudan a enseñar y a aprender se interesan en el aprendizaje, sino que es una preocupación fundamental de la Informática y Computación teórica el tema del aprendizaje.

Lo importante aquí ya no es, discutir si el conocimiento y el aprendizaje es exclusivo del ser humano, sino como representarlo y capturarlo, describir los "mecanismos", el significado y la forma de Adquisición del Conocimiento, lo que dará la clave del aprendizaje.

Por lo tanto, una máquina que aprende es importante en la Adquisición del Conocimiento, ya que su objetivo es reducir gastos y ahorrar tiempo reduciendo al mínimo el empleo de Expertos. Se espera que la máquina aprenda casos históricos, que pueda reducir la dependencia de Ingenieros del Conocimiento y en algunos casos aumente la calidad del conocimiento, por tratarse de un sistema de aprendizaje de reglas explícitas mediante la generalización de instancias.

Una vez que se ha seleccionado el método adecuado para la Adquisición del Conocimiento, ya sea manual, semiautomático o automático o una combinación de éstos; es necesario estructurar y organizar la información obtenida en algún tipo de "Mapa de conocimiento", que será el resultado del proceso de adquisición, por ser una representación gráfica y sintética de las ideas más importantes que permitirá dar solución al problema.

### ***Mapas de conocimiento***

Esta representación del conocimiento es el resultado del proceso de Adquisición del Conocimiento. Existen cuatro tipos básicos de Mapas de conocimiento, estos son:

#### *Tablas de decisión*

Es una relación causa-efecto, en donde si se cumple una condición, la cual tendrá sus causas, premisas o antecedentes; se llevará a cabo una acción, que traerá consigo un efecto para obtener conclusiones.

#### *Árboles de decisión*

Es una representación gráfica de la relación causal expresada en las Tablas de decisión. En éstas gráficas los Nodos representarán a los atributos y las Ramas serán los valores de cada atributo.

#### *Diagramas de dependencia*

Es una forma de expresar la relación entre los atributos, de tal manera que si uno depende de otro el resultado podrá suponerse, incluso podrá obtenerse otra tabla de decisión.

#### *Diagrama de Ishikawa*

Es similar a los árboles de decisión, sólo que la rama principal conduce a la solución, las ramas que parten directamente de ésta son los factores causales y las ramas que salen de éstas últimas son los factores parciales.

### ***Problemas para la Adquisición del Conocimiento***

Los problemas básicos en el proceso de Adquisición del Conocimiento son los que se indican a continuación:

- En general la transferencia de información de una persona a otra es difícil; sin embargo, es aún más cuando los Expertos carecen de tiempo o no están dispuestos a cooperar.

- Los métodos para adquirir conocimientos son pobremente definidos.
- El Ingeniero del Conocimiento recolecta la información (documentanda) para usarse por los sistemas Expertos. Sin embargo, en muchas ocasiones, el conocimiento recolectado es incompleto.
- Es difícil reconocer el conocimiento cuando esta mezclado con datos irrelevantes.
- La máxima dificultad en la Adquisición del Conocimiento, son los problemas de comunicación entre el Ingeniero del Conocimiento y el Experto.

De todo lo anterior, concluimos que la Adquisición del Conocimiento es extraer de las fuentes de conocimiento las experiencias y transferirlas a la base de conocimientos (y a veces a la máquina de inferencia). La adquisición en realidad se hace durante todo el proceso de desarrollo de un Sistema Experto.

### **Representación del conocimiento**

El conocimiento adquirido es organizado en una actividad llamada representación de conocimiento. Esta actividad implica la preparación del "Mapa de conocimientos" y la codificación del conocimiento en la base de conocimiento.

Este proceso consiste en tomar el conocimiento extraído de las fuentes estáticas y dinámicas y llevarlo a una forma entendible, primero por el Ingeniero del Conocimiento y luego por la herramienta de software que se vaya a utilizar (Bench-Capon: 1990).

La representación del conocimiento en general, "es una serie de convenciones sintácticas y semánticas que hacen posible describir las cosas. En donde la sintaxis es aquello que especifica una serie de reglas para combinar símbolos de tal forma que se formen expresiones válidas. La semántica es la especificación de cómo tales expresiones son interpretadas" (Bench-Capon: 1990 - Revista Universidad Eafit. Abril - Mayo - Junio 1998).

El proceso se realiza en paralelo con el de Adquisición del Conocimiento. Inicialmente la representación que hace el Ingeniero del Conocimiento la debe hacer en papel, por medio de la documentación, para que luego pueda ser llevada a la computadora. Cuando el Ingeniero del Conocimiento hace la Adquisición del Conocimiento lo va registrando de alguna forma, es así como comienza a realizar su representación. Después, de acuerdo con la forma elegida, lo lleva al lenguaje de la computadora para que así quede reflejado en el software. Por lo tanto, el Ingeniero del Conocimiento debe conocer muy bien la herramienta de desarrollo. Quizá lo más complejo de este proceso no es el conocer la herramienta o no, sino la elección de la forma más apropiada, según el problema y el Experto, de la representación interna del conocimiento en la computadora.

Las técnicas de Representación del Conocimiento suelen ser diversas y más formalmente podemos dividir las en: Técnicas de representación básicas, avanzadas y de incertidumbre, como se resume a continuación:

#### *Técnicas de representación básicas:*

- Reglas de producción.
- Redes semánticas.
- Frames o marcos.
- Cálculo de predicados.

*Técnicas de representación avanzadas:*

- Modelos cualitativos.
- Modelos temporales.
- Sistemas de pizarrón.
- Sistemas híbridos.

*Técnicas de representación de incertidumbre:*

- Técnicas no-numéricas.
- Factores de certidumbre.
- Lógica difusa.
- Redes probabilísticas.

A continuación se describen las Técnicas de Representación básicas, dado que son las más utilizadas.

### **Reglas de Producción**

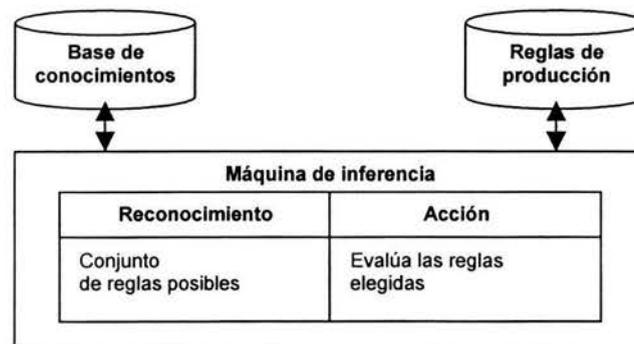
Éstas se basan en la lógica de predicados, una descripción del saber en forma de reglas "si ..., entonces ...".

La forma más comprensible de representación del conocimiento se basa en las reglas de producción. Se trata aquí de descripciones de acciones dependientes de ciertas condiciones. Una sola regla de producción puede captarse como unidad de conocimiento. Es el componente más pequeño del que consta el sistema en su totalidad.

Se ha descubierto que los Expertos están mejor predispuestos a formular sus conocimientos con ayuda de reglas "si..., entonces...". Esta es al parecer la razón de que en la actualidad la mayoría de los Sistemas Expertos y los de mayor éxito se basen en reglas de producción.

Los sistemas que se redactan con reglas de producción reciben el nombre de *Sistemas de producción*.

El componente más importante de un sistema de producción es la Máquina de Inferencia. Con él se gobierna el procesamiento y la elección de las reglas de producción. Una buena Máquina de Inferencia destacará por sus eficientes métodos y estrategias de solución de conflictos para la elección de una regla a partir de una serie de posibles reglas, tal como se ve en la **Figura 11**.



**Figura 11.** Máquina de inferencia.

Una Máquina de Inferencia de reglas de producción es teóricamente superior tanto a un sistema de encadenamiento hacia adelante como hacia atrás, porque pide la información que tenga una mayor importancia de acuerdo con el estado actual del sistema. Una Máquina de Inferencia de reglas de producción es, en realidad, un motor de encadenamiento hacia atrás mejorado. La teoría operativa general es que el sistema pide como nueva información aquella que elimine la mayor incertidumbre posible del sistema.

**Ejemplo:** Para entender el funcionamiento de las reglas de producción, imagine que ha llamado a un médico porque su hijo está enfermo. El doctor, primero le pregunta si el niño tiene fiebre, porque la respuesta a esta pregunta reduce el mayor número de posibilidades. Si su respuesta es <<sí>>, el doctor le pregunta si su hijo tiene angustia. Al igual que en la pregunta anterior, el doctor se la hace antes que cualquier otra porque es la de mayor impacto en el diagnóstico, dado el estado actual. Este procedimiento continúa hasta que el doctor pueda dar un diagnóstico.

En este ejemplo, el punto clave estriba en que el doctor selecciona aquellas preguntas que le llevan más rápidamente hacia una conclusión.

### **Redes semánticas**

Es una representación gráfica del saber sobre objetos y sus relaciones.

Las redes semánticas son un método de representación del conocimiento sobre las relaciones de los objetos. Los nodos de una red semántica corresponden a los objetos y los arcos describen las relaciones entre los objetos. Así puede tomarse un arco con sus dos nodos como una sola unidad de conocimiento.

Pero con la red semántica no se da información sobre el procesamiento de la red. Las reglas de inferencia deben estar expresadas en forma explícita.

Una red semántica ofrece una buena visión general sobre las relaciones y dependencias de un área de conocimientos (dominios) y es muy apropiada para la estructuración del conocimiento y verificación del Experto. Sin embargo, los enunciados de las relaciones mencionadas en los arcos deben ser formuladas fuera de la red.

En la red semántica pueden haber relaciones unidireccionales (dependencia de una relación entre objetos) y relaciones bidireccionales (relaciones entre objetos). Las relaciones unidireccionales se representan con una flecha en la dirección del objeto.

En resumen, las redes semánticas son grafos dirigidos y etiquetados. Los nodos en la red representan varios conceptos u objetos, y los arcos (enlaces entre nodos) representan las diversas asociaciones o relaciones que existen entre los conceptos (Quillian, 1968).

### **Frames**

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).

Antes de su utilización, el Frame es un almacén preestructurado 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 contenidos. 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 slots son activados por determinados acontecimientos.

Los objetivos de los frames son(Minsky, 1975):

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

### ***Cálculo de predicados***

El cálculo de predicados describe el conocimiento en forma de enunciados (predicados). Se trata de una notación formal para la descripción de relaciones lógicas y objetos. Contiene una gramática con la que se puede componer enunciados lógicos válidos. El cálculo de predicados contiene reglas semánticas que relacionan los símbolos del lenguaje formal con los objetos y reglas de procedimientos capaces de crear expresiones lógicas válidas a partir de expresiones lógicas válidas. La solución puede tener el valor de "verdadero" o "falso".

En resumen: El cálculo 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.

### ***Base de Conocimientos***

La Base de Conocimientos es lo que resulta del proceso de Representación del Conocimiento, realizado con la utilización de cualquiera de las formas de representación, ya descritas.

Para poder desarrollar una Base de Conocimiento es necesario:

1. Aislar el área para el desarrollo de Sistema de base de conocimientos.
2. Búsqueda de una regla de decisión para ser el elemento de prueba.
3. Creación de un diagrama de dependencia.
4. Creación de tablas de decisión.
5. Escribir reglas IF-THEN.
6. Construir la interfaz de usuario

## Razonamiento y Búsqueda

Esta actividad implica el diseño de software que permitirá a la computadora hacer inferencias basadas en conocimiento y luego proporcionará consejos al usuario sobre cuestiones específicas.

### *Estrategias de inferencia*

Como ya se ha mostrado en el cálculo de predicados, debe formularse explícitamente un mecanismo para el procedimiento del conocimiento, este mecanismo de inferencia evaluará las reglas y hechos.

Existen aquí dos formas básicas de evaluación de las reglas:

- Encadenamiento hacia adelante.
- Encadenamiento hacia atrás.
- Encadenamiento híbrido.

El encadenamiento hacia adelante se define también como *inferencia controlada por los datos* o como método "*if added*". El encadenamiento hacia atrás se conoce también como *inferencia controlada por el objetivo*, o como método "*if-needed*".

Las decisiones sobre cuál de estas estrategias debe aplicarse depende del problema en particular y de la capacidad intuitiva del Ingeniero del conocimiento.

Otras estrategias de elección, en el caso de llegar a un punto donde pueden aplicarse varias reglas, son:

Al final de cada una de las fases de la Ingeniería del Conocimiento se obtiene un resultado; por lo tanto en la etapa de Razonamiento el resultado será el motor del Sistema Experto, llamado "Máquina de Inferencia".

### **Máquina de inferencia**

La Máquina de inferencia será la parte final de la etapa de razonamiento, ya que en ella se encuentra la parte fundamental del razonamiento y búsqueda de resultados, obtenidos de la Base de Conocimientos.

Existen tres formas básicas para desarrollar una máquina de inferencia, encadenamiento hacia adelante, hacia atrás y encadenamiento híbrido.

### ***Encadenamiento hacia adelante***

Al encadenamiento hacia adelante se le llama algunas veces *conducido por datos*, porque la Máquina de Inferencia utiliza la información que el usuario le proporciona para moverse a través de una red de (ANDs) y (ORs) lógicos hasta que encuentra un punto terminal, que es el objeto. Si la Máquina de Inferencia no puede encontrar un objeto usando la información existente, entonces le pide más. Los atributos que definen al objeto crean un camino que conduce al mismo objeto: la única forma de alcanzar dicho objeto es la de satisfacer todas sus reglas. Por tanto, una Máquina de Inferencia de

encadenamiento hacia adelante comienza con alguna información y luego intenta encontrar un objeto que encaje con dicha información.

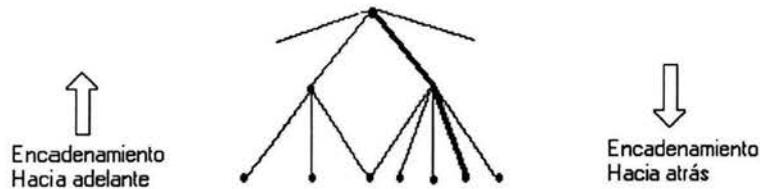
Un sistema de encadenamiento hacia adelante esencial construye un árbol desde las hojas hasta la raíz, como se ve en la **Figura 12**.

En el encadenamiento hacia adelante se buscan en la base e conocimientos reglas para los hechos conocidos y se ejecuta su parte de acción. Este proceso se realizará tantas veces como sea necesario hasta alcanzar el objetivo o hasta que no quede ninguna regla más que pueda ser "disparada" (aplicada).

### **Encadenamiento hacia atrás**

El encadenamiento hacia atrás es el contrario al encadenamiento hacia adelante. Una Máquina de Inferencia de encadenamiento hacia atrás comienza con una hipótesis (un objeto) y pide información para confirmarlo o negarlo. Al encadenamiento hacia atrás se le llama algunas veces *conducido por objetos* porque el sistema Experto empieza con un objeto e intenta verificarlo.

En el encadenamiento hacia atrás se parte de un objetivo (una hipótesis), de una conclusión, como se ve en la **Figura 12**. Todas las reglas que contiene esta conclusión son comprobadas, para saber si se cumplen las condiciones de estas reglas.



**Figura 12.** Encadenamiento hacia adelante y hacia atrás.

### **Encadenamiento híbrido**

Es un tipo de encadenamiento que resulta de combinar el encadenamiento hacia adelante y el encadenamiento hacia atrás.

## **Discusión**

Con base en el análisis teórico presentado al lector hasta este momento, es posible abordar el Análisis y Desarrollo del Sistema que nos ocupa; a saber: un módulo de diagnóstico para enfermedades de comunicación humana (Capítulo V). Dicho desarrollo toma como ejes de referencia la investigación realizada sobre Técnicas de Inteligencia Artificial, en particular Sistemas Expertos y los métodos manuales de Adquisición del Conocimiento (entrevistas).

# CAPÍTULO V

---

## ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE PREDIAGNÓSTICO

## V. ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE PREDIAGNÓSTICO

### Análisis y planteamiento del problema

A partir del análisis de la problemática del InCH para dar atención médica (descrita en el Capítulo I), se vio la necesidad de desarrollar un Módulo de Prediagnóstico. Es importante recordar que el objetivo de este trabajo se suscribe en un objetivo de más amplio, que es el desarrollo de un Hospital Virtual que permita tratar a distancia a pacientes con problemas de comunicación humana. La importancia del desarrollo del módulo de Prediagnóstico obedece a una preocupación de primer orden: no inundar al ya de por sí saturado InCH, con peticiones que al final no procederán.

Además se consideró que lo más conveniente era implementarlo mediante un Sistema Experto, debido a las características de esta técnica de la Inteligencia Artificial estudiadas en el Capítulo II.

Así, el objetivo que se plantea es analizar, diseñar y desarrollar un sistema que, mediante técnicas de Inteligencia Artificial, herramientas multimedia y las telecomunicaciones, permita identificar aquellos pacientes que pueden ser atendidos en el Hospital Virtual, diferenciándolos de aquellos que deben ser canalizados a otra Institución Médica, y determinar su posible padecimiento, de modo a enviarlo a un especialista.

Para este fin, el sistema será capaz de solicitar, de manera automática, los datos básicos de una historia clínica (nombre, sexo, edad, etc.) y a partir de estos datos, y de los síntomas del paciente, evaluar si un paciente es susceptible de ser atendido, o no, por el sistema, y realizar un primer diagnóstico que apoye a los médicos en su labor.

A continuación se muestra el proceso que se siguió para desarrollar e implementar el módulo que permitirá seleccionar a los usuarios que padecen algún problema que puede ser tratado en el Hospital Virtual y recolectar información valiosa para su futuro tratamiento.

### Adquisición del conocimiento

#### **Primeras entrevistas**

Para el desarrollo del sistema, fue necesario realizar un proceso de Adquisición del Conocimiento, basado en entrevistas con Expertos (Médicos del Instituto de la Comunicación Humana) y en la observación de preconsultas de los pacientes.

En las entrevistas con los Expertos, se detectaron las siguientes patologías a diagnosticar:

- *Hipoacusia*
- *Lenguaje y Habla*
- *Trompa de Eustaquio y Oído Medio*
- *Vértigo*

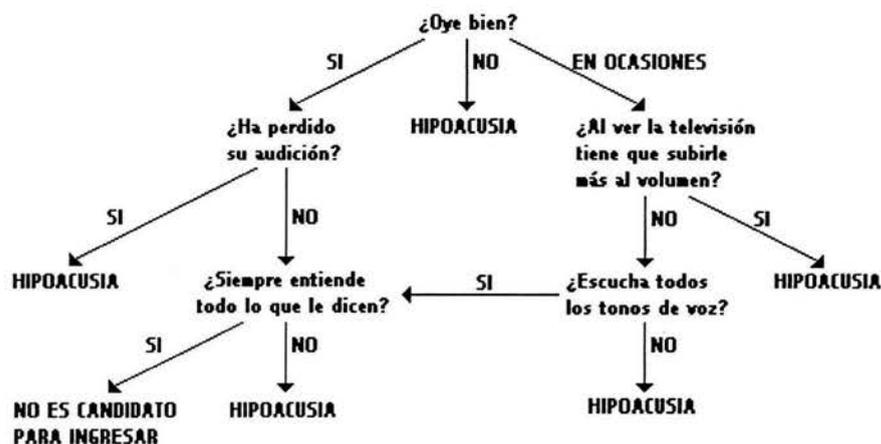
Mediante estas primeras entrevistas, se delimitaron los siguientes objetivos:

- Recolectar las preguntas clave necesarias para realizar el Prediagnóstico. Estas preguntas se obtendrían de la experiencia de los expertos y de nuestra observación de preconsultas en el InCH.
- Facilitar la comprensión de las preguntas. Se debía cuidar la redacción de las preguntas evitando usar términos del lenguaje médico. Por lo tanto las preguntas debían ser claras y sin ambigüedades.
- Plantear preguntas que no excluyeran a pacientes que pudieran ser candidatos para ser atendidos en el InCH.
- Encontrar respuestas claras, acotadas y sin provocar influencia en la respuesta del paciente.
- Buscar la forma de evitar un número excesivo de preguntas que pudiera hacer que el paciente abandonara el sistema.

Decidimos comenzar con la patología de Hipoacusia, ya que es el principal problema por el que acuden los pacientes al InCH.

Durante seis meses visitamos a los expertos en problemas de comunicación humana del InCH para analizar el proceso que siguen en las preconsultas para determinar si un paciente es candidato a ser atendido en el InCH, o si requiere ser canalizado a otra institución médica.

Los resultados de esta etapa fueron árboles de decisión (como el que se presenta en la **Figura 13**) que describen el proceso que se sigue para diagnosticar a un paciente para las diferentes patologías antes mencionadas (ver Anexo A).



**Figura 13.** Árbol de Decisión para Hipoacusia.

## Problemas encontrados y propuesta de solución

Durante las primeras visitas al InCH tuvimos problemas de comunicación con los expertos, debido a la diferencia de lenguajes técnicos utilizados por ambas partes. Sin embargo, a través del tiempo logramos establecer una relación de trabajo idónea en la que comprendimos lo que se requería para el desarrollo del sistema dejando a un lado información irrelevante para nuestros fines.

Una de las principales dificultades fue el poder establecer los objetivos y alcances del sistema, debido a que la frontera entre el Prediagnóstico y el diagnóstico no era muy clara. Para esto necesitábamos la opinión conjunta de varios expertos; sin embargo, no pudieron llegar a una solución y finalmente, al continuar con las entrevistas, determinamos con la ayuda de un experto, el límite del Prediagnóstico.

Por otro lado observamos, de acuerdo a la forma en que se lleva a cabo un Prediagnóstico, que era necesario corregir algunos árboles para evitar que se excluyera a pacientes que debían ser atendidos por el sistema. Esto lo pudimos detectar gracias a la familiarización con la forma de evaluar a un paciente y a los aspectos que se requerían para prediagnosticarlo; llegando, hasta cierto punto a sugerir algunos cambios en las preguntas de los árboles. Además, notamos que estos árboles no eran suficientes para hacer un buen Prediagnóstico, pues se requería de información adicional para una futura consulta, por ejemplo: Antecedentes patológicos y familiares. Entonces se diseñaron cuestionarios adicionales (*ver Anexo A*) para cada patología, los cuales se le presentan al paciente después de ser evaluado con los árboles.

Una vez obtenidos los árboles de decisión y sus cuestionarios adicionales, la siguiente etapa fue validarlos. Enseguida describimos esta etapa.

## Validación de los árboles de decisión con pacientes del InCH

Un punto fundamental en el desarrollo del sistema es la validación, tanto de las preguntas (que a pesar de tratar aspectos médicos, sean comprensibles por gente no relacionada con términos médicos, que no contengan ambigüedades, etc), del uso del sistema (la navegación debe ser clara y sencilla); como de los resultados obtenidos (no dejar fuera a pacientes que sí ameritan ser atendidos en el InCH). Todo esto implicó la realización exhaustiva de pruebas en las diversas etapas del desarrollo del sistema, de modo que se pudo garantizar la fiabilidad del sistema final.

La validación se llevó a cabo en dos etapas, una con los expertos y otra con los pacientes del InCH.

### **Primera etapa**

Se realizó una reunión con especialistas del InCH en la que se presentaron por escrito los primeros árboles para todas las patologías. Además, se llevó a cabo la presentación de un prototipo (elaborado con ayuda de Level 5) al grupo de expertos del InCH. El prototipo determinaba si un paciente era candidato a ingresar al instituto por la patología de Hipoacusia. En la **Figura 14** se muestran las preguntas y respuestas que se planteaban en el prototipo.

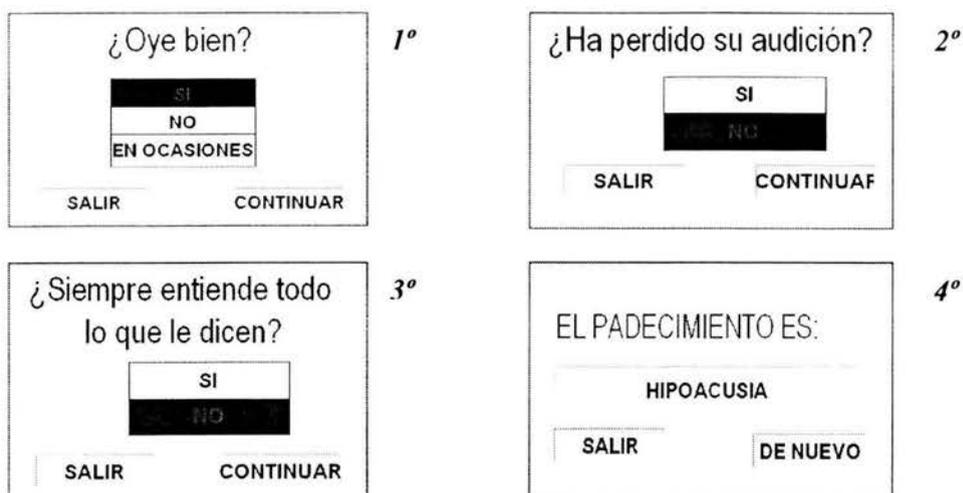


Figura 14. Preguntas y respuestas del prototipo.

Las respuestas marcadas con negro son un ejemplo de lo que pudo contestar un paciente. Siguiendo el árbol diseñado para el padecimiento de hipoacusia, se obtiene el prediagnóstico (ver la Figura 15).

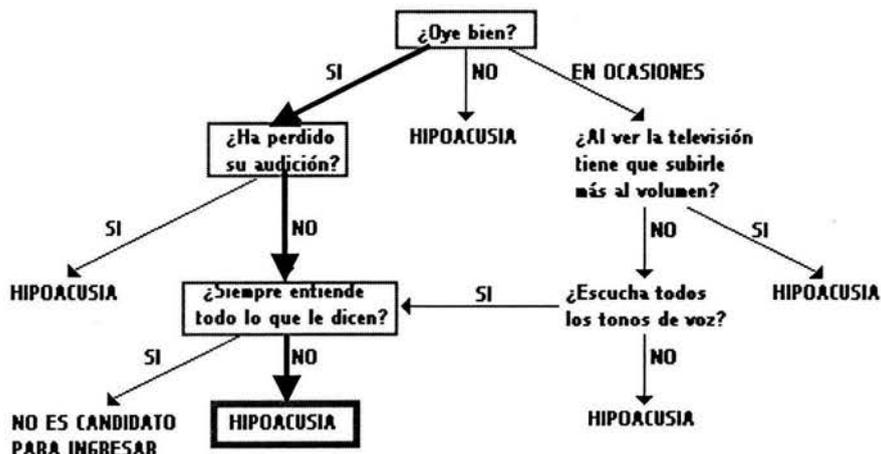


Figura 15. Camino seguido por el prototipo en el Árbol de Hipoacusia

Gracias a la presentación del prototipo a los expertos, pudimos validar las preguntas y así comprobar que en realidad nuestro trabajo generaba mejores resultados de los que se esperaban en un inicio, ya que con un número mínimo de preguntas es posible detectar si un paciente padece Hipoacusia o no es candidato a ingresar al sistema por esta patología.

## Segunda etapa

Se diseñaron cuestionarios impresos (*ver Anexo B*) que incluyeron todas las preguntas de los árboles de decisión, y se aplicaron, durante dos semanas en los dos turnos del InCH, a pacientes que ya estaban siendo atendidos en el Instituto.

Una vez completados los cuestionarios nos dimos a la tarea de hacer un Prediagnóstico basado en los árboles de decisión de acuerdo a las respuestas de cada paciente. Posteriormente, auxiliadas del *número de registro*, solicitado en los cuestionarios, recuperamos diecinueve expedientes de los pacientes, de los cuales localizamos la primera valoración hecha por médicos del InCH. Al comparar nuestros resultados con los de los médicos, validamos nuestros árboles.

De los diecinueve expedientes recuperados, obtuvimos quince casos exitosos, en los cuales el Prediagnóstico que hicimos coincide, en la mayoría de los casos, con el diagnóstico hecho por los médicos. Esto nos indica que el diseño del módulo es mejor de lo planeado, ya que arrojó resultados asociados más con el diagnóstico final que con el Prediagnóstico. Posiblemente esto se deba a que la primera valoración de un paciente que se presenta en el InCH es hecha por médicos residentes que aún no concluyen sus estudios de medicina, y por otro lado a que el diseño del módulo se hizo con médicos especialistas con mayor experiencia.

Se presentaron dos casos de pacientes que, de acuerdo a la evaluación hecha siguiendo los árboles de decisión, ingresaban al sistema aunque por un pequeño margen, ya que sus síntomas se asociaban a patologías que no se presentan con frecuencia en el InCH y de las cuales no teníamos conocimiento. Tal es el caso de *debilidad mental* que al tener cierta relación con la patología de Lenguaje y Habla, los habíamos considerado como posibles pacientes; sin embargo, al analizar estos casos con los médicos, no fue necesario modificar los árboles ni elaborar nuevos que prediagnosticaran a pacientes con este problema, debido a que la mayoría de éstos son canalizados a Neuropsicología o a Psiquiatría.

Los dos casos restantes nuestro diseño arrojó resultados que coincidían con la primera valoración del médico, en la se creía que el paciente presentaba un problema de Hipoacusia. Posteriormente, al realizarle exámenes los médicos llegaron a la conclusión de que el problema era de Oído Medio y no de Hipoacusia. A partir de estos resultados, nos dimos cuenta que con algunos cambios en el árbol de Oído Medio podíamos mejorar nuestro Prediagnóstico y acercarnos al diagnóstico final de estos pacientes.

Gracias a que algunos pacientes nos señalaron durante la entrevista y en los cuestionarios, la dificultad para comprender algunas preguntas, realizamos correcciones de redacción.

Los casos más sobresalientes, que sirven como ejemplo de cada una de estas situaciones se presenta en la **Tabla 8**.

	NO. DE EXPEDIENTE Y NOMBRE.	DIAGNÓSTICO INICIAL HECHO POR MÉDICOS DEL INCH.	DIAGNÓSTICO FINAL HECHO POR MÉDICOS DEL INCH.	PREDIAGNÓSTICO HECHO CON LOS ÁRBOLES DE DECISIÓN.
<b>CASOS ACERTADOS:</b> 15 DE 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 731-03</li> <li>▪ Sugey Sánchez García</li> <li>▪ 3 años</li> </ul>	Problema de LENGUAJE, apoyo con señas, retardo de lenguaje.	Problema de OIDO MEDIO. OMS bilateral faringoamigdalitis de repetición. Retardo de LENGUAJE anártrico, audición normal bilateral.	Problema de LENGUAJE y de OÍDO MEDIO.
<b>CASOS NO ACERTADOS:</b> 2 DE 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2587-03</li> <li>▪ Gpe. Gutierrez Martínez</li> <li>▪ 7 años</li> </ul>	Sospecha de HIPOACUSIA.	Cortipatía bilateral de etiología no determinada. Pb Factores Asociados al Nacimiento. Problema de OIDO MEDIO.	Problema de HIPOACUSIA.
<b>CASOS NO CONSIDERADOS:</b> 2 DE 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 8148-02</li> <li>▪ Claudia S. Osorio Paredes</li> <li>▪ 9 años</li> </ul>	Conducta auditiva de normooyente voz y lenguaje sin alteraciones, PROBLEMA DE APRENDIZAJE caracterizada por baja retención.	Retardo lectográfico afasico con componente gnóstico práctico, problema emocional. PROBLEMA DE APRENDIZAJE canalizado a Neuropsicología.	Problema de LENGUAJE.

*Tabla 8. Ejemplos de los resultados obtenidos de la validación de los Árboles de Decisión.*

Con estos resultados observamos que nuestro diseño rebasaba los alcances de un Prediagnóstico y coincidía, en la mayoría de los casos, con el diagnóstico final hecho por los médicos después de haber realizado estudios de laboratorio.

## Desarrollo del Sistema

### Objetivo

Desarrollar un Sistema para el Prediagnóstico de pacientes con problemas de Comunicación Humana.

### Diseño del sistema

Para que el sistema sea fácil de utilizar, fue necesario diseñar las páginas del sitio organizando e incluyendo en éstas sólo la información necesaria para lograr un Prediagnóstico adecuado, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

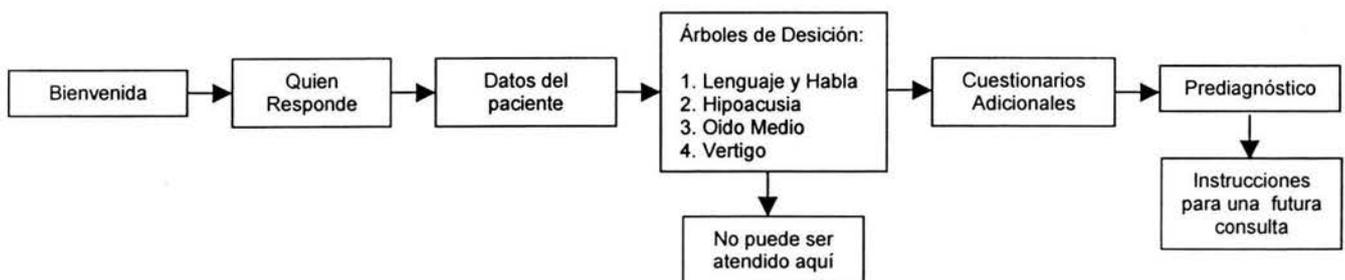
- Debido a las características del usuario final, la información debe ser lo más clara posible.
- Se debe proporcionar información del objetivo del sistema.

- Es necesario obtener en un inicio información básica del paciente para presentar las preguntas de acuerdo a su edad y dirigirlas a quién las conteste (no necesariamente será el paciente, puede ser un conocido o familiar del mismo o un médico).
- Se proporcionará ayuda al usuario para una mejor comprensión de algunas preguntas.

La implementación del sistema pasó por diferentes etapas:

1. En un comienzo el sistema se pensó programar en un Shell de Sistemas Expertos, la razón por la que no continuamos con esta idea fue porque al realizar el primer prototipo (mostrado a los expertos) con un herramienta de este tipo la interfaz fue poco amigable, compleja, no muy clara y el resultado final fue austero.
2. Luego se consideró programar cada uno de los módulos (sugerido por autores de la bibliografía estudiada) de un sistema experto; aprovecharíamos las ventajas del lenguaje de programación java para crear sitios web y su fácil manejo de datos, además ya no sería necesario crear nuestra máquina de inferencia, ya que existía una a nuestra disposición hecha en este lenguaje. Nos dimos cuenta que era muy complejo diseñar y programar toda la estructura de un sistema experto, y que nuestro problema podía solucionarse de una forma más sencilla.
3. Finalmente nos dimos cuenta de que podíamos utilizar una tecnología disponible que permitía introducir código java en páginas html: Java Server Pages (JSP), que manipula y procesa los datos necesarios para llegar a un resultado certero de forma rápida y eficiente, ya que la aplicación se procesa del lado del servidor, reduciéndose considerablemente el tiempo de ejecución. Así, sería posible crear una interfaz gráfica amigable para el usuario.

Las páginas JSP creadas para nuestro sistema están organizadas como se muestra en el Diagrama de Bloques de la **Figura 16** (para mayor detalle ver ANEXO C).



**Figura 16** Diagrama de Bloque que describe la organización del Sistema.

Como se puede observar, para cada patología tratada en el Módulo de Prediagnóstico se tiene un árbol (con caminos diferentes), el cual conduce a resultados válidos de aceptación o rechazo.

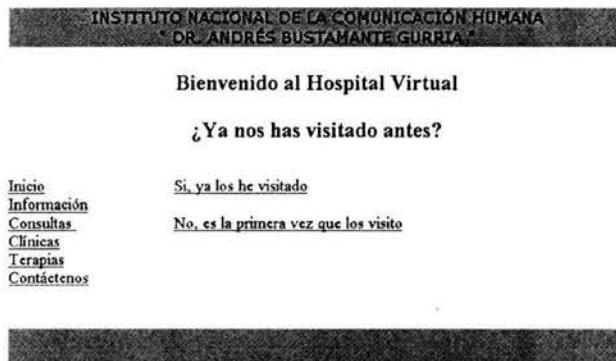
En un inicio se pensó que el paciente elegiría de entre varias opciones por qué pregunta iniciar, basándose en su afección o síntomas; sin embargo, se corría el riesgo de

no hacer alguna pregunta relevante para su prediagnóstico. Por esta razón, decidimos hacerlo pasar por todos los árboles hasta que se identificara su padecimiento o se llegara a la conclusión de que no padece algún problema tratado en el Hospital Virtual.

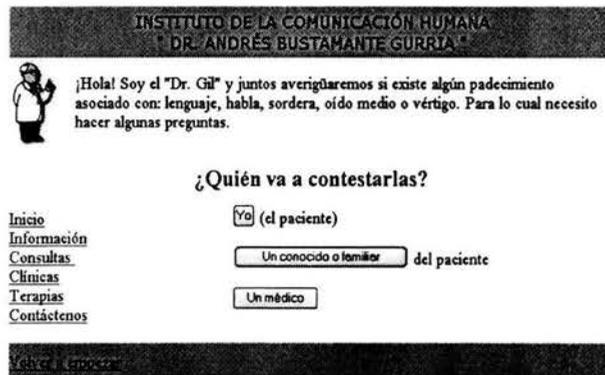
Considerando que la patología de Lenguaje y Habla está claramente conectada con la de Hipoacusia (son las que se presentan con mayor frecuencia en pacientes adultos) decidimos comenzar con las preguntas a través de estos árboles. De esta manera comenzamos con el árbol de Lenguaje y Habla, continuamos con el de Hipoacusia y éste se liga al de Oído Medio y finalmente al de Vértigo (las dos últimas patologías se presentan con menor frecuencia).

En el caso de pacientes menores de edad se consideró utilizar sólo el árbol de decisión diseñado para prediagnosticar problemas de Lenguaje y Habla de niños, dado que se presenta con frecuencia; además ya incluye preguntas para prediagnosticar Hipoacusia.

El sistema está diseñado para tratar a pacientes o usuarios que ingresan por primera al Hospital Virtual, por lo cual en la primera pantalla se presenta esta opción.



Una vez ingresando por primera vez se presenta la información básica del objetivo del Módulo de Prediagnóstico del Hospital Virtual, presentándose también el médico que atenderá al paciente. Aquí se pregunta si será el paciente, un conocido del paciente o un médico, quien conteste las preguntas, con el objeto de personalizar las siguientes pantallas.



Dependiendo de la opción que eligió aparecerá un mensaje redactado de acuerdo al usuario; por ejemplo, si seleccionó "un conocido o familiar" aparecerá la siguiente pantalla, en donde se solicitan los datos del paciente.

Además de personaliza el mensaje que aparece, se limita la edad a 3 dígitos y se envía un mensaje en caso de introducir símbolos extraños, ya que la edad es un dato que necesitaremos para continuar el proceso de evaluación. Asimismo, se verifica que el formulario esté completo.

La siguiente página recibirá los datos del paciente enviándole las instrucciones para continuar con la prueba y canalizarlo al árbol correspondiente, en caso de ser un niño el usuario del sistema no le permite la entrada.

A continuación se muestra una pantalla de los árboles de lenguaje para niños, que incluye una liga a la ayuda correspondiente para aclarar la pregunta.



Continuando con pantallas similares, finalmente se llega a un prediagnóstico, como por ejemplo:

Dr. Gil



**Mi prediagnóstico es:**

Sospecha de problema de Lenguaje. Ya que, aunque el niño si escucha y voltea cuando oye ruidos pequeños, si habla, usted entiende todo lo que le dice, pero los que no son de su familia no.

**Para lograr un mejor diagnóstico, es necesario contar con información adicional, por lo que te pido contestes algunas preguntas más.**

Siguiente

Como se puede ver esta pantalla no será la final, ya que el sistema recopilará información adicional, por medio de cuestionarios, que servirán a los médicos para una futura consulta que los llevará a un diagnóstico más preciso, estos cuestionarios tendrán la forma siguiente, procurando no saturar la pantalla con demasiadas preguntas; asimismo se indica el número de cuestionario en el que se encuentra el usuario para evitar que abandone el sistema antes de concluir.

Cuestionario: 1 2 3 4 5

Dr. Gil

**¿Con qué causa está relacionado el problema del niño?**

Por un accidente	SI <input type="radio"/>	NO <input type="radio"/>
Un susto	SI <input type="radio"/>	NO <input type="radio"/>
Por burla	SI <input type="radio"/>	NO <input type="radio"/>
Por presión o estrés	SI <input type="radio"/>	NO <input type="radio"/>
Por abuso sexual	SI <input type="radio"/>	NO <input type="radio"/>
Por abuso psicológico	SI <input type="radio"/>	NO <input type="radio"/>
Por comparaciones con otros niños	SI <input type="radio"/>	NO <input type="radio"/>
Por llamar la atención	SI <input type="radio"/>	NO <input type="radio"/>

Anterior Continuar

Una vez contestados todos los cuestionarios adicionales se presenta la pantalla final del sistema, en la cual se le indica al paciente que ha concluido la etapa de prediagnóstico, le recordará que deberá regresar al sistema y consultar su expediente para ver el avance de su caso, y le indicará que no debe olvidar su clave de acceso para futuras consultas, por lo que incluimos la posibilidad de imprimir esta información.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

Dr. Gil

Hemos terminado por hoy, pero no olvides que:

- Uno de mis colegas revisará las respuestas para evaluar el estado del niño.
- Por favor regresa a visitarnos en 5 días para que veas los resultados.
- No olvides que la próxima vez que nos visites necesitas recordar la clave :



Porque sin ella no podremos darte información del estado del niño.

*Para no olvidar la clave puedes imprimir esta hoja. sólo basta con oprimir el botón.*

Imprimir

CONTINUAR

En este momento el Sistema de Prediagnóstico para Pacientes con Problemas de Comunicación Humana se encuentra en la etapa final, por lo que concluimos con resultados satisfactorios, tal como lo señalamos en el siguiente capítulo.

# CAPÍTULO VI



# CONCLUSIONES

---

## VI. CONCLUSIONES

A través del desarrollo de este sistema nos dimos cuenta de la capacidad que tiene la Inteligencia Artificial para simular el comportamiento de un ser humano de manera correcta. En el caso particular de los diagnósticos médicos, pudimos además constatar la notable capacidad que tienen los Sistemas Expertos para manejar conocimiento e inferir diagnósticos similares a los que un médico obtendría.

Como explicamos en el texto, para crear el Sistema Experto fue necesario recabar información para representar el conocimiento de los médicos. Es aquí donde jugó un papel importante contar con las técnicas y procedimientos de la Ingeniería de Conocimiento. En efecto, esta rama de la ingeniería ofrece métodos para la adquisición del conocimiento (como las entrevistas que nos permitieron recabar la información), además brindar diferentes posibilidades para organizarla (ej. los árboles de decisión), lo cual permitió obtener un sistema que simula correctamente las estrategias que utilizan los médicos durante sus entrevistas con pacientes y la manera de alcanzar diagnósticos.

Dado que se desea que el acceso al sistema pueda hacerse a distancia, fue necesario apoyarnos en la Telemedicina, ya que esta disciplina nos provee de las herramientas de telecomunicaciones y cómputo necesarias para poner a disposición del usuario nuestro sistema, aunque éste se encuentre en poblaciones alejadas de las grandes ciudades.

Uno de los problemas frecuentes en los proyectos interdisciplinarios es, sin duda, la comunicación con los expertos, debido a la diferencia de lenguajes técnicos utilizados. En nuestro caso, fue a través del tiempo que logramos establecer una relación de trabajo fructífera, en la que establecimos un lenguaje común y comprendimos qué tipo de información se requería para el desarrollo del sistema, dejando a un lado información irrelevante para nuestros fines.

Así, además de la satisfacción obtenida en el desarrollo de este sistema, con los problemas y experiencias que un proyecto de esta índole conlleva, nos queda la doble satisfacción de haber creado un sistema que servirá para ofrecer un servicio de calidad a aquellas personas que por razones diversas no pueden desplazarse a la capital, basándose en las posibilidades tecnológicas disponibles en el país.

Por tratarse de un sistema que irá dirigido a personas de diversos niveles académicos, procuramos que la interfaz fuera sencilla, de modo que con conocimientos mínimos del uso de una computadora se pudiera hacer uso de él. Asimismo, el sistema no sólo ofrece utilidad a los pacientes sino también a los médicos, ya que en algunas zonas del país donde no se cuenta con especialistas en el área de comunicación humana, se podrá hacer un prediagnóstico adecuado.

Es importante remarcar que el sistema recopilará información valiosa sobre antecedentes patológicos y familiares del paciente que ayudará, en la siguiente etapa, a conocer con facilidad las causas de su padecimiento y así los médicos especialistas llegarán al diagnóstico final.

Por último, cabe mencionar que nuestro sistema será el punto de partida para los siguientes módulos del Hospital Virtual. Por lo tanto, con la conclusión del "Sistema Experto para el Prediagnóstico de Pacientes con Problemas de Comunicación Humana"

se cumple el primer objetivo del Hospital Virtual, quedando como tarea futura el desarrollo de los siguientes módulos con los cuales se concluirá el proyecto, el cual pretende ofrecer grandes beneficios al ser un proyecto viable para ser incluido en el portal de e-méxico, como un servicio de e-salud.

## Referencias

1. Gómez González Amanda, et. al., *Telesalud: Experiencia mexicana en la aplicación de las telecomunicaciones a la medicina*, 1998.
2. Roos ,*Historia de los Sistemas Expertos*,  
[www.monografias.com/trabajos10/exper/exper.shtml](http://www.monografias.com/trabajos10/exper/exper.shtml), Marzo 2002, Octubre 2004.
3. Russell, Stuart. and Peter Norvig, *Inteligencia Artificial, un enfoque moderno*, 1995, Prentice\_Hall, México.
4. Turban, Efraim, *Expert Systems and Applied Artificial Intelligence*,1992, Macmillan.
5. Bond, et. al., *Readings in Distributed Artificial Intelligence*, 1988, San Mateo (CA), Morgan Kaufmann.
6. *Sistemas Expertos*, [www.lafacu.com](http://www.lafacu.com), 2002, Enero 2003.
7. Jackson, Peter, *Introduction to Expert Systems*, 2nd. Ed, 1990, Addison Wesley.
8. Cyvermx,*Sistemas mexicanos de Inteligencia Artificial*, [www.invdes.com.mx](http://www.invdes.com.mx), 2002, Octubre 2003.
9. Feigenbaum, E., and P. McCorduck, *The Fifth Generation*. 1993, Addison Wesley.
10. MacGraw, K.L., and B.K., Harbison-Briggs, *Knowledge Acquisition, Principles and Guidelines*, 1989, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
11. Kim, J., and J.F. Courtney, "A Survey of Knowledge Acquisition Techniques and Their Relevance to Managerial Problem Domains",1988, Decision Support Systems 4.
12. Hart, A.M., *Knowledge Acquisition for Expert Systems*, 1986, Addison-Wesley.

# ANEXOS



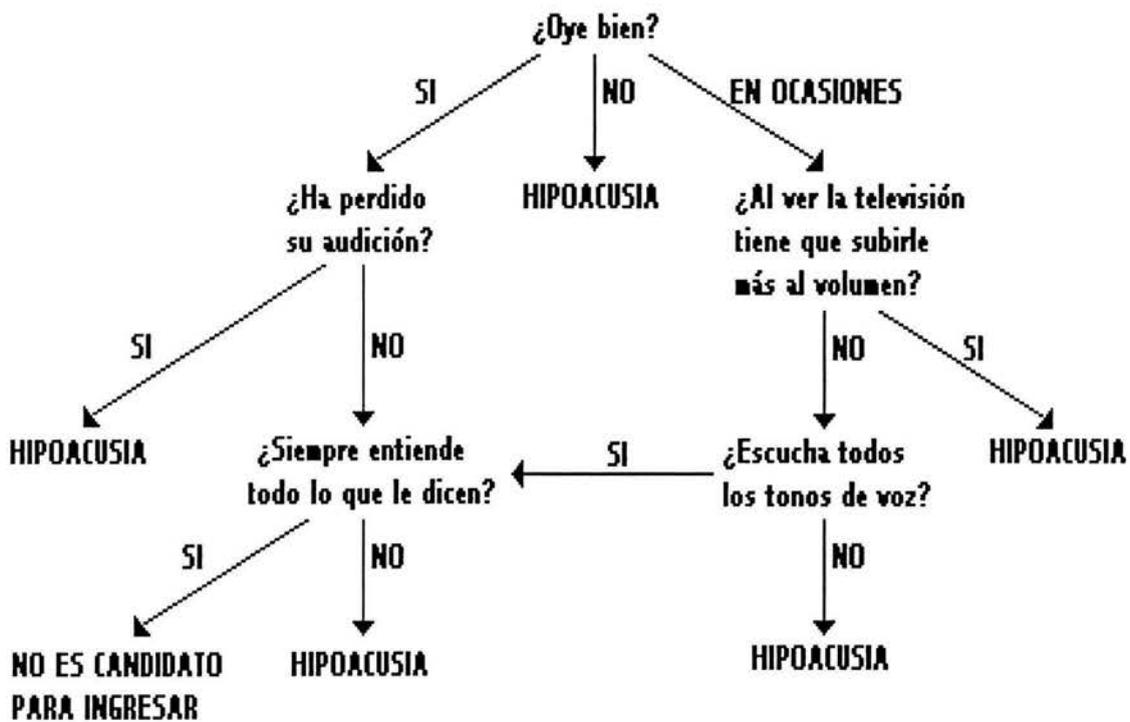
## VII. ANEXOS

### ANEXO A. Árboles de decisión y cuestionarios

#### Árbol de decisión para problemas de hipoacusia

El siguiente árbol es con el que determinaremos si un paciente es o no candidato para ingresar al sistema, por el problema de Hipoacusia.

Si el resultado es "HIPOACUSIA" (significa que si es candidato), entonces se harán las preguntas que parecen en la siguiente página; con las cuales se dará un resultado de la Preconsulta, el cual será: "SOSPECHA DE HIPOACUSIA".



¿HACE CUÁNTO TIEMPO INICIÓ (indúelo en años, meses o días, según sea el caso)? \_\_\_\_\_  
 ¿DE QUÉ FORMA INICIÓ (LENTAMENTE o PROGRESIVAMENTE)? \_\_\_\_\_  
 ¿CON QUÉ CAUSA ESTÁ RELACIONADO SU PROBLEMA?

Una caída	SI	NO
Por trabajar donde hay mucho ruido	SI	NO
Una explosión	SI	NO
Un cohete	SI	NO
Una infección en los oídos	SI	NO
Exposición a radiación	SI	NO
Introducción de objetos	SI	NO
Cambios climáticos	SI	NO
Catarros frecuentes	SI	NO
Un golpe en la cabeza	SI	NO

Si recibió un golpe en la cabeza, ¿perdió el conocimiento? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 Si perdió el conocimiento, ¿cuánto tiempo perdió? \_\_\_\_\_  
 ¿Estuvo hospitalizado por esta causa? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 ¿Le han tomado placas encefálicas? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 ¿Ha vomitado? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Usted ha sufrido alguno de los siguientes problemas?

DIABETES O AZÚCAR EN LA SANGRE	SI	NO
TRANSFUSIONES DE SANGRE	SI	NO
SI LO HAN HOSPITALIZADO, INDIQUE POR QUÉ CAUSA	_____	_____
LO HAN OPERADO DE ALGO	SI	NO
TUVO ALGUNA MALFORMACIÓN DE NACIMIENTO	SI	NO
ES ALÉRGICO A ALGÚN MEDICAMENTO	SI	NO

¿Hay alguien en su familia que tenga alguno de los siguientes problemas?

HIPOACUSIA (SORDERA)	SI	NO
TRASTORNOS DEL LENGUAJE	SI	NO
TRASTORNOS DE APRENDIZAJE	SI	NO
DÉFICIT VISUAL	SI	NO
MALFORMACIONES	SI	NO
DIABETES	SI	NO
HIPERTENSIÓN ARTERIAL (PRESIÓN ALTA)	SI	NO
CRISIS CONVULSIVAS (ATAQUES O CONVULSIONES)	SI	NO
NEOPLASIAS (TUMORES)	SI	NO
ALTERACIONES HEMATOLÓGICAS (PROBLEMAS EN LA SANGRE)	SI	NO
PSIQUIÁTRICOS	SI	NO
TOXICOMANÍAS (DROGAS)	SI	NO
INFECCIOSOS	SI	NO

¿SU PROBLEMA HA IDO AUMENTANDO? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 Si su problema ha ido aumentando, indique de qué forma (LENTO o RAPIDO) \_\_\_\_\_

Si el paciente es niño(a), contestar las siguientes preguntas:

¿Qué número de hijo es? \_\_\_\_\_  
 Edad de la madre \_\_\_\_\_  
 Edad del padre \_\_\_\_\_  
 ¿Los padres son consanguíneos (parientes)? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 Si realizó maniobras abortivas, indique de qué utilizó \_\_\_\_\_  
 Si se presentaron complicaciones, indique cuáles \_\_\_\_\_  
 ¿Fue parto normal? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 Si fue cesárea, por qué motivo \_\_\_\_\_  
 Si utilizaron anestesia, ¿ fue general o bloqueo (mitad)? \_\_\_\_\_  
 ¿Cuánto pesó el niño(a) al nacer? \_\_\_\_\_  
 ¿Recuerda la calificación APGAR?, si es así, anotarlo: \_\_\_\_\_  
 ¿Se puso amarillo en el momento de nacer? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 ¿Se le dieron como niño sano? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 ¿Tiene todas las vacunas? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad balbuceó? \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad dijo su primer monosílabo? \_\_\_\_\_  
 Ejemplos: ma, pa, ta. \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad dijo su primer bisílabo? \_\_\_\_\_  
 Ejemplos: ma-ma, pa-pa, ta-ta, te-te. \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad dijo su primer palabra? \_\_\_\_\_  
 Ejemplos: mamá, papá, leche. \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad comenzó con yuxtaposiciones (2 palabras)? \_\_\_\_\_  
 Ejemplos: mamá men, mamá ame. \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad comenzó con oraciones o frases cortas? \_\_\_\_\_  
 Ejemplo: mamá dame leche. \_\_\_\_\_

## PREGUNTAS ADICIONALES

¿Es izquierdo o derecho?

¿Fuma?

¿Bebe?

¿Está tomando algún medicamento?

Si consume algún medicamento para calmar los nervios, indique cuál

¿Le duelen los oídos?

¿Le truenan al pasar saliva o tragar?

¿Puede hablar bien?

¿Le cuesta tragar los alimentos, si es así cuáles?

¿Comprende bien?

¿Ha dejado de conocer a las personas?

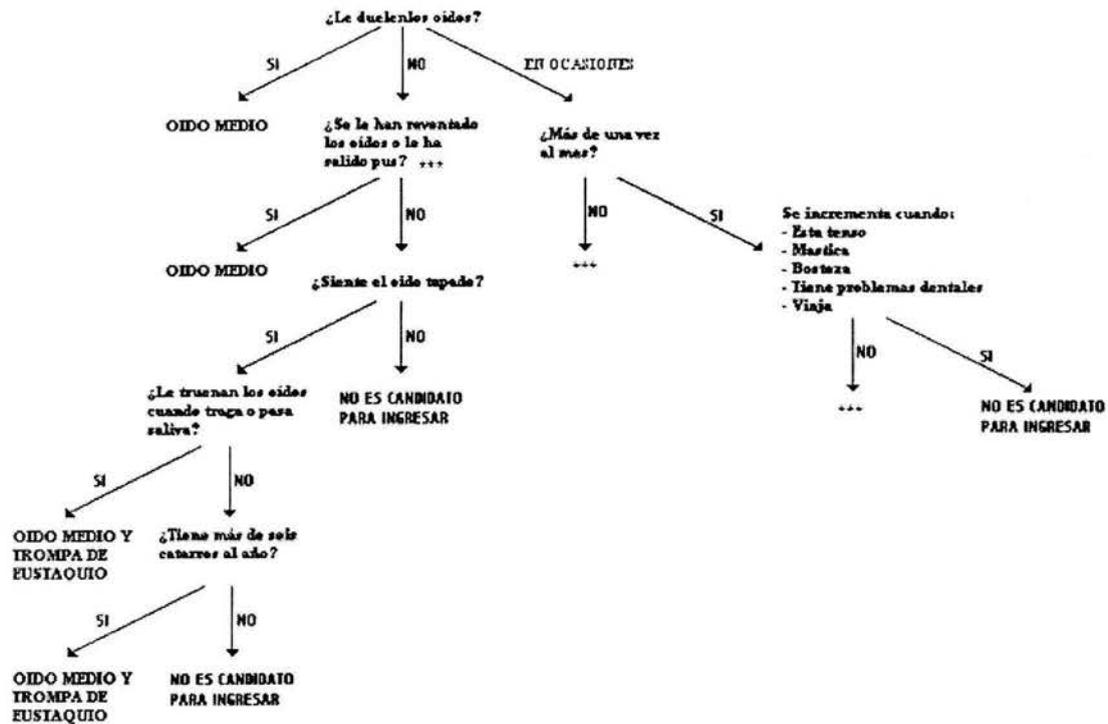
¿Se marea?

¿Con cuál oído oye peor, con el izquierdo o el derecho?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

## Árbol de decisión para problemas de oído medio y trompa de eustaquio

El siguiente árbol es con el que determinaremos si un paciente es o no candidato para ingresar al sistema, por el problema de Oído Medio y Trompa de Eustaquio.



¿HACE CUÁNTO TIEMPO INICIÓ ( indúelo en años, meses o días, según sea el caso )? \_\_\_\_\_

¿DE QUÉ FORMA INICIÓ ( LENTAMENTE o PROGRESIVAMENTE )? \_\_\_\_\_

¿CON QUÉ CAUSA ESTÁ RELACIONADO SU PROBLEMA?

Infección de oído SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 Golpes SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 Alergias SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 Labio paladar hendido (labio leporino) SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Usted ha sufrido alguno de los siguientes problemas?

DIABETES O AZÚCAR EN LA SANGRE SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 TRANSFUSIONES DE SANGRE SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 SI LO HAN HOSPITALIZADO, INDIQUE POR QUÉ CAUSA \_\_\_\_\_  
 LO HAN OPERADO DE ALGO SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 TUVO ALGUNA MALFORMACIÓN DE NACIMIENTO SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 ES ALÉRGICO A ALGÚN MEDICAMENTO SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Hay alguien en su familia que tenga alguno de los siguientes problemas?

HIPOACUSIA (SORDERA) SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 TRASTORNOS DEL LENGUAJE SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 TRASTORNOS DE APRENDIZAJE SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 DÉFICIT VISUAL SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 MALFORMACIONES SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 DIABETES SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 HIPERTENSIÓN ARTERIAL (PRESIÓN ALTA) SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 CRISIS CONVULSIVAS (ATAQUES O CONVULSIONES) SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 NEOPLASIAS (TUMORES) SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 ALTERACIONES HEMATOLÓGICAS (PROBLEMAS EN LA SANGRE) SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 PSIQUIÁTRICOS SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 TOXICOMANÍAS (DROGAS) SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 INFECCIOSOS SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿SU PROBLEMA HA IDO AUMENTANDO?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

Si su problema ha ido aumentando, indique de qué forma ( LENTO o RAPIDO) \_\_\_\_\_

Si el paciente es niño(a), contestar las siguientes preguntas:

¿Qué número de hijo es? \_\_\_\_\_  
 Edad de la madre \_\_\_\_\_  
 Edad del padre \_\_\_\_\_  
 ¿Los padres son consanguíneos (parientes)? SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 Si realizó maniobras abortivas, indique de qué utilizó \_\_\_\_\_  
 Si se presentaron complicaciones, indique cuáles \_\_\_\_\_  
 ¿Fue parto normal? SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 Si fue cesárea, por qué motivo \_\_\_\_\_  
 Si utilizaron anestesia, ¿ fue general o bloqueo (mitad)? \_\_\_\_\_  
 ¿Cuánto pesó el niño(a) al nacer? \_\_\_\_\_  
 ¿Recuerda la calificación APGAR?, si es así, anotarlo: \_\_\_\_\_  
 ¿Se puso amarillo en el momento de nacer? SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 ¿Succiona y deglute adecuadamente? SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 ¿Se le dieron como niño sano? SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 ¿Tiene todas las vacunas? SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 ¿A qué edad balbuceo? \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad dijo su primer monosilabo? \_\_\_\_\_  
 Ejemplos: ma, pa, ta. \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad dijo su primer bisilabo? \_\_\_\_\_  
 Ejemplos: ma-ma, pa-pa, ta-ta, te-te. \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad dijo su primer palabra? \_\_\_\_\_  
 Ejemplos: mamá, papá, leche. \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad comenzó con yuxtaposiciones (2 palabras)? \_\_\_\_\_  
 Ejemplos: mamá men, mamá ame. \_\_\_\_\_  
 ¿A qué edad comenzó con oraciones o frases cortas? \_\_\_\_\_  
 Ejemplo: mamá dame leche. \_\_\_\_\_

## PREGUNTAS ADICIONALES

¿Es izquierdo o derecho?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Fuma?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Bebe?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Está tomando algún medicamento?

Si consume algún medicamento para calmar los nervios, indique cuál

SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Oye bien?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Le duelen los oídos?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Le truenan al pasar saliva o tragar?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Puede hablar bien?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Le cuesta tragar los alimentos, si es así cuáles?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Comprende bien?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Ha dejado de conocer a las personas?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

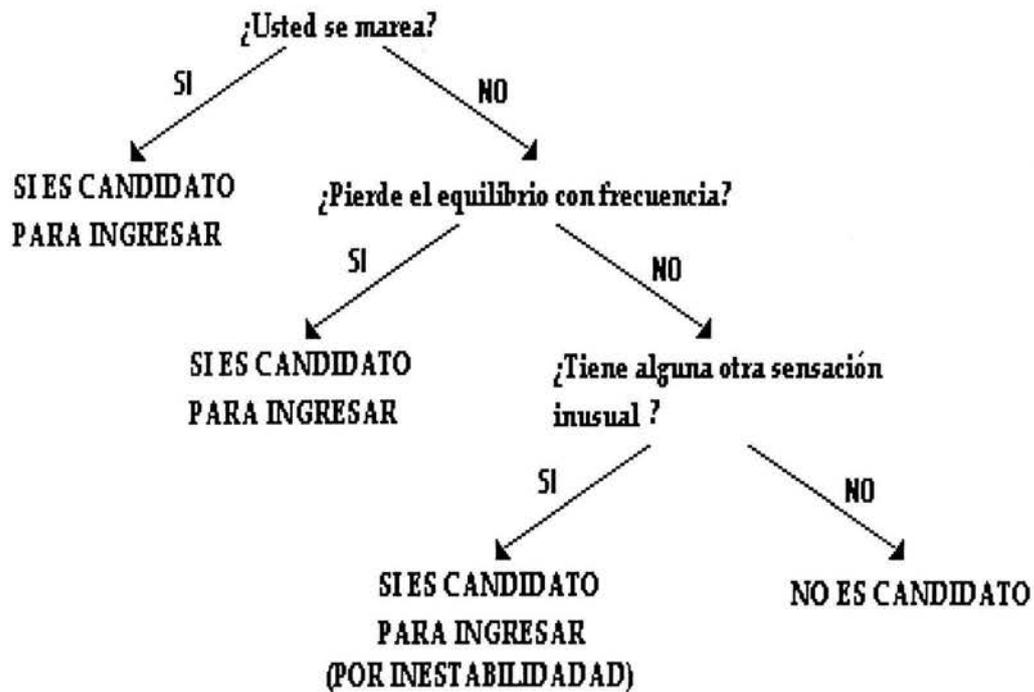
¿Se marear?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

### Árbol de decisión para problema de vértigo

El siguiente árbol es con el que determinamos si un paciente es o no candidato para ingresar al sistema, por el problema de Vértigo.

Si el resultado significará que el paciente es candidato para ser atendido, entonces se harán las preguntas que parecen en la siguiente página.



¿Cuánto tiempo dura esa sensación ( horas, minutos o segundos ) ? \_\_\_\_\_

¿Qué tipo de sensación experimenta exactamente cuando se marea?

SENSACIÓN DE CABEZA LIGERA	SI	NO
SENSACIÓN DE DESVANECERSE	SI	NO
SENSACIÓN DE QUE GIRA	SI	NO
SENSACIÓN DE QUE LAS COSAS GIRAN A SU ALREDEDOR	SI	NO
TIENE VISIÓN BORROSA	SI	NO
SIENTE NAUSEA	SI	NO
SIENTE GANAS DE VOMITAR	SI	NO
HA LLEGADO A VOMITAR	SI	NO
PRESENTA SUDORACIÓN	SI	NO
SIENTE QUE SE TAMBALEA	SI	NO
SUFRE DE PALIDEZ	SI	NO
SE SIENTE FATIGADO	SI	NO
SUFRE DOLOR DE CABEZA	SI	NO
SIENTE PRESIÓN EN LA CABEZA (PESADEZ)	SI	NO
TIENE SENSACIÓN DE OÍDO TAPADO	SI	NO
SIENTE QUE LOS OÍDOS LE ZUMBAN	SI	NO
EXPERIMENTA PÉRDIDA DE AUDICIÓN	SI	NO
SUFRE DE ANSIEDAD	SI	NO

¿Ha tenido alguno de los siguientes problemas?

RESTRICCIÓN EN SUS ACTIVIDADES COTIDIANAS (LAVAR, PLANCHAR, IR DE COMPRAS, AUSENTISMO LABORAL, ETC.)	SI	NO
DEPRESIÓN	SI	NO
IRRITABILIDAD	SI	NO
TENSIÓN MUSCULAR	SI	NO
DIFICULTAD PARA VIAJAR (AUTOBÚS, AUTOMÓVIL O AVIÓN)	SI	NO
SE HA VISTO OBLIGADO A SER ACOMPAÑADO	SI	NO
DIFICULTAD PARA CONCENTRARSE	SI	NO
DIFICULTAD PARA ADQUIRIR RESPONSABILIDADES	SI	NO
DIFICULTAD PARA TOMAR DECISIONES	SI	NO
PROBLEMAS PARA CONDUCIR	SI	NO
PROBLEMAS PARA MANEJAR MAQUINARIA PELIGROSA	SI	NO

¿HACE CUÁNTO TIEMPO INICIÓ ( indúelo en años, meses o días, según sea el caso )? \_\_\_\_\_

¿DE QUÉ FORMA INICIÓ ( LENTAMENTE o PROGRESIVAMENTE )? \_\_\_\_\_

¿CON QUÉ CAUSA ESTÁ RELACIONADO SU PROBLEMA?

Dolor de cabeza intenso (migraña)	SI	NO
Golpes (traumatismos)	SI	NO
Accidentes	SI	NO
Esguince cervical (Traumatismos)	SI	NO
Infecciones de oído	SI	NO
Exposiciones a ruido	SI	NO
Presión alta	SI	NO
Anemias	SI	NO
Reacción a alauos medicamentos (aminoalucósidos)	SI	NO

¿Usted ha sufrido alguno de los siguientes problemas?

DIABETES O AZÚCAR EN LA SANGRE	SI	NO
TRANSFUSIONES DE SANGRE	SI	NO
SI LO HAN HOSPITALIZADO, INDIQUE POR QUÉ CAUSA	_____	_____
LO HAN OPERADO DE ALGO	SI	NO
TUVO ALGUNA MALFORMACIÓN DE NACIMIENTO	SI	NO
ES ALÉRGICO A ALGÚN MEDICAMENTO	SI	NO

¿Hay alguien en su familia que tenga alguno de los siguientes problemas?

HIPOACUSIA (SORDERA)	SI	NO
TRASTORNOS DEL LENGUAJE	SI	NO
TRASTORNOS DE APRENDIZAJE	SI	NO
DÉFICIT VISUAL	SI	NO
MALFORMACIONES	SI	NO
DIABETES	SI	NO
HIPERTENSIÓN ARTERIAL (PRESIÓN ALTA)	SI	NO
CRISIS CONVULSIVAS (ATAQUES O CONVULSIONES)	SI	NO
NEOPLASIAS (TUMORES)	SI	NO
ALTERACIONES HEMATOLÓGICAS (PROBLEMAS EN LA SANGRE)	SI	NO
PSIQUIÁTRICOS	SI	NO
TOXICOMANÍAS (DROGAS)	SI	NO
INFECCIOSOS	SI	NO

Si el paciente es niño(a), contestar las siguientes preguntas:

¿Qué número de hijo es?	_____
Edad de la madre	_____
Edad del padre	_____
¿Los padres son consanguíneos (parientes)?	SI ___ NO ___
Si realizó maniobras abortivas, indique de qué utilizó	_____
Si se presentaron complicaciones, indique cuáles	_____
¿Fue parto normal?	SI ___ NO ___
Si fue cesárea, por qué motivo	_____
Si utilizaron anestesia, ¿ fue general o bloqueo (mitad)?	_____
¿Cuánto pesó el niño(a) al nacer?	_____
¿Recuerda la calificación APGAR?, si es así, anotarlo:	_____
¿Se puso amarillo en el momento de nacer?	SI ___ NO ___
¿Se le dieron como niño sano?	SI ___ NO ___
¿Tiene todas las vacunas?	SI ___ NO ___
¿A qué edad balbuceo?	_____
¿A qué edad dijo su primer monosílabo?	_____
Ejemplos: ma, pa, ta.	_____
¿A qué edad dijo su primer bisílabo?	_____
Ejemplos: ma-ma, pa-pa, ta-ta, te-te.	_____
¿A qué edad dijo su primer palabra?	_____
Ejemplos: mamá, papá, leche.	_____
¿A qué edad comenzó con yuxtaposiciones (2 palabras)?	_____
Ejemplos: mamá men, mamá ame.	_____
¿A qué edad comenzó con oraciones o frases cortas?	_____
Ejemplo: mamá dame leche.	_____

¿SU PROBLEMA HA IDO AUMENTANDO?

Si ha ido aumentando, ¿De qué forma (LENTO o RAPIDO)?  
 ¿Con qué cede el problema (SOLO o CON MEDICAMENTOS)?  
 Si se utiliza medicamento, indique cuál

SI \_\_\_ NO \_\_\_

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

### PREGUNTAS ADICIONALES

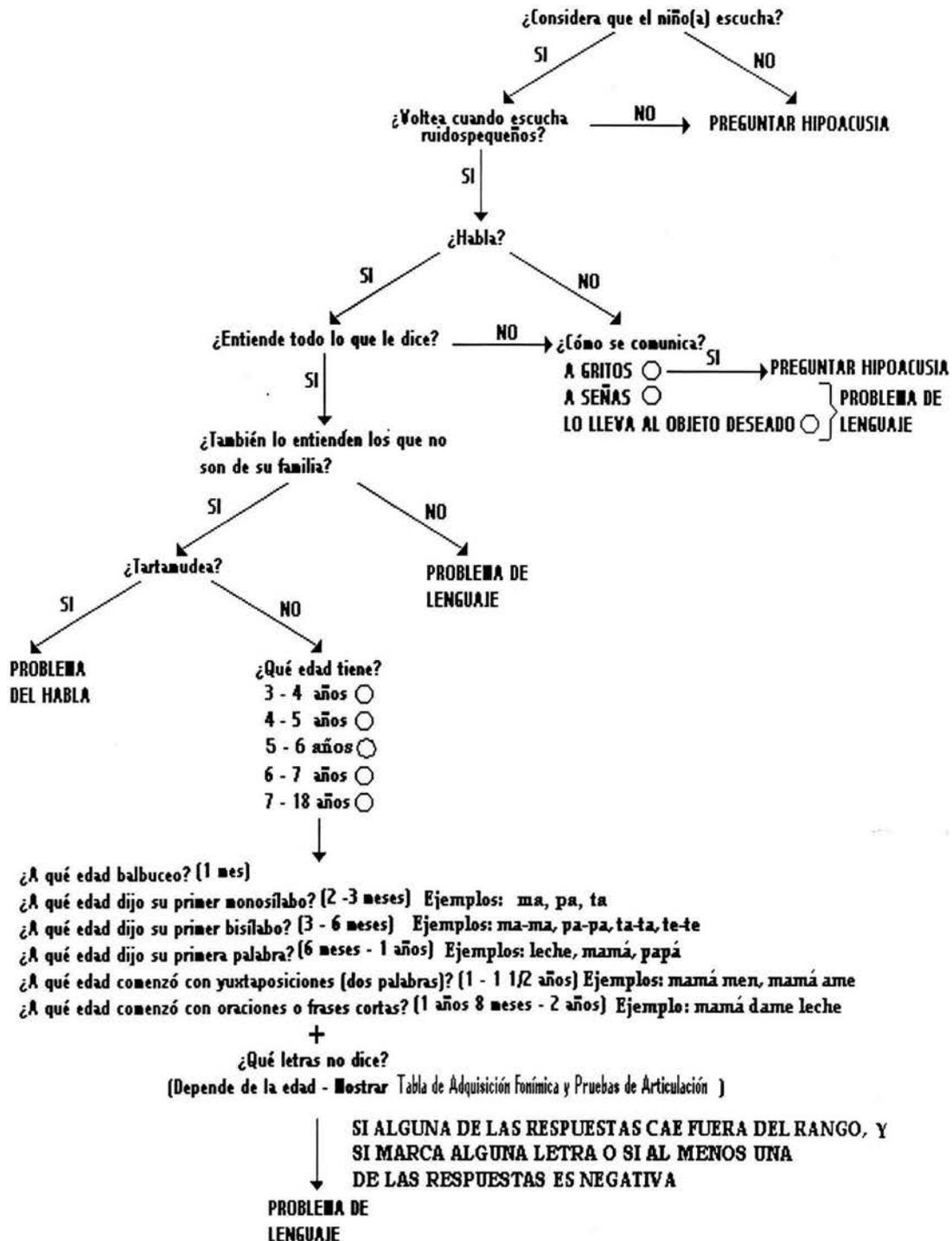
¿Es izquierdo o derecho?	_____
¿Fuma?	SI ___ NO ___
¿Bebe?	SI ___ NO ___
¿Está tomando algún medicamento?	SI ___ NO ___
¿Consume algún medicamento para calmar los nervios	SI ___ NO ___
¿Oye bien?	SI ___ NO ___
¿Le duelen los oídos?	SI ___ NO ___
¿Puede hablar bien?	SI ___ NO ___
¿Le truenan al pasar saliva o tragar?	SI ___ NO ___
¿Le cuesta tragar los alimentos, si es así cuáles?	_____
¿Comprende bien?	SI ___ NO ___
¿Ha dejado de conocer a las personas?	SI ___ NO ___

### **Árbol de decisión para problemas de Lenguaje y Habla**

Para poder prediagnosticar si hay problemas del lenguaje y de habla, es necesario preguntar la edad, ya que aún si el paciente es niño, dependiendo de ella serán las preguntas y pruebas que se harán; para el caso de los adultos, se sigue otro procedimiento.

Si el resultado es "PROBLEMA DE LENGUAJE" o "PROBLEMA DE HABLA" (significa que si es candidato), entonces se harán las preguntas que parecen en la siguiente página; con las cuales se dará un resultado de la Preconsulta.

## NIÑOS:



## Tabla de Adquisición Fonémica y Pruebas de Articulación

¿Cuáles de las siguientes letras NO dice el niño(a)? Marque el cuadro que corresponda.

3 - 4 años	A	E	I	O	U	B	CH	F	G	K	L	M	N	Ñ	P	T	Y	S	D	J		
4 - 5 años	A	E	I	O	U	B	CH	F	G	K	L	M	N	Ñ	P	T	Y	S	D	J	R	
5 - 6 años	A	E	I	O	U	B	CH	F	G	K	L	M	N	Ñ	P	T	Y	S	D	J	R	RR
6 - 7 años o más	A	E	I	O	U	B	CH	F	G	K	L	M	N	Ñ	P	T	Y	S	D	J	R	RR

Indique si el niño (a) pronuncia bien las siguientes palabras (Marque SI o NO, según sea el caso. En caso de que cambie una letra por otra u omita alguna, responda NO y escriba la palabra tal como la pronunció).

3 - 4 años	4 - 5 años	5 - 6 años	6 - 7 años o más
1. SOPA SI ___ NO ___	1. SOPA SI ___ NO ___	1. SOPA SI ___ NO ___	1. SOPA SI ___ NO ___
2. FALDA SI ___ NO ___	2. FALDA SI ___ NO ___	2. FALDA SI ___ NO ___	2. FALDA SI ___ NO ___
3. LLAVE SI ___ NO ___	3. LLAVE SI ___ NO ___	3. LLAVE SI ___ NO ___	3. LLAVE SI ___ NO ___
4. TIENDA SI ___ NO ___	4. TIENDA SI ___ NO ___	4. TIENDA SI ___ NO ___	4. TIENDA SI ___ NO ___
5. GATO SI ___ NO ___	5. GATO SI ___ NO ___	5. GATO SI ___ NO ___	5. GATO SI ___ NO ___
6. AZUL SI ___ NO ___	6. AZUL SI ___ NO ___	6. AZUL SI ___ NO ___	6. AZUL SI ___ NO ___
7. LECHE SI ___ NO ___	7. LECHE SI ___ NO ___	7. LECHE SI ___ NO ___	7. LECHE SI ___ NO ___
8. CAMA SI ___ NO ___	8. CAMA SI ___ NO ___	8. CAMA SI ___ NO ___	8. CAMA SI ___ NO ___
9. JABÓN SI ___ NO ___	9. JABÓN SI ___ NO ___	9. JABÓN SI ___ NO ___	9. JABÓN SI ___ NO ___
10. CAJA SI ___ NO ___	10. CAJA SI ___ NO ___	10. CAJA SI ___ NO ___	10. CAJA SI ___ NO ___
11. ESCOBA SI ___ NO ___	11. ESCOBA SI ___ NO ___	11. ESCOBA SI ___ NO ___	11. ESCOBA SI ___ NO ___
12. MANO SI ___ NO ___	12. MANO SI ___ NO ___	12. MANO SI ___ NO ___	12. MANO SI ___ NO ___
13. CLAVO SI ___ NO ___	13. CLAVO SI ___ NO ___	13. CLAVO SI ___ NO ___	13. CLAVO SI ___ NO ___
14. FLECHA SI ___ NO ___	14. FLECHA SI ___ NO ___	14. FLECHA SI ___ NO ___	14. FLECHA SI ___ NO ___
15. BAILA SI ___ NO ___	15. BAILA SI ___ NO ___	15. BAILA SI ___ NO ___	15. BAILA SI ___ NO ___
16. FUEGO SI ___ NO ___	16. FUEGO SI ___ NO ___	16. FUEGO SI ___ NO ___	16. FUEGO SI ___ NO ___
17. JAULA SI ___ NO ___	17. JAULA SI ___ NO ___	17. JAULA SI ___ NO ___	17. JAULA SI ___ NO ___
18. VIEJO SI ___ NO ___	18. VIEJO SI ___ NO ___	18. VIEJO SI ___ NO ___	18. VIEJO SI ___ NO ___
	19. VACAS SI ___ NO ___	19. VACAS SI ___ NO ___	19. VACAS SI ___ NO ___
	20. DADOS SI ___ NO ___	20. DADOS SI ___ NO ___	20. DADOS SI ___ NO ___
	21. ARDILLA SI ___ NO ___	21. ARDILLA SI ___ NO ___	21. ARDILLA SI ___ NO ___
	22. DADOS SI ___ NO ___	22. DADOS SI ___ NO ___	22. DADOS SI ___ NO ___
	23. ALTO SI ___ NO ___	23. ALTO SI ___ NO ___	23. ALTO SI ___ NO ___
	24. ARAÑA SI ___ NO ___	24. ARAÑA SI ___ NO ___	24. ARAÑA SI ___ NO ___
	25. BLUSA SI ___ NO ___	25. BLUSA SI ___ NO ___	25. BLUSA SI ___ NO ___
	26. GLOBO SI ___ NO ___	26. GLOBO SI ___ NO ___	26. GLOBO SI ___ NO ___
	27. PLÁTANO SI ___ NO ___	27. PLÁTANO SI ___ NO ___	27. PLÁTANO SI ___ NO ___
	28. PEINA SI ___ NO ___	28. PEINA SI ___ NO ___	28. PEINA SI ___ NO ___
	29. REGALO SI ___ NO ___	29. REGALO SI ___ NO ___	29. REGALO SI ___ NO ___
	30. PERRO SI ___ NO ___	30. PERRO SI ___ NO ___	30. PERRO SI ___ NO ___
	31. CHOFER SI ___ NO ___	31. CHOFER SI ___ NO ___	31. CHOFER SI ___ NO ___
	32. BRAZO SI ___ NO ___	32. BRAZO SI ___ NO ___	32. BRAZO SI ___ NO ___
	33. TROMPO SI ___ NO ___	33. TROMPO SI ___ NO ___	33. TROMPO SI ___ NO ___
	34. PARED SI ___ NO ___	34. PARED SI ___ NO ___	34. PARED SI ___ NO ___
	35. RELOJ SI ___ NO ___	35. RELOJ SI ___ NO ___	35. RELOJ SI ___ NO ___
			36. CUADRO SI ___ NO ___

NOTA: Si la respuesta es NO para alguna palabra, escribir cómo la dice el niño(a); PRONUNCIA ASÍ: \_\_\_\_\_

¿HACE CUÁNTO TIEMPO NO HABLA (INDIQUE EN AÑOS, MESES O DIAS)? \_\_\_\_\_

¿DE QUÉ FORMA INICIÓ (LENTA O PROGRESIVAMENTE)? \_\_\_\_\_

¿CON QUÉ CAUSA ESTÁ RELACIONADO SU PROBLEMA?

Por un accidente	SI	NO
Un susto	SI	NO
Por burla	SI	NO
Por presión o estrés	SI	NO
Por abuso sexual	SI	NO
Por abuso psicológico	SI	NO
Por comparaciones con otros niños	SI	NO
Por llamar la atención	SI	NO

¿Usted ha sufrido alguno de los siguientes problemas?

DIABETES O AZÚCAR EN LA SANGRE	SI	NO
TRANSFUSIONES DE SANGRE	SI	NO
SI LO HAN HOSPITALIZADO, INDIQUE POR QUE CAUSA	_____	_____
LO HAN OPERADO DE ALGO	SI	NO
TUVO ALGUNA MALFORMACIÓN DE NACIMIENTO	SI	NO
ES ALÉRGICO A ALGÚN MEDICAMENTO	SI	NO

¿Hay alguien en su familia que tenga alguno de los siguientes problemas?

HIPOACUSIA	SI	NO
TRASTORNOS DEL LENGUAJE	SI	NO
TRASTORNOS DE APRENDIZAJE	SI	NO
DÉFICIT VISUAL	SI	NO
MALFORMACIONES	SI	NO
DIABETES	SI	NO
HIPERTENSIÓN ARTERIAL	SI	NO
CRISIS CONVULSIVAS	SI	NO
NEOPLASIAS	SI	NO
ALTERACIONES HEMATOLÓGICAS	SI	NO
PSIQUIÁTRICOS	SI	NO
TOXICOMANÍAS (DROGAS)	SI	NO
INFECCIOSOS	SI	NO

¿SU PROBLEMA HA IDO AUMENTANDO? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
Si ha ido aumentando, ¿De qué forma (LENTO o RAPIDO)? \_\_\_\_\_

Si el paciente es niño(a), contestar las siguientes preguntas:

¿Qué número de hijo es? \_\_\_\_\_  
Edad de la madre \_\_\_\_\_  
Edad del padre \_\_\_\_\_  
¿Los padres son consanguíneos (parientes)? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
Si realizó maniobras abortivas, indique de qué utilizó \_\_\_\_\_  
Si se presentaron complicaciones, indique cuáles \_\_\_\_\_  
¿Fue parto normal? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
Si fue cesárea, por qué motivo \_\_\_\_\_  
Si utilizaron anestesia, ¿ fue general o bloqueo (mitad)? \_\_\_\_\_  
¿Cuánto pesó el niño(a) al nacer? \_\_\_\_\_  
¿Recuerda la calificación APGAR?, si es así, anotar: \_\_\_\_\_  
¿Se puso amarillo en el momento de nacer? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
¿Succiona y deglute adecuadamente? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
¿Se le dieron como niño sano? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
¿Tiene todas las vacunas? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
¿A qué edad balbuceo? \_\_\_\_\_  
¿A qué edad dijo su primer monosilabo? \_\_\_\_\_  
Ejemplos: ma, pa, ta. \_\_\_\_\_  
¿A qué edad dijo su primer bisilabo? \_\_\_\_\_  
Ejemplos: ma-ma, pa-pa, ta-ta, te-te. \_\_\_\_\_  
¿A qué edad dijo su primer palabra? \_\_\_\_\_  
Ejemplos: mamá, papá, leche. \_\_\_\_\_

## PREGUNTAS ADICIONALES

¿Es izquierdo o derecho?

¿Fuma?

¿Bebe?

¿Está tomando algún medicamento?

Si consume algún medicamento para calmar los nervios, indique cuál

¿Oye bien?

¿Le duelen los oídos?

¿Le truenan al pasar saliva o tragar?

¿Le cuesta tragar los alimentos, si es así cuáles?

¿Comprende bien?

¿Ha dejado de conocer a las personas?

¿Se marea?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

## ADULTOS:

Hay que considerar que todos los pacientes adultos que presentan problemas de lenguaje o habla ingresan al InCH.



¿HACE CUÁNTO TIEMPO NO HABLA ( INDIQUE EN AÑOS, MESES O DIAS ) ? \_\_\_\_\_

¿DE QUÉ FORMA INICIÓ (LENTA O PROGRESIVAMENTE)? \_\_\_\_\_

¿CON QUÉ CAUSA ESTÁ RELACIONADO SU PROBLEMA?

Por un accidente	SI _____ NO _____
Por una embolia	SI _____ NO _____
Por drogas	SI _____ NO _____

¿Perdió todo el habla? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Pudo recuperarla? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Si es SI la respuesta:

¿Cómo la recuperó (RÁPIDAMENTE o POCO A POCO ) ? \_\_\_\_\_

¿Usted ha sufrido alguno de los siguientes problemas?

DIABETES O AZÚCAR EN LA SANGRE	SI _____ NO _____
TRANSFUSIONES DE SANGRE	SI _____ NO _____
SI LO HAN HOSPITALIZADO, INDIQUE POR QUE CAUSA	_____
LO HAN OPERADO DE ALGO	SI _____ NO _____
TUVO ALGUNA MALFORMACIÓN DE NACIMIENTO	SI _____ NO _____
ES ALÉRGICO A ALGÚN MEDICAMENTO	SI _____ NO _____

¿Hay alguien en su familia que tenga alguno de los siguientes problemas?

HIPOACUSIA	SI _____ NO _____
TRASTORNOS DEL LENGUAJE	SI _____ NO _____
TRASTORNOS DE APRENDIZAJE	SI _____ NO _____
DÉFICIT VISUAL	SI _____ NO _____
MALFORMACIONES	SI _____ NO _____
DIABETES	SI _____ NO _____
HIPERTENSIÓN ARTERIAL	SI _____ NO _____
CRISIS CONVULSIVAS	SI _____ NO _____
NEOPLASIAS	SI _____ NO _____
ALTERACIONES HEMATOLÓGICAS	SI _____ NO _____
PSIQUIÁTRICOS	SI _____ NO _____
TOXICOMANÍAS (DROGAS)	SI _____ NO _____
INFECCIOSOS	SI _____ NO _____

¿SU PROBLEMA HA IDO AUMENTANDO?

Si ha ido aumentando, ¿De qué forma (LENTO o RAPIDO)? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Si el paciente es niño(a), contestar las siguientes preguntas:

¿Qué número de hijo es?	_____
Edad de la madre	_____
Edad del padre	_____
¿Los padres son consanguíneos (parientes)?	SI _____ NO _____
Si realizó maniobras abortivas, indique de qué utilizó	_____
Si se presentaron complicaciones, indique cuáles	_____
¿Fue parto normal?	SI _____ NO _____
Si fue cesárea, por qué motivo	_____
Si utilizaron anestesia, ¿ fue general o bloqueo (mitad)?	_____
¿Cuánto pesó el niño(a) al nacer?	_____
¿Recuerda la calificación APGAR?, si es así, anotarlos:	_____
¿Se puso amarillo en el momento de nacer?	SI _____ NO _____
¿Succiona y deglute adecuadamente?	SI _____ NO _____
¿Se le dieron como niño sano?	SI _____ NO _____
¿Tiene todas las vacunas?	SI _____ NO _____
¿A qué edad balbuceo?	_____
¿A qué edad dijo su primer monosílabo?	_____
Ejemplos: ma, pa, ta.	_____
¿A qué edad dijo su primer bisílabo?	_____
Ejemplos: ma-ma, pa-pa, ta-ta, te-te.	_____
¿A qué edad dijo su primer palabra?	_____
Ejemplos: mamá, papá, leche.	_____

## PREGUNTAS ADICIONALES

¿Es izquierdo o derecho?

¿Fuma?

¿Bebe?

¿Está tomando algún medicamento?

Si consume algún medicamento para calmar los nervios, indique cuál

¿Oye bien?

¿Le duelen los oídos?

¿Le truenan al pasar saliva o tragar?

¿Le cuesta tragar los alimentos, si es así cuáles?

¿Comprende bien?

¿Ha dejado de conocer a las personas?

¿Se marea?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

## Anexo B. Cuestionario de prueba

### CUESTIONARIOS PARA PREDIAGNÓSTICO

FECHA: _____
HORA: _____

#### DATOS DEL PACIENTE:

NOMBRE: \_\_\_\_\_ No. DE REGISTRO: \_\_\_\_\_  
 EDAD: \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES:** El cuestionario debe ser contestado de preferencia por el paciente. Si el paciente tiene algún impedimento o es un niño, el acompañante puede contestarlo.

**IMPORTANTE:** Si el paciente es NIÑO, favor de CONTESTAR TODAS LAS PREGUNTAS, pero si el paciente es ADULTO NO CONTESTAR DE LA PREGUNTA 19 A LA 33.

1. ¿Oye bien?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_ EN OCASIONES \_\_\_\_
2. ¿Ha perdido su audición?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
3. ¿Siempre entiende todo lo que le dicen?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
4. ¿Al ver la televisión tiene que subirle más al volumen?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
5. ¿Escucha todos los tonos de voz?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
6. ¿Le duelen los oídos?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_ EN OCASIONES \_\_\_\_
7. ¿Le duelen los oídos más de una vez al mes?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
8. En caso de que le duelan los oídos, ¿el dolor se incrementa cuando: esta tenso, mastica, bosteza, tiene problemas dentales o viaja?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
9. ¿Se le han reventado los oídos o le ha salido pus?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
10. ¿Siente los oídos tapados?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
11. ¿Le truenan los oídos cuando traga o pasa saliva?  
SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
12. ¿Tiene más de seis catarros al año?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

13. ¿Se marea?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

14. ¿Pierde el equilibrio?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

15. ¿Tiene alguna otra sensación inusual (ejemplos: sensación de cabeza ligera, sensación de desvanecerse, sensación de que gira, sensación de que las cosas giran a su alrededor, tiene visión borrosa, siente náusea, siente ganas de vomitar, ha llegado a vomitar, presenta sudoración, siente que se tambalea, sufre de palidez, se siente fatigado, sufre dolores de cabeza, siente presión en la cabeza (pesadez), tiene sensación de oído tapado, siente que los oídos le zumban, experimenta pérdida de audición, sufre de ansiedad, etc.)?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

16. ¿Puede hablar?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

17. ¿Tartamudea?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

18. ¿Entienden los demás lo que dice?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

19. ¿Considera que el niño(a) escucha?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

20. ¿El niño(a) voltea cuando escucha ruidos pequeños?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

21. ¿El niño(a) habla?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

22. ¿Cómo se comunica?

HABLANDO \_\_\_\_\_

A GRITOS \_\_\_\_\_

A SEÑAS \_\_\_\_\_

LO LLEVA AL OBJETO DESEADO \_\_\_\_\_

23. ¿Usted entiende todo lo que le dice el niño(a)?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

24. ¿Entienden al niño(a) los que no son de su familia?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

25. ¿Tartamudea?

SI \_\_\_ NO \_\_\_

Para las siguientes preguntas tache el recuadro que corresponda a su respuesta.

26. ¿A qué edad balbuceo?

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	

27. ¿A qué edad dijo su primer monosílabo? Ejemplos: ma, pa, ta.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	

28. ¿A qué edad dijo su primer bisílabo? Ejemplos: ma-ma, pa-pa, ta-ta, te-te.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	

29. ¿A qué edad dijo su primer palabra? Ejemplos: leche, mamá, papá.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	

30. ¿A qué edad comenzó a decir dos palabras juntas? Ejemplos: mamá ame, mamá men.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	

31. ¿A qué edad comenzó a decir oraciones o frases cortas(más de dos palabras)? Ejemplo: mamá dame leche.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	

32. De la siguiente tabla tache las letras que el niño(a) NO dice.

A	E	I	O	U	B	C	H	F	G	K	L	M	N	Ñ	P	T	Y	S	D	J	R	RR
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

33. Diga al niño(a) que repita cada una de las siguientes palabras una sola vez. Escriba en la línea la palabra tal como la dijo.

- |            |       |             |       |             |       |
|------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| 1. SOPA    | _____ | 13. CLAVO   | _____ | 25. BLUSA   | _____ |
| 2. FALDA   | _____ | 14. FLECHA  | _____ | 26. GLOBO   | _____ |
| 3. LLAVE   | _____ | 15. BAILA   | _____ | 27. PLÁTANO | _____ |
| 4. TIENDA  | _____ | 16. FUEGO   | _____ | 28. PEINA   | _____ |
| 5. GATO    | _____ | 17. JAULA   | _____ | 29. REGALO  | _____ |
| 6. AZUL    | _____ | 18. VIEJO   | _____ | 30. PERRO   | _____ |
| 7. LECHE   | _____ | 19. VACAS   | _____ | 31. CHOFER  | _____ |
| 8. CAMA    | _____ | 20. DADOS   | _____ | 32. BRAZO   | _____ |
| 9. JABÓN   | _____ | 21. ARDILLA | _____ | 33. TROMPO  | _____ |
| 10. CAJA   | _____ | 22. ARAÑA   | _____ | 34. PARED   | _____ |
| 11. ESCOBA | _____ | 23. ALTO    | _____ | 35. RELOJ   | _____ |
| 12. MANO   | _____ | 24. NARANJA | _____ | 36. CUADRO  | _____ |

**ADICIONALES:**

**Favor de contestar las siguientes preguntas:**

¿El cuestionario le pareció muy largo?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

¿Quién contestó el cuestionario?

PACIENTE \_\_\_\_\_

FAMILIAR \_\_\_\_\_

ACOMPañANTE \_\_\_\_\_

¿Qué pregunta le pareció confusa? \_\_\_\_\_

## Anexo C. Pruebas con usuarios

## CUESTIONARIOS PARA PREDIAGNÓSTICO

FECHA: 29-V-03  
HORA: \_\_\_\_\_

## DATOS DEL PACIENTE:

NOMBRE: Sanchez Garcia Evelyn  
EDAD: 3 añosNo. DE REGISTRO: 0371-02

INSTRUCCIONES: El cuestionario debe ser contestado de preferencia por el paciente. Si el paciente tiene algún impedimento o es un niño, el acompañante puede contestarlo.

IMPORTANTE: Si el paciente es NIÑO, favor de CONTESTAR TODAS LAS PREGUNTAS, pero si el paciente es ADULTO NO CONTESTAR DE LA PREGUNTA 19 A LA 33.

1. ¿Oye bien?  
 S  NO \_\_\_\_\_ EN OCASIONES \_\_\_\_\_
2. ¿Ha perdido su audición?  
 S  NO NO
3. ¿Siempre entiende todo lo que le dicen?  
 S  NO \_\_\_\_\_
4. ¿Al ver la televisión tiene que subirle más al volumen?  
 S  NO NO
5. ¿Escucha todos los tonos de voz?  
 S  NO \_\_\_\_\_
6. ¿Le duelen los oídos?  
 S  NO NO EN OCASIONES \_\_\_\_\_
7. ¿Le duelen los oídos más de una vez al mes?  
 S  NO \_\_\_\_\_
8. En caso de que le duelan los oídos, ¿el dolor se incrementa cuando: esta tenso, mastica, bosteza, tiene problemas dentales o viaja?  
 S  NO \_\_\_\_\_
9. ¿Se le han reventado los oídos o le ha salido pus?  
 S  NO \_\_\_\_\_
10. ¿Siente los oídos tapados?  
 S  NO NO
11. ¿Le truenan los oídos cuando traga o pasa saliva?  
 S  NO X
12. ¿Tiene más de seis catarros al año?  
 S  NO \_\_\_\_\_

Oído Medio	✓
Habla y lenguaje	✓

3. ¿Se marea?  
 SI  NO NO

11. ¿Pierde el equilibrio?  
 SI  NO NO

15. ¿Tiene alguna otra sensación asociada con la pérdida de equilibrio?  
 SI  NO NO

16. ¿Puede hablar?  
 SI  NO NO

17. ¿Tartamudea?  
 SI  NO NO

18. ¿Entienden los demás lo que dice?  
 SI  NO NO

19. ¿Considera que el niño(a) escucha?  
 SI  NO NO

20. ¿El niño(a) vocifera cuando escucha ruidos pequeños?  
 SI  NO NO

21. ¿El niño(a) habla?  
 SI  NO NO

22. ¿Cómo se comunica?  
 HABLANDO   
 A CRITOS   
 A SEÑAS   
 LO LLEVA AL OBJETO DESEADO

23. ¿Usted entiende todo lo que le dice el niño(a)?  
 SI  NO NO

24. ¿Entienden al niño(a) los que no son de su familia?  
 SI  NO NO

25. ¿Tartamudea?  
 SI  NO NO

Para las siguientes preguntas tache el recuadro que corresponda a su respuesta.

26. ¿A qué edad balbuceo?

1 mes	2 meses	3 meses	<del>4 meses</del>	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

27. ¿A qué edad dijo su primer monosílabo? Ejemplos: ma, pa, ta.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año

28. ¿A qué edad dijo su primer bisílabo? Ejemplos: ma-ma, pa-pa, ta-ta, te-te.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año

29. ¿A qué edad dijo su primer palabra? Ejemplos: leche, mamá, papá.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año

30. ¿A qué edad comenzó a decir dos palabras juntas? Ejemplos: mamá ame, mamá men.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año

31. ¿A qué edad comenzó a decir oraciones o frases cortas(más de dos palabras)? Ejemplo: mamá dame leche.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año

32. De la siguiente tabla tache las letras que el niño(a) NO dice.

A	E	I	O	U	B	C	H	F	G	K	L	M	N	N	P	T	Y	S	D	J	R	R
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

33. Diga al niño(a) que repita cada una de las siguientes palabras una sola vez. Escriba en la línea la palabra tal como la dijo.

- |            |                                     |             |                                     |             |                                     |
|------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| 1. SOPA    | <input checked="" type="checkbox"/> | 13. CLAVO   | <input checked="" type="checkbox"/> | 25. BLUSA   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2. FALDA   | <input checked="" type="checkbox"/> | 14. FLECHA  | <input checked="" type="checkbox"/> | 26. GLOBO   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3. LLAVE   | <input checked="" type="checkbox"/> | 15. BAILA   | <input checked="" type="checkbox"/> | 27. PLÁTANO | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4. TIENDA  | <input checked="" type="checkbox"/> | 16. FUEGO   | <input checked="" type="checkbox"/> | 28. PEINA   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5. GATO    | <input checked="" type="checkbox"/> | 17. JAULA   | <input checked="" type="checkbox"/> | 29. REGALO  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6. AZUL    | <input checked="" type="checkbox"/> | 18. VIEJO   | <input checked="" type="checkbox"/> | 30. PERRO   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7. LECHE   | <input checked="" type="checkbox"/> | 19. VACAS   | <input checked="" type="checkbox"/> | 31. CHOFER  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8. CAMA    | <input checked="" type="checkbox"/> | 20. DADOS   | <input checked="" type="checkbox"/> | 32. BRAZO   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9. JABÓN   | <input checked="" type="checkbox"/> | 21. ARDILLA | <input checked="" type="checkbox"/> | 33. TROMPO  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10. CAJA   | <input checked="" type="checkbox"/> | 22. ARaña   | <input checked="" type="checkbox"/> | 34. PARED   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11. ESCOBA | <input checked="" type="checkbox"/> | 23. ALTO    | <input checked="" type="checkbox"/> | 35. RELOJ   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12. MANO   | <input checked="" type="checkbox"/> | 24. NARANJA | <input checked="" type="checkbox"/> | 36. CUADRO  | <input checked="" type="checkbox"/> |

ADICIONALES:

Favor de contestar las siguientes preguntas:

¿El cuestionario le pareció muy largo?  
SI  NO

¿Quién contestó el cuestionario?  
PACIENTE   
FAMILIAR   
ACOMPANANTE

¿Qué pregunta le pareció confusa? Ninguna

CUESTIONARIOS PARA PREDIAGNÓSTICO

FECHA: 28 V 2003  
HORA: 11 AM

DATOS DEL PACIENTE:

NOMBRE: SAMAN GPC GUTIERREZ MARTINEZ No. DE REGISTRO: 0732-03  
EDAD: 7 AÑOS

INSTRUCCIONES: El cuestionario debe ser contestado de preferencia por el paciente. Si el paciente tiene algún impedimento o es un niño, el acompañante puede contestarlo.

IMPORTANTE: Si el paciente es NIÑO, favor de CONTESTAR TODAS LAS PREGUNTAS, pero si el paciente es ADULTO NO CONTESTAR DE LA PREGUNTA 19 A LA 33.

1. ¿Oye bien?  
SI  NO  EN OCASIONES
2. ¿Ha perdido su audición?  
SI  NO  he mesorado
3. ¿Siempre entiende todo lo que le dicen?  
SI  NO
4. ¿Al ver la televisión tiene que subirle más al volumen?  
SI  NO
5. ¿Escucha todos los tonos de voz?  
SI  NO

Hipoacusia ✓✓  
Oído Medio  
Vértigo

6. ¿Le duelen los oídos?  
SI  NO  EN OCASIONES
7. ¿Le duelen los oídos más de una vez al mes?  
SI  NO
8. En caso de que le duelan los oídos, ¿el dolor se incrementa cuando: esta tenso, mastica, bosteza, tiene problemas dentales o viaja?  
SI  NO
9. ¿Se le han reventado los oídos o le ha salido pus?  
SI  NO
10. ¿Siente los oídos tapados?  
SI  NO
11. ¿Le truenan los oídos cuando traga o pasa saliva?  
SI  NO
12. ¿Tiene más de seis catarros al año?  
SI  NO

hese dos años que ha disminuido

13. ¿Se marea?

SI  NO

14. ¿Pierde el equilibrio?

SI  NO

15. ¿Tiene alguna otra sensación asociada con la pérdida de equilibrio?

SI  NO

16. ¿Puede hablar?

SI  NO

17. ¿Tartamudea?

SI  NO

18. ¿Entienden los demás lo que dice?

SI  NO

19. ¿Considera que el niño(a) escucha?

SI  NO

20. ¿El niño(a) voltea cuando escucha ruidos pequeños?

SI  NO

21. ¿El niño(a) habla?

SI  NO

22. ¿Cómo se comunica?

HABLANDO

A GRITOS

A SEÑAS

LO LLEVA AL OBJETO DESEADO

23. ¿Usted entiende todo lo que le dice el niño(a)?

SI  NO

24. ¿Entienden al niño(a) los que no son de su familia?

SI  NO

25. ¿Tartamudea?

SI  NO

Para las siguientes preguntas tache el recuadro que corresponda a su respuesta.

26. ¿A qué edad balbuceo?

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

27. ¿A qué edad dijo su primer monosílabo? Ejemplos: ma, pa, ta.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

28. ¿A qué edad dijo su primer bisílabo? Ejemplos: ma-ma, pa-pa, ta-ta, te-te.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

29. ¿A qué edad dijo su primer palabra? Ejemplos: leche, mamá, papá.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

30. ¿A qué edad comenzó a decir dos palabras juntas? Ejemplos: mamá ame, mamá men.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

31. ¿A qué edad comenzó a decir oraciones o frases cortas (más de dos palabras)? Ejemplo: mamá dame leche.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

32. De la siguiente tabla tache las letras que el niño(a) NO dice.

A E I O U B C H F G K L M N N P T Y S D J R RR

33. Diga al niño(a) que repita cada una de las siguientes palabras una sola vez. Escriba en la línea la palabra tal como la dijo.

*no tiene problema de habla*

- |                  |                   |                   |
|------------------|-------------------|-------------------|
| 1. SOPA _____    | 13. CLAVO _____   | 25. BLUSA _____   |
| 2. FALDA _____   | 14. FLECHA _____  | 26. GLOBO _____   |
| 3. LLAVE _____   | 15. BAILA _____   | 27. PLÁTANO _____ |
| 4. TIENDA _____  | 16. FUEGO _____   | 28. PEINA _____   |
| 5. GATO _____    | 17. JAULA _____   | 29. REGALO _____  |
| 6. AZUL _____    | 18. VIEJO _____   | 30. PERRO _____   |
| 7. LECHE _____   | 19. VACAS _____   | 31. CHOFER _____  |
| 8. CAMA _____    | 20. DADOS _____   | 32. BRAZO _____   |
| 9. JABÓN _____   | 21. ARDILLA _____ | 33. TROMPO _____  |
| 10. CAJA _____   | 22. ARAÑA _____   | 34. PARED _____   |
| 11. ESCOBA _____ | 23. ALTO _____    | 35. RELOJ _____   |
| 12. MANO _____   | 24. NARANJA _____ | 36. CUADRO _____  |

ADICIONALES:

Favor de contestar las siguientes preguntas:

¿El cuestionario le pareció muy largo?  
SI \_\_\_\_\_ NO

¿Quién contestó el cuestionario?  
PACIENTE \_\_\_\_\_  
FAMILIAR   
ACOMPAÑANTE \_\_\_\_\_

¿Qué pregunta le pareció confusa? \_\_\_\_\_

## CUESTIONARIOS PARA PREDIAGNÓSTICO

FECHA: 26-05-03  
HORA: 11:20

## DATOS DEL PACIENTE:

NOMBRE: Claudia Sobina Osorio Paredas. No. DE REGISTRO: 8148-02  
EDAD: 9 años + 9 meses.

INSTRUCCIONES: El cuestionario debe ser contestado de preferencia por el paciente. Si el paciente tiene algún impedimento o es un niño, el acompañante puede contestarlo.

IMPORTANTE: Si el paciente es NIÑO, favor de CONTESTAR TODAS LAS PREGUNTAS, pero si el paciente es ADULTO NO CONTESTAR DE LA PREGUNTA 19 A LA 33.

1. ¿Oye bien?  
SI  NO  EN OCASIONES
2. ¿Ha perdido su audición?  
SI  NO
3. ¿Siempre entiende todo lo que le dicen?  
SI  NO
4. ¿Al ver la televisión tiene que subirle más al volumen?  
SI  NO
5. ¿Escucha todos los tonos de voz?  
SI  NO

6. ¿Le duelen los oídos?  
SI  NO  EN OCASIONES
7. ¿Le duelen los oídos más de una vez al mes?  
SI  NO
8. En caso de que le duelan los oídos, ¿el dolor se incrementa cuando: esta tenso, mastica, bosteza, tiene problemas dentales o viaja?  
SI  NO
9. ¿Se le han reventado los oídos o le ha salido pus?  
SI  NO
10. ¿Siente los oídos tapados?  
SI  NO
11. ¿Le truenan los oídos cuando traga o pasa saliva?  
SI  NO
12. ¿Tiene más de seis catarros al año?  
SI  NO

Caso pendiente  
\* Lenguaje ?  
" Neurociología "  
→ Problemas de Aprendizaje ✓  
No entra por ser débil mental  
"Por casualidad entro  
aunque su problema es de  
aprendizaje"  
"falta árbol."

13. ¿Se marea?  
SI  NO

14. ¿Pierde el equilibrio?  
SI  NO

15. ¿Tiene alguna otra sensación asociada con la pérdida de equilibrio?  
SI  NO

16. ¿Puede hablar?  
SI  NO

17. ¿Tartamudea?  
SI  NO

18. ¿Entienden los demás lo que dice?  
SI  NO

19. ¿Considera que el niño(a) escucha?  
SI  NO

20. ¿El niño(a) voltea cuando escucha ruidos pequeños?  
SI  NO

21. ¿El niño(a) habla?  
SI  NO

22. ¿Cómo se comunica?  
HABLANDO   
A GRITOS   
A SEÑAS   
LO LLEVA AL OBJETO DESEADO

23. ¿Usted entiende todo lo que le dice el niño(a)?  
SI  NO

24. ¿Entienden al niño(a) los que no son de su familia?  
SI  NO

25. ¿Tartamudea?  
SI  NO

Para las siguientes preguntas tache el recuadro que corresponda a su respuesta.

26. ¿A qué edad balbuceo?

<del>1 mes</del>	2 meses	<del>3 meses</del>	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	2 años
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

27. ¿A qué edad dijo su primer monosilabo? Ejemplos: ma, pa, ta.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

28. ¿A qué edad dijo su primer bisilabo? Ejemplos: ma-ma, pa-pa, ta-ta, te-te.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

29. ¿A qué edad dijo su primer palabra? Ejemplos: leche, mamá, papá.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

30. ¿A qué edad comenzó a decir dos palabras juntas? Ejemplos: mamá ame, mamá men.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

31. ¿A qué edad comenzó a decir oraciones o frases cortas(más de dos palabras)? Ejemplo: mamá dame leche.

1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	1 año
1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses	7 meses	8 meses	9 meses	10 meses	11 meses	2 años

32. De la siguiente tabla tache las letras que el niño(a) NO dice.

A E I O U ~~X~~ CH F G K L M N Ñ P T Y S ~~X~~ J R RR

33. Diga al niño(a) que repita cada una de las siguientes palabras una sola vez. Escriba en la línea la palabra tal como la dijo.

1. SOPA	<u>Sopa</u>	13. CLAVO	<u>Clavo</u>	25. BLUSA	<u>blusa</u>
2. FALDA	<u>Falda</u>	14. FLECHA	<u>Flecha</u>	26. GLOBO	<u>globo</u>
3. LLAVE	<u>Llave</u>	15. BAILA	<u>Baila</u>	27. PLÁTANO	<u>plátano</u>
4. TIENDA	<u>Tienda</u>	16. FUEGO	<u>Fuego</u>	28. PEINA	<u>peina</u>
5. GATO	<u>Gato</u>	17. JAULA	<u>Jaula</u>	29. REGALO	<u>regalo</u>
6. AZUL	<u>Azul</u>	18. VIEJO	<u>Viejo</u>	30. PERRO	<u>perro</u>
7. LECHE	<u>Leche</u>	19. VACAS	<u>Vacas</u>	31. CHOFER	<u>chofer</u>
8. CAMA	<u>Cama</u>	20. DADOS	<u>Dados</u>	32. BRAZO	<u> Brazo</u>
9. JABÓN	<u>Jabón</u>	21. ARDILLA	<u>Ardilla</u>	33. TROMPO	<u>trompo</u>
10. CAJA	<u>Caja</u>	22. ARANA	<u>Arana</u>	34. PARED	<u>pared</u>
11. ESCOBA	<u>Escoba</u>	23. ALTO	<u>Alto</u>	35. RELOJ	<u>reloj</u>
12. MANO	<u>mano</u>	24. NARANJA	<u>Naranja</u>	36. CUADRO	<u>cuadro</u>

ADICIONALES:

Favor de contestar las siguientes preguntas:

¿El cuestionario le pareció muy largo?

SI  NO

¿Quién contestó el cuestionario?

PACIENTE

FAMILIAR

ACOMPañANTE

¿Qué pregunta le pareció confusa? Ninguna

## Anexo D. Mapa de Navegación del Sistema

A continuación se muestra un Diagrama de Bloques que representa la estructura del sistema, con el cual se observan los posibles caminos que un usuario puede seguir.

