

Universidad de las Ciencias Informáticas
Facultad 5



**Ingeniería del Conocimiento de un Sistema Experto de
Diagnóstico Médico de las Sepsis Vaginales**

**Trabajo de diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas**

Autores:

Adrianys Hernández Capote.

Isabel Rosa González Leyva.

Tutor:

Ing. Yanesky Montero Martínez.

Co-tutor:

DrC. Ernesto González Díaz.

Asesor:

MSc. Pedro Carlos Pérez Martinto.

Ciudad de la Habana, junio 2007

“Año 49 de la Revolución”

DATOS DE CONTACTO

Tutor Ing. Yanesky Montero Martínez

Graduado de Ingeniero en Informática en el año 2005 en el ISPJAE. Desde entonces me encuentro trabajando como profesor de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

Presenté un trabajo que se realizó en conjunto con el Centro Histórico de la Ciudad de Camagüey. El mismo era una base de datos para realizar un diagnóstico urbano arquitectónico de la ciudad. En el año 2006 fue presentado en el Forum de Ciencia y Técnica y se publica en las memorias del evento.

Email: yanesky@uci.cu

Teléfono 8372572

Asesor MSc. Pedro Carlos Pérez Martinto.

Profesor Asistente e investigador agregado. Master en Educación Especial - 2000.

Graduado de Lic. en Educación en el 1990. Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona.

Profesor de Metodología de la Investigación Científica y Estadística (1994 - 2004)

Actualmente profesor principal de la Asignatura MIC en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Email: pcpmartinto@uci.cu

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autoras de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Adrianys Hernández Capote

Isabel Rosa González Leyva

Firma del autor

Firma del autor

Yanesky Montero Martínez

Firma del tutor

*“El futuro de nuestro país tiene que ser necesariamente, un futuro de
hombres de ciencia”.*

Fidel Castro Ruz

A nuestra tutora Yanesky por ayudarnos incondicionalmente en el desempeño de nuestra tesis y pasar junto a nosotras los momentos más difíciles del desarrollo de la misma. A Ernesto muchísimas gracias por el apoyo incondicional que nos brindó, agradecemos también a Leoder por su dedicación y esmero. A Maria Cristina, que tanto queremos y admiramos. A la doctora Marisol, y a todo el personal médico que nos ayudó para lograr la exitosa realización del presente trabajo de diploma.

Adrianys...

A mis papas por haber hecho hasta lo imposible para que yo estuviera hoy donde estoy, por apoyarme siempre, por haber confiado en mí en los momentos más difíciles y por haber esperado siempre lo mejor de mí, gracias por estar ahí, gracias por ser tan lindos, sin ustedes todo se hubiera hecho mucho más difícil, este sueño lo hicimos realidad los tres juntos, los quiero.

A mi negro por esperar pacientemente todos estos años de lejanía, por confiar en mí y apoyarme siempre, por haberme dado siempre fuerzas para seguir y por darme tanta felicidad.

A mis abuelitos por siempre aconsejarme con mucho amor y confiar siempre en que yo llegaría a donde estoy, ustedes han sido muy importantes para mí.

A mis hermanos por estar siempre cerca y por ayudar en todo lo necesario a mis papas y a mi tía Inés por siempre darme mucho cariño y por ayudarnos tanto con su presencia.

A todos muchísimas gracias de todo corazón.....

Isabel...

A mi mamá por todo el apoyo que me brindó durante el transcurso de la carrera. A mi papá por haber esperado siempre lo mejor de mí. A mis padres, desde lo más profundo de mi corazón, "Gracias por existir".

A mis primas Neifi y Marulis, muchísimas gracias por sus consejos y ayuda.

A mis tías, por estar a mi lado en cada momento y brindarme su apoyo.

A mis profesores, por contribuir con mi formación profesional.

Al comandante en jefe: Fidel Castro Ruz, gracias por hacer realidad mis sueños.

Adrianys

Para mi mamita y mi papito...

Para ti, mi amor...

Isabel

Para la mejor de las madres,

Para ti mamá...

La Inteligencia Artificial (IA) es una de las áreas de las ciencias computacionales encargadas de la creación de hardware y software que tengan comportamientos inteligentes, que se enfoca en la explicación y emulación de la conducta de procesos computacionales basados en la experiencia y el conocimiento humano. Existen varias áreas de aplicación de la IA, una de las más exitosas son los Sistemas Basados en el Conocimientos (SBC) dentro de los que se destacan los sistemas expertos (SE), siendo la Ingeniería del Conocimiento (IC) una de las disciplinas que permite la creación de estos sistemas.

El título de la siguiente investigación es la “Ingeniería del Conocimiento de un Sistema Experto para el diagnóstico médico de las sepsis vaginales”, la misma tiene como objetivo la creación de una base de conocimiento para un SE de diagnóstico médico. Las infecciones vaginales son uno de los problemas de salud que se han modificado e incrementado en la época actual debido a la aparición de un grupo de aspectos en las diferentes edades de la mujer y sus modificaciones de métodos y estilo de vida, siendo una de las principales causas de consulta ginecológica en los servicios médicos de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

En la actualidad no se cuenta con ningún SE que realice el diagnóstico de las Sepsis Vaginales, la creación de un SE con los fines antes mencionados proporcionará que un mayor número de féminas puedan acceder al conocimiento del especialista a través de la interacción con el sistema. Además, servirá de apoyo a la especialista en ginecología en el proceso de diagnóstico médico de estas enfermedades.

Se utilizó IDEAL como Metodología de desarrollo de Software para la modelación del sistema, representando el conocimiento adquirido mediante reglas de producción. Con la Conceptualización y la Formalización del conocimiento, unido a la implementación de diferentes hechos dinámicos, se creó una exitosa Base de Conocimientos que utiliza el mecanismo de inferencia de Prolog, para emitir un diagnóstico clínico dando solución a la problemática planteada.

Palabras claves: Inteligencia Artificial (IA), Sistemas Basados en Conocimiento (SBC), Sistema Experto (SE), Ingeniería del Conocimiento (IC), Sepsis Vaginales, IDEAL, Base de Conocimientos (BC).

INTRODUCCIÓN	10
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	13
1.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS	13
1.1.1 Inteligencia Artificial.....	13
1.1.2 Sistemas Expertos	14
1.2 DEFINICIÓN, ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE EXPERTOS (SE) 16	
1.2.1 Estructura. Base de conocimientos (BC). Motor de inferencia (MI). Base de hechos (BE)	16
1.3 RAZONES PARA UTILIZAR UN SE	18
1.4 TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS.....	19
1.5 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.....	22
1.6 PASOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA EXPERTO	24
1.7 INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO	25
1.8 LA LEUCORREA Y SU SIGNIFICADO CLÍNICO	26
1.8.1 Cuadro clínico	26
1.8.2 Manifestaciones clínicas de un grupo de ellas.....	27
La Vaginosis Bacteriana.....	27
La Candidiasis Vulvovaginal	29
La Trichomoniasis	30
1.8.3 Factores predisponentes.....	32
2. TÉCNICAS APLICADAS A LOS SISTEMAS DE EXPERTOS	33
2.1 REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	33
2.1.1 Clasificación de las Formas de Representación del Conocimiento.....	34
2.1.2 Reglas de Producción	34
2.2 MÉTODOS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	37
2.2.1 Encadenamientos.....	37
2.2.2 Búsquedas	40
2.2.2.1 Procedimientos de Búsqueda Básicos: Ciegos. Informados heurísticamente	41
2.2.2.2 Procedimientos de Búsqueda Óptima. Museo británico.....	42
2.3 TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE	43
2.4 BASES DE LA PROGRAMACIÓN LÓGICA .FUNCIONAMIENTO DE PROLOG COMO MAQUINA DE INFERENCIA.....	45
2.4.1 El Método de Resolución	46
2.4.2 El Método de Hájek para el Tratamiento de la Incertidumbre en Prolog.....	51
2.4.3 Ventajas de Prolog como Máquina de Inferencia.....	54
3 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE	57
3.1 ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA	57
3.1.1 Metodología de Buchanan	57
3.1.2 Metodología de Grover.....	58
3.1.3 Metodología de Brule	58
3.1.4 Metodología de Blanqué-García Martínez (1992)	59
3.1.5 Metodología IDEAL	60
3.2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE IDEAL	64
3.3 ESTUDIO DE VIABILIDAD.....	66
3.3.1 Cálculo de Viabilidad.....	67

3.3.2	Funcionamiento de la técnica.....	69
3.3.3	Análisis del TEST de Viabilidad.....	70
3.3.4	Cálculo de los intervalos correspondientes a cada dimensión.....	73
3.4	JUSTIFICACIÓN DEL ANÁLISIS DE VIABILIDAD	74
3.4.1	Dimensión de Plausibilidad	74
3.4.2	Dimensión de Justificación	75
3.4.3	Dimensión de Adecuación.....	76
3.4.4	Dimensión de Éxito	78
4	INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO.....	82
4.1	LA ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	82
4.1	SECCIONES DE ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO	83
4.2	CONCEPTUALIZACIÓN	96
4.3	FORMALIZACIÓN.....	98
	CONCLUSIONES	104
	RECOMENDACIONES.....	105
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
	BIBLIOGRAFÍA	107
	ANEXOS.....	109
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	117

INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) surge como ciencia a principios de los años 60, la aplicación de las técnicas de inteligencia artificial en programación y control de procesos, ha sido centro de atención en la actualidad. Dentro de la IA se encuentran los Sistemas Basados en Conocimientos y dentro de estos se encuentran los Sistemas Expertos constituyendo el campo de mayor auge de la Inteligencia Artificial en los últimos tiempos, siendo dichas aplicaciones de utilidad en diversos campos, que pueden ir desde la educación hasta los diagnósticos médicos.

Los sistemas expertos (SE) son técnicas de inteligencia artificial, que constituyen una expresión de los sistemas basados en el conocimiento. En teoría estos sistemas son capaces de razonar siguiendo pasos comparables a los que sigue un especialista (médico, biólogo, geólogo, matemático, etc.), cuando resuelve un problema propio de su disciplina.

La Ingeniería del Conocimiento es la rama de la IA que se dedica al estudio de principios, métodos y herramientas aplicables a la utilización del conocimiento humano en materias concretas y en sus fuentes para construir sistemas inteligentes, ella se encarga de adquirir todo el conocimiento de los expertos y de procesar el mismo.

Los expertos solucionan los problemas utilizando una combinación de conocimientos basados en hechos y en su capacidad de razonamiento. En los sistemas expertos, estos dos elementos básicos están contenidos en dos componentes separados, aunque relacionados: una base de conocimientos y una máquina de deducción, o de inferencia. La relevancia de estos sistemas se observa en el gran campo de aplicaciones que presentan, jugando un papel muy importante en el desarrollo de las ciencias médicas. Sólo para citar un ejemplo, un Sistema Experto (SE) de medicina es una aplicación capaz de dar soporte a un diagnóstico, con el uso de técnicas básicas de representación del conocimiento, deducción y búsqueda de soluciones.

La utilización de técnicas de inteligencia artificial en la medicina para el control y diagnóstico de diversas enfermedades se ha generalizado en todo el mundo.

En nuestro país se aplican sistemas inteligentes para el tratamiento de enfermedades tales como la Hipertensión Arterial.

Actualmente en el centro médico de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), las estadísticas reflejan que la consulta más visitada en dicho centro es la de ginecología. En la UCI las infecciones cérvico-vaginales han ocupado un escalón superior dentro de los problemas de salud del estudiantado, siendo en estos momentos el 80% de los motivos de asistencia a las consultas de ginecología. La mayoría de las pacientes presentan similitud en los síntomas ocasionados por las sepsis vaginales. En la universidad se cuenta con solo una especialista en ginecología, la población de féminas excede el 50% del estudiantado por lo que se dificulta la atención especializada en las consultas de ginecología por el gran número de féminas que asisten a las mismas. La recepción y archivo de los datos de las pacientes se realiza de forma manual dificultando así la fluidez del trabajo en la consulta.

Basándonos en esta problemática el Problema a resolver para este trabajo de diploma sería:

¿Cómo posibilitar, de manera rápida y sin necesidad de la asistencia especializada, el diagnóstico de las sepsis vaginales en pacientes de riesgo?

El trabajo que se presenta esta precisamente enfocado en dar solución a un problema tan importante en nuestro centro médico como lo es, el diagnóstico de las sepsis vaginales, utilizando herramientas de inteligencia artificial.

Por tanto El **Objeto de Estudio** de esta investigación es el proceso de desarrollo de Sistemas Expertos para el diagnóstico médico.

Por lo que el **Objetivo General** de este trabajo será: modelar la Ingeniería del Conocimiento de un Sistema Experto para la detección y diagnóstico de las sepsis vaginales similar a la función que desempeñaría un especialista en esta rama.

Debido a esto el **Campo de Acción** está enmarcado en el Proceso creación de la Base de Conocimiento de un Sistemas Expertos para el diagnóstico médico.

Como **Tareas investigativas** a desarrollar en el presente trabajo de diploma se encuentran:

- Estudio y análisis el estado del arte de la bibliografía referente a sistemas basados en conocimiento, Sistemas Expertos e Ingeniería del Conocimiento.
- Estudio de las metodologías que son utilizadas para el desarrollo de Sistemas Inteligentes.
- Selección la Metodología de Desarrollo de Software que se utilizará para modelar el sistema.
- Selección el conjunto de enfermedades cérvico - vaginales que identificará el sistema.

- Realización encuestas a féminas que asisten a las consultas de ginecología aquejadas por presentar los síntomas de estas enfermedades.
- Estudio de los lenguajes de programación que en la actualidad se utilizan para la implementación de Sistemas Expertos.
- Selección la forma de representación del conocimiento a utilizar en el sistema.
- Selección la fuente de incertidumbre a utilizar en el sistema
- Realización el proceso de adquisición del conocimiento de los expertos mediante entrevistas realizada a los mismos.
- Validar el funcionamiento de la base de conocimiento.

De esta manera este Trabajo de Diploma tratará en el **Capítulo 1: Fundamentación Teórica**, lo concerniente al fundamento teórico de los Sistemas Expertos: definición, características generales, componentes, razones para su utilización, tareas que realizan así como los elementos para el desarrollo de los mismos. Abordará además temas relacionados con la sintomatología, cuadro clínico y diagnóstico médico de las enfermedades que el sistema será capaz de detectar.

En el **Capítulo 2: Técnicas aplicadas a los Sistemas Expertos**, se abordarán los temas relacionados con la representación del conocimiento para la implantación de un SE, así como los métodos de resolución de problemas para las formas de representación de conocimiento más conocida. Se hará referencia al lenguaje de programación seleccionado para implantar el sistema, al método de Hájek para el tratamiento de la incertidumbre en prolog así como las diferentes ventajas que proporciona este último como Máquina de Inferencia.

En el **Capítulo 3: Metodología de Desarrollo de Software**, se hace un estudio de las diferentes metodologías para el desarrollo de sistemas inteligentes, procediendo a la selección de la metodología IDEAL .Se lleva a cabo el estudio de Viabilidad del Software correspondiente a la primera etapa de esta metodología.

En el **Capítulo 4: Ingeniería del Conocimiento**, este capítulo abarcará todo lo concerniente al proceso de adquisición del conocimiento, como segunda etapa de la Metodología IDEAL, así como la Conceptualización y Formalización del conocimiento.

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS

1.1.1 Inteligencia Artificial

Para poder hablar de Sistemas Expertos se debe mencionar la Inteligencia Artificial (IA), ya que los Sistemas Expertos (SE) constituyen un área de aplicación de la misma y por tanto antes de mencionar el concepto y las características de los Sistemas Expertos se hará una pequeña introducción a la IA.

El nuevo y excitante esfuerzo de hacer que las computadoras piensen, es decir, que tengan mente, o en el sentido liberal de la palabra que sean capaces de sustituir al hombre, es la primera idea que surge cuando se escucha hablar de la IA, sin pensar que la automatización de las actividades que están directamente vinculadas con el aprendizaje, la resolución de problemas y la toma de decisiones, hacen que poco a poco se pueda ir sustituyendo el trabajo manual. El arte de desarrollar máquinas con capacidad para realizar funciones que cuando son realizadas por personas requieren de inteligencia, es la forma de hacer que la ciencia evolucione y caduquen las viejas técnicas de trabajo.

Definiendo **Inteligencia Artificial (IA)**: es un área de la investigación donde se combinan las computadoras, la fisiología y filosofía, reuniendo varios campos como la robótica y los Sistemas Expertos, los cuales tienen en común la creación de máquinas que pueden "pensar" por medio de algoritmos. (REYES junio de 2004).

La Inteligencia Artificial tiene sus primeros inicios en el año 1943 cuando Warren McCulloch y Walter Pitts propusieron un modelo de neurona del cerebro humano y animal, como un dispositivo binario con varias entradas y salidas. Ya en el año de 1956 se volvió a tocar el tema de Inteligencia Artificial (IA) en el instituto de tecnología de Massachussets por John McCarthy donde se celebró la conferencia de Dartmouth en Hanover (Estados Unidos). En este certamen McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester y Claude E. Shannon, los grandes de esta rama en aquellos momentos, establecieron las bases de la IA como un campo independiente dentro de la informática.

Previamente, en 1950, Alan M. Turing había publicado un artículo en la revista Mind, titulado “Computing Machinery and Intelligence” (“Ordenador e inteligencia”), en el que reflexionaba sobre el concepto de IA y establecía lo que luego se conocería como el test de Turing, una prueba que permite determinar si un ordenador o computadora se comporta conforme a lo que se entiende como artificialmente inteligente o no.

La inteligencia artificial en los años sesenta, como tal no tuvo muchos éxitos ya que requería demasiada inversión para ese tiempo y la mayoría de las tecnologías eran propias de grandes centros de investigación. En los años 70 a 80 se lograron algunos avances significativos en una de sus ramas llamada Sistemas Expertos (SE), con la introducción de PROLOG LISP. El primer SE fue el denominado Dendral construido en 1967, pero el más influyente resultaría ser el Mycin de 1974. El Mycin era capaz de diagnosticar trastornos en la sangre y recetar la correspondiente medicación, todo un logro en aquella época que incluso fueron utilizados en hospitales.

Básicamente lo que pretende la IA es crear una máquina secuencial programada que repita indefinidamente un conjunto de instrucciones generadas por un ser humano.

1.1.2 Sistemas Expertos

Para saber que es un Sistema Experto, se deben conocer los Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC). Los SBC son el resultado de un largo proceso de investigación realizado por los científicos en el área de la Inteligencia Artificial, cuando, en los años setenta, comenzaron a comprender que la capacidad de un programa de ordenador para resolver problemas, no reside en la expresión formal ni en los esquemas lógicos de inferencia que emplea sino en el conocimiento que posee.

Un experto es alguien que posee unos determinados conocimientos y experiencia en un campo de la actividad humana y es capaz de aplicarlos con rapidez y eficiencia en la resolución de tareas diferentes.

Por tanto, un **Sistema Basado en el Conocimiento (SBC)** es un cuerpo de programas de ordenador que intenta imitar e incluso superar en algunas situaciones a un experto humano en un ámbito concreto de su actividad.

No pretende, en absoluto, reproducir el pensamiento humano, sino simplemente la pericia de un profesional competente (téngase en cuenta que para construir un SBC se suele contar con grandes expertos en la materia que incorporan su conocimiento al sistema).

En aquellos campos en los que no sea necesario aplicar la intuición ni el sentido común, los SBC han conseguido notables éxitos, consiguiendo en ocasiones ser más regulares y rápidos que los propios expertos.

Los SBC desarrollados hasta hace poco constituyen la primera generación cuya característica común reside en la superficialidad del conocimiento que se incluye en el mismo. Los desarrolladores de estos sistemas se limitan a incorporar en ellos, la experiencia y los criterios de los especialistas sin buscar las razones últimas en las que se basan.

Actualmente existen sistemas más avanzados, Sistemas de Segunda Generación, en la que el conocimiento se estructura en dos niveles. El primer nivel, de control (se suele aludir a él como meta-conocimiento y las reglas que lo constituyen reciben el nombre de meta-reglas), sirve para determinar la forma de utilizar el segundo nivel que es el que contiene el conocimiento de los expertos.

Una relativamente nueva categoría de sistemas de información orientada al servicio es el Sistema Experto, llamado así porque su base de datos guarda una descripción de habilidades en la toma de decisiones de experiencias humanas en un estrecho dominio de procedimientos, tales como interpretación médica de imagen, impuestos, configuración de hardware en un sistema de computadores, equipamiento para reparar malfuncionamientos, etc.

Dada una gran base de datos con tales registros en una especialidad médica, el médico puede indagar acerca de eventos análogos a los relacionados con el paciente. Esto en contraste con el sistema que idealmente intenta reemplazar al ser humano, ya que en casos como estos sólo podría usarse este tipo de conocimiento como una herramienta que ayuda en la toma de decisiones.

En teoría estos sistemas son capaces de razonar siguiendo pasos comparables a los que sigue un especialista (médico, biólogo, geólogo, matemático, etc.), cuando resuelve un problema propio de su disciplina.

Por ser los SE programas basado en conocimientos, su programación incluye como aspecto fundamental la programación del conocimiento, la cual hace uso de la representación explícita del conocimiento a utilizar por el sistema y de su interpretación y manipulación lógica por medio de mecanismos de inferencia, que permitan deducir nuevo conocimiento a partir del que ya se conoce.

Sólo para citar un ejemplo, un Sistema Experto (SE) de medicina es una aplicación capaz de dar soporte a un diagnóstico, con el uso de técnicas básicas de representación del conocimiento, deducción y búsqueda de soluciones.

Esto va desde sistemas básicos dirigidos al usuario del hogar, hasta proyectos de apoyo a países en desarrollo para auxiliar a médicos generales en el diagnóstico de enfermedades donde los especialistas no se encuentran disponibles. Los casos más avanzados son los sistemas de monitoreo capaces de mantener estable al paciente, manejar los cambios en la condición del paciente y disparar alarmas.

1.2 DEFINICIÓN, ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE EXPERTOS (SE)

Los Sistemas Expertos se han diversificado y cada vez cuentan con mejores prestaciones por lo que no resulta fácil dar un concepto de los mismos, ya que el concepto de SE ha ido evolucionando. Con los avances obtenidos en la actualidad en esta rama de la inteligencia artificial se puede definir un sistema experto como: **"Sistema informático que simula el proceso de aprendizaje, de memorización, de razonamiento, de comunicación y de acción de un experto humano en una determinada rama de la ciencia o campo"** (MATEOS *et al.*), suministrando, de esta forma, un consultor que puede sustituirle con ciertas garantías de éxito.

1.2.1 Estructura. Base de conocimientos (BC). Motor de inferencia (MI). Base de hechos (BE)

Este software capaz de realizar satisfactoriamente las tareas de un experto humano esta compuesto por:

- Base de conocimientos (BC): Contiene conocimiento modelado extraído del diálogo con el experto.
- Base de hechos (Memoria de trabajo): contiene los hechos sobre un problema que se ha descubierto durante el análisis.
- Motor de inferencia: Modela el proceso de razonamiento humano.

Base de conocimientos (BC). Motor de Inferencia (MI). Base de hechos (BE)

La **Base de Conocimientos** de un SE contiene todos los hechos, las reglas y los procedimientos del dominio de aplicación que son importantes para la solución del problema. Está escrita en un lenguaje específico de representación de los conocimientos que contiene y en el cual el experto puede definir su propio vocabulario técnico.

Es la parte del sistema experto que contiene el conocimiento sobre el dominio. Hay que obtener el conocimiento del experto y codificarlo en la base de conocimientos. Una forma clásica de representar el conocimiento en un SE son las reglas. Una regla es una estructura condicional que relaciona lógicamente la información contenida en la parte del antecedente con otra información contenida en la parte del consecuente.

La información se representa, por reglas generalmente, mediante reglas de producción o redes semánticas. Las reglas de producción constituyen el método más utilizado para construir bases de conocimientos en los SE. Llamadas también implicaciones lógicas, su estructura es la siguiente: para unas ciertas causas, unos efectos; o, para determinadas condiciones, ciertas consecuencias. Junto a cada regla, se almacena también su porcentaje en forma de probabilidad. Éste indica, mediante un tanto por ciento, el grado de certeza de las consecuencias que se obtienen como resultado de la aplicación de la regla de producción.

Además el sistema dispone de la llamada **Base de Hechos**, que alberga los datos propios correspondientes a los problemas que se desea tratar con la ayuda del sistema. Asimismo, a pesar de ser la memoria de trabajo, la base de hechos puede desempeñar el papel de memoria auxiliar. La memoria de trabajo memoriza todos los resultados intermedios, permitiendo conservar el rastro de los razonamientos llevados a cabo.

Al principio del período de trabajo, la base de hechos dispone únicamente de los datos que le ha introducido el usuario del sistema, pero, a medida que va actuando el motor de inferencias, contiene las cadenas de inducciones y deducciones que el sistema forma al aplicar las reglas para obtener las conclusiones buscadas.

Cuando se habla de **Mecanismo de Inferencia**, se trata sin lugar a dudas del motor de inferencias. Este es un programa que, mediante el empleo de los conocimientos puede resolver el problema que está especificado. Lo resuelve gracias a los datos que contiene la base de hechos del SE. Por regla general, el tipo de reglas que forman la base de conocimientos es tal que, si A es válido, puede deducirse B como conclusión. En este caso, la tarea que lleva a cabo el motor de inferencias es la de seleccionar, validar y activar algunas reglas que permiten obtener finalmente la solución correspondiente al problema planteado.

1.3 RAZONES PARA UTILIZAR UN SE

La siguiente tabla muestra las diferencias entre un experto humano y un experto artificial.

EXPERTO HUMANO	EXPERTO ARTIFICIAL
No perdurable	Permanece
Difícil de transferir	Fácil
Difícil de documentar	Fácil
Impredecible	Consistente
Caro	Alcanzable
Creativo	No inspirado
Adaptativo	Necesita ser enseñado
Experiencia personal	Entrada simbólica
Enfoque amplio	Enfoque cerrado
Conocimiento del sentido común	Conocimiento técnico

Tabla 1.1: Diferencia entre experto humano y experto artificial

Ventajas

- ✦ **Permanencia:** A diferencia de un experto humano un SE (sistema experto) no envejece, y por tanto no sufre pérdida de facultades con el paso del tiempo.
- ✦ **Duplicación:** Una vez programado un SE el mismo se puede duplicar infinidad de veces.
- ✦ **Rapidez:** Un SE puede obtener información de una base de datos y realizar cálculos numéricos mucho más rápido que cualquier ser humano.
- ✦ **Bajo costo:** A pesar de que el costo inicial pueda ser elevado, gracias a la capacidad de duplicación el coste finalmente es bajo.
- ✦ **Entornos peligrosos:** Un SE puede trabajar en entornos peligrosos o dañinos para el ser humano.

- ✦ Fiabilidad: Los SE no se ven afectados por condiciones externas, un humano sí (cansancio, presión, etc.).

Limitaciones

- ✦ Sentido común: Para un SE no hay nada obvio. Por ejemplo, un SE sobre medicina podría admitir que un hombre lleva 40 meses embarazado, a no ser que se especifique que esto no es posible.
- ✦ Lenguaje natural: Con un experto humano se puede mantener una conversación informal mientras que con un SE no es posible.
- ✦ Capacidad de aprendizaje: Cualquier persona aprende con relativa facilidad de sus errores y de errores ajenos, que un SE haga esto es muy complicado.
- ✦ Perspectiva global: Un experto humano es capaz de distinguir cuales son las cuestiones relevantes de un problema y separarlas de cuestiones secundarias.
- ✦ Capacidad sensorial: Un SE carece de sentidos.
- ✦ Flexibilidad: Un humano es sumamente flexible a la hora de aceptar datos para la resolución de un problema.
- ✦ Conocimiento no estructurado: Un SE no es capaz de manejar conocimiento poco estructurado.

1.4 TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS

En el mundo existen diversos tipos de Sistemas Expertos pero siempre en todos los casos algunos se destacan más que otros, tal es el caso de los basados en reglas y los basados en probabilidades, los cuales han sido los más estudiados y difundidos.

Brevemente y a modo de explicación se puede decir que los Sistemas Expertos Basados en Reglas son definidos a través de un conjunto de objetos, que representan las variables del modelo que se trabaja y estas a su vez ligadas mediante un conjunto de Reglas, representan las relaciones entre ellas.

Sin embargo la estructura de los Sistemas Probabilísticos es mucho más abstracta a la hora del humano entenderla, la base de conocimiento de estos sistemas está compuesta por un espacio probabilístico y un motor de inferencia, que calcula la probabilidad de los sucesos a través de diversos métodos de cálculo aplicando varias hipótesis de independencia.

Pero no son clasificados solamente de esta manera, estos también se clasifican de acuerdo a la función que realizan, clasificaciones que se muestran a continuación:

❖ **INTERPRETACIÓN**

La interpretación es donde se encuentra el significado de los datos de entrada que se obtienen por sensores o introducidos por el usuario. Estos sistemas usan datos reales, con ruidos, con errores, etc. Existen dos tipos de interpretación:

- ✦ **Análisis:** Interpretación de datos se obtiene mediante la separación o distinción de las partes que forman los datos.
- ✦ **Síntesis:** La interpretación de los datos se obtiene mediante la combinación de los mismos.

❖ **MONITORIZACIÓN**

La monitorización es un caso particular de la interpretación, y consiste en la comparación continua de los valores de las señales o datos de entrada y unos valores que actúan como criterios de normalidad o estándares, es decir, la comparación es entre lo actual y lo esperado.

Estos Sistemas Expertos se utilizan fundamentalmente como herramientas de diagnóstico. Lo cual consiste en que el experto pueda determinar en cada momento el estado de funcionamiento de sistemas complejos, anticipándose a los posibles incidentes que pudieran acontecer.

❖ **DISEÑO**

Es el proceso de especificar una descripción de un artefacto que satisface varias características desde un número de fuentes de conocimiento. Utilizan un diseño parcial y una simulación para verificar o probar las ideas.

Los SE en diseño ven este proceso como un problema de búsqueda de una solución óptima o adecuada.

Las soluciones alternas pueden ser conocidas de antemano o se pueden generar automáticamente probándose distintos diseños para verificar cuáles de ellos cumplen los requerimientos solicitados por el usuario, ésta técnica es llamada “generación y prueba”, por lo tanto estos SE son llamados de selección.

❖ PLANIFICACIÓN

La planificación es la realización de planes o secuencias de acciones y es un caso particular de la simulación. Está compuesto por un simulador y un sistema de control. El efecto final es la ordenación de un conjunto de acciones con el fin de conseguir un objetivo global.

❖ DIAGNÓSTICO

El diagnóstico es un proceso que se realiza en un objeto determinado, generalmente para solucionar un problema. En el proceso de diagnóstico dicho problema experimenta cambios cuantitativos y cualitativos, los que tienden a la solución del problema.

El diagnóstico médico por ejemplo, establece a partir de unos síntomas, unos signos y los hallazgos de exploraciones complementarias, qué enfermedad padece una persona.

Generalmente una enfermedad no está relacionada de una forma biunívoca con un síntoma, es decir, un síntoma no es exclusivo de una enfermedad.

Cada síntoma o hallazgo en una exploración presenta una probabilidad de aparición en cada enfermedad

Utilizan las características de comportamiento, descripción de situaciones o conocimiento sobre el diseño de un componente para inferir las causas de la falla. Ejemplos: Diagnóstico de enfermedades en base a síntomas, encontrar componentes defectuosos o fallas en circuitos.

❖ CONTROL

Un sistema de control participa en la realización de las tareas de interpretación, diagnóstico y reparación de forma secuencial. Con ello se consigue conducir o guiar un proceso o sistema.

Los sistemas de control son complejos debido al número de funciones que deben manejar y el gran número de factores que deben considerar; esta complejidad creciente es otra de las razones que apuntan al uso del conocimiento, y por tanto de los SE.

❖ SIMULACIÓN

La simulación es una técnica consistente en crear modelos basados en hechos, observaciones e interpretaciones, sobre la computadora, a fin de estudiar el comportamiento de los mismos mediante la observación de las salidas para un conjunto de entradas. Las técnicas tradicionales de simulación requieren modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento del sistema bajo estudio.

❖ INSTRUCCIÓN

Un sistema de instrucción realizará un seguimiento del proceso de aprendizaje. El sistema detecta errores ya sea de una persona con conocimientos e identifica el remedio adecuado, es decir, desarrolla un plan de enseñanza que facilita el proceso de aprendizaje y la corrección de errores.

1.5 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

De forma resumida se expondrán algunos ejemplos de SE que fueron decisivos para el éxito del investigador en el campo de los Sistemas Expertos. Así se podrá tener una idea, ya con un ejemplo real, de para que sirve y en qué materias se aplica un Sistema Experto.

En el epígrafe 1.4 se mencionaron los diferentes tipos de Sistemas Expertos, destacándose entre ellos por su gran aplicabilidad algunos como los de **diagnosís, pronóstico, planificación, reparación, diseño y control**, y es precisamente del tema de las aplicaciones existentes o en período de desarrollo de estos campos, de lo que tratará este epígrafe.

Los sistemas de **diagnosís** y depuración se encuentran presente en las aplicaciones de diagnóstico médico como es el ejemplo de **MYCIN y TROPICAID**.

MYCIN es el primer Sistema Experto utilizado en la realización de diagnósticos, iniciado por Ed Feigenbaum y posteriormente desarrollados por E.Shortliffe y sus colaboradores. Este sistema, altamente especializado, fue diseñado para ayudar a los médicos a tratar con infecciones como meningitis (inflamación de las membranas que envuelven al cerebro y la médula espinal) y bacteriana (infección que implica la presencia de bacterias en la sangre), dichas enfermedades pueden ser fatales si no son atendidas con rapidez.

TROPICAID es otro SE utilizado en este campo de la medicina y su función es obtener información adicional sobre los medicamentos mas usados, seleccionando un conjunto de posibles diagnósticos a partir del análisis del cuadro médico, propone además un tratamiento óptimo para el caso concreto.

Por otra parte este tipo de sistema se utiliza para localizar problemas en sistemas informáticos grandes y complejos, y para detectar y reparar fallos en equipos electrónicos, como es el caso de **DELTA** sistema experto orientado a la reparación.

DELTA, es un sistema que ayuda a los mecánicos en el diagnóstico y reparación de locomotoras diesel eléctricas, DELTA no sólo da consejos expertos, sino que también presenta informaciones por medio de un reproductor de vídeo.

La **planificación** es la secuencia de acciones necesaria para alcanzar una meta, este proceso se hace un poco engorroso y difícil por lo que se usan Sistemas Expertos para gestionar proyectos de desarrollo, estrategia militar y configuración de complejos sistemas informáticos, entre otros.

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, aquí se pone de manifiesto el campo de la **interpretación**. 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.

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

PROSPECTOR, SE de gran éxito, se desarrollo en 1978. Este quizás impulsó más la carrera por desarrollar mejores Sistemas Expertos, dado que su misión era predecir la posibilidad de encontrar depósitos de minerales en una región en concreto. Minerales como petróleo, gas natural y helio.

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. Un ejemplo de un SE utilizado en este campo es el caso de **DENDRAL**.

DENDRAL es el nombre de un SE desarrollado por Edward Feigenbaum y otros programadores en la Universidad de Stanford, a mediados de los años 60. Fue el primer sistema experto en ser utilizado para propósitos reales, al margen de la investigación computacional, y durante aproximadamente 10 años (1965 a 1975), el sistema tuvo cierto éxito entre químicos y biólogos, ya que facilitaba enormemente la inferencia de estructuras moleculares, dominio en el que Dendral estaba especializado. (WIKIPEDIA 2002).

El **diseño** requiere una enorme cantidad de conocimientos debido a que hay que tener en cuenta muchas especificaciones y restricciones. En este caso, el SE 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.

1.6 PASOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA EXPERTO

El primer paso que se debe desarrollar antes de crear Sistemas Expertos, es hacer un análisis bien profundo del problema a resolver, así se verifica si dicho problema puede ser resuelto mediante una serie de reglas y luego se debe idear el modelo idóneo para su resolución, y llevarlo a lenguaje entendible por la máquina.

Esto es un proceso bastante largo y trabajoso, pero la idea es hacerle llegar al lector una breve síntesis de lo que se pretende resolver. Lo primero es conocer la composición del equipo de desarrollo implícito en la solución del Sistema Experto, antes de detallar los pasos y fases a seguir en dicho desarrollo.

EL EQUIPO DE DESARROLLO

Cada agrupación o equipo cumple detalladas funcionalidades y a su vez cada integrante cumple un papel dentro del grupo.

A Continuación se detalla la función de cada uno de los componentes de un equipo de desarrollo:

- ✦ **El Experto:** Su función es poner a disposición del sistema experto todos sus conocimientos especializados.
- ✦ **El Ingeniero del Conocimientos:** El ingeniero que plantea las preguntas al experto, estructura sus conocimientos y los implementa en la base de conocimientos.
- ✦ **El Usuario:** Este aporta sus deseos y sus ideas, determinado especialmente el escenario en el que debe aplicarse el Sistema Experto.

Los principales en este trabajo son el Ingeniero de Conocimientos y El Experto, en la Figura 1.1 de los anexos correspondientes a este capítulo se muestra la relación entre estos componentes, y además se puede observar que 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 delimitar el marco del trabajo. Aquí se incluye ya el usuario posterior, o un representante del grupo de usuarios. Una vez delimitado el dominio, se procede a "engrosar" 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.

No siempre se verá, ni es de estricta obligación que se vea la separación entre el usuario, el experto y el ingeniero del conocimiento, puede que exista casos donde los papeles se inviertan, es decir, que el experto puede que actúe en algún momento como usuario, pero sin embargo, la separación entre experto e ingeniero del conocimiento permanece, por regla general, inalterada.

1.7 INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO

La Ingeniería del Conocimiento (IC) es aquella disciplina moderna que forma parte de la Inteligencia Artificial y cuyo fin es el diseño y desarrollo de Sistemas Expertos (o Sistemas Basados en el Conocimiento SBC).

Para ello, se apoya en metodologías instruccionales y en las ciencias de la computación y de las telecomunicaciones, intentando representar el conocimiento y razonamiento humanos en un determinado dominio, dentro de un sistema artificial.

El trabajo de los ingenieros del conocimiento consiste en extraer el conocimiento de los expertos humanos en una determinada área, y en codificar dicho conocimiento de manera que pueda ser procesado por un sistema. El problema es que el ingeniero del conocimiento no es un experto en el campo que intenta modelar, mientras que el experto en el tema no tiene experiencia modelando su conocimiento (basado en la heurística) de forma que pueda ser representado de forma genérica en un sistema.

La ingeniería del conocimiento engloba a los científicos, tecnología y metodología necesarios para procesar el conocimiento. Su objetivo es extraer, articular e informatizar el conocimiento de un experto. Precisamente adquirir la Ingeniería del Conocimiento es el fundamento de esta tesis, y de esto específicamente trata el capítulo IV de este trabajo de diplomas.

1.8 LA LEUCORREA Y SU SIGNIFICADO CLÍNICO

En la actualidad el aumento progresivo de las sepsis vaginales y de la cantidad de mujeres con lesiones crónicas en vagina y endocervix provocadas por un largo historial de infecciones vaginales y la realización en varias ocasiones de tratamientos prolongados con tres antibióticos causantes del daño en su flora vaginal y del aumento de la susceptibilidad de esta región a la invasión por esos agentes biológicos patógenos constituye uno de los problemas de salud que más preocupa a los ginecólogos y obstetras de nuestros centros médicos.

Las secreciones vaginales normales se caracterizan por ser: inodoras, claras, viscosas, PH ácido menor que 4,5, no contienen neutrófilos y no fluyen durante el examen con espéculo. La flora vaginal está constituida por lactobacillus. La mucosa vaginal de la niña, a diferencia de la mujer adulta, es delgada con ausencia de glucógeno y lactobacilos acidófilos de Doderlein, PH neutro (7 a 8), medio que favorece el cultivo de microorganismos. Anatómicamente la cercanía del ano a la uretra y vagina favorece la contaminación fecal y urinaria.

En las niñas puede existir una secreción vaginal fisiológica en el momento del nacimiento, y en la mujer durante algunas etapas del ciclo menstrual, relacionado con el coito, durante el embarazo y la lactancia.

Las mujeres generalmente se quejan de secreción vaginal sólo cuando se modifican sus características en cuanto a cantidad, color y olor o cuando sienten prurito o molestias. El síntoma de secreción vaginal se presenta en las mujeres cuando tienen vaginitis (infección en la vagina), Cervicitis (infección del cuello del útero) o ambas. Cabe diferenciar estas dos afecciones porque la Cervicitis provoca complicaciones graves. Las tres infecciones más frecuentes asociadas al síndrome del Flujo Vaginal son: Trichomoniasis, Vaginosis Bacteriana y la Candidiasis.

1.8.1 Cuadro clínico

El término leucorrea viene del griego "leucos, blanco y rrea, fluir o fluído": **flujo blanquecino de las vías genitales femeninas**. Es uno de los síntomas más frecuentes por los que una mujer acude a consulta con el ginecólogo.

La leucorrea, más que un síntoma es un síndrome porque el escurrimiento vaginal por sí solo ofrece características determinables clínicamente y es un medio de estudio físico, microscópico y bacteriológico.

Debido a su localización y a su estructura anatómica, la cavidad vaginal es susceptible a la invasión bacteriana con la consecuente "retención de la infección".

Pocas son las mujeres que durante su vida no hayan experimentado leucorrea, mal olor, irritación dolorosa, prurito, etc., manifestaciones todas ellas que las obligan a consultar al médico y la mayoría de las veces con carácter de urgencia.

La incidencia mayor de la vaginitis es en la vida adulta, sobre todo durante la vida sexual activa y reproductiva. Aunque en la actualidad no es raro ver adolescentes acudir angustiadas a la consulta, quizá por el aumento de las relaciones sexuales prematrimoniales.

1.8.2 Manifestaciones clínicas de un grupo de ellas.

El diagnóstico de vaginitis se realiza por los síntomas y por el examen físico. El síntoma que con más frecuencia acusan las pacientes es la leucorrea acuosa o purulenta y generalmente fétida. Otros síntomas comunes son la quemazón, el prurito y la maceración de los muslos y en algunos casos una excoiación de la cara interna de los mismos. El examen físico con frecuencia revela signos y síntomas prestados por los órganos vecinos como son la porción terminal del aparato urinario y también del digestivo (endocervicitis, proctitis, uretritis, skenitis y bartholinitis).

Las enfermedades que integra la vaginitis son: La Vaginosis Bacteriana, la Candidiasis Vulvovaginal y la Trichomoniasis. A continuación se hace un pequeño resumen de estas enfermedades.

La Vaginosis Bacteriana

El ecosistema vaginal es un complejo sistema de microorganismos. La microflora endógena consiste en una variedad de bacterias que incluyen aerobias, facultativas y bacterias anaerobias obligadas. Esos organismos existen en relaciones comensales, sinergistas y antagonistas. Por ello es importante conocer qué factores controlan el delicado equilibrio del ecosistema vaginal y cuáles factores endógenos y exógenos pueden romper ese sistema.

En 1955 Gardner y Dukes describen un síndrome vaginal nuevo, inicialmente conocido como "vaginitis inespecífica", e identificaron un nuevo organismo, nombrado *Haemophilus vaginalis* el cual se pensó que era el agente causal.

Este germen fue llamado por corto tiempo *Corynebacterium* vaginales ahora es identificado como *Gardnerella* vaginales. La vaginosis bacteriana no está sólo asociada con la presencia de *Gardnerella* vaginales, la etiología de esta afección se ha atribuido al denominado complejo GAMB dado por: *Gardnerella* vaginales asociada con agentes anaerobios como son bacteroides; peptococos, peptostreptococos, enterobacterias, etc.

La proliferación de estos gérmenes producto de la perturbación del ecosistema microbiano de la vagina con desplazamiento de los lactobacilos, produce un desequilibrio con producción de poliaminas por las bacterias anaerobias, así como ácidos orgánicos que son citotóxicos y producen exfoliación de las células vaginales que originan la secreción característica de esta entidad y el típico olor a pescado al volatizarse las aminas ante un PH alto, como ocurre con la presencia del semen o al agregársele a las secreciones una solución de hidróxido de potasio al 10 %. La importancia de la transmisión sexual en esta entidad es un tema muy controvertido, como controvertido es su modo de transmisión en general.

Mientras algunos autores afirman que dicha afección es transmitida exclusivamente a través de las relaciones sexuales, en contraposición a esto aparecen estudios donde concluyen que la vaginosis bacteriana no debe considerarse como enfermedad de transmisión sexual exclusivamente, ya que se ha reportado en pacientes vírgenes.

El grupo social que experimenta mayor riesgo de padecer enfermedades de transmisión sexual son los adolescentes, los cuales tienden a basar su nivel de madurez en la participación sexual, reafirmando su virilidad o su femineidad en la práctica sexual con diferentes parejas, convirtiéndose en promiscuos y se hacen presas fáciles de este tipo de enfermedad. La extensión de las relaciones sexuales a edades muy precoces de la vida, los cambios de conducta sexual, el poco uso de preservativos y las actitudes permisivas, facilitan el aumento de estas enfermedades. [Colectivo de autores infanto juvenil, Ginecología y Obstetricia.]

Contraer esta enfermedad coloca a la mujer ante un gran riesgo de padecer enfermedad inflamatoria pélvica, y por consiguiente infertilidad, dos entidades importantísimas en la Ginecología. Desde el punto de vista obstétrico, la vaginosis bacteriana se relaciona con aborto espontáneo, parto pretérmino, rotura prematura de las membranas ovulares y endometritis del posparto.

Cuadro Clínico

Las señales externas de la vaginosis bacteriana pueden incluir mal olor u olor a pescado en la vagina y una secreción vaginal clara, blanca como la leche o gris. La secreción puede ser leve o profusa. El olor puede empeorar alrededor del momento de la menstruación o después de tener relaciones sexuales sin protección. Cuando el semen (la esperma masculina) se mezcla con las secreciones vaginales, el olor se vuelve más fuerte. También se puede sentir picor y/o ardor en la vagina. Sin embargo, muchas mujeres tienen vaginosis bacteriana sin tener ningún síntoma externo.

El médico de asistencia puede notar secreción u olor vaginal durante un examen físico, hacer un análisis del líquido vaginal y luego recomendar tratamiento.

Certeza Diagnóstica de Vaginosis Bacteriana

El médico usa un palillo algodónado para tomar una muestra de tu secreción vaginal y mide su acidez con papel de PH. Si tu vagina está menos ácida de lo que debiera (PH de más de 4.5), ésta es una señal de que puedes tener vaginosis bacteriana. Tu médico puede examinar la muestra bajo un microscopio. Si no están presentes las bacterias normales (lactobacillus), o si hay muchas células del revestimiento vaginal que están cubiertas con bacterias de la vaginosis, entonces quiere decir que tienes vaginosis bacteriana. El diagnóstico positivo de vaginosis bacteriana requiere al menos 3 de los 4 criterios clínicos siguientes:

- Leucorrea homogénea amarillenta.
- PH vaginal > 4,5.
- Test de aminas positivo.
- Presencia de células guías.

La Candidiasis Vulvovaginal

La Candidiasis vulvovaginal es causa común de morbilidad en mujeres adultas, afectando alrededor del 75 % de ellas, las que en algún momento de su vida padecen al menos de un episodio de esta infección.

Esta micosis está asociada y favorecida por varios factores predisponentes como son el estrés, las enfermedades autoinmunes, la terapia con antibióticos, corticosteroides y drogas inmunosupresoras, el embarazo, el uso de anticonceptivos orales e intrauterinos, etc. El principal agente etiológico es *C. albicans* pequeño hongo Gram positivo que desarrolla filamentos (seudomicelios), crecen en carbohidratos y

prefieren los ácidos (pH 5,0 a 6,5) , aunque otras especies de *Candida* también pueden producir la enfermedad. En las últimas décadas la incidencia de infecciones fúngicas ha aumentado considerablemente.

Aunque estas infecciones pueden presentarse en hospederos normales, la mayoría de ellas se desarrollan en individuos inmunocomprometidos, como son los pacientes infectados por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) o los que han recibido trasplantes de órganos, tratamientos con citostáticos y corticoides, así como tratamientos prolongados con antibacterianos de amplio espectro. Entre las micosis, probablemente la candidiasis sea la de más amplia distribución y es considerada también la principal micosis oportunista. Una de sus formas clínicas más comunes es la vaginitis por *Candida* o candidiasis vaginal, que constituye una causa común de morbilidad en las mujeres.

Cuadro Clínico

Prurito vaginal y preferentemente vulvar, flujo blanco espeso, grumoso, tiende a formar placas ligeramente adheridas a la pared vaginal que al desprenderse dejan manchas hemorrágicas múltiples, irritación local, gran enrojecimiento de la mucosa vulvovaginal y dispareunia. Diagnóstico.

El diagnóstico positivo se hace por examen microscópico de los hongos, se prepara una extensión del exudado y se colorea con el gram. Los hongos aparecen como hebras filiformes llamadas micelios, a las cuales van unidas pequeños botones o conidios. Puede cultivarse el germen en medio de Sabouraud o de Nickerson

La nistatina es uno de los principales agentes antifúngicos utilizados en el tratamiento tópico de la candidiasis vulvovaginal; sin embargo, con frecuencia se presentan casos de mujeres que padecen vaginitis crónica por *Candida*, las cuales responden solo parcialmente al tratamiento antifúngico tópico y pueden tener ataques recurrentes severos. Muchas veces las razones de esta recurrencia no llegan a precisarse, lo que hace sugerir un fallo terapéutico no inherente al hongo o la aparición de cepas con sensibilidad disminuida o resistente a la droga.

La Trichomoniasis

Producida por la *Trichomona* vaginales, en un protozoo ovoide, flagelado y móvil, de 15 a 20 micras de longitud y de 8 a 10 de ancho, aunque se describen formas más pequeñas. El hallazgo de trichomonas móviles en el examen en fresco, establece el diagnóstico de trichomoniasis.

Cuadro Clínico

Aparición de flujo vaginal amarillo espumoso asociado a ardor, prurito vaginal, dispareunia y a veces fetidez. La mucosa vaginal se encuentra enrojecida de forma difusa con áreas de punteado petequeial en vagina y cuello que casi siempre es patonogmónico (vagina fresca). El meato uretral externo está congestionado y tumefacto.

Diagnóstico

Exudado en fresco: se realiza mezclando el material del exudado con suero fisiológico y observándolo sin colorear al microscopio en un porta objeto previamente calentado y cubierto por un cubreobjeto. Se reconoce el parásito en movimiento. También puede ser un hallazgo con la coloración de Papanicolau para estudio citológico.

En la Tabla 1.2 de los anexos se puede observar la relación de los síntomas más significativos que se manifiestan en las pacientes con vaginitis. Posteriormente en la Tabla 1.3 se muestra el diagnóstico diferencial de la trichomoniasis, la vaginosis bacteriana y la candidiasis vulvovaginal y la Tabla 1.4 es la tabla de las leyendas.

Síntomas	VB	Candidiasis	Trichomoniasis
Picazón	+/-	++++	+/-
Fetidez (mal olor)	++++MO	+I	++MO
Molestias Vaginales	++	+++	++++
Dispareunia	+	+++	++++
Relación entre Síntomas y Ciclo Menstrual	++++	-	-

Tabla 1.2: Síntomas.

Diagnóstico Diferencial de la Vaginitis.				
Objetivo		VB	Candidiasis	Trichomoniasis
Síntomas	Irritación Vulvar	-	++	+
	Disuria	-	+	++
	Olor	++	-	++
Signos	Eritema Mucosa Vaginal	-	++	++
	Flujo Consistente	Homogéneo Espumoso	Espeso	Espumoso
	Color	Gris-Blanco	Blanco	Amarillo-Verdoso
Laboratorio	PH	De 5 a 6	< 4.5	De 6.7 a 7
	Test de Amina	+	-	+/-

Tabla 1.3: Diagnóstico Diferencial.

Leyenda de Símbolos	
Símbolo	Significado
+	Presencia de Síntomas
++	Ocasionalmente
++++	Casi Siempre
-	Sin Síntomas
MO	Mal Oliente
I	Inodora
VB	Vaginosis Bacteriana

Tabla 1.4: Leyenda de Símbolos.

1.8.3 Factores predisponentes

Deben tenerse en cuenta una serie de estados o circunstancias que actúan como factores predisponentes para la inflamación-infección de la mucosa vaginal. Estos hechos tienen más significado en unos tipos de infección que en otros.

Se hará referencia a algunos de estos aspectos generales:

- ✦ El cambio de clima de fresco a cálido.
- ✦ El embarazo que favorece la candidiasis.
- ✦ La diabetes mellitas.
- ✦ El sangrado menstrual como medio de cultivo.
- ✦ Los anticonceptivos orales.
- ✦ Los dispositivos intrauterinos.
- ✦ Los antibióticos de amplio espectro.
- ✦ Los corticoides.
- ✦ El metronidazol.
- ✦ Los tapones vaginales.
- ✦ Los inmunosupresores.
- ✦ El papel nefasto de las ropas impermeables como la pantimedia.

Se incluyen en este grupo todas las vaginitis que son producidas por algún agente infeccioso, bien primariamente o tras la acción de los factores inflamatorios o predisponentes antes mencionados.

2. TÉCNICAS APLICADAS A LOS SISTEMAS DE EXPERTOS

2.1 REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Se denomina Forma de Representación del Conocimiento (FRC) a la notación usada para representar el mismo, es decir, la manera en que se almacena el conocimiento. Representar el conocimiento en un ordenador, consiste en encontrar una correspondencia entre el mundo exterior y el interior que permita el razonamiento, de forma tal que el experto encargado de transmitir el conocimiento al Sistema, suministre este último en su forma externa, el mecanismo de adquisición del conocimiento transforma este fragmento del conocimiento a la forma interna, es decir, en forma de estructura de datos antes de incluirlo en la base de conocimiento.

Al igual que no existe un lenguaje de programación universal, tampoco se tiene actualmente una FRC general, capaz de ser usada con éxito en todo tipo de aplicación. Ante un problema de un dominio específico es necesario realizar la selección de la FRC más adecuada a dicho problema. Para realizar esta selección se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

1. Debe describir los hechos importantes acerca del dominio del problema y exponer las restricciones de manera natural, reflejando la estructura de los objetos, los hechos y las relaciones entre ellos.
2. El conocimiento almacenado debe ser completo (expresar todo lo necesario) y conciso (expresar los hechos de forma eficiente).
3. Debe suprimir detalles, manteniendo sólo los hechos necesarios.
4. El conocimiento almacenado debe ser transparente, o sea, comprendido con facilidad.
5. Debe facilitar el cálculo, o sea, que almacene y recupere información rápidamente.
6. Debe ser manipulable por una computadora.
7. Debe aceptar conocimiento empírico, teórico o heurístico, y combinar el conocimiento declarativo con el procedural, de acuerdo a los requerimientos de la aplicación.

Existen dos clases de conocimiento a tratar:

- ✦ **Conocimiento factual:** que es aquel que por naturaleza es libre de ruido y se caracteriza también por ser objetivo y fácil de representar.
- ✦ **Conocimiento heurístico:** es el conocimiento usado intuitivamente pero en forma consciente. A diferencia del factual este es subjetivo y difícil de representar.

2.1.1 Clasificación de las Formas de Representación del Conocimiento

Las FRC pueden clasificarse en:

Declarativas: Donde la mayor parte del conocimiento se representa como una colección estática de hechos junto con un pequeño conjunto de procedimientos generales para manipularlos. Ejemplos de ellas son:

1. Lógica (Preposicional, Cálculo de predicados, etc.).
2. Redes semánticas.
3. Marcos o armazones.
4. Guiones.

Procedurales: Donde la mayor parte del conocimiento se representa como procedimientos para usarlo.

- ✦ Reglas de producción.
- ✦ Strips.

En el presente trabajo se utilizará la representación procedural, específicamente con reglas de producción. A continuación se muestran algunas de las ventajas de este tipo de representación del conocimiento.

Como ventajas de las FRC procedurales se señalarán las siguientes:

- ✦ Es fácil representar el conocimiento sobre cómo hacer cosas.
- ✦ Es fácil representar el conocimiento que no encaja bien en muchos esquemas declarativos simples, como por ejemplo razonamientos por defecto y probabilísticos.
- ✦ Es fácil representar conocimiento heurístico de cómo realizar las cosas eficientemente.

2.1.2 Reglas de Producción

“El principio básico de la programación con reglas de producción es que cada regla es un trozo independiente del conocimiento (se denomina gránulo o módulo), es decir, contiene todas las condiciones para su aplicación” [Siemens, 1988]. Una regla puede traducir una relación, una información semántica o una acción condicional.

El sistema basado en reglas manipula las afirmaciones y las reglas durante el proceso de inferencia. Mediante técnicas de búsqueda y procesos de unificación, los sistemas basados en reglas automatizan sus métodos de razonamiento y proporcionan una progresión lógica desde los datos iniciales, hasta las conclusiones deseadas. Esta progresión hace que se vayan conociendo nuevos hechos o descubriendo nuevas afirmaciones, a medida que va guiando hacia la solución del problema.

Planteamiento de un problema

Una de las principales preocupaciones del personal médico y paramédico en cualquier policlínico, hospital o en este caso consulta de ginecología, es el diagnóstico de enfermedades y la selección del tratamiento médico correcto. La realización rápida y certera, tanto del diagnóstico como del tratamiento, implica, en primer lugar, la posible eliminación de la afección, con lo que se le resolvería la situación enfermiza al paciente y, por otro lado, la reducción de los costos en la utilización de los medicamentos y del equipamiento.

Para la realización del diagnóstico y del tratamiento, el médico utiliza los conocimientos recogidos en los libros de medicina y la experiencia adquirida en sus años de trabajo.

Todo este conocimiento tiene la forma de condiciones necesarias para que esté presente una determinada enfermedad, así como para aplicar un tratamiento específico. El problema radica, entonces, en cómo representar este conocimiento.

Definición

Las reglas de producción fueron introducidas en 1943 por Post, ellas representan las FRC más populares, y para la cual se han desarrollado más herramientas comerciales.

Las reglas representan el conocimiento utilizando un formato **SI-ENTONCES (IF-THEN)**, es decir tienen 2 partes:

- ✦ La parte **SI (IF)**, es el antecedente, premisa, condición o situación; y
- ✦ La parte **ENTONCES (THEN)**, es el consecuente, conclusión, acción o respuesta.

La parte izquierda (antecedente) expresa las condiciones de aplicabilidad de la regla. Puede contener una conjunción de proposiciones lógicas, de predicados o de relaciones.

La parte derecha (consecuente) representa la conclusión la cual puede ser una acción a efectuar o una aserción a añadir a la base de hechos.

Una regla de producción se interpreta de la siguiente manera: si se satisface el antecedente, entonces se cumple el consecuente. Esta manera de interpretar una regla permite considerarla como una unidad relativamente independiente de conocimiento. Las reglas de producción pueden adoptar varias formas:

- a) Si condición P entonces conclusión C.
- b) Si situación S entonces acción A.
- c) Si condición C1 entonces no condición C2.

Los antecedentes de las reglas, independientemente de la forma que éstas adopten, pueden ser simples o compuestos. Los compuestos se forman uniendo varias condiciones simples por medio de las conectivas lógicas.

Algunos ejemplos de reglas de producción son:

- ✦ Si el paciente tiene manchas rojas y fiebre y está en edad escolar, entonces tiene varicela.
- ✦ Si un animal tiene los ojos enfocados hacia delante y tiene dientes y tiene garras, entonces es un carnívoro.
- ✦ Si el paciente tiene fiebre menor de 38° y no padece de gastritis, entonces adminístrele una aspirina.
- ✦ Si la temperatura del horno es mayor que 120°C o es menor que 70°C, entonces ajustar válvula de presión.
- ✦ Si el análisis de la glicemia es normal, entonces no hay riesgo de hipoglicemia.
- ✦ Si el automóvil no arranca y llega combustible a los cilindros, entonces el sistema de inyección no está funcionando correctamente.

Como puede verse, los dos primeros ejemplos corresponden al caso a), los ejemplos tercero y cuarto, corresponden al caso b) y los dos últimos, al caso c).

Los sistemas que se redactan con reglas de producción reciben el nombre de Sistemas de Producción (Fig. 2.1). El componente más importante de un sistema de producción es el mecanismo de inferencia. Con el se gobierna el procesamiento y la elección de las reglas de producción. Un buen mecanismo de inferencia se 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.

Este método de representación es el utilizado en la mayoría de los SE, ya que posee determinadas ventajas derivadas de su estructura.

- Facilidad de modificación, consecuencia de la modularidad del conocimiento.
- Cuanto más reglas posea el sistema, más potente será (al menos teóricamente)
- Gran legibilidad de las reglas y, además, facilidad de escritura de las mismas.
- Posibilidad de introducir coeficientes de verosimilitud que permiten ponderar el conocimiento.

Criterios sobre su utilización

Las reglas pueden ser comprendidas fácilmente y tienen suficiente fuerza expresiva para:

- Representar reglas de inferencia dependientes del dominio.
- Representar especificaciones de comportamiento.
- Almacenar el conocimiento que pueda ser expresado como heurística experimental.
- Expresar conocimiento orientado a un objetivo.
- Expresar relaciones causales.

Las reglas de producción han sido utilizadas con éxito como FRC para tareas de diagnóstico, diseño (configuración de computadoras), planificación, problemas deductivos, etc. Pero son inadecuadas para: definir términos, describir objetos y describir relaciones estáticas entre objetos.

Este trabajo está basado en el diagnóstico médico, que como se ha demostrado es una contundente razón para usar las reglas como Método de Representación del Conocimiento.

2.2 MÉTODOS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

2.2.1 Encadenamientos

En los sistemas de producción se utilizan generalmente dos tipos de métodos de búsqueda. Un método consiste en realizar la búsqueda desde el estado inicial a un estado final, o sea, desde las evidencias a las conclusiones, y recibe el nombre de **encadenamiento hacia delante** (forward chaining) o **enfoque guiado por datos** (datadriven), también se le conoce como el método “if-added”.

El otro método realiza la búsqueda en dirección contraria, comenzando desde el estado objetivo y terminando en un estado inicial, o sea, el razonamiento se realiza desde una hipótesis (objetivo) hasta las evidencias primarias necesarias para refutar o confirmar dicha hipótesis. En este caso el método recibe el nombre de **encadenamiento hacia atrás** (backward chaining) o **enfoque guiado por objetivos** (goal-driven), además se le conoce como el método “**if-needed**”.

Se expondrá a continuación una explicación de lo que hace cada uno de estos métodos.

Búsqueda con encadenamiento hacia adelante

En la búsqueda con encadenamiento hacia adelante se comienza a construir el árbol situando como raíz al estado inicial.

El siguiente nivel del árbol se genera encontrando todas las reglas cuyas partes izquierdas concuerden con el nodo raíz y usando sus partes derechas para crear los nuevos estados. De esta manera el proceso continúa hasta generar un estado que concuerde con el estado meta.

Este proceso se repite hasta que no existen más reglas aplicables o se haya alcanzado el objetivo. La eficacia del motor de inferencia reside en la pertinencia de la decisión tomada (regla elegida) durante la fase de selección.

En este método las reglas son sólo aplicables si su parte condición es satisfecha por la Base de Datos (BD). El siguiente procedimiento da la idea algorítmica de un módulo de aplicación de reglas sencillo que está basado en este enfoque.

Procedimiento *generar*:

- 1) Identificar el conjunto S de reglas aplicables.
- 2) Mientras S no sea vacío,
 - a) Seleccionar una regla R de S.
 - b) Aplicar R, generando los nuevos estados y añadiéndolos a la BD.
 - c) Si se generó el estado objetivo entonces TERMINAR y EXITO.
 - d) Si no, llamar nuevamente al procedimiento *generar*.
 - e) Eliminar R de S y anular el efecto de aplicar R.

Este proceso de encadenamiento hacia delante tiene un carácter no determinístico, pues el ordenamiento de las reglas aplicadas no está explícitamente definido en el caso de que el conjunto de reglas aplicables esté formado por más de una regla.

Este tipo de encadenamiento tiene algunas ventajas como:

- ✦ Facilita la formalización del conocimiento al hacer un uso natural del mismo.
- ✦ Deducción intuitiva.

Búsqueda con encadenamiento hacia atrás

En el encadenamiento hacia atrás se comienza a construir el árbol situando como raíz al estado objetivo. El siguiente nivel del árbol se genera encontrando todas las reglas cuyas partes derechas concuerden con el nodo raíz y usando las partes izquierdas para crear los nuevos estados. Todas estas son las reglas que generarían el estado que se quiere si pudieran ser aplicadas. Este proceso continúa hasta generar un estado que concuerde con el estado inicial.

En este enfoque el sistema centra su atención, únicamente, en las reglas que son relevantes para el problema en cuestión. En él, el usuario comienza especificando un objetivo mediante la declaración de una expresión E cuyo valor de verdad hay que determinar. El siguiente procedimiento da la idea algorítmica de un módulo simple de aplicación de reglas que utiliza este enfoque.

Procedimiento *validar*: Tiene como entrada a una expresión X.

- 1) Resultado:= falso
- 2) Identificar el conjunto S de reglas aplicables que tengan a X en su parte derecha.
- 3) Si S es vacío, entonces pedir al usuario que añada reglas a la base.
- 4) Mientras Resultado sea falso y S no sea vacío,
 - a) Seleccionar y eliminar una regla R de S.
 - b) C:= parte izquierda de R.
 - c) Si C es verdadero en la BD., entonces Resultado:= verdadero.
 - d) Si C no es ni verdadero ni falso en la BD., entonces
 - i) Llamar a *validar* pasándole como argumento a C.
 - ii) Si *validar* retornó verdadero, entonces Resultado:= verdadero.
- 5) RETORNAR VERDADERO.

Para ejecutar este procedimiento, el usuario pregunta por el valor de verdad de *validar* tomando como argumento la expresión E, donde E puede ser, por ejemplo, "N es divisible por 5". Lo primero que hace este procedimiento es identificar todas las reglas que tienen a E en el miembro derecho suponiendo que se hacen sustituciones apropiadas. Si no existen tales reglas, se pide al usuario que proporcione alguna. Si hay más de una regla, el sistema selecciona una, usando alguna estrategia de resolución de conflictos. Cuando una regla es seleccionada, su parte condición C es verificada con respecto a la BD. Si C es verdadera en la BD., entonces se establece la verdad de E y el proceso puede terminar con éxito. Si C es falsa en la BD., entonces no se puede utilizar R para establecer la verdad de E y se selecciona otra regla de S. Si C es desconocida (es decir no es verdadera ni falsa en la BD.), entonces se le considera como nuevo sub.-objetivo y se intenta establecer su valor de verdad llamando recursivamente a *validar* con C como argumento. Si *validar*(C) es verdadero, entonces la regla R es aplicable, se establece la verdad de E y el proceso puede terminar con éxito. Si *validar*(C) es falso, entonces se selecciona otra regla de S. Así, el proceso opera hacia atrás a partir del objetivo, intentando alcanzar sub.-objetivos que puedan establecer dicho objetivo por sí mismos.

El encadenamiento hacia atrás tiene algunas ventajas como:

- ✦ No solicita datos ni aplica reglas que no estén relacionadas con el problema en cuestión.
- ✦ El sistema plantea cuestiones únicamente cuando es necesario y después de haber explotado todas las posibilidades.
- ✦ El árbol de búsqueda es, normalmente más pequeño que en el caso del encadenamiento hacia adelante.
- ✦ El proceso es iterativo.

2.2.2 Búsquedas

En este apartado se mencionarán algunos métodos de búsqueda aplicados a las redes (grafos y árboles) dentro de la Inteligencia Artificial. En la Figura 2.2 de los anexos correspondientes a este capítulo se pueden observar los diferentes tipos de búsqueda, que representa una parte de la gran familia de procedimientos de búsqueda que existen, en él se muestra la asociación entre estos tipos de búsqueda.

Los procedimientos de búsqueda se dividen en Procedimientos Básicos y Procedimientos Óptimos, y a su vez estos se subdividen.

2.2.2.1 Procedimientos de Búsqueda Básicos: Ciegos. Informados heurísticamente

Procedimientos ciegos.

Estos procedimientos consisten en ir guardando en una lista los estados a los que se va llegando en la búsqueda, se termina en el algoritmo cuando se obtiene el estado meta o cuando la lista queda vacía, si se ha obtenido el estado meta la solución sería los estados que ella ha ido guardando en esa lista, es decir la solución sería la lista, si por el contrario la solución es vacía es porque la búsqueda se realizó sin obtener resultados porque no halló una solución. Se les llama métodos ciegos porque ellos siempre evalúan al primer nodo que se encuentren sin saber si este es el mejor o no.

- ✦ **La búsqueda en profundidad:** es buena siempre y cuando las trayectorias parciales improductivas no sean muy largas, esta búsqueda se introduce en el árbol extendiendo una trayectoria parcial a la vez.
- ✦ **La búsqueda en amplitud:** es buena siempre y cuando el factor de ramificación no sea muy grande, se propaga uniformemente en el árbol de búsqueda, extendiendo muchas trayectorias parciales en paralelo.
- ✦ **La búsqueda no determinista:** es eficaz cuando no se tiene la certeza de cual búsqueda, en profundidad o en amplitud puede ser mejor. Se mueve al azar en el árbol; toma una trayectoria parcial y la extiende al azar.

Procedimientos informados heurísticamente

Estos métodos usan una información adicional para establecer un criterio de selección del nodo o estado a procesar. Este conocimiento es una herramienta de gran valor en la búsqueda aunque puede no ser correcto, es precisamente a este conocimiento que no tiene certeza de estar correcto al que se le llama conocimiento heurístico. De ahí el nombre de búsqueda heurística.

- ✦ **Ascensión a la Colina:** este método es eficaz cuando se tiene una medida de la distancia de cada lugar a la meta, y existe la posibilidad de que una buena trayectoria se encuentre entre las trayectorias parciales que parecen ser buenas en cada punto alternativo. El procedimiento es semejante al de la búsqueda en profundidad, pero con una diferencia, los nodos sucesores son ordenados según el valor de la función mérito antes de adicionarse a la lista, es decir, que el nodo a ser procesado va a ser el mejor nodo sucesor según la función de mérito.
- ✦ **Búsqueda en haz:** es buena cuando se tiene la medida de la distancia a la meta, y es probable que una buena trayectoria se encuentre entre las trayectorias parciales que parecen ser buenas en todos los niveles. Esta búsqueda extiende el número fijo de trayectorias parciales en paralelo y elimina el resto. Esta búsqueda se parece a la búsqueda en amplitud en cuanto a que avanza nivel por nivel, pero se diferencia en que se mueve hacia abajo solo a través de los mejores nodos de cada nivel, y va ignorando los otros nodos.
- ✦ **Búsqueda Primero el Mejor:** en este método el criterio de selección es dado por el nodo en la lista que presenta mejor (mayor o menor) valor de la función de mérito. Es probable que las trayectorias encontradas en la búsqueda primero el mejor sean mas cortas que las halladas con otros métodos, ya que esta búsqueda siempre avanza desde el nodo que parece estar mas cercano al nodo meta, sin embargo hay que tener presente que puede ser probable que no es lo mismo que con certeza.

Estos procedimientos al igual que los métodos ciegos son adecuados para resolver problemas de localización.

2.2.2.2 Procedimientos de Búsqueda Óptima. Museo británico.

Procedimiento del Museo británico.

Este procedimiento consiste en encontrar todas las trayectorias posibles y seleccionar la mejor de ellas, para dar con la trayectoria más corta en una red. Existen métodos como el de la búsqueda en amplitud y en profundidad que buscan hasta que encuentren todas las soluciones, pero esto se hace fastidioso cuando los árboles de búsqueda son de amplitud y profundidad grandes, lo que ocurre muy a menudo; esta estrategia de búsqueda soluciona este tipo de problemas.

Búsqueda de Ramificación y Cota

Este método es el más eficiente de los métodos de búsqueda. Siempre se mantiene al tanto de todas las trayectorias parciales que compiten para su consideración posterior.

La más corta de ellas se extiende un nivel, creándose tantas trayectorias nuevas como ramas existan. Enseguida, se consideran estas trayectorias nuevas junto con las otras restantes, de nuevo se extiende la más corta, este proceso se repite hasta llegar a la meta a través de una trayectoria. Dado que la trayectoria más corta es la que siempre se escoge para su extensión, la trayectoria que primero encuentra la meta es probable que sea la óptima. Para convertir lo probable en cierto hay que extender todas las trayectorias parciales hasta que tengan longitud igual o mayor que la trayectoria completa más corta.

Procedimiento A*

El procedimiento A* es eficaz cuando la búsqueda de ramificación y cota con conjetura y la programación dinámica son buenas.

2.3 TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE

Muchos de los sistemas basados en reglas pueden aplicarse solo a situaciones deterministas. Sin embargo, hay casos prácticos que implican incertidumbre.

Por ejemplo en el diagnóstico médico, la presencia de algunos síntomas no siempre implica la existencia de una enfermedad dada, incluso aunque haya una fuerte evidencia sobre la existencia de esa enfermedad. Por ello, es útil extender la lógica clásica para incorporar incertidumbre. Esto ha sido realizado mediante la introducción de varias medidas para tratar la incertidumbre.

En el desarrollo de un proceso de razonamiento intervienen, al menos, tres elementos: el conocimiento sobre el dominio de aplicación, el método para procesar este procesamiento y ciertas observaciones vinculadas con el objeto de razonamiento.

Fuentes de Incertidumbre

La presencia de incertidumbre en los sistemas de razonamiento es causada por varias fuentes, entre ellas se pueden mencionar:

- Imprecisiones en la definición de los conceptos y sus relaciones que integran el conocimiento sobre el dominio de aplicación. Ejemplo: en un Sistema de Producción (SP), se puede ver como que las reglas de producción son inciertas.
- Imprecisiones y pobre seguridad de los instrumentos usados para hacer las observaciones.
- Imprecisiones del lenguaje de representación en el cual se trasmite la información. Ejemplo: la frase “a menudo” en la regla “Si el motor de su automóvil se sobrecalienta, entonces, a menudo, no hay suficiente líquido refrigerante en el sistema de enfriamiento.”
- Falta de idoneidad de un formalismo para representar cierta clase de conocimiento.
- Agregación de información desde múltiples fuentes. Ejemplo: puede haber una que no sea totalmente fiable como un profesor honesto pero despistado.
- Falta de seguridad en: si un elemento dado pertenece a un conjunto bien definido, o en: la pertenencia parcial de un elemento dado a un conjunto cuyas cotas no están definidas rigurosamente.
- El mundo relevante es realmente aleatorio. Ejemplo: el movimiento de los electrones en un átomo, la distribución de personas que caerán enfermas durante una epidemia o la distribución de las alturas de las personas.
- El mundo relevante no es aleatorio dada la suficiente cantidad de datos, pero nuestro programa no siempre tendrá acceso a todos esos datos. Por ejemplo, la probabilidad de éxito de un medicamento para combatir una enfermedad en un paciente concreto.

Durante el razonamiento, la incertidumbre proveniente de estas fuentes se combina produciendo resultados parciales y finales que tienen su propia incertidumbre. A este proceso se le llama **propagación de la incertidumbre**.

Existen varios métodos para trabajar la Incertidumbre entre los que se encuentran los aplicados a los sistemas de MYCIN y PROSPECTOR, el método de Hájek, la Lógica Difusa entre otros.

Para la realización de este trabajo se ha seleccionado el método de Hájek para el tratamiento de la incertidumbre, el mismo es implementado en prolog.

2.4 BASES DE LA PROGRAMACIÓN LÓGICA .FUNCIONAMIENTO DE PROLOG COMO MAQUINA DE INFERENCIA

La programación descriptiva ha sido, desde prácticamente el inicio de la Inteligencia Artificial, el paradigma por excelencia para el desarrollo de aplicaciones inteligentes. La programación descriptiva tiene dos ramas fundamentales, la programación lógica y la programación funcional. De ahí el nombre de la herramienta PROLOG (**Pro**graming in **Log**ic, en español, **Programación Lógica**).

El lenguaje **PROLOG** fue creado por Alain Colmenauer en la Universidad de Marsella en 1972. Se trata de un lenguaje declarativo frente a los lenguajes de programación más usuales que son procedurales. Los lenguajes declarativos, a diferencia de los procedurales, no describen secuencialmente el algoritmo de resolución del problema, sino que se limitan a describir los hechos conocidos y las relaciones existentes entre ellos.

Los lenguajes procedurales están orientados al "**cómo**" mientras que los declarativos están orientados al "**qué**". Es el lenguaje declarativo, en el caso que nos ocupa **PROLOG**, quien a partir de los datos introducidos deduce nuevos hechos y resuelve el problema automáticamente.

PROLOG tiene incluido, por tanto, un motor de inferencia que se encarga de realizar búsquedas en su base de hechos. Programar con **PROLOG**, por tanto, consiste en acertar hechos sobre objetos y preguntar al sistema sobre sus relaciones. Este lenguaje ha tenido una gran utilización (Francia, Gran Bretaña y Japón con el proyecto de 5ª generación, en el que se adoptó como lenguaje de programación **PROLOG**) siendo su principal aplicación el manejo de bases de datos relacionales junto con lenguajes de bases de datos de 4ª generación asociados a éstas.

El lenguaje de programación lógica antes mencionado realiza las búsquedas mediante la Búsqueda en profundidad, el proceso de inferencia utilizado en el presente trabajo es el encadenamiento hacia delante debido a que a partir de un conjunto de datos que constituyen los antecedentes podemos llegar a los objetivos también denominados consecuentes.

A continuación se explica como Prolog realiza el proceso de inferencia.

2.4.1 El Método de Resolución

El desarrollo alcanzado en el área de la demostración automática de teoremas, dio lugar al inicio de una línea de investigación en la que se plantea la simple especificación lógica de los procesos prescindiendo de la especificación de los procedimientos, quedando esta embebida en un software de interpretación de las especificaciones, de la misma forma que los compiladores de los lenguajes tradicionales suponen para el usuario la traducción al lenguaje de máquina.

El origen de estos métodos se encuentra en las técnicas de extracción de respuestas de los procesos de resolución iniciados por Green en 1969 y seguidos por Colmerauer (1972) y Kowalski (1974), que han dado lugar a la programación lógica, línea de desarrollo de software, válida tanto para la especificación de algoritmos como para modelos de Inteligencia Artificial.

En la Lógica Matemática existen varios métodos de demostración de fórmulas válidas y estructuras deductivas correctas. Uno de ellos es la resolución y en especial la llamada resolución lineal en que el resolvente de un paso constituye la primera cláusula para el siguiente.

La regla de resolución presenta la siguiente forma:

$$L1 \vee A1, \sim L2 \vee A2 \Rightarrow (A1 \vee A2) \omega$$

Donde:

$$\omega = \text{UMG de } \{L1, L2\}$$

El método de demostración por resolución es válido solo para demostrar la validez de un teorema, pero no permite obtener determinada información a partir de la demostración del mismo. Para esto se emplea una variante de la resolución del cálculo de predicados que es el método de extracción de respuestas desarrolladas por Green y Colmenauer a finales de los años 60.

Antes de realizar un análisis de la programación lógica es necesario hacer una breve caracterización del método de extracción de respuestas aplicado en la lógica matemática, debido a que los mismos son la base de dicho paradigma de la programación, en especial de Prolog.

El tipo de problemas a resolver con este método corresponde con aquellos donde se plantea un conjunto de afirmaciones y se pide contestar distintos tipos de preguntas:

1. **Probar un teorema:** Se propone una frase, y partiendo de un grupo de afirmaciones de partida, se pregunta si esta frase es cierta.

Por ejemplo, sabemos que Pedro, José y Luis son estudiantes de informática, y que todos los estudiantes de informática son amigos. Si ahora se preguntara ¿Pedro y Luis son amigos?, el sistema debe responder sí o no a la totalidad de la frase. En este caso debe responder que sí.

2. **Obtener una respuesta:** Si partiendo del ejemplo planteado en el caso anterior, se preguntara: ¿Quién es un amigo de Pedro? Este tipo de pregunta, conlleva a una respuesta constituida por un término, él que verifica o no un predicado de los involucrados en el conjunto de frases de partida.

El ejemplo que se expone a continuación ilustra lo antes planteado.

Se sabe que:

- ✦ Todos los estudiantes de informática son enemigos de cualquier biólogo.
- ✦ Todos los veterinarios son biólogos.
- ✦ Juan es estudiante de informática.
- ✦ Algunos estudiantes de ciencias son biólogos.

Contestar la pregunta:

¿Juan es enemigo de algún estudiante de ciencias?

Evidentemente, la forma de resolver este problema es proponer como conclusión lo que se desea comprobar y estudiar si la deducción correspondiente es o no correcta por cualquiera de los métodos de refutación estudiados.

Solución:

El primer paso para la solución del problema es obtener los predicados que componen la deducción.

$P(x)$: "x es biólogo".

$Q(x)$: "x es veterinario".

$R(x, y)$: "x estudia y".

$S(x, z)$: "x es enemigo de z".

En todos los casos, x y z pertenecen al dominio de las personas. y pertenece al dominio $\{a, b\}$. Donde a es la constante asociada a informática y b a las ciencias. j es la constante asociada a Juan.

$$\forall x \forall y (R(x, a) \cap P(y) \rightarrow S(x, y)), R(j, a), \forall x (Q(x) \rightarrow P(x)), \exists x (R(x, b) \cap P(x)) \Rightarrow \\ \exists y (R(y, b) \cap S(j, y))$$

Después de un largo proceso, que no es objetivo exponer en este artículo, se obtienen las cláusulas. Si es importante saber que para obtener la forma clausular es necesario obtener primeramente, a partir de una serie de transformaciones equivalentes, las Formas Normales de Prenex y de Skolem., para lo cual se utilizan un conjunto de reglas de equivalencia lógica.

1. $\sim R(x, a) \cup \sim P(y) \cup S(x, y)$ premisa
2. $R(j, a)$ premisa
3. $\sim Q(z) \cup P(z)$ premisa
4. $R(d, b)$ premisa
5. $P(d)$ premisa
6. $\sim R(v, b) \cup \sim S(j, v)$ premisa

Donde v, x, y, z son variables y a, b, d, j son constantes. Y 6 es la cláusula resultante de la negación de la conclusión.

Luego aplicando el método de resolución lineal se obtiene lo siguiente:

$$\begin{array}{lll} \sim R(j, a) \cup \sim P(v) \cup S(j, v) & \text{Unif. (6, 1)} & \omega = \{(x/j), (y/v)\} \\ \sim R(v, b) \cup \sim R(j, a) \cup \sim P(v) & \text{Res. (7, 1)} & \\ \sim R(v, b) \cup \sim P(v) & \text{Res. (8, 2)} & \\ \sim R(d, b) \cup \sim P(d) & \text{Unif. (9, 4)} & \omega = \{(v/d)\} \\ \sim P(d) & \text{Res. (10, 4)} & \\ \emptyset & \text{Res. (11, 5)} & \end{array}$$

Como se ha visto en este ejemplo, el primer tipo de respuesta, es decir si o no, es simple deducción automática, mientras que el segundo caso, al proponer respuestas concretas, constituye ya una formulación válida para la resolución de problemas, a continuación se verá como se tratan estas.

Se sabe que:

- ✦ Antonio va a los mismos sitios que Juan.
- ✦ Juan va al estadio del Cerro.

Contestar:

¿A qué sitio va Antonio?

Solución:

En este caso es preciso definir como base un dominio de personas y lugares y definir el predicado base.

$V(x, y)$: "x va al sitio y".

Donde x pertenece al dominio de las personas {a, j}; y pertenece al dominio de los lugares {c}.

Donde las constantes anteriores representan a:

a: "Antonio"

j: "Juan"

c: "estadio del Cerro"

La información dada se representa como sigue:

$\forall x (V(j, x) \rightarrow V(a, x)), V(j, c)$

¿Cómo se podría representar la pregunta, a qué sitio va Antonio?

La pregunta se refiere a identificar x en $V(a, x)$. Green en 1969 propuso un procedimiento de obtención de este término respuesta en base a un proceso de deducción del tipo siguiente: Si la pregunta es ¿A qué sitio va Antonio?, entonces, de las premisas anteriores debía deducirse que Antonio va a algún sitio. Es decir $\exists x V(a, x)$.

Ahora, si la deducción es correcta, debe existir un proceso de refutación de $\sim \exists x V(a, x)$, o lo que es lo mismo $\forall x \sim V(a, x)$, quedando entonces la siguiente Estructura Deductiva a demostrar como correcta:

$\forall x (V(j, x) \rightarrow V(a, x)), V(j, c) \Rightarrow \exists x V(a, x)$

Y la fórmula F1 a utilizar en la demostración sería:

$F1 = \forall x (V(j, x) \rightarrow V(a, x)) \wedge V(j, c) \wedge \forall x \sim V(a, x)$

A la Estructura Deductiva anterior le corresponde la siguiente Forma Clausular:

1. $\sim V(j, x) \cup V(a, x)$ Premisa
2. $V(j, c)$ Premisa
3. $\sim V(a, y)$ Premisa

Donde x, y son variables y a, j y c constantes.

Aplicando resolución se tendrá:

4. $\sim V(j, y) \cup V(a, y)$ Unif. (3, 1) $\omega = \{(x/y)\}$
5. $\sim V(j, y)$ Res. (4, 1)
6. $\sim V(j, c)$ Unif. (5, 2) $\omega = \{(y/c)\}$
7. \emptyset Res. (6, 2)

Por lo tanto, es deducible: $\exists x V(a, x)$. El éxito logrado hasta el momento sólo es parcial, ya que se ha demostrado que es correcto deducir que Antonio va a algún lugar, pero el interés es obtener a que lugar.

La idea de Green consiste en definir el predicado $\text{Res}(x)$, el cual quiere decir que x es la respuesta y traducir a una fórmula lógica la hipótesis razonable: “Si Antonio va al sitio x , x es la respuesta”, es decir $\forall x (V(a, x) \rightarrow \text{Res}(x))$ equivalente a $\forall x (\sim V(a, x) \cup \text{Res}(x))$. Entonces, en este caso, la acción a realizar será sustituir en la fórmula F1 la expresión $\forall x \sim V(a, x)$ por $\forall x (\sim V(a, x) \cup \text{Res}(x))$

$$F1 = \forall x (V(j, x) \rightarrow V(a, x)) \wedge V(j, c) \wedge \forall x (\sim V(a, x) \cup \text{Res}(x))$$

O, mejor aún, sustituir directamente en la premisa 3, del proceso de resolución antes mostrado, la cláusula $\sim V(a, y)$ por $\sim V(a, y) \cup \text{Res}(y)$. Procediendo en la forma antes indicada, se tendrá entonces:

1. $\sim V(j, x) \cup V(a, x)$ Premisa
2. $V(j, c)$ Premisa
3. $\sim V(a, y) \cup \text{Res}(y)$ Premisa
4. $\sim V(j, y) \cup V(a, y)$ Unif. (3, 1) $\omega = \{(x/y)\}$
5. $\sim V(j, y) \cup \text{Res}(y)$ Res. (4, 1)
6. $\sim V(j, c) \cup \text{Res}(c)$ Unif. (5, 2) $\omega = \{(y/m)\}$
7. $\text{Res}(c)$ Res. (6, 2)

Por tanto, el sitio donde va Antonio es al estadio del Cerro. Nótese que con la modificación realizada, el proceso de resolución no dará ahora la cláusula vacía sino que lo que se busca es la cláusula Res.

En la programación lógica se emplea este método para la darle solución a los disímiles problemas que se presentan. Es por eso que consideramos que para adentrarse en un análisis sobre este paradigma de la programación es necesario tener conocimientos de la Lógica de Predicados de Primer Orden, específicamente del método de extracción de respuestas como una extensión de método de demostración por Resolución Lineal.

2.4.2 El Método de Hájek para el Tratamiento de la Incertidumbre en Prolog

La forma en que MYCIN definió la manera de calcular las certezas fue realmente novedosa y paradigmática. Por su parte, surgieron otros modelos como Prospector, los Sistemas Difusos que se venían trabajando desde los años 60, etc.

Teniendo en cuenta todos esos desarrollos, Peter Hájek, matemático checo, presentó en los años 80 una teoría que permitía darle una base común a los diferentes modelos de tratar la incertidumbre que se venía trabajando.

De esta forma, se puede decir que la Teoría de Hájek es una generalización de las demás teorías, quedando las otras como casos particulares de esta. La idea central de este modelo es describir en términos matemáticos el concepto intuitivo de certidumbre, así como las operaciones en las que participa dentro del contexto de los sistemas basados en reglas.

Hájek supone que la certidumbre es un elemento de un conjunto ordenado y continuo que tiene dos elementos externos: la certeza absoluta de la presencia de un hecho y la certeza absoluta de su ausencia.

El problema que pretende resolver la Teoría de Hájek es similar al que resuelve MYCIN, con la excepción del problema de cómo obtener los valores de certeza a partir de las probabilidades. Esta obtención de los valores de las certezas de las reglas, Hájek no la toma en cuenta ni lo generaliza.

El resto de los aspectos como son: el cálculo de certezas o certidumbres de expresiones compuestas (negaciones, conjunciones, disyunciones), la propagación de certezas de antecedentes a consecuentes de reglas de producción, y el problema de la acumulación de evidencias de varias reglas, son los que reciben la atención de Hájek en su teoría que estudia y generaliza estos procesos.

A manera de ejemplo, suponga una Base de Conocimientos (BC) que está compuesta por las reglas siguientes.

- ✦ $A \rightarrow C$
- ✦ $B \rightarrow C$
- ✦ $D \text{ y } E \rightarrow B$

Si en esta BC nada más consideran valores extremos de certeza, bastaría con conocer la presencia de C si se fuera a utilizar solamente la Teoría de la Certidumbre (sólo V y F). Pero si se incluye el Modelo de Hájek de certidumbre entonces ya no basta. Hay que conocer cada uno de los aportes de A, B, D y E sobre la certidumbre de C para poder establecer una conclusión respecto a la presencia de C.

Por ejemplo suponga que las reglas tuviesen valores de certezas:

- ✦ $A \rightarrow C (Wc1)$.
- ✦ $B \rightarrow C (Wc2)$.
- ✦ $D \text{ y } E \rightarrow B (WB)$.

Ahora hay que realizar varios procesos que se pueden describir en la siguiente secuencia:

- ✦ Se debe preguntar a alguien (a la persona que consulta, a una base de datos o a un programa) cuál es la certidumbre sobre D y E.
- ✦ Ahora se deben integrar ambos valores para obtener la certeza del antecedente compuesto D y E. A este proceso Hájek le llamó conjunción y lo representó con la abreviatura CONJ.
- ✦ Con el valor integrado que da la certeza del antecedente compuesto y el valor *WB* asociado a la tercera regla que fue dado por el experto que hizo la BC, ahora se debe estimar la certidumbre de B. Este proceso es similar a lo que MYCIN definió como Acumulación de Evidencias. Hájek le llamó a este proceso Contribución de las premisas al consecuente y lo identificó con las siglas CTR.
- ✦ Con el valor de certeza de B, ahora se puede calcular la contribución de la certidumbre de B sobre la de C (de nuevo a través de CTR), teniendo en cuenta el valor *Wc2*.
- ✦ Después de preguntar a alguien la certidumbre respecto a A, hay que calcular su contribución sobre la de C (de nuevo CTR), teniendo en cuenta el valor *Wc1*.
- ✦ Por último, se deben combinar las contribuciones de A y B sobre C para arribar a un valor definitivo sobre la certidumbre de C. Este proceso es similar a la Acumulación de Evidencias definido en MYCIN. Hájek le llamó Global a este proceso, y lo identificó con las siglas de GLOB.

Como se observa se ha hecho un proceso de programación de certidumbre que va por toda la red que forman las reglas de producción de BC:

- Desde los puntos iniciales, datos u hojas (preguntas), ejemplo A, D y E.
- Hacia el punto más alto (objetivo final), en este caso C.
- Pasando por los niveles intermedios, en este caso B.

Dentro de este proceso hay dos procesos especialmente importantes. Se puede decir que la propagación puede verse en dos fases. Primero dentro de una regla, del antecedente al consecuente, es decir, cómo incide la certidumbre que se tenga sobre el antecedente en la certidumbre respecto al consecuente durante la consulta, conocido el valor de certidumbre de la regla definido por el experto (CTR). Y segundo, puesto que pueden existir varias reglas contribuyendo a un mismo hecho.

Elementos del modelo de Hajek.

Negación

Al igual que se hizo en MYCIN ahora se verán en detalle los elementos que permiten propagar certezas en el modelo de Hájek. Para el proceso de negar certezas o de negación de la certeza, Hájek lo generalizó como un proceso simétrico alrededor del centro del intervalo definido de certezas. En el caso en que el centro está en 0, el proceso de negar consiste simplemente en calcular el opuesto del valor actual, de esta manera, al igual que en MYCIN el proceso de negación queda de la manera siguiente:

$$\text{FC}(-x) = \text{NEG}(\text{FC}(x)) = -\text{FC}(x).$$

Puede observarse que, al igual que en MYCIN, los casos extremos se siguen cumpliendo. Por ejemplo, la negación de un Verdadero absoluto (1) da como resultado (-1) que es el Falso absoluto y viceversa.

Conjunción

El método más frecuente para seleccionar el valor único para una expresión formada por una conjunción de hechos simples es tomar la menor de las certidumbres de estos hechos.

Suponiendo que las certidumbres sobre P, Q y R durante la consulta son 0.5; 0.8; 0.2 respectivamente, se tomará 0.2 para caracterizar al antecedente en su conjunto. Si fuesen 0.5; -0.8; y 0.2, la certidumbre del antecedente es -0.8, ya que hay certeza de que Q está ausente y no se satisface la condición dada en el antecedente, es decir, que es falso que se cumpla la conjunción de los tres valores.

La forma de escoger el valor del antecedente, escogiendo la menor de las certidumbres que lo forman, es un criterio pesimista que intenta aumentar la seguridad de la decisión. Se asemeja a la definición de conjuntos difusos establecida por Lotfi Zadeh.

Resumiendo, para la conjunción de dos valores, Hájek asumió la misma fórmula definida en MYCIN y que es compatible con la Teoría Difusa, quedando:

$$\rightarrow FC(h1 \wedge h2) = \mathbf{CONJ}(FC(h1), FC(h2)) = \min.(FC(h1), FC(h2))$$

Aquí vuelven a quedar los casos extremos como casos particulares. Por ejemplo, la conjunción entre un V (1) y un F (-1) da como resultado F (-1, mínimo).

Disyunción

En el caso de las disyunciones, la selección se hace tomando el valor mayor, puesto que si cualquiera de ellas contribuye entonces se supone la mejor condición. Esto se interpreta correctamente si se entiende que se pregunta por la disyunción de varios valores, se está preguntando si al menos uno de ellos se cumple, por eso tiene sentido tomar el mayor de los valores de los hechos combinados en la disyunción. Es un criterio optimista similar al de unión de conjuntos difusos, también de Zadeh.

Por tanto, para la disyunción de dos valores, Hájek asumió una manera similar a la conjunción. Si para aquella asumió el mínimo entre ambos valores, para la disyunción asumió usar el máximo entre ambos valores, quedando por tanto:

$$\rightarrow FC(h1 \vee h2) = \mathbf{DISY}(FC(h1), FC(h2)) = \max.(FC(h1), FC(h2))$$

Aquí vuelven a quedar los casos extremos como casos particulares. Por ejemplo, la disyunción entre un V (1) y un F (-1) da como resultado V (1, que es el máximo de ambos).

2.4.3 Ventajas de Prolog como Máquina de Inferencia

En este apartado se presentan las ventajas que, a nuestro juicio, brinda Prolog como máquina de inferencia sobre otras herramientas desarrolladas con ese propósito.

En primer lugar se debe destacar la elegancia en la terminación de la aplicación. La mayoría de las máquinas de inferencia que existen son pobres en este aspecto, porque dedican todo su esfuerzo a los mecanismos de inferencia, sin embargo Prolog ofrece un poderoso mecanismo de inferencia, unido a una gran facilidad en la creación de interfaces con los usuarios, aunque desde el punto de vista del usuario la ventaja principal de este lenguaje de programación es la facilidad para programar, ya que se pueden escribir rápidamente y con pocos errores, programas claramente leíbles.

En segundo lugar, la facilidad de hacer interfaces con otros lenguajes de programación, este aspecto no se logra o se logra en forma muy poco convincente (en relación al uso de la memoria, parámetros de comunicación, etc.) con las herramientas que existen para el desarrollo de Sistemas Expertos, sin embargo Prolog es la excepción ya que brinda interfaces cómodas con lenguajes populares tales como Pascal, C y Ensamblador.

El tercer aspecto, se refiere a las facilidades de manipulación de bases de datos. Aunque existen “shell” profesionales que dan facilidades de acceso a archivos de bases de datos para hacer solicitudes determinadas, estas facilidades son muy restringidas, pero en Prolog se pueden lograr verdaderos sistemas de bases de datos combinando sus reglas con los predicados del tipo assert, record, bagof, etc.

Además es posible lograr comunicación con los ficheros escritos para los sistemas dBase, DataEase, o cualquiera otro con solo conocer sus estructuras internas y utilizar las muchas herramientas que, con ese fin, están escritas en C y Pascal aprovechando la ventaja enunciada en el punto anterior.

Un cuarto aspecto y de mucha importancia está ligado al hecho de que las aplicaciones Prolog son compiladas, lo que hace que el código de sus bases de conocimiento esté oculto a curiosos que le pueden ocasionar daños y mal funcionamiento al sistema.

El quinto aspecto tiene que ver con el anterior, ya que los sistemas que se entregan de forma independiente (“stand-alone”) son más rápidos y ocupan menos espacio en disco, ya que no necesitan la máquina de inferencia ni sus herramientas auxiliares, tales como: su compilador, algún editor de texto que pueda poseer, etc.

Como sexto punto se puede mencionar el control sobre la inferencia, en cualquier máquina de inferencia no se tiene mucho control sobre ella y muchas veces se siente esa necesidad, en Prolog los mecanismos de cortes, tijeras y repeat...fail hacen fácil controlarla.

Por último y como se demuestra en apartados anteriores, Prolog no posee un mecanismo propio para el cálculo de la certidumbre sino que introduce métodos ya creados para el tratamiento de la misma, pero esto no es una desventaja porque existen métodos de cálculo de certidumbre, los cuales se mencionaron en epígrafes anteriores, los cuales se utilizarán en el desarrollo si se toman en cuenta las facilidades que para cualquier programador presentan y que permiten escoger la forma de cálculo que se desee.

3 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

3.1 ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA

En el presente capítulo se estudiaron 5 metodologías de educación del conocimiento para la construcción de sistemas inteligentes, estableciéndose comparaciones entre las mismas que permitieron seleccionar la metodología IDEAL para implementar el SE.

3.1.1 Metodología de Buchanan

En la adquisición de conocimiento (de distintas fuentes: libros, expertos) el ingeniero de conocimiento procede a través de una serie de etapas para producir un SE.

En la metodología de Buchanan se destacan 6 etapas fundamentales:

1. Identificación

- Se identifican los participantes y roles, los recursos, fuentes de conocimiento.
- Se establecen las facilidades computacionales y presupuestos.
- Se identifican los objetivos o metas.

2. Conceptualización

- Se analizarán los conceptos vertidos por el Experto de Campo.

3. Formalización

- Se identifican los conceptos relevantes e importantes.
- El resultado de formalizar el diagrama de información conceptual y los elementos subproblemas es una especificación parcial para construir un prototipo de la base de conocimiento.

4. Implementación

- Se formaliza el conocimiento obtenido del Experto y se elige la organización, el lenguaje y el ambiente de programación.

5. Testeo

- Se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, verificándose la perfección del sistema.

6. Revisión del prototipo

- Se reformulan los conceptos.

- ✦ Se rediseña y refina el prototipo.

La característica más importante de esta metodología es la constante relación entre el Ingeniero de Conocimiento y el Experto de Campo.

3.1.2 Metodología de Grover

La metodología de Grover (1983) se concentra en la definición del dominio (Conocimiento, referencias, situaciones y procedimientos), en la formulación del conocimiento fundamental (reglas elementales, creencias y expectativas) y en la consolidación del conocimiento de base (revisión y ciclos de corrección). Tradicionalmente, la fase de adquisición de conocimiento (AC) en el desarrollo de un SE ha tomado dos enfoques, en el primero, un modelo existente provisto para el nuevo dominio es usado para desarrollar una base de conocimientos, en el segundo método se forma un equipo donde el experto del dominio y el ingeniero de conocimiento intercambian opiniones hasta construir un modelo del cuerpo de conocimiento y un sistema comparable en perfección al especialista humano.

Esta metodología propone una serie de etapas en el desarrollo del proceso de adquisición del conocimiento, cada una de las cuales va acompañada de una documentación detallada.

Se distinguen tres etapas:

1. Definición del dominio.
2. Formulación del conocimiento fundamental.
3. Consolidación del conocimiento Basal.

En la Fig. 3.1 se puede observar el ciclo de vida de esta metodología. La característica más importante de esta metodología es la obtención de documentación que puede reemplazar parcialmente al experto, y servir a los diseñadores y usuarios como medio de documentación y referencia.

3.1.3 Metodología de Brule

La realización de los Sistemas Expertos en ocasiones no es realizada de una forma correcta, pues no se le da la debida importancia a la construcción del sistema informático. Es por esto que en la mayoría de los casos el problema se centra en la construcción del software y no en la adquisición del conocimiento.

Esta metodología consta de 7 etapas fundamentales:

1. Pre-planeamiento: Donde se define el problema, se investiga la factibilidad del proyecto, el costo de conducción, probabilidad de éxito.
2. Diseño y especificación: Se crea el equipo de trabajo, estructuran las perspectivas, se planifica la primera sesión y se define la perspectiva inicial del modelo mediante la creación de un prototipo demostrativo.
3. Desarrollo temprano: El equipo realiza su primer esfuerzo de desarrollo. El final de esta será un diseño relativamente estable.
4. Implementación: Donde si el diseño es satisfactorio, comienza la implementación. Es un proceso interactivo, definición del sistema, construcción e implementación.
5. Evaluación: Se verifica y valida el SE y se establece la performance del sistema.
6. Supervisión: Consiste en un testeo en línea, en un ambiente limitado y controlado.
7. Mantenimiento: En todo sistema se requiere de un mantenimiento para poder existir y/o progresar, como así también la actualización del sistema.

La característica más importante de esta metodología es el desarrollo de un SE temprano, que incrementalmente converge al SE final.

3.1.4 Metodología de Blanqué-García Martínez (1992)

Esta metodología consta de 5 etapas:

1. **Adquisición del conocimiento:** Esta etapa consiste en pedirle al experto de campo que hable sobre el conocimiento involucrado, recordándole al experto que el ingeniero de conocimiento es lego en el tema.
2. **Enunciación de conceptos:** En esta etapa se debe tomar nota de los conceptos más frecuentemente utilizados. Esto se logra observando la recurrencia del experto de campo sobre determinadas ideas, en esta etapa, la experiencia ha demostrado la conveniencia de mostrar una lista de tales conceptos al experto de campo y que él realice una clasificación del tipo:
 - ✦ Conceptos primarios y secundarios
 - ✦ Conceptos primarios, vinculantes y secundarios.
3. **Parametrización de conceptos:** Tomar los valores que se encuentran asociados a los conceptos.

4. **Planteo de causalidades:** Se establecen las relaciones de causalidad entre los distintos conceptos por medio de grafos causales y luego de esto se redactan las reglas asociadas.
5. **Verificación:** Consiste en la verificación de la aceptabilidad de las reglas con el experto de campo. Se puede realizar usando casos de testeo que sean considerados típicos, se comparan los resultados con los datos para los mismos casos por los expertos humanos, y en base a la comparación se decidirá si se modifican, eliminan o aceptan las reglas involucradas.

La característica más importante es la etapa de planteo de causalidades, ya que los grafos de causalidades son una excelente herramienta para la representación del conocimiento previo a la formalización de reglas y la verificación, ya que compara el procedimiento que realiza el experto de campo con el que realizará el sistema.

3.1.5 Metodología IDEAL

Este método fue desarrollado por Pazos [1996] en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. El nombre de esta metodología viene dado por las fases de su desarrollo:

- Identificación de las tareas.
- Desarrollo de los prototipos.
- Ejecución de la construcción del sistema integrado.
- Actuación para conseguir el mantenimiento perfectivo.
- Lograr una adecuada transferencia tecnológica.

Consta de las siguientes fases:

Fase I. Identificación de la tarea

1. Plan de requisitos y adquisición de conocimientos.
2. Evaluación y selección de la tarea.
3. Definición de las características de la tarea.

Fase II. Desarrollo de los prototipos

1. Concepción de la solución.
2. Adquisición y Conceptualización.
3. Formalización y definición de arquitectura.

4. Implementación del prototipo.
5. Validación y evaluación del prototipo.

Fase III. Ejecución de la construcción del sistema integrado

1. Requisitos y diseño de la integración.
2. Implementación y evaluación del sistema integrado.
3. Aceptación del sistema por el cliente

Fase IV. Actuación para conseguir el mantenimiento perfectivo

4. Definir el manteniendo global del sistema.
5. Definir el mantenimiento de la base de conocimientos.
6. Adquisición de nuevos conocimientos y actualización del sistema.

Fase V. Lograr una adecuada transferencia tecnológica

1. Organizar la transferencia tecnológica
2. Completar la documentación del SBC construido

En las Fig. 3.2 y 3.3 respectivamente se puede observar dos vistas diferentes del ciclo de vida de la Metodología a la cual se hace referencia en este apartado, la metodología IDEAL.

En el presente trabajo de diplomas se verá en detalles las etapas que contienen educación del conocimiento (Fases I y II). Considerando que con la realización de las dos primeras etapas se puede llegar a un prototipo del sistema, que será el presentado y defendido por este trabajo.

Fase I. Identificación de la tarea

La fase I considera la definición de los objetivos del proyecto de SE y determina si la tarea asociada es susceptible de ser tratada con la tecnología de Ingeniería del Conocimiento. En caso afirmativo se definen las características del problema y se especifican los requisitos que enmarcan la solución del problema.

Esta fase se subdivide en las siguientes etapas:

- ✦ Plan de requisitos y adquisición de conocimientos: Lo primero que debe hacer el ingeniero de conocimiento es tratar de identificar las necesidades del cliente describiendo para ello, los objetivos del sistema.
- ✦ Evaluación y selección de la tarea: Esta etapa, que conforma el «estudio de viabilidad», se lleva a cabo realizando la evaluación de la tarea, cuantificando dicha evaluación para ver qué grado de dificultad presenta la tarea. Existen, varias formas de llevar a cabo dicha evaluación. Esta etapa es fundamental para evitar fallas.
- ✦ Definiciones de las características de la tarea: Aquí, se establecen y, eventualmente, definen las características más relevantes asociadas con el desarrollo de la aplicación.

En esta última etapa queda configurada la especificación del sistema. Mientras que en la primera etapa (plan de requisitos) se describen mini-especificaciones que sirven de base para la evaluación de la tarea que se lleva a cabo en la segunda etapa. En la última etapa se completa la especificación con los conocimientos iniciales que se tienen del sistema.

Con la definición de la primera fase, los ingenieros de conocimiento, los expertos, usuarios y directivos, consiguen perfilar satisfactoriamente el ámbito del problema; definir coherentemente sus funcionalidades, rendimiento, e interfaces; analizar el entorno de la tarea el riesgo de desarrollo del SE. Todo ello hace que el proyecto se justifique y asegura que los ingenieros de conocimiento y los clientes tengan la misma percepción de los objetivos del sistema.

En cualquier caso, siempre hay que tener presente que las especificaciones iniciales de los sistemas basados en conocimiento suelen ser inciertas por: incompletas, imprecisas, inconsistentes o contradictorias por lo que su obtención real y completa exigirá el desarrollo de distintos prototipos.

La fase II, Desarrollo de los prototipos, concierne al desarrollo de los distintos prototipos que permiten ir definiendo y refinando más rigurosamente las especificaciones del sistema, de una forma gradual hasta conseguir las especificaciones exactas de lo que se puede hacer y cómo realizarlo. Pero aún más, pues en el desarrollo de los distintos prototipos suceden muchos problemas a los que el ingeniero de conocimiento se enfrenta por primera vez y a los que hay que dar solución.

La construcción relativamente rápida de un prototipo de demostración permitirá al ingeniero de conocimiento, al experto y directivos comprobar la viabilidad de la aplicación y comprender mejor los requisitos de los usuarios y las especificaciones del sistema. Es decir, conocer mejor la problemática de la aplicación.

A continuación se establecen paulatinamente los prototipos de: investigación, campo y operación, que son sucesivos refinamientos cada uno del anterior. Para llevar a cabo estos prototipos hay, que realizar distintas etapas. Existiendo ligeras diferencias entre las etapas del prototipo de demostración y los otros. Dicho esto, para el desarrollo del prototipo de demostración hay que llevar a cabo las etapas siguientes:

1. Concepción de la solución: Esta etapa tiene como objetivo producir un diseño general del sistema prototipo. Inicialmente, el ingeniero de conocimiento y, el experto estudian las especificaciones parciales del sistema y el plan del proyecto obtenidas en la fase anterior y, en base a ellos, producen un diseño general.
2. Adquisición de conocimientos y conceptualización de los conocimientos: Aunque la adquisición de conocimientos es una actividad que impregna toda la ingeniería de conocimiento, desde que se inicia el estudio de viabilidad hasta que finaliza el uso del SE desarrollado, es en esta etapa donde adquiere su mayor uso. La adquisición, en sus dos facetas de extracción de los conocimientos públicos de sus fuentes (libros, documentos, manuales de procedimientos) y la educación de los conocimientos privados de los expertos, se alterna cíclicamente con la etapa de conceptualización para modelar el comportamiento del experto.
3. Formalización de los conocimientos: Esta etapa presenta dos actividades fundamentales: La selección de los formalismos para representar los conocimientos que conforman la conceptualización obtenido en la etapa anterior y la realización del diseño detallado del SE.
4. Implementación: Si en la etapa anterior se seleccionó una herramienta de desarrollo adecuada y el problema se ajusta a ella y viceversa, la implementación es inmediata y automática. En otro caso, es necesario programar, al menos, parte del sistema basado en conocimiento, con las dificultades y problemas que implican cualquier implementación.

5. Validación y Evaluación: La fiabilidad de los resultados es, tal vez, el punto más sensible de todo SE y por tanto su punto crítico. Es una de las tareas más difíciles dado que estos sistemas están contruidos para contextos en los que las decisiones son, en cierta medida, discutibles. Sin embargo, existen técnicas que permiten realizar esta validación de una forma satisfactoria. En esta etapa se llevan a cabo dicha pruebas al prototipo del sistema obtenido.
6. Definición de nuevos requisitos, especificaciones y diseño: Como ya se ha mencionado, los sistemas basados en conocimiento se construyen de forma incremental, primero un prototipo de investigación, que se convierte en un prototipo de campo para, finalmente, resultar un prototipo de operación. Esta etapa se corresponde con la definición de los requisitos, especificaciones y diseño del siguiente prototipo, que para ser construido deberá pasarse, de nuevo, por la etapa 1 y 2. Esta fase acaba con la obtención del SE completo.

La importancia de la metodología IDEAL radica en que fue construida de la unión de los puntos fuertes de las metodologías anteriores.

3.2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE IDEAL

Una vez analizado el epígrafe anterior la metodología seleccionada para el desarrollo de este sistema, es la metodología IDEAL ya que esta cuenta con la ventaja de tomar los puntos fuertes de todas sus antecesoras.

La metodología IDEAL incorpora un ciclo de vida en espiral cónico en tres dimensiones y se ajusta a la tendencia del software actual de:

- ✦ Ser Reutilizable.
- ✦ Ser Integrable.
- ✦ Poseer Requisitos Abiertos.
- ✦ Diversidad de Modelos Computacionales.

Una vez conocidas las fases y las etapas que componen esta metodología se expondrá una breve descripción de las diferentes etapas del ciclo de vida desarrolladas en el presente trabajo de diploma.

- **Estudio de Viabilidad:** Cuando se intenta dar solución a una problemática determinada mediante la tecnología de Sistemas Expertos, previamente debe evaluarse si la tarea es abordable en el campo de la Ingeniería del Conocimiento. Es decir, debe analizarse si el desarrollo es Plausible, Justificable, Adecuado y procura garantizar su Éxito.
- **Adquisición de Conocimientos:** Los problemas solucionados con la tecnología de la Ingeniería del Conocimiento intentan imitar a través de un software, el quehacer de un experto humano al desempeñar una determinada tarea. Una de las actividades que requiere mayor esfuerzo, por su complejidad es la extracción y deducción de conocimientos, por medio de la cual se intenta descubrir el dominio de la aplicación, el problema y el proceso de solución al problema.
- **Conceptualización:** En esta fase se describe el proceso de organización de los conocimientos adquiridos. Esta actividad está constituida por dos tareas fundamentales: El análisis (basada en la detección de conocimientos estratégicos, tácticos y fácticos) y la actividad de Síntesis, donde quedan expresados dichos conocimientos en forma estructurada.
- **Formalización:** Está concebida para lograr una adecuada representación de los conocimientos, garantizando su correcta manipulación. Es el primer acercamiento a la máquina en lo que respecta a su implementación.
- **Implementación del Prototipo:** Desarrolla la transformación de los conocimientos representados en el modelo formal, en un modelo computable.
- **Evaluación del Prototipo:** Establece el grado de experiencia alcanzado por el sistema. De manera tal que los expertos en el área que han, o no han participado del desarrollo del proyecto se comprometen a evaluar el desempeño del sistema, tratando de vislumbrar la calidad de asistencia que brinda el SE ante diferentes casos de problema a resolver por software. También se evalúa la amplitud y generalidad de marcos compuestos que posee el repositorio y cómo el sistema guía su uso.

Para el presente trabajo de diploma se desarrollarán las fases I y II de la metodología, obteniendo el primer prototipo del sistema.

Como se decía anteriormente en la Fase I: Identificación de la Tarea, se elabora el plan de requisitos: Documento en el cual quedan plasmadas las necesidades del usuario utilizando todo el espectro de técnicas que brinda la adquisición de conocimientos.

Mediante el Estudio de Viabilidad, se estudia las cuatro dimensiones a saber: Plausibilidad, Adecuación, Justificación y Éxito del problema al cual se le intenta dar solución, determinando que el mismo puede ser resuelto utilizando la Ingeniería del Conocimiento. Una vez justificada la utilización de la ingeniería de conocimiento para el desarrollo del proyecto se procede a la definición de las características de la tarea.

En la fase II se desarrolla un primer prototipo del sistema informático que luego se perfecciona gradualmente hasta lograr el prototipo final del sistema.

En las primeras etapas de esta fase, Concepción de la Solución y Descomposición en subproblemas, se elabora un diseño general del prototipo en conjunto con los expertos considerando las especificaciones del sistema y el plan de requisitos elaborado en la primera fase de la metodología.

Posteriormente se procede con la Adquisición de Conocimientos para obtener los conocimientos públicos y educir los conocimientos privados de los expertos, que son modelados en la etapa de Conceptualización.

La Formalización de los Conocimientos determina los modelos de representación adecuados, que permiten definir el diseño detallado del SE (motor de inferencia, bases de conocimiento, interfaces, etc.).

La herramienta de implementación del SE es el LPA WinProlog. Una vez construido el SE, se procede a la Evaluación, utilizando casos de prueba suministrados por los expertos. En base a los resultados obtenidos se definen nuevos Requisitos y se continúa con el siguiente prototipo

3.3 ESTUDIO DE VIABILIDAD

El estudio de viabilidad nos permite determinar si el problema planteado puede ser resuelto mediante un SE. Se evalúan los aspectos que nos permiten determinar la Plausibilidad, Adecuación, Justificación y Éxito que caracterizan al problema utilizando el Test de Viabilidad propuesto por la Metodología IDEAL.

Dicho test está conformado por un conjunto de características, a las cuales el Ingeniero de Conocimiento debe asignar valores, de acuerdo al grado de comprensión que este posee del problema, de los expertos, usuarios finales y colaboradores del proyecto.

El test utiliza las siguientes dimensiones:

1. **Plausibilidad:** Constituye uno de los requisitos más importantes, es una condición necesaria para que existan verdaderos y genuinos expertos en el área del problema. Estos expertos deberían estar totalmente disponibles para trabajar en el proyecto y propiciar la mayoría de la experiencia necesaria. Además es imprescindible que el experto sea cooperativo y capaz de articular sus conocimientos y modos de razonamiento. Es muy importante disponer de un conjunto de casos de prueba que permitan observar en situaciones cómo los expertos resuelven el problema, de manera que sea más sencillo entender el proceso real tal como es, así como los conocimientos reales que utilizan.
2. **Justificación:** El esfuerzo de desarrollo de un SE, se justifica por ejemplo cuando la tarea del experto debe realizarse en entornos hostiles o bien, cuando hay escasez de experiencia humana y esa experiencia es necesaria en más de un lugar simultáneamente. Otra justificación para el desarrollo de un SE es la pérdida de la experiencia.
3. **Adecuación:** Para que el desarrollo de un SE resulte adecuado, la naturaleza de las tareas a resolver deben estar orientadas a metas y a afectar como mínimo o indispensable a las organizaciones, como por ejemplo cuando se necesitan unos conocimientos que son subjetivos, cambiantes, simbólicos, dependientes de los juicios particulares de las distintas personas, o son de naturaleza heurística. Si se cumple alguna de las condiciones mencionadas entonces el problema se ajusta para ser tratado con un SE.
4. **Éxito:** Existen otras cuestiones no técnicas a tener en cuenta para decidir aplicar la Ingeniería del Conocimiento en la resolución de un problema, como por ejemplo que los directivos están mentalizados de la importancia y la ciencia de la tecnología, y, por lo tanto, tienen expectativas realistas, que el SE sea finalmente ubicado en el lugar correcto para cumplir su función, que los usuarios lo acepten como una herramienta que mejora su calidad laboral, y que los expertos concuerden en sus soluciones.

3.3.1 Cálculo de Viabilidad

El método es de tipo métrico, usa ponderaciones, utiliza la media armónica e incorpora la manipulación de valores lingüísticos mediante intervalos difusos, con los que, además, se pueden definir operaciones básicas de cálculos.

El método integra tres tipos de valores para las características: booleanos, que podrán tener los valores Sí o No, numéricos en el intervalo $[x, y]$; y lingüísticos.

Se trata de conservar la naturaleza de cada tipo de valor por lo que cada uno es traducido a un intervalo difuso, desarrollándose todos los cálculos con dichos intervalos. Esto es porque el cerebro humano piensa, en general, con valores lingüísticos en vez de valores numéricos.

Los valores lingüísticos se podrán tomar de entre un conjunto de los cinco valores siguientes: " nada", "poco", "regular", "mucho", "todo". Cuanto más verdadera parece la característica, mayor valor se le asigna, es decir, "mucho" o "todo", "poco" o "nada" se da a características que parecen falsas. Finalmente, el valor "regular" es para los casos en los que no se sabe muy bien.

Estos valores lingüísticos se pueden ver como cuantificadores de las características y a cada uno de ellos se ha asociado un intervalo difuso, que será determinado por los puntos que se observan en la Tabla 3.1 de los anexos de este capítulo. Todos los valores lingüísticos se han traducido en valores difusos. El intervalo dentro del cual se expresarán todos los valores difusos es $[0,10]$.

Las características poseen otros componentes indicativos de su naturaleza, que hay que tener en cuenta para su consideración y uso en el Test de Viabilidad.

Dichas características son:

- **Categoría:** es únicamente de carácter indicativo y muestra a qué o a quién se referirá la característica. Puede ser a la Tarea, a los Directivos/Usuarios o a los Expertos.
- **Peso:** Permite dar una importancia relativa a cada característica en la globalidad del test. El peso tiene dos componentes, una de carácter numérico que puede tomar valor entero en el intervalo $[1,10]$. La otra de carácter binario toma el valor (+) si la importancia relativa que aporta la característica favorece la construcción del SE, y el valor (-) si hace disminuir el grado de interés en el desarrollo del SE.
- **Tipo:** una característica puede ser de dos tipos: deseable o esencial y muestra su importancia. Si es vital para el proyecto, es esencial, una característica de este tipo deberá superar un valor de umbral, de lo contrario el proyecto deberá ser inmediatamente abandonado. En otro caso la característica se considera deseable.

- **Naturaleza del valor asociado a la característica puede ser:** booleano, numérico o lingüístico.
- **Umbral:** Es una referencia para características esenciales. El valor del umbral es fijo, pero no necesariamente igual para todas las características y es de la misma naturaleza que el valor de las características.
- **Valor:** para cada proyecto concreto hay que asignar un valor a cada característica dentro del conjunto de valores adecuados para cada naturaleza.

3.3.2 Funcionamiento de la técnica

La representación de los valores en intervalos difusos según los puntos angulares mencionados anteriormente, permiten trabajar con estos como si fueran valores numéricos.

La media armónica proporciona los valores más aceptables para el problema, con el único inconveniente que si hay un valor "cero" en el conjunto de los valores de los que se hace la media, el resultado obtenido es "cero". Esto se soluciona haciendo la media armónica y la media aritmética del conjunto de intervalos y luego, hacer la media aritmética de los dos intervalos obtenidos.

Es decir:

Donde:

$$VC_i = \frac{1}{2} \frac{\sum_{k=1}^{r_i} P_{ik}}{\sum_{k=1}^{r_i} V_{ik}} + \frac{1}{2} \frac{\sum_{k=1}^{r_i} P_{ik} V_{ik}}{\sum_{k=1}^{r_i} P_{ik}}$$

VC_i : Valor Global de la aplicación en una dimensión dada.

V_{jk} : Valor de la característica k en la dimensión j.

P_{jk} : Peso de la característica k en la dimensión j.

r_i: número de la característica en la dimensión j.

La Justificación del proyecto es importante únicamente antes de que empiece el desarrollo del sistema. Si una sola característica de justificación tiene un valor muy alto, enteramente está justificado el desarrollo del SE.

Para determinar la evaluación de viabilidad del proyecto, se calculará el valor final, mediante la media aritmética ponderada de los valores obtenidos para cada dimensión con los pesos:

8 Para Plausibilidad y Adecuación.

3 Para Justificación.

5 Para Éxito.

Con la fórmula siguiente:

$$V_f = \frac{\sum_{i=1}^4 P_i V_i}{\sum_{i=1}^4 P_i}$$

El desarrollo del SE es aceptado si el calculo de viabilidad es mayor que 6.

3.3.3 Análisis del TEST de Viabilidad

La siguiente tabla muestra las evaluaciones de las características, realizadas para cada dimensión.

Característica	Categoría	Dimensión	Peso	Tipo	Naturaleza	Umbral	Valor
Existen verdaderos y genuinos expertos.	expertos	PI1	+8	esencial	booleano	Si(si)	si
Los expertos pueden proporcionar la mayoría de la experiencia necesaria.	expertos	PI2	+8	deseable	booleano	no	si
Los expertos son cooperativos.	expertos	PI3	+6	esencial	lingüístico	Si (mucho)	Mucho
Los expertos son capaces de articular sus métodos y procedimientos de trabajo.	expertos	PI4	+6	esencial	lingüístico	Si (mucho)	Mucho
Se dispone de suficientes casos de prueba y sus soluciones.	tarea	PI5	+7	esencial	numérico	Si(9)	9
La tarea esta bien estructurada y se entiende.	tarea	Ju1	+6	deseable	lingüístico	no	regular
La tarea no requiere de sentido común.	tarea	Ju2	+5	esencial	numérico	Si (7)	7
La tarea requiere de experiencia.	tarea	Ju3	+6	esencial	lingüístico	Si (todo)	todo
Hay escasez de experiencia humana.	experto	Ju4	-5	deseable	lingüístico	no	regular
Se espera una alta tasa de recuperación de la inversión.	tarea	Ju5	-2	Deseable	numérico	no	5
Existe pérdida de la experiencia humana.	experto	Ju6	-4	esencial	lingüístico	Si (regular)	regular

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Característica	Categoría	Dimensión	Peso	Tipo	Naturaleza	Umbral	Valor
No existen soluciones alternativas.	tarea	Ju7	-5	Esencial	booleano	Si(si)	si
Hay necesidad de distribuir los conocimientos.	tarea	Ju8	+5	Deseable	lingüístico	no	mucho
Resuelve una tarea útil y necesaria.	tarea	Ad2	+6	Esencial	lingüístico	Si (mucho)	mucho
Problemas similares se han resuelto mediante la ingeniería del conocimiento.	tarea	Ad3	+10	Deseable	booleano	no	si
La transferencia de experiencia entre humanos es factible.	expertos	Ad4	+9	Deseable	lingüístico	no	mucho
Los efectos de introducir el SE no pueden preverse.	tarea	Ad5	-2	Deseable	lingüístico	no	poco
La tarea requiere razonamiento simbólico.	tarea	Ad6	+5	Esencial	lingüístico	Si (regular)	regular
Se espera que la tarea continúe sin cambios significativos durante un largo período de tiempo.	tarea	Ad7	+4	Deseable	booleano	no	si
El problema es relativamente simple o puede descomponerse en subproblemas.	tarea	Ad8	+8	Esencial	lingüístico	Si (mucho)	mucho
La tarea requiere de investigación básica.	tarea	Ad9	+6	esencial	booleano	Si(si)	si
Es conveniente justificar las soluciones adoptadas.	tarea	Ad10	+3	deseable	booleano	no	si
Existe una ubicación idónea para el SE.	directivos	Ex1	-5	deseable	booleano	no	si
La inserción del sistema se efectúa sin traumas, es decir, apenas se interfiere en la rutina cotidiana.	usuarios	Ex2	-4	deseable	lingüístico	no	5
Se dispone de experiencia en ingeniería del conocimiento.	tarea	Ex3	-2	esencial	lingüístico	Si(poco)	poco

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Característica	Categoría	Dimensión	Peso	Tipo	Naturaleza	Umbral	Valor
Se dispone de los recursos humanos, hardware y software necesarios para el desarrollo e implantación del sistema.	directivos	Ex4	+3	deseable	lingüístico	no	6
El experto resuelve el problema actualmente.	experto	Ex5	+10	esencial	booleano	Si(si)	si
La solución del problema es de primer orden para la institución.	tarea	Ex6	-4	deseable	numérico	no	6
Las soluciones son explicables.	tarea	Ex7	+9	esencial	booleano	Si(si)	si
Los objetivos que persigue el sistema están bien definidos.	tarea	Ex8	+6	Esencial	lingüístico	Si()	7
Los conocimientos fueron adquiridos por un grupo de especialistas.	expertos	Ex9	+9	esencial	booleano	Si(si)	si
Todas las partes están de acuerdo con el funcionamiento del SE.	Directivo/ expertos	Ex10	+7	deseable	booleano	no	si
Los expertos convergen en métodos y soluciones.	expertos	Ex11	+7	esencial	lingüístico	Si (mucho)	mucho
Los expertos se sienten bien con la realización del sistema.	expertos	Ex12	+6	deseable	booleano	no	si
El nivel de formación requerido por los usuarios del sistema es elevado.	usuario	Ex13	-2	deseable	lingüístico	no	poco
La relación entre el ingeniero de conocimiento y los expertos es buena.	Directivos / expertos	Ex14	+8	esencial	lingüístico	Si (mucho)	mucho
El proyecto forma parte de otros sistemas.	tarea	Ex15	-1	deseable	booleano	no	nada
Se efectuará una adecuada transferencia tecnológica.	tarea	Ex16	+5	esencial	booleano	Si(si)	si
Lo que cuenta en la solución es la calidad de la respuesta.	tarea	Ex17	+5	deseable	booleano	no	si

Tabla 3.2: Tabla de evaluación para cada dimensión.

3.3.4 Cálculo de los intervalos correspondientes a cada dimensión.

Se exponen a continuación los resultados obtenidos para cada una de las dimensiones analizadas. En los anexos de este trabajo de diploma se detalla bien cada uno de los cálculos realizados para obtener tales resultados.

Dimensión de Plausibilidad

$$V_r = (8.27, 8.24, 9.46, 9.63)$$

Dimensión de Justificación

$$V_r = (7.8, 8.8, 9.46, 9.63)$$

Dimensión de Éxito

$$V_r = (3.92, 4.4, 4.78, 4.88)$$

Dimensión de Adecuación

$$V_r = (3.25, 3.47, 3.7, 3.88)$$

Finalmente una vez obtenidos los intervalos resultantes de las cuatro dimensiones, se efectúa el cálculo final para determinar la viabilidad general del proyecto.

El intervalo final da como resultado:

$$V_f = (5.63, 6.07, 6.63, 6.77)$$

Se procede a evaluar dicho intervalo en la siguiente función:

$$\frac{5.63 + 6.07 + 6.63 + 6.77}{4} > 6$$

Obteniéndose un resultado final de **$V_f = 6.3$**

Dado que el resultado final del Cálculo de Viabilidad es mayor que 6, se puede decir que el proyecto es totalmente viable.

3.4 JUSTIFICACIÓN DEL ANÁLISIS DE VIABILIDAD

3.4.1 Dimensión de Plausibilidad

Característica PI1: Existen verdaderos y genuinos expertos

Análisis: Se disponen de personas en el ámbito universitario que tienen basta experiencia en la materia y que son únicos en su puesto.

Valor: Si

Característica PI2: Los expertos pueden proporcionar la mayoría de la experiencia necesaria.

Análisis: Los expertos son personas muy bien preparadas y con alto nivel profesional por lo que poseen y nos proporcionan experiencia necesaria.

Valor: Si

Característica PI3: Los expertos son cooperativos.

Análisis: Los expertos son personas muy cooperativas porque están en toda disposición de ayudar en lo que sea necesario para la eficiente realización de esta tarea.

Valor: Mucho

Característica PI4: Los expertos son capaces de articular sus métodos y procedimiento de trabajo.

Análisis: Los expertos son profesionales que llevan años dedicados por entero a su profesión, lo que se puede asegurar que son capaces de estructurar sus métodos y procedimientos de trabajo.

Valor: Mucho

Característica PI5: Se dispone de suficientes casos de prueba y sus soluciones.

Análisis: Se han realizado 70 encuestas a las féminas que han asistido a las consultas de ginecología las cuales proporcionaron el conjunto de síntomas de las enfermedades, los cuales serán utilizados como casos de prueba.

Valor: 9

3.4.2 Dimensión de Justificación

Característica J1: La tarea está bien estructurada y se entiende.

Análisis: La tarea a realizar por el SE es entendible y comprensible por el experto por lo que se puede concluir que la misma esta bien estructurada.

Valor: Regular

Característica J2: La tarea no requiere de sentido común.

Análisis: La tarea no requiere de sentido común, pero sí se requiere de mucho análisis y deducción, es por eso que se necesita de la experiencia de un personal calificado.

Valor: 7

Característica J3: La tarea requiere de experiencia.

Análisis: La tarea requiere de experiencia porque cualquier persona no esta capacitada para dar solución a las situaciones que se le presenta a este tipo de experto.

Valor: Todo

Característica J4: Hay escasez de experiencia humana.

Análisis: No es fácil encontrar expertos en la materia ya que se cuenta con un solo especialista en ginecología en el centro medico de la universidad. Por lo que se dificulta el acceso al conocimiento del especialista.

Valor: Regular

Característica J5: Se espera una alta tasa de recuperación de la inversión.

Análisis: Se espera que con la implantación del sistema se disminuyan los gastos que se efectúan en consulta y material de laboratorio para el diagnostico de las enfermedades.

Valor: 5

Característica J6: Existe pérdida de la experiencia humana.

Análisis: Esto se refiere a que se puede prescindir del experto por causas como la muerte, la baja o movimiento del centro, por lo cual no se debe tener un solo experto en el entorno universitario.

Valor: Regular

Característica J7: No existen soluciones alternativas.

Análisis: Para la elaboración del sistema se ha llevado a cabo el desarrollo de algunas técnicas y herramientas, las cuales no pueden ser empleadas por otras personas que no sean los expertos para poder realizar la tarea.

Valor: Si

Característica J8: Hay necesidad de distribuir los conocimientos.

Análisis: Se espera que el sistema ayude y pueda ser utilizado por toda la comunidad universitaria, así como en los lugares aledaños que también están necesitados de la implantación de esta nueva técnica para el desarrollo de la medicina.

Valor: Mucho

3.4.3 Dimensión de Adecuación

Adecuación Ad1: El enfoque de la programación convencional no es posible o satisfactorio.

Análisis: Esto no puede ser posible porque para Sistemas Inteligentes no se usan las mismas técnicas y herramientas que para la creación de los sistemas convencionales, es por ello que el enfoque no puede ser el mismo.

Valor: Nada

Adecuación Ad2: Resuelve una tarea útil y necesaria.

Análisis: La disponibilidad de una herramienta de asistencia al desarrollo de la tarea basada en el conocimiento sería de gran utilidad, ya que permitiría la disponibilidad de conocimientos y experiencia actualizada y en permanente crecimiento.

Valor: Mucho

Adecuación Ad3: Problemas similares se han resuelto mediante la ingeniería del conocimiento.

Análisis: En el mundo se existen sistemas capaces de dar diagnóstico médico. Un ejemplo de esto se puede constatar en el sistema experto MYCIN.

Valor: Si

Adecuación Ad4: La transferencia de experiencia entre humanos es factible.

Análisis: Esto se ve a través de reglas que permiten transmitir la valoración de ciertos aspectos del dominio de la aplicación para subdividir el problema en subproblemas, y que luego pueden ser documentadas de acuerdo a reglas claras, además es factible que este conocimiento se transmita a otras personas.

Valor: Mucho

Adecuación Ad5: Los efectos de introducir el SE no pueden prevenirse.

Análisis: Se espera que el SE no genere efectos adversos ya que la tarea que se realizará será la de diagnosticar a un determinado paciente de algún tipo de sepsis vaginal.

Valor: Poco

Adecuación Ad6: La tarea requiere razonamiento simbólico.

Análisis: El objetivo es diagnosticar la enfermedad en caso de existir y darle un tratamiento adecuado para detener su curso.

Valor: Regular

Adecuación Ad7: Se espera que la tarea continúe sin cambios significativos durante un largo período de tiempo.

Análisis: Este punto se refiere a que la tarea no va a sufrir cambios significativos porque el conocimiento para formar las reglas es algo estándar que no tiene variación, si cambiara no podría desarrollarse el SE.

Valor: Si

Adecuación Ad8: El problema es relativamente simple o puede descomponerse en subproblemas.

Análisis: Es relativamente simple ya que puede descomponerse en 3 subproblemas básicos.

Valor: Mucho

Adecuación Ad9: La tarea requiere de investigación básica.

Análisis: La tarea requiere de investigación básica puesto que sin los conocimientos de los expertos que se han entrevistado, se nos hace imposible que la tarea esté bien justificada.

Valor: Si

Adecuación Ad10: Es conveniente justificar las soluciones adoptadas.

Análisis: Es absolutamente necesario justificar las soluciones adoptadas explicando al usuario el porqué de la sugerencia o guía para poder determinar las enfermedades, dado que es el objetivo del SE.

Valor: Si

3.4.4 Dimensión de Éxito

Éxito E1: Existe una ubicación idónea para el SE.

Análisis: El SE será puesto en práctica en la consulta de ginecología de esta Universidad de la Ciencias Informáticas, donde será utilizado por el experto que está capacitado para desarrollar la tarea.

Valor: Si

Éxito E2: La inserción del sistema se efectúa sin traumas, es decir, apenas se interfiere en la rutina cotidiana

Análisis: Esto nos da medida de que el trabajo a realizar será el mismo que se llevaba a cabo antes de la existencia de este SE, aunque no es menos cierto que ahora con la implantación de esta técnica todo el desempeño de la tarea se le hará mas cómoda al experto en la materia.

Valor: 5

Éxito E3: Se dispone de experiencia en ingeniería del conocimiento.

Análisis: Se dispone de muy poca experiencia en la ingeniería del conocimiento, ya que en la universidad no se ha hecho ningún proyecto de este tipo y que los Ingenieros de Conocimiento incurren por primera vez en la creación de un Sistema Inteligente con estas características.

Valor: Poco

Éxito E4: Se dispone de los recursos humanos, hardware y software necesarios para el desarrollo e implantación del sistema.

Análisis: Se cuenta con personal capacitado tanto en el ámbito universitario como de expertos, y recursos disponibles como computadoras, software adecuado, material bibliográfico, investigaciones profundas, etc.

Valor: 6

Éxito E5: El experto resuelve el problema actualmente.

Análisis: En estos momentos el experto se encuentra trabajando en la consulta, y resuelve sin ayuda del software la tarea a la que se enfrenta.

Valor: Si

Éxito E6: La solución del problema es de primer orden para la institución.

Análisis: La tarea a resolver es de primer orden para la institución ya que en los controles que se han realizado en el centro médico de la Universidad se ha llegado a la conclusión de que es la consulta mas visitada, con un 80%, y al tener un solo experto se dificulta un poco la atención a la población.

Valor: 6

Éxito E7: Las soluciones son explicables.

Análisis: El sistema debe ser capaz de dar una basta explicación a cada una de las soluciones dadas para ayudar al usuario a entender de lo que se habla.

Valor: Si

Éxito E8: Los objetivos que persigue el sistema están bien definidos.

Análisis: Los objetivos está claramente establecidos por el estándar a seguir, y del mismo modo puede ser evaluado al finalizar el trabajo o mientras es realizado.

Valor: 7

Éxito E9: Los conocimientos fueron adquiridos por un grupo de especialistas.

Análisis: Se realizaron encuestas e expertos en diferentes laboratorios y consultas de este tipo dentro y fuera del ámbito universitario, resultando estas muy útiles para el desarrollo del sistema.

Valor: Si

Éxito E10: Todas las partes están de acuerdo con el funcionamiento del SE

Análisis: Todas las tareas a realizar se comunican a todas las personas involucradas en el desarrollo del sistema, de forma tal que se puedan debatir y todos queden conformes con la aplicación de las tareas.

Valor: Si

Éxito E11: Los expertos convergen en métodos y soluciones.

Análisis: Todas las personas involucradas en el desarrollo de la tarea tienen una formación similar y adoptan soluciones convergentes.

Valor: Mucho

Éxito E12: Los expertos se sienten bien con la realización del sistema.

Análisis: Los expertos están contentos con la realización de la tarea porque este sistema los ayudará en el desempeño del trabajo, además es una nueva técnica que les servirá como adelanto informático en la instalación.

Valor: Si

Éxito E13: El nivel de formación requerido por los usuarios del sistema es elevado.

Análisis: el sistema tendrá una interfaz amigable que le permitirá al usuario utilizarlo con facilidad sin tener grandes conocimientos del mismo..

Valor: Poco

Éxito E14: La relación entre el ingeniero de conocimiento y los expertos es buena.

Análisis: Todos los involucrados en la tarea mantienen buenas relaciones ya que existen entre ellos medios adecuados de comunicación.

Valor: Mucho.

Éxito E15: El proyecto forma parte de otros sistemas.

Análisis: El proyecto no forma parte de otros sistemas.

Valor: No

Éxito E16: Se efectuará una adecuada transferencia tecnológica.

Análisis: La transferencia tecnológica del sistema hacia la consulta e ginecología donde será utilizado se realizara de manera adecuada y cumpliendo con lo establecido para el caso.

Valor: Si

Éxito E17: Lo que cuenta en la solución es la calidad de la respuesta.

Análisis: Es muy importante la calidad de las respuestas, dado que una mala explicación de algún tema específico puede llevar a la confusión del paciente trayendo como consecuencia desconocimiento de la enfermedad y mal manejo de los medicamentos que se orienten.

Valor: Si

4 INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO

4.1 LA ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

La adquisición del conocimiento constituye un largo proceso donde el ingeniero del conocimiento comienza por realizar una serie de reuniones con los expertos para determinar los requisitos funcionales del sistema experto, así como las necesidades de los usuarios del futuro sistema.

El proceso de adquisición utilizado podemos dividirlo en 3 tareas fundamentales:

1. Primeras reuniones y evolución de la viabilidad.
2. Extracción del conocimiento a partir de documentación disponible, entiéndase: revistas, conferencias, libros, etc.
3. Educción del conocimiento a partir de los expertos (Realización de interrogatorios iniciales).

Las primeras entrevistas le permiten el ingeniero de conocimiento introducirse en el dominio que abarcará el sistema para así poder ser capaz de desarrollar un estudio de viabilidad para determinar si la tarea puede ser tratada mediante la ingeniería del conocimiento. En las primeras reuniones se buscan adquirir conocimientos generales del marco problemático a resolver así como afianzarse con la terminología del dominio.

El estudio de la documentación existente referente a las sepsis vaginales, su manifestación y cuadro clínico ha permitido aprender de estas enfermedades, así como asimilar el proceso de diagnóstico de las mismas, lo que ha favorecido la interrelación con los expertos.

Un paso importante en la adquisición del conocimiento es la educción del conocimiento donde se obtiene conocimiento privado de los expertos. La educción es básicamente el proceso de interacción con un experto humano para construir un Sistema Experto.

Participantes en el proyecto

Se integran a este proyecto la Especialista en Ginecología del centro médico de la Universidad de las Ciencias Informáticas: Marisol González Vigoa.

Forman parte del equipo igualmente la Técnica de Laboratorio del Centro de Higiene y Epidemiología de San Antonio de Río Blanco: Maritza Flores Castro, técnicas del laboratorio de Microbiología de la Universidad de Ciencias Informáticas Rosario Acosta Echevarria y Suleydis Caballero López.

Para obtener los objetivos perseguidos en el proceso de adquisición del conocimiento se desarrollaron 3 importantes entrevistas con los expertos mencionados con anterioridad.

4.1 SECCIONES DE ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

Entrevistas

En estas secciones se llevarán a cabo las primeras reuniones con los expertos, se persiguen con estas tener un primer acercamiento a la tarea que realiza el experto sin caer en casos específicos.

Las preguntas que guiaran la realización de los cuestionarios aplicados en estas secciones son:

- ¿En qué consiste la actividad que desarrolla el experto?
- ¿En qué ámbito se lleva a cabo dicha actividad?
- ¿Cómo se lleva a cabo la tarea?
- ¿A qué estará abocada la tarea del sistema experto?

Posteriormente se procede al análisis de la sección llevada a cabo donde se enumeran los conceptos educidos del interrogatorio, así como los conocimientos adquiridos. Por último evaluamos la sección para determinar si se cumplieron los objetivos propuestos con la misma.

Sección 1	
Fecha	12 de enero del 2007
Experto	Marisol González Vigoa.
Lugar	Departamento de Ginecología (UCI)
IC	Isabel Rosa González
Técnica Empleada	Cuestionario
Objetivos	Obtener conceptos básicos sobre el dominio y la tarea que debe realizar el SE

Cuestionario aplicado**1. Defina el término sepsis vaginal.**

Las sepsis vaginales son infecciones por microorganismos patógenos en la vagina. Es la causa mas frecuente por la que las féminas acuden a las consultas de ginecología. Las secreciones vaginales constituyen el mayor motivo de morbilidad de las estudiantes en la universidad.

2. ¿Cómo se detectan las enfermedades de flujo vaginal?

Las mujeres generalmente acuden a la consulta aquejada de presentar secreción vaginal, generalmente acuden a consulta cuando la secreción modifica su características en cuanto a cantidad, olor y color o cuando sienten prurito o molestias.

3. ¿Dentro de la sepsis vaginales a cuáles específicamente debe estar dirigido el sistema?

El síndrome de secreción vaginal se presenta en las mujeres cuando tienen vaginitis (infección en la vagina), Cervicitis (infección en el cuello del útero) o ambas. Las tres infecciones mas comunes en nuestras féminas asociadas al síndrome de flujo vaginal lo constituyen: la Trichomoniasis, la Candidiasis Vulvovaginal y la Vaginosis Bacteriana. Estas últimas son muy comunes en las féminas en edad fértil. En un menor grado se presentan infecciones asociadas al cuello del útero.

4. ¿Cómo se realiza el diagnóstico médico?

El diagnóstico médico es realizado a partir de los síntomas y signos del paciente. Los signos están referidos a las características de la secreción y sus variaciones en cuanto a color, cantidad y olor. Los síntomas están asociados a las molestias vaginales, prurito vaginal, dispareunia, disuria y un conjunto de síntomas que caracterizan estas enfermedades y que son comunes encontrar en las pacientes. Existen paciente que son asintomáticas por lo que el diagnóstico debe hacerse solo mediante los resultados del laboratorio. El diagnóstico es confirmado mediante los resultados de laboratorio. Puede ser emitido un diagnóstico presuntivo a partir de la sintomatología de las pacientes, aunque sol o la experiencia con el trabajo con pacientes que padecen de estas enfermedades pueden dar el éxito a la hora de emitir un diagnóstico favorable sin los resultados del laboratorio.

5. ¿Cuál sería la tarea que debería desempeñar el SE?

El sistema debe ser capaz de diagnosticar la Trichomoniasis, la Vaginosis bacteriana y la Candidiasis vulvovaginal, el diagnóstico debe ser realizado a partir del conjunto de signos y síntomas del paciente. El sistema debe ser capaz de diagnosticar aun sin tener los resultados del laboratorio, el diagnóstico médico certero se realizara a partir de los resultados del laboratorio. El sistema debe servir se apoyo en la consulta de sinecología para el trabajo con las pacientes.

6. ¿A qué tipo de usuario estará dirigido?

El sistema debe estar dirigido principalmente a las pacientes de la consulta de ginecología, aunque debe ser utilizado igualmente por el personal de la consulta (enfermeras), y en ocasiones debe servir de apoyo a la hora de consultar determinados diagnósticos.

Análisis de la sección 1

Conceptos educidos

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| ➤ Sepsis Vaginal. | |
| ➤ Microorganismos | ➤ Vaginosis bacteriana |
| ➤ Trichomoniasis | ➤ Signos |
| ➤ Candidiasis Vulvovaginal | ➤ Síntomas |

Conocimientos obtenidos

Sepsis vaginal: Secreciones vaginales causadas por agentes patógenos en la vagina.

Microorganismos: Organismos pluricelulares y microscópicos causantes de las infecciones vaginales.

Trichomoniasis: Enfermedad causante del flujo vaginal en las mujeres, asociada a la existencia de trichomonas vaginales en las muestras vaginales.

Vaginosis bacteriana: Enfermedad causante de flujo vaginal en las mujeres, asociada a la existencia de gardnerella en las muestras vaginales.

Candidiasis Vulvovaginal: Enfermedad causante de flujo vaginal en las mujeres, asociado a la existencia de la candida albicans en las muestra vaginales.

Signos: Referido a las características de las secreciones vaginales.

Síntomas: Es la referencia subjetiva que da un paciente por la percepción o cambio que puede reconocer como anómalo o causado por un estado patológico o enfermedad.

Evaluación de la Sección 1

En esta sección se obtuvieron los resultados esperados .Se concluye que el sistema experto identificara tres de las enfermedades mas comunes en las féminas de la universidad.

El SE debe servir de apoyo en la consulta de ginecología en el trabajo con las pacientes, debe ser capaz de emitir un diagnóstico médico a partir del conjunto de síntomas y signos del paciente. También emitirá diagnóstico médico a partir de los resultados obtenidos en el laboratorio.

Sección 2	
Fecha	16 de enero del 2007
Experto	Maritza Flores Castro
Lugar	Laboratorio de Bacteriología (San Antonio de Río Blanco)
IC	Isabel Rosa González
Técnica Empleada	Entrevista
Objetivos	La presente sección se concentrará en el entorno del proceso de diagnóstico médico, definición de términos generales, tareas comunes realizada en esta actividad. Se pretende ubicar en rasgos generales la actividad que el experto realiza y familiarizarse con los términos.

Cuestionario aplicado

1. Defina el término sepsis vaginal.

El término sepsis vaginal es sinónimo de secreción vaginal, estas secreciones son causadas por agentes patógenos en la vagina.

2. ¿De qué información se necesita para comenzar el diagnóstico de las enfermedades causantes de sepsis vaginales?

Generalmente las pacientes acuden a la consulta aquejadas de presentar secreciones vaginales. La presencia de secreción vaginal es fundamental a la hora de dar el diagnóstico, aunque existen féminas que no presentan secreción y al realizarles las pruebas resultan estar infestadas. El diagnóstico comienza con el reconocimiento se cada uno de los síntomas de los pacientes.

Cada enfermedad tiene un conjunto de síntomas que las caracteriza, en ocasiones estos síntomas pueden ser comunes para algunas de ellas. Una vez identificados casa uno de estos síntomas el experto debe preguntar por la coloración, cantidad y fetidez de la secreción que presenta el paciente. Si al concluir este interrogatorio inicial el experto decide si envía al paciente a realizarse exámenes de laboratorio. En la mayoría de los casos se puede dar el diagnóstico médico directamente, si el paciente no mejora posteriormente se le orienta entonces el examen del laboratorio. Algunos médicos por no tener la experiencia necesaria prefieren enviar al paciente a realizarse exámenes de laboratorio.

3. Una vez identificados los síntomas que presentan las pacientes ¿Podemos emitir un diagnóstico médico?

Como referí anteriormente una vez identificados los síntomas podemos emitir un diagnóstico, este diagnóstico no tendrá un 100 % de certeza pero si puede tener al alto grado de confiabilidad en dependencia de la experiencia del profesional en cuestión.

4. ¿Cuáles pruebas definen el diagnóstico médico?

Las pruebas de laboratorio son las que confirman el diagnóstico médico .En el laboratorio médico se examinan las muestras vaginales obtenida de las pacientes, en las mismas se buscan microorganismos como por ejemplo: la candida albicas, las tricomonas vaginales y las gardnerella. En dependencia del patógeno encontrado entonces podemos emitir un diagnóstico. A las muestras vaginales se les halla también la acidez vaginal.

El diagnóstico de la Vaginosis bacteriana requiere al menos de 3 de los 4 criterios clínicos siguientes:

- *Presencia de secreción*
- *PH vaginal > 4,5*
- *Test de amina positivo*
- *Células guías*

El diagnóstico de la Candidiasis vulvovaginal requiere del hallazgo en la muestra vaginal de la candida albicas. El diagnóstico de la Trichomoniasis requiere del hallazgo en la muestra vaginal de la trichomonas vaginales.

5. ¿Existen parámetros excluyentes de una enfermedad y otra?

Los microorganismos presentes en las muestras vaginales.

Análisis de la sección 2

Conceptos educidos:

PH vaginal

Test de amina

Células guías

Conocimientos obtenidos:

PH vaginal: Acidez de la vagina

Test de amina: Prueba de laboratorio realizada para confirmar la existencia de gardnerella.

Células guías: Células epiteliales encontradas en las muestras vaginales

Evaluación de la Sección 2

En esta sección se obtuvieron conocimientos relacionados con las tareas llevadas a cabo por el experto para dar solución al problema. Además se identificaron cada uno de las características que permiten distinguir una enfermedad de otra.

Sección 3	
Fecha	24 de enero del 2007
Experto	Marisol González Vigoa
Lugar	Laboratorio de Bacteriología (UCI)
IC	Isabel Rosa González
Técnica Empleada	Entrevista
Objetivos	Identificación de la Viabilidad

Cuestionario utilizado

- 1. De los casos en los que has trabajado, ¿Se mantiene un registro que permita obtener estudios históricos? En caso afirmativo, ¿Existe la posibilidad de utilizar dichos casos para evaluar el sistema?**

En el laboratorio se archivan los resultados de los exámenes realizados .A esos archivos se puede acceder para probar el sistema.

- 2. Cuándo se lleva a cabo el análisis del problema, al tomar decisiones, ¿Se utiliza sentido común?**

El diagnóstico de las enfermedades causantes de flujo vaginal no requiere de sentido común, es necesario tener experiencia en el trato con pacientes, el conocimiento acerca de las características de cada una de estas secreciones se adquiere con el paso de lo años y el conocimiento acumulado.

- 3. ¿Cómo se calificaría la posibilidad de utilizar un sistema experto que imitara tu forma de razonar ante la tarea de realizar el diagnóstico médico?**

Es muy importante para aquellos profesionales que aun no tiene mucha experiencia en el diagnóstico de estas enfermedades. Es un gran apoyo para la consulta de sinecología, ya que vana tener acceso al conocimiento especializado un mayor número de féminas. Además el sistema puede servir de apoyo a los mismos expertos en la materia.

4. Para realizar el diagnóstico médico de las sepsis vaginales, ¿Se requiere de un volumen de conocimientos elevado?

Se necesita tener conocimiento relacionado con el tema, y este conocimiento debe haber sido alimentado por la experiencia en el tema.

7. Los conocimientos necesarios están basados en conocimientos científicos públicos, o además, ¿Se requiere de cierta experiencia propia?

La experiencia propia es fundamental a la hora de emitir un diagnóstico médico. Sin embargo se puede trabajar a partir del conocimiento adquirido por otros medios.

8. Para realizar el diagnóstico médico ¿Se puede descomponer la tarea en varias subtarear?

Si, se debe proceder primero a obtener todo los síntomas del paciente y posteriormente debemos proceder a caracterizar la secreción que este presenta. Posteriormente se procede a decidir si es necesaria la realización de exámenes del laboratorio.

9. ¿Es conveniente justificar las soluciones adoptadas?

Es conveniente justificar las soluciones adoptadas para que usuario del sistema adquiera conocimiento referentes a la enfermedad que presenta y como evitar contraerla nuevamente.

10. ¿El tiempo esperado para dar una respuesta es limitado?

Si bien no es necesario que el tiempo de respuesta sea ajustado, el sistema debe ser capaz de realizar al tarea de forma dinámica.

11. ¿El sistema debe buscar la solución óptima?

El sistema no debe dar la solución mas optima, debe ser capaz de dar todas las posibles soluciones con sus respectivos grados de certeza.

Análisis de la sección 3

Evaluación de la Sección 3

Los conocimientos extraídos de la sección 3 se encuentran reflejados en la justificación de las diferentes características que se evalúan en test de viabilidad. En la Justificación de las características del Test de Viabilidad, se describen los conocimientos obtenidos de la presente sesión de educación.

Una vez concluidas las secciones de entrevista con los expertos se ha podido concluir que el SE diagnosticará 3 enfermedades: La Candidiasis Vulvovaginal, La Trichomoniasis y la Vaginosis Bacteriana; dichas enfermedades son las más características en las féminas de la universidad.

El conjunto de reuniones realizadas con cada uno de los expertos justifican también el test de viabilidad realizado en el capítulo anterior.

Encuestas

Otro paso importante en el proceso de adquisición del conocimiento lo constituyó la aplicación de 70 encuestas a féminas de la Universidad de las Ciencias Informáticas aquejadas de presentar los síntomas característicos de las sepsis vaginales. Una vez realizadas las encuestas, las pacientes pasaban a realizarse el examen de laboratorio, obteniéndose finalmente el conjunto de síntomas del paciente y los resultados de las pruebas del laboratorio que permiten dar un diagnóstico médico.

Del análisis estadístico hecho a partir de las encuestas se sabe que, de las 70 féminas examinadas algunas presentan una sola enfermedad de las tres que se detectan en nuestro laboratorio, otras presentan dos de estas y hay un número pequeño que presentan las tres enfermedades a la vez.

El formato de las encuestas aplicadas se encuentra en el **Anexo 4.1**.

A continuación se muestran los datos procesados.

Gardnerellas

Por cada 18 mujeres que tienen gardnerellas 13 han tenido sexo vaginal y 5 no, 5 han practicado el anal y el vaginal y 13 no, 6 han practicado el sexo oral y 12 no. De las 18 solo 3 usan tabletas anticonceptivas y 15 no, 9 tienen anticonceptivos intrauterinos (DIU) y 9 no, 6 usan preservativos y 12 no, y 5 de las 18 no usan ningún tipo de anticonceptivos. Solo 1 usa siempre el preservativo, 10 lo usan a veces, ninguna lo usa durante todo el contacto sexual y tampoco lo usan durante la eyaculación. De las 18 féminas 1 ha padecido de herpes simple genital tipo II, 1 padeció de blenorragia y 1 tuvo otro tipo de padecimiento. Solo 1 ha padecido de Cervicitis y 17 no, 2 de enfermedades inflamatorias pélvicas y 1 ha presentado quistes de ovarios de más de 3cm. Han acudido otras veces al médico por sepsis vaginales de las 18 solo 8. Han padecido de Candida Albicas 6 féminas de las examinadas, 1 trichomonas vaginales, 3 Gardnerellas y una no recuerda.

De las características de las secreciones se puede decir que: presentan secreción blanca grumosa con mucho prurito 10 de las 18, grisácea homogénea con olor desagradable 8, abundante espumosa blanca con prurito con olor desagradable 7, abundante espumosa amarilla con prurito a veces 2 y 1 presenta secreción de tipo serosa, no mal oliente y que a mitad de ciclo menstrual se hace mas abundante.

Presentan síntomas asociados a la secreción 3 con dolor abdominal a veces, 1 con dolor abdominal siempre, 2 presentan prurito vaginal, 2 dicen tener ardor y/o dolor durante la penetración en el acto sexual (dispareunia), 1 inflamación vaginal, 1 ardor, prurito, dispareunia y a veces fetidez, 2 presencia de disuria (ardor al orinar), 1 escozor y ardor vaginal y 2 trastornos menstruales.

Levaduras

De las 47 féminas que presentan levaduras 35 han practicado el sexo vaginal, 11 el vaginal y anal, y 20 el oral. Usan tabletas anticonceptivas 12, Anticonceptivos intrauterinos (DIU) 13, 24 usan preservativos y 10 de ellas no usan ningún método. De 47 solo 10 usan siempre el preservativo, 20 lo usan a veces, 4 lo usan durante todo el contacto sexual y 2 lo usan durante la eyaculación. De las 47 féminas 3 ha padecido de Condiloma, 2 padeció de blenorragia y 4 padecieron de otros tipo. De ellas 3 han presentado cervicitis, 7 enfermedades inflamatorias pélvicas y 1 quistes de ovarios de más de 3 cm. Han acudido otras veces al médico por sepsis vaginales de las 47 solo 32. Han padecido de Candida Albicas 12 féminas de las 47 examinadas, 1 Escherichia Coli, 6 trichomonas vaginales, 1 Diplococos Arriñonados gran positivos, 1 Diplococos arriñonados Gran negativos, 1 Clamidia, 11 Gardnerellas y 6 no recuerdan. Presentan secreción blanca grumosa con mucho prurito 40 de las 47, grisácea homogénea con olor desagradable 7, abundante espumosa amarilla con prurito a veces 2, 3 presentan secreción de tipo serosa, no mal oliente y que a mitad de ciclo menstrual se hace mas abundante, 6 presentan secreción escasa y 1 secreción amarilla, purulenta, verdosa y fétida. Presentan síntomas asociados a la secreción las siguientes: 10 con dolor abdominal a veces, 1 con dolor abdominal siempre, 8 presentan prurito vaginal, 4 enrojecimiento de la vulva, 9 dicen tener ardor y/o dolor durante la penetración en el acto sexual (dispareunia), 6 inflamación vaginal, 3 irritación local, 2 ardor, prurito, dispareunia y a veces fetidez, 4 presencia de disuria (ardor al orinar) y 7 trastornos menstruales.

Gardnerellas y Levaduras

A 10 de las pacientes examinadas se le detectó que tenían la unión de dos enfermedades Gardnerellas y Levaduras, de ellas 8 han tenido sexo vaginal, 2 han practicado el anal y el vaginal, y 2 el Oral. Usan tabletas anticonceptivas 2, Anticonceptivos intrauterinos (DIU) 3, 2 usan preservativos y 10 de ellas no usan ningún método. De las 10 que resultaron tener ambas enfermedades solo 7 de ellas usan preservativo a veces. Solo 1 ha padecido de otros tipos de enfermedades.

De ellas 1 han presentado enfermedades inflamatorias pélvicas, y solo una, quistes de ovarios de más de 3 cm. Han acudido otras veces al médico por sepsis vaginales de las 10 solo 2. Han padecido de Candida Albicas 3 féminas de las 10 examinadas y 1 trichomonas vaginales. Presentan secreción blanca grumosa con mucho prurito 5 de las 10, grisácea homogénea con olor desagradable 4 y 1 presentan secreción de tipo serosa, no mal oliente y que a mitad de ciclo menstrual se hace mas abundante. Presentan síntomas asociados a la secreción las siguientes: 2 con dolor abdominal a veces, 1 con presencia prurito vaginal, 1 inflamación vaginal, 1 ardor, prurito, dispareunia y a veces fetidez, 1 presencia de disuria (ardor al orinar) y 1 trastornos menstruales.

Monilias

Con resultados de monilias solo una fémina la cual solo ha practicado sexo vaginal y oral. Usa tabletas anticonceptivas y preservativos. Usa preservativo durante todo el contacto sexual. No ha presentado ninguna enfermedad de transmisión sexual. No ha presentado otras afecciones ginecológicas. Si ha acudido otras veces al médico por sepsis vaginales. Padeció de Trichomonas. Presenta secreción blanca grumosa con mucho prurito. Presenta síntomas asociados a la secreción como presencia de prurito vaginal, dice tener ardor y/o dolor durante la penetración en el acto sexual (dispareunia) y presencia de disuria.

Diplococos Arriñonados

Con resultados de Diplococos Arriñonados resultó del examen solo una fémina la cual solo ha practicado sexo vaginal y oral. Usa anticonceptivos intrauterinos y preservativos. Usa el preservativo a veces. No ha presentado ninguna enfermedad de transmisión sexual. Ha presentado otras afecciones ginecológicas como enfermedades inflamatorias pélvicas. No ha acudido otras veces al médico por sepsis vaginales. Acudió al médico otras veces por candida Albicas.

Presenta secreción serosa con no mal olor y a mitad de ciclo menstrual se hace más abundante, además clasifica su secreción como escasa. Presenta síntomas asociados a la secreción como dolor abdominal a veces e inflamación vaginal.

Diplococos Arriñonados y Levaduras

Con resultados de Diplococos Arriñonados y Levaduras resultó del examen solo una fémina la cual solo ha practicado sexo vaginal. Usa tabletas anticonceptivas. Usa preservativo a veces. No ha presentado enfermedades de transmisión sexual. No ha presentado otras afecciones ginecológicas. Si ha acudido otras veces al médico por sepsis vaginales. Ha acudido al médico por Candida Albicas. Presenta secreción blanca grumosa con mucho prurito. Presenta síntomas asociados a la secreción como dolor abdominal a veces.

Diplococos Arriñonados y Gardnerellas

Con resultados de Diplococos Arriñonados y Gardnerellas resultó del examen solo una fémina la cual solo ha practicado sexo vaginal. Usa tabletas anticonceptivas. Usa preservativo a veces. No ha presentado enfermedades de transmisión sexual. No ha presentado otras afecciones ginecológicas. Si ha acudido otras veces al médico por sepsis vaginales. Ha acudido al médico por Candida Albicas. Presenta secreción abundante, espumosa, blanquecina, a veces prurito. No presenta síntomas asociados a la secreción.

Células P

A 5 de las pacientes examinadas se le detectó que tenían presencia de Células P., de ellas 5 han tenido sexo vaginal solamente. Usan anticonceptivos intrauterinos 4, usan preservativos 4 y 1 de ellas no usan ningún método. Siempre usan el preservativo 2 de las 5 y a veces 2. Ha padecido de Herpes Simple Genital tipo II 1 de las 5. Ninguna ha presentado afección ginecológica. Han acudido otras veces al médico por sepsis vaginales de las 5 solo 2. Ha padecido de candida albica 2 y 1 otros tipos de microorganismos. Presentan secreción blanca grumosa con mucho prurito 1, abundante espumosa amarilla y a veces con prurito 1 y serosa con no mal olor que a mitad de ciclo menstrual se hace más abundante 2.

Presentan síntomas asociados a la secreción las siguientes: 2 con dolor abdominal a veces, 1 ardor, prurito, dispareunia y a veces fetidez, 1 presencia de disuria (ardor al orinar) y 2 trastornos menstruales.

Células P y Gardnerellas

A 3 de las pacientes examinadas se le detectó que tenían presencia de Células P. y Gardnerellas, las tres han tenido sexo vaginal solamente. Usan anticonceptivos intrauterinos 2, usan preservativos 1 y 1 no usa ningún método. Ninguna ha presentado afección ginecológica. Han acudido otras veces al médico por sepsis vaginales de las 3 solo 2. Presentan síntomas asociados a la secreción las siguientes: 2 con dolor abdominal a veces, 1 ardor, prurito, dispareunia y a veces fetidez, 1 presencia de disuria (ardor al orinar) y 1 trastornos menstruales.

Células P y Levaduras

A 4 de las pacientes examinadas se le detectó que tenían presencia de Células P. y Levaduras, las 4 han tenido sexo vaginal solamente. Usan anticonceptivos intrauterinos 3, usan preservativos 3 y 1 no usa ningún método. Usan preservativos siempre 2 y a veces 2. Ninguna de las cuatro ha presentado enfermedades de transmisión sexual. Ninguna ha presentado afección ginecológica. Han acudido otras veces al médico por sepsis vaginales de las 4 solo 2. Ha padecido de Candida Albicas 1. Presentan secreción blanca grumosa con mucho prurito 1.

Presentan síntomas asociados a la secreción las siguientes: 1 con dolor abdominal a veces, 1 ardor, prurito, dispareunia y a veces fetidez, 1 presencia de disuria (ardor al orinar) y 2 trastornos menstruales.

Células P, Gardnerellas y Levaduras

A 2 de las pacientes examinadas se le detectó que tenían presencia de Células P., Gardnerellas y Levaduras, las 2 han tenido sexo vaginal solamente. Usan anticonceptivos intrauterinos 1 y usan preservativos 1. Usan preservativos a veces 2. Ninguna de las 2 ha presentado enfermedades de transmisión sexual. Ninguna ha presentado afección ginecológica. Han acudido otras veces al médico por sepsis vaginales las 2. Ha padecido de Candida Albicas 2. Presentan secreción blanca grumosa con mucho prurito 1 y 1 serosa con no mal olor y a mitad del ciclo menstrual es más abundante. Presentan síntomas asociados a la secreción las siguientes: 1 con dolor abdominal a veces, 1 ardor, prurito, dispareunia y a veces fetidez, 1 presencia de disuria (ardor al orinar) y 1 trastornos menstruales.

Trichomoniasis

Una de las pacientes examinadas se le detectó que tenía Trichomoniasis, ha practicado el sexo vaginal, anal y oral. Usan anticonceptivos intrauterinos. Usa preservativo a veces. No ha presentado enfermedades de transmisión sexual. No ha presentado afección ginecológica. Ha acudido otras veces al médico por sepsis vaginales. Ha padecido de Clamidia y Gardnerellas vaginales. No tiene secreción. Presenta solamente prurito. El procesamiento de las encuestas enriqueció el conocimiento adquirido con los expertos a través de las entrevistas realizadas anteriormente, dicho conocimiento esta relacionado con el conjunto de síntomas que son característicos de cada enfermedad, así como de las secreciones propias de estas.

Otro factor en el cual influyo decisivamente el procesamiento de las encuestas fue en el Tratamiento de la Incertidumbre, ya que se pudo comparar el criterio que ya se tenia del experto con un valor estadístico real obtenido directamente del trabajo con las pacientes encuestadas.

Los resultados más significativos se obtuvieron en las siguientes enfermedades:

Vaginosis Bacteriana:

Se pudo demostrar que esta enfermedad se caracteriza por presentar dos tipos de secreciones típicas, un 55% de féminas refleja tener secreción blanca, grumosa con mucho prurito vaginal mientras que el 44% la presentan grisácea, homogénea con olor desagradable. En porcentos menos significativos se reflejan otras coloraciones.

Candidiasis Vulvovaginal:

Referido al tipo de secreción característico de esta enfermedad se pudo constatar que el 85 % de las encuestadas presentaron secreción blanca, con presencia de prurito vaginal, aunque en un menor por ciento (14%) se puede presentar una secreción grisácea con mal olor, en porcentos no significativos las pacientes reflejan presentar otra coloración en la secreción. Se debe tener en cuenta que la existencia de otros microorganismos en la vagina pueden determinar la variación en la coloración de la secreción, por lo que se puede estar en presencia de otra enfermedad.

Combinación de Ambas:

La coexistencia de Gardnerellas y levaduras en las muestras vaginales permiten diagnosticar la existencia de dos tipos de enfermedades, la Candidiasis Vulvovaginal y la Vaginosis Bacteriana. El 50% de las pacientes que padecen de estas dos enfermedades se quejan de presentar una secreción blanca, grumosa con mucho prurito y el 50% restante la presenta grisácea, homogénea con olor desagradable.

4.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Luego del proceso de adquisición del conocimiento se procede a la Conceptualización que constituye la segunda etapa de la segunda fase de la metodología IDEAL, la cual consiste básicamente en el entendimiento del dominio del problema y de la terminología usada, así como la modelación de la tarea que lleva a cabo el experto cuando va a resolver el problema.

La conceptualización conlleva a un proceso de estructuración de los conocimientos adquiridos y, se desarrolla una etapa que consta de dos momentos fundamentales:

- **La actividad de análisis:** Basada en la identificación de los conocimientos tácticos, estratégicos y fácticos.
- **La actividad de síntesis:** Transforma los conocimientos en el Modelo Estático y Dinámico que conforman el Modelo Conceptual del Sistema que modelará el comportamiento del experto en lo que compete a la solución del problema.

En la tarea de análisis se identifican tres tipos de conocimientos:

- **Estratégicos:** Especifican qué hacer, dónde y por qué hacerlo, fijan la secuencia de pasos que se deberán seguir para ejecutar la tarea.
- **Tácticos:** De acción u operativos, que especifican cómo y cuándo el Sistema Experto puede añadir a sus conocimientos genéricos información actual acerca del caso.
- **Fácticos o declarativos:** Especifican lo que es, o se cree que es verdad acerca del mundo en general y acerca del caso particular para el cual se está ejecutando la tarea.

Una vez finalizada la actividad de análisis se procede a la fase de síntesis en la que, una vez definida la jerarquía entre las tareas identificadas en la actividad de análisis se elabora el submodelo estático de conocimiento compuesto por el diccionario de conceptos, la tabla de conceptos-atributo-valor y el mapa de conocimientos.

El diccionario de conceptos: contendrá los diferentes conceptos, o subconjuntos funcionales, del más alto nivel, así como la terminología clave. Para cada uno de los conceptos se especificará su utilidad o función, sinónimos y acrónimos, los atributos que los definen, sus valores, y de dónde pueden ser derivados los datos, es decir, cuáles son las fuentes para obtener información sobre cada uno de los conceptos incluidos, como por ejemplo textos, bibliografía, informes, experiencia de alguna persona, procedimientos, etc. El diccionario de conceptos es una "lista viva" que sintetiza y resume todo lo que se obtiene por distintos métodos de adquisición de conocimientos.

Otro documento importante es la **Tabla Concepto-Atributo-Valor**, la cual, permite representar por cada concepto que atributos encierran y, de cada atributo especificar los diferentes valores que pueden llegar a poseer a lo largo de la resolución del problema.

Por último uno de los elementos más importantes que resume el Modelo Dinámico y el Modelo Estático es el **Mapa de Conocimientos**, el cual conforma el Modelo Conceptual Completo del comportamiento del Experto.

Elaboración del modelo conceptual

En el presente trabajo de diploma una vez comenzadas las sesiones de adquisición de conocimientos, se comienza a esbozar el modelo conceptual que nos permite comprender la tarea que desempeña el experto.

El primer paso consiste en la realización de una Identificación, Categorización y Clasificación de los diferentes conceptos que participan en la resolución del problema. Estos conceptos son plasmados en el Diccionario de Conceptos y la Tabla de Concepto-Atributo-Valor.

Posteriormente se procede a establecer las relaciones obtenidas entre los conceptos que así lo requieran. Por último los conocimientos obtenidos son sintetizados en el Modelo Dinámico y Modelo Estático de Conocimientos.

En la Tabla 4.4 de los anexos se muestra el Diccionario de Conceptos. Una vez obtenido este se completa el modelo estático con la Tabla Concepto/Atributo/Valor, que se muestra en la Tabla 4.5 de los anexos.

A continuación procedemos con el análisis de los conocimientos estratégicos.

Este análisis nos permite desarrollar una definición muy precisa del conjunto de actividades que realiza el experto para desarrollar su tarea, así como el flujo de control que seguirá el Sistema Experto.

El experto humano debe seguir algunos pasos para ejecutar la tarea. Se describirán los mismos siguiendo la propuesta de Juan Pazos de representación, mediante la descripción de la tarea, su propósito, las entradas necesarias para su concreción, el razonamiento que se aplica y las salidas obtenidas.

Por esto se elabora el Diagrama Jerárquico de tareas que se muestra en la Fig 4.1, la explicación de cada una de las tareas representadas en el diagrama se reflejan en las tablas 4.6 y 4.7 respectivamente.

El paso siguiente es el análisis de los conocimientos tácticos, los cuales especifican como el sistema experto utiliza hechos conocidos y las hipótesis actuales acerca del caso para obtener nuevos hechos e hipótesis tanto en situaciones de incertidumbre como en situaciones deterministas.

Se ha decidido utilizar las pseudo-reglas como representación de la información que se desea conceptualizar en cuanto a los conocimientos tácticos adquiridos.

En la Fig. 4.2 se muestra el Mapa de conocimientos creado para representar el análisis de estos conocimientos tácticos.

4.3 FORMALIZACIÓN

La etapa de formalización persigue el fin de expresar los conocimientos sobre el problema y su resolución en estructuras que puedan ser representadas en una computadora para su posterior utilización.

Recibe el nombre de formalismos de representación las diferentes estructuras que permiten expresar formalmente los conocimientos de un dominio. A los mecanismos de razonamientos de propósito general que llevan adelante su razonamiento con dichas estructuras se les denomina **motores de inferencia**.

El formalismo utilizado para representar el conocimiento en el presente trabajo de diploma es un sistema de producción. Como se puede observar en el capítulo 1 la arquitectura de un sistema de producción está compuesta por tres elementos básicos: La base de hechos, la base de reglas y la estrategia de control. La base de conocimientos del sistema está conformada por la base de hechos y la base de reglas.

En el presente trabajo de diploma se modelará la base de conocimientos de un Sistema Experto para el Diagnóstico Médico de las Sepsis Vaginales. El resto de los elementos que conforman el Sistema de producción no serán implementados en el mismo.

Se utilizó el lenguaje Prolog en su versión LPA WinProlog para representar la Base de Conocimiento y la máquina de inferencia de prolog como estrategia de control.

La base de conocimiento consta de 220 reglas las cuales relacionan 24 hechos dinámicos entrados por teclado, está diseñada para que el sistema identifique tres enfermedades: la Candidiasis Vulvovaginal, La trichomoniasis y la Vaginosi Bacteriana.

Cada uno de los síntomas y signos de los paciente fueron representados en las reglas .A continuación se muestran tres de las reglas de la base de conocimiento.

1. candidiasisvulvovaginal:-secrecion(s), svb, celulaslevaduriformes, pruebaamina(0), valoresph(Valorph), Valorph<4.5.
2. vaginosisbacteriana:- secrecion(s), svb, pruebaamina(1), celulasguias.
3. trichomonasvaginales:-secrecion(s), sva, trichomonas, pruebaamina(1).

La primera regla permite el diagnóstico de la Candidiasis Vulvovaginal en la misma se relacionan los siguientes síntomas:

- secreción vaginal (secreción).
- secreción vaginal blanca(svb).
- células levaduriformes.
- Test Amina (prueba de amina negativa).
- Ph vaginal.

La segunda regla permite el diagnóstico de la Vaginosi Bacteriana, se relacionan los siguientes parámetros.

- Secreción vaginal(secreción).
- Secreción vaginal blanca(svb).
- Test de Amina(prueba de amina positiva).
- Células guías.

La tercera regla permite el diagnóstico de la Trichomoniasis se pueden observar los siguientes parámetros

- Secreción(s).
- Secreción vaginal amarilla(sva).
- Tricomonas.

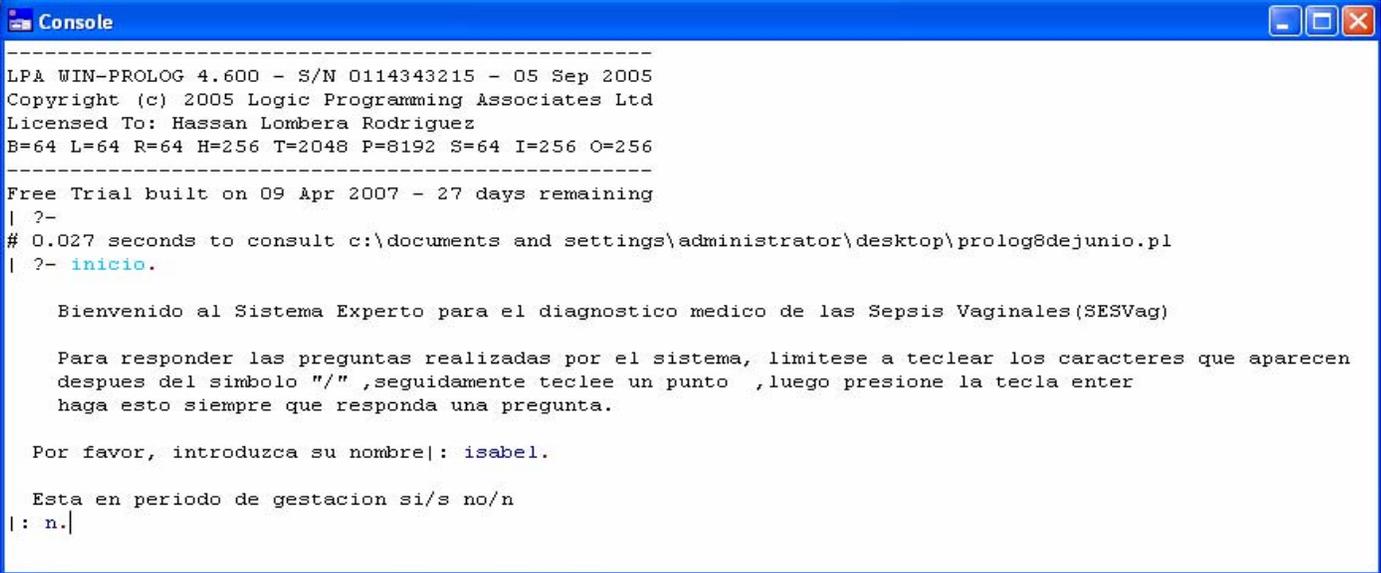
Cada una de las reglas consta de un grado de certeza. Las reglas ejemplificadas anteriormente tienen grado de certeza 1, por lo que no se procede a la señalización del mismo. La certeza de las reglas es calculada por la fórmula de Hajek para la disyunción, mediante el método Global.

El cuerpo del programa consta de 54 predicados que permiten la interacción del sistema con los usuarios.

Existen un grupo de predicados destinados a la salida de los mensajes por pantalla ejemplo:

```
gestacion:- retractall(gestacion(_)),
            write(' '),write(' '),nl,
            write(' '),write('Esta en periodo de gestacion si/s no/n'),nl,
            read(Gestacion),
            assert(gestacion(Gestacion)),
            valida1.
```

La siguiente figura muestra la salida en pantalla de un mensaje.



```
-----
LPA WIN-PROLOG 4.600 - S/N 0114343215 - 05 Sep 2005
Copyright (c) 2005 Logic Programming Associates Ltd
Licensed To: Hassan Lombera Rodriguez
B=64 L=64 R=64 H=256 T=2048 P=8192 S=64 I=256 O=256
-----
Free Trial built on 09 Apr 2007 - 27 days remaining
| ?-
# 0.027 seconds to consult c:\documents and settings\administrator\desktop\prolog8dejunio.pl
| ?- inicio.

Bienvenido al Sistema Experto para el diagnostico medico de las Sepsis Vaginales(SESVag)

Para responder las preguntas realizadas por el sistema, limite a teclear los caracteres que aparecen
despues del simbolo "/" ,seguidamente teclee un punto ,luego presione la tecla enter
haga esto siempre que responda una pregunta.

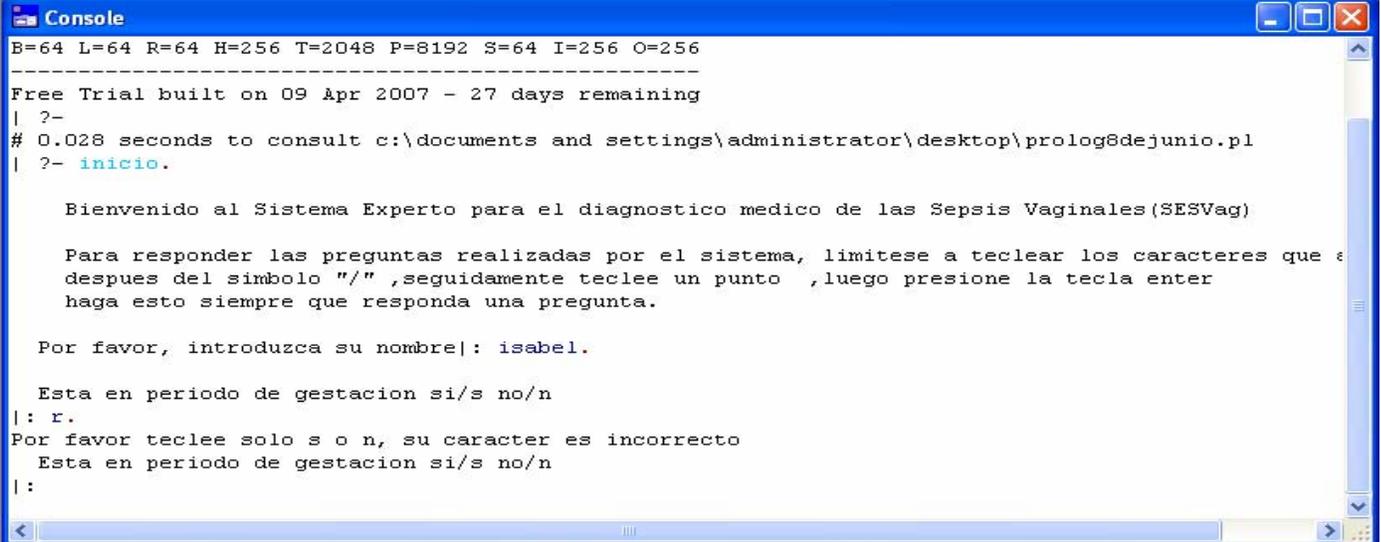
Por favor, introduzca su nombre|: isabel.

Esta en periodo de gestacion si/s no/n
|: n.
```

Otro grupo de predicados están destinados a validar los parámetros entrados por teclado, un ejemplo de ella lo constituye el predicado valida2 representado a continuación.

```
valida2:-secrecion(Secrecion), Secrecion \=s , Secrecion \=n ,write('Entre solo S o
      N'),tienesecrecion.
valida2:-secrecion(Secrecion),condicion.
```

La figura muestra la forma en que el sistema valida la entrada de los caracteres por teclado.



```
Console
B=64 L=64 R=64 H=256 T=2048 P=8192 S=64 I=256 O=256
-----
Free Trial built on 09 Apr 2007 - 27 days remaining
| ?-
# 0.028 seconds to consult c:\documents and settings\administrator\desktop\prolog8dejuno.pl
| ?- inicio.

  Bienvenido al Sistema Experto para el diagnostico medico de las Sepsis Vaginales (SESVag)

  Para responder las preguntas realizadas por el sistema, limite a teclear los caracteres que
  despues del simbolo "/" ,seguidamente teclee un punto , luego presione la tecla enter
  haga esto siempre que responda una pregunta.

  Por favor, introduzca su nombre|: isabel.

  Esta en periodo de gestacion si/s no/n
|: r.
Por favor teclee solo s o n, su caracter es incorrecto
  Esta en periodo de gestacion si/s no/n
|:
```

Los datos entrados por teclado son captados por el sistema a partir de un conjunto de hechos dinámicos que permiten la recepción de los datos en tiempo de ejecución. Tal es el caso de los hechos:

```
:-dynamic nombre/1.
:-dynamic masresultados/1.
:-dynamic microorganismos/1.
:-dynamic secrecion/1.
:-dynamic colorSecrecion/1.
```

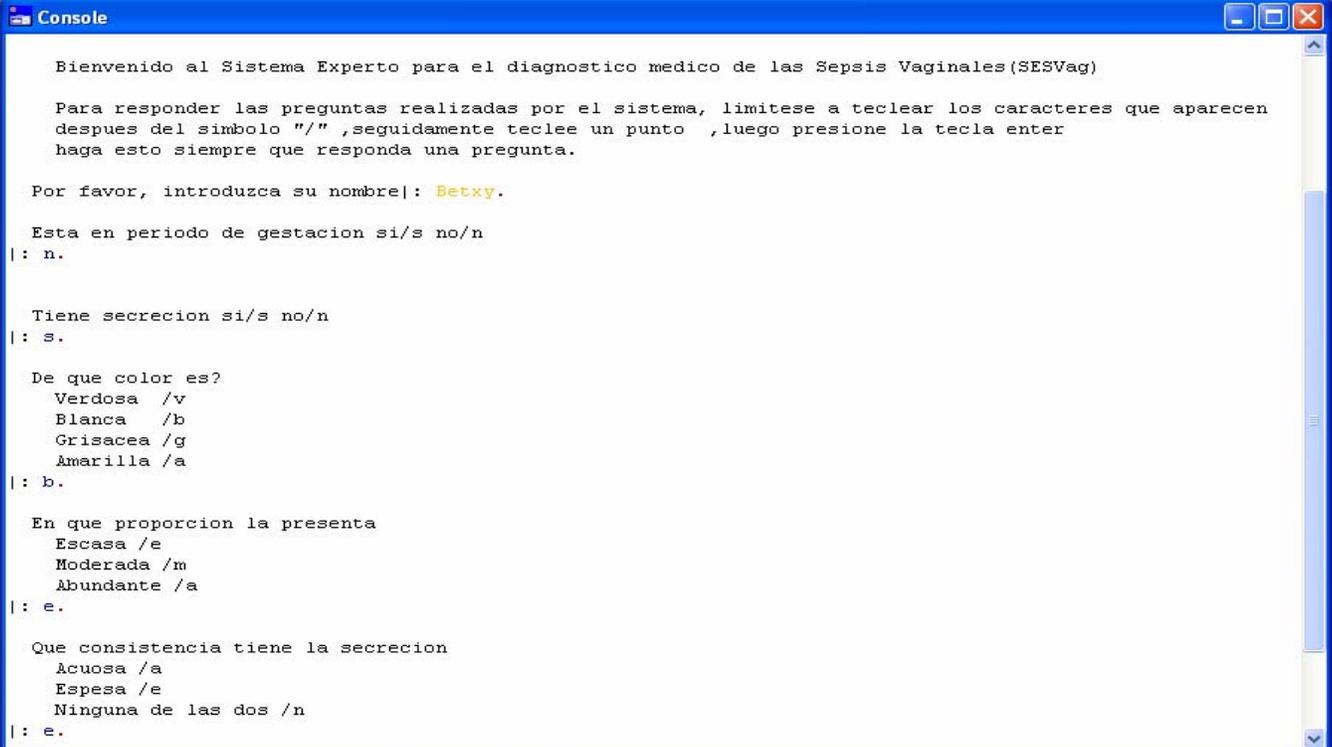
Los hechos dinámicos nos permiten crear nuevos hechos que son utilizados por el sistema durante el proceso de inferencia de las reglas. Los siguientes hechos son creados a partir de los hechos dinámicos colorSecrecion, microorganismo y testamina respectivamente.

```
svb:-colorSecrecion(b).  
celulaslevaduriformes:-microorganismos(ca).  
celulasguias:-microorganismos(cg).  
pruebaamina(1):-testamina(s).
```

Existen predicados que le permiten al usuario salir del sistema, tal es el caso del predicado terminar.

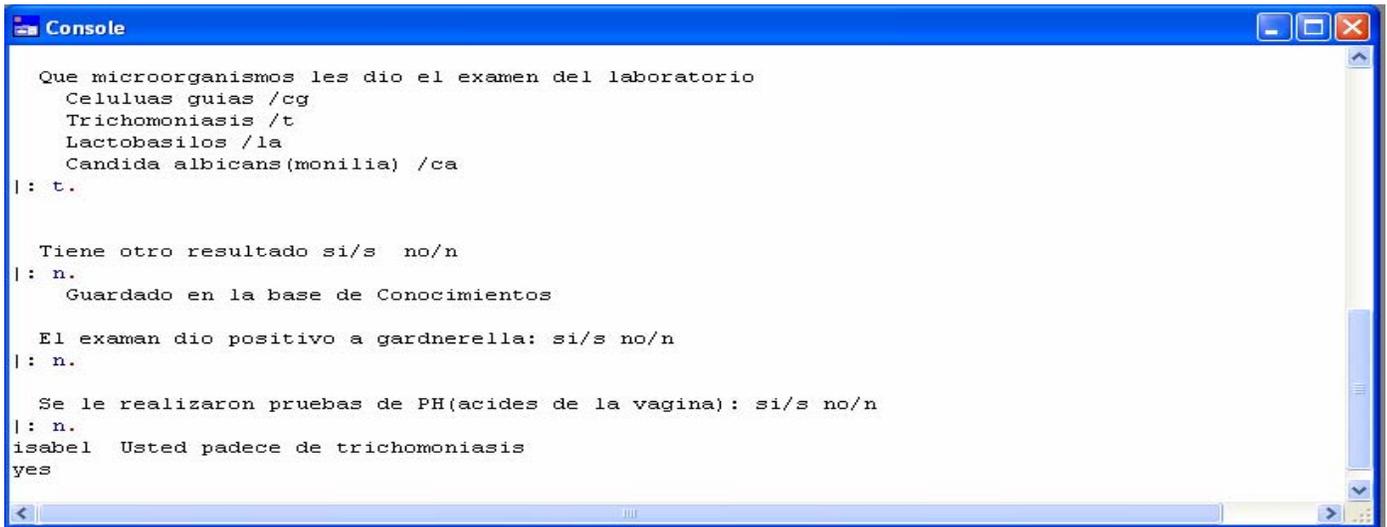
```
terminar:-halt.
```

El diagnóstico se realiza a partir de un conjunto de preguntas que son presentadas por el sistema a los usuarios.



```
Console  
Bienvenido al Sistema Experto para el diagnostico medico de las Sepsis Vaginales(ESVag)  
Para responder las preguntas realizadas por el sistema, limite a teclear los caracteres que aparecen  
despues del simbolo "/" ,seguidamente teclee un punto ,luego presione la tecla enter  
haga esto siempre que responda una pregunta.  
Por favor, introduzca su nombre|: Betsy.  
Esta en periodo de gestacion si/s no/n  
|: n.  
Tiene secrecion si/s no/n  
|: s.  
De que color es?  
Verdosa /v  
Blanca /b  
Grisacea /g  
Amarilla /a  
|: b.  
En que proporcion la presenta  
Escasa /e  
Moderada /m  
Abundante /a  
|: e.  
Que consistencia tiene la secrecion  
Acuosa /a  
Espesa /e  
Ninguna de las dos /n  
|: e.
```

Una vez realizado el proceso de inferencia el sistema es capaz de dar un diagnóstico. La figura muestra el diagnóstico emitido por el sistema para una paciente que padece de Trichomoniasis.



```
Console

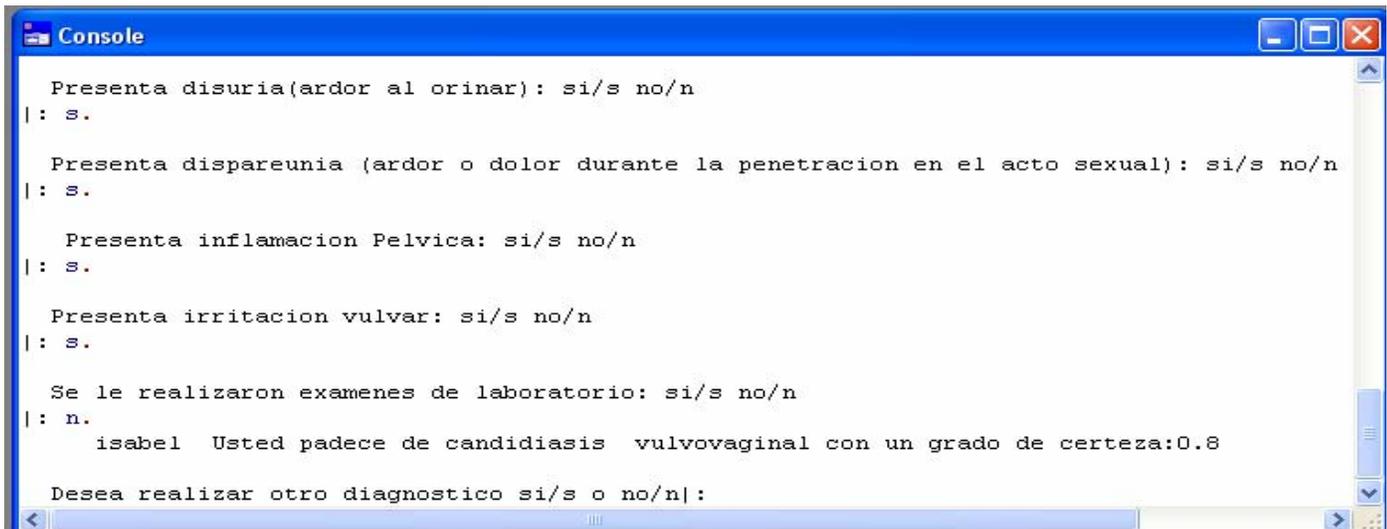
Que microorganismos les dio el examen del laboratorio
  Celuluas guias /cg
  Trichomoniasis /t
  Lactobasilos /la
  Candida albicans(monilia) /ca
|: t.

Tiene otro resultado si/s no/n
|: n.
  Guardado en la base de Conocimientos

El examan dio positivo a gardnerella: si/s no/n
|: n.

Se le realizaron pruebas de PH(acides de la vagina): si/s no/n
|: n.
isabel Usted padece de trichomoniasis
yes
```

El sistema es capaz de emitir igualmente diagnostico con un grado de certeza calculado durante el proceso de inferencia. La figura muestra un diagnostico emitido con un grado de certeza.



```
Console

Presenta disuria(ardor al orinar): si/s no/n
|: s.

Presenta dispareunia (ardor o dolor durante la penetracion en el acto sexual): si/s no/n
|: s.

Presenta inflamacion Pelvica: si/s no/n
|: s.

Presenta irritacion vulvar: si/s no/n
|: s.

Se le realizaron exámenes de laboratorio: si/s no/n
|: n.
  isabel Usted padece de candidiasis vulvovaginal con un grado de certeza:0.8

Desea realizar otro diagnostico si/s o no/n|:
```

Se adjuntara al siguiente trabajo de diploma una carpeta con el instalador del Win-Prolog y el fichero reglas.pl el cual contiene la base de conocimiento descrita anteriormente.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de diploma llegamos a las siguientes conclusiones:

Los conocimientos adquiridos en el estudio de la Inteligencia Artificial y su aplicación en los Sistemas Expertos, fueron expuestos de forma explícita en el desarrollo del mismo.

Se realizó un profundo estudio de la disciplina “Ingeniería del Conocimiento” así como de un grupo de Metodologías de Software aplicadas para el desarrollo de Sistemas Inteligentes, quedando seleccionada la Metodología IDEAL para el desarrollo del sistema, debido a que la misma permite una constante interacción entre el ingeniero del conocimiento y el experto durante todo el período de desarrollo del SE, además propone un conjunto de artefactos que facilitan la comprensión de las tareas desarrolladas por el sistema. Las fases de Adquisición del Conocimiento, Conceptualización y Formalización del mismo constituyen los pilares fundamentales de esta metodología, permitiendo la creación en etapas tempranas de un prototipo del sistema que gradualmente converge al sistema final.

Durante la fase de Adquisición del Conocimiento se realizaron una serie de encuestas que enriquecieron el conocimiento educidos de los expertos a través de entrevistas realizadas a los mismos, que permitieron seleccionar las enfermedades cérvico-vaginales que identifica el sistema así como el conjunto de síntomas y signos asociados a estas enfermedades.

Se modeló una exitosa Base de Conocimiento que, unido a un conjunto de hechos dinámicos implementados y el motor de Inferencia de Prolog, permite dar un diagnóstico médico. Como forma de representación del conocimiento se utilizaron las reglas de producción, estas últimas se encuentran asociadas a un grado de certeza calculado mediante el método Hájek.

RECOMENDACIONES

Habiendo completado exitosamente la Ingeniería del Conocimiento para un Sistema Experto de diagnóstico médico de la Sepsis Vaginales, quedan abiertas las siguientes líneas de desarrollo como recomendación para próximos cambios o actualizaciones:

- Implementación de una máquina de inferencia para el Sistema Experto.
- Implementación del módulo de adquisición de conocimiento.
- Creación de una interfaz amigable para el sistema.
- Investigar y detectar nuevas enfermedades que puedan añadirse al sistema.

Se recomienda además trabajar en el resto de las fases de la metodología IDEAL para llegar a la perfección del sistema y se propone la utilización de redes neuronales para lograr que el sistema tenga un aprendizaje propio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MATEOS, J. C. Á.; D. J. ESTRADA, *et al.* Sistema Experto: Celestino v1.0.

REYES, J. M. C. artificial, junio de 2004.

WIKIPEDIA. *Dendral*, 2002.

BIBLIOGRAFÍA

- AUTORES, C. D. British Computer Society: Specialist Group on Expert System. Computer Society Workshop. 1987. p.
- CAMPERO, R. Capítulo 6. Sistemas Expertos, 2005. [Disponible en: <http://expertcoder.sourceforge.net/tutorial/es/expertsystems.html>].
- CASTILLO, E. Y. A., E. Sistemas Expertos: Aprendizaje e incertidumbre. Paraninfo. 1989. p.
- CASTRO, J. M. Sistemas expertos (SE), 1997. [Disponible en: <http://www.Monografias.com>].
- CASTRO, M. Sistemas Expertos, 2002. [Disponible en: http://strix.ciens.ucv.ve/~iartific/Material/PP_Sistemas_Expertos.pdf].
- CHARNIAK, E. Introduction to Artificial Intelligence. Addison-Wesley. 1985. p.
- COOMBS, M. J. Development in expert system: From a special issue of the international journal of machine studies. Academic Press. London, 1984. p.
- DELAHAYE, J. P. Formal Methods in Artificial Intelligence. Eyrolles. Paris, 1986. p. 001.535.
- ENRIQUE CASTILLO, J. M. G., ALI S.HADI. Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas. 2000. p.
- FERNANDEZ, C. A. I. Sistemas Basados en Conocimientos, 1999. [Disponible en: <http://www.gsi.dit.upm.es/~cif/cursos/ssii/clips99.pdf>].
- HENAO, D. Características de la Inteligencia Artificial, 1997. [2006]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos12/inteartf/inteartf2.shtml>.
- KRIZ, J. Knowledge-base expert system in industry. Chichester. 1987. p.
- LIBRE, W. L. E. Sistema Experto, 2007. [Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_experto].
- LOPEZ, A. V. Aplicaciones de la inteligencia artificial en problemas de producción 2007. [Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/apliintarti.htm>].
- M.MANUEL, P. consideraciones sobre la construcción de entrenadores basados en Sistemas Expertos. Dirección Docente Metodológica. 1989. p.
- MARAÑÓN, G. Á. Características del lenguaje Java, 1999. [Disponible en: <http://www.iec.csic.es/CRIPTONOMICON/java/quesjava.html>].
- MÁRQUEZ, J. J. S. Cuando las máquinas aprenden, 2007. 1.
- MATEO LEZCANO BRITO, V. G. V. P. Algunas experiencias en la utilización de sistemas de EAC

para la enseñanza de Inteligencia Artificial. Divulgaciones Matemáticas. Santa Clara, 1998. 18 p.

RIZZI, F. M. Sistema Experto Asistente de Requerimientos. Buenos Aires, ITBA, 2001. 320. p.

RODRIGUEZ, F. Z. Que es Inteligencia Artificial, 2003. [Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos10/intelart/intelart.shtml>].

SALDIVAR, V. H. Como aprenden las maquinas, 2000. [Disponible en:
<http://iteso.mx/~almarp/ia/comoaprenden.htm>].

SÁNCHEZ, Y. G. Infecciones vaginales, su repercusión en el sistema reproductivo femenino, 2005.
[Disponible en: <http://www.ilustrados.com/publicaciones>].

SANTIAGO, P. D. Inteligencia Artificial, 2000. [Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos16/inteligencia-artificial-historia/inteligencia-artificial-historia.shtml>].

ANEXOS

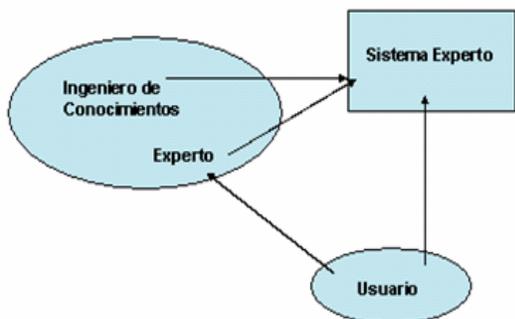


Fig. 1.1: Relación que existe entre los grupos que intervienen en el desarrollo de un SE.

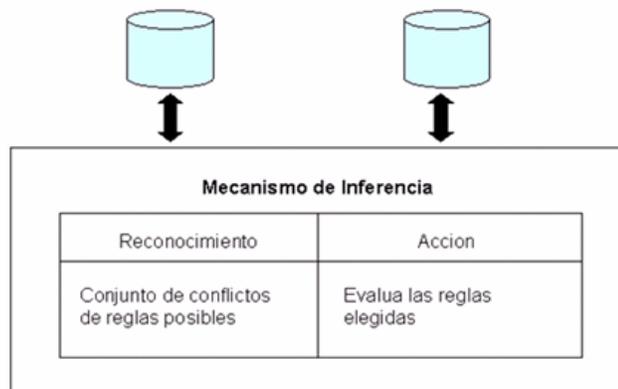


Fig. 2.1 Arquitectura de un sistema de producción.

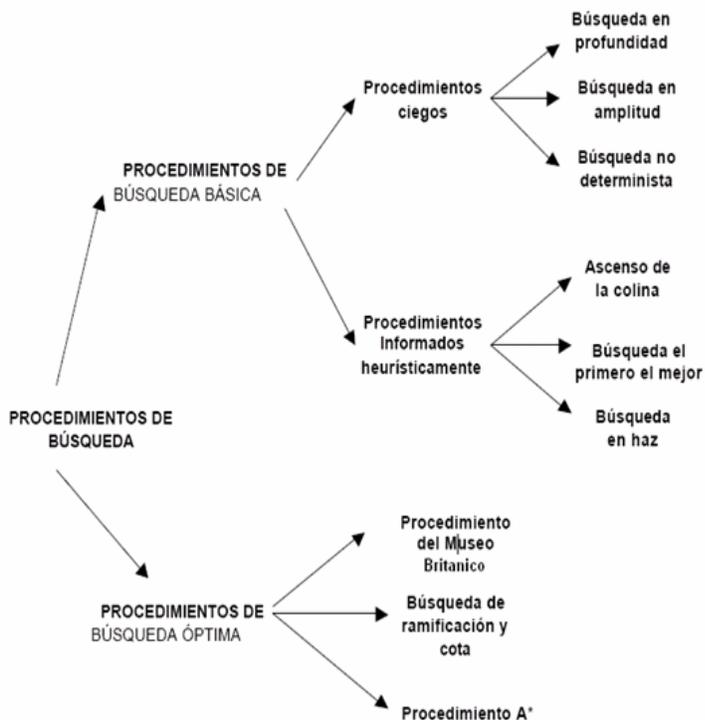


Figura 2.2: Relación entre los diferentes procedimientos de Búsqueda.

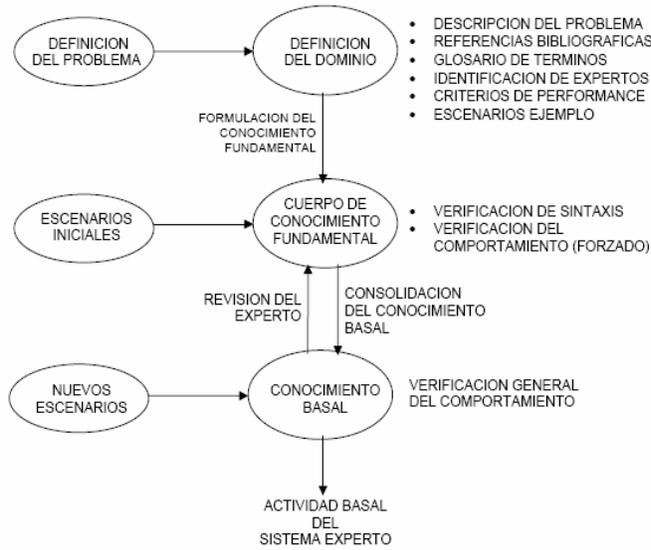


Figura 3.1: Ciclo de vida metodología de Grover.

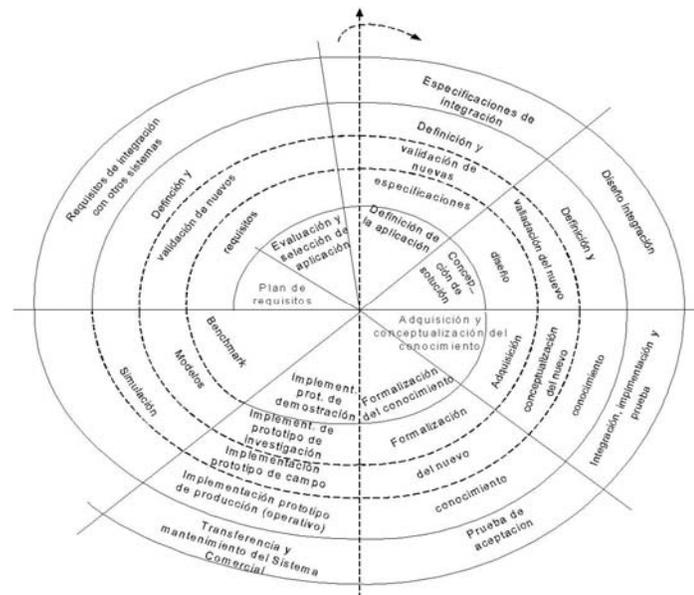


Figure 3.3: Visión desde arriba del ciclo de vida de la metodología IDEAL

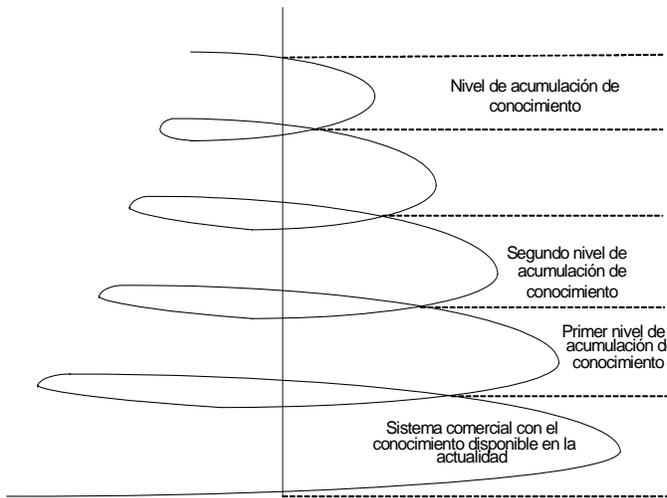


Figure 3.2: Visión lateral del ciclo de vida de la metodología IDEAL

Valor Lingüístico	Intervalo Difuso			
Nada	0.01	0.01	0.01	0.01
Poco	1.2	2.2	3.4	4.4
Regular	3.4	4.4	5	4.5
Mucho	5.6	6.6	7.8	8.8
Todo	7.8	8.8	10	10

Tabla 3.1: Definición de Intervalos Difusos correspondientes a cada valor lingüístico

Dimensión de plausibilidad

Característica	Peso	Valor	Intervalo Difuso				Peso* Valor				Peso/Valor		
PI1	8	si	10	10	10	10	80	80	80	80	0.8	0.8	0.8
PI2	8	si	10	10	10	10	80	80	80	80	0.8	0.8	0.8
PI3	6	Mucho	5.6	6.6	7.8	8.8	33.6	39.6	46.8	52.8	1.07	0.91	0.68
PI4	6	Mucho	5.6	6.6	7.8	8.8	33.6	39.6	46.8	52.8	1.07	0.91	0.68
PI5	7	9	9	9	9	9	81	81	81	81	0.78	0.78	0.78
Sumatorias	35						308.2	320.2	334.6	346.6	4.52	4.2	3.74
Resultados			8.27	8.74	9.46		9.63						

Tabla 3.3: Tabla de la Dimensión de plausibilidad.

Característica	Peso	Valor	Intervalo Difuso				Peso*Valor				Aprox. Numérica
Ju1	6	regular	3.4	4.4	5	4.5	20.4	26.4	30	27	25.95
Ju2	5	7	7	7	7	7	35	35	35	35	35
Ju3	6	todo	7.8	8.8	10	10	46.8	52.8	60	60	54.9
Ju4	-5	regular	3.4	4.4	5	4.5	-17	-22	-25	-22.5	-21.625
Ju5	-2	5	5	5	5	5	-10	-10	-10	-10	-10
Ju6	-4	regular	3.4	4.4	5	4.5	-13.6	-17.6	-20	-18	-17.3
Ju7	-5	si	10	10	10	10	-50	-50	-50	-50	-50
Ju8	5	mucho	5.6	6.6	7.8	8.8	28	33	39	44	36
Resultados							7.8	8.8	10	10	Máx.: 54.9

Dimensión de Justificación

Tabla 3.4: Tabla de la Dimensión de Justificación.

Dimensión de Adecuación

Característica	Peso	Valor	Intervalo Difuso				Peso*Valor				Peso/Valor			
Ad1	9	no	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.09	0.09	0.09	900	900	900	900
Ad2	6	mucho	5.6	6.6	7.8	8.8	33.6	39.6	46.8	52.8	1.07	0.91	0.77	0.68
Ad3	10	si	10	10	10	10	100	100	100	100	1	1	1	1
Ad4	9	mucho	5.6	6.6	7.8	8.8	50.4	59.4	70.2	79.2	1.61	1.36	1.15	1.02
Ad5	-2	poco	1.2	2.2	3.4	4.4	-2.4	-4.4	-6.8	-8.8	-1.67	-0.91	-0.59	-0.45
Ad6	5	regular	3.4	4.4	5	4.5	17	22	25	22.5	1.47	1.14	1	1.11
Ad7	4	si	10	10	10	10	40	40	40	40	0.4	0.4	0.4	0.4
Ad8	8	mucho	5.6	6.6	7.8	8.8	44.8	52.8	62.4	70.4	1.42	1.21	1.02	0.9
Ad9	6	si	10	10	10	10	60	60	60	60	0.6	0.6	0.6	0.6
Ad10	3	si	10	10	10	10	30	30	30	30	0.3	0.3	0.3	0.3
Sumatoria	58						373.	399.	427.	446.	905.	906.	905.	905.
Resultados							49	49	69	19	13	31	65	56
							3.25	3.47	3.7	3.88				

Tabla 3.6: Tabla de la Dimensión de Adecuación.

Dimensión de Éxito

Característica	Peso	Valor	Intervalo Difuso				Peso*Valor				Peso/Valor			
Ex1	-5	si	10	10	10	10	-50	-50	-50	-50	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Ex2	-4	5	5	5	5	5	-20	-20	-20	-20	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Ex3	-2	poco	1.2	2.2	3.4	4.4	-2.4	-4.4	-6.8	-8.8	-1.67	-0.91	-0.59	-0.45
Ex4	+3	6	6	6	6	6	18	18	18	18	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Ex5	+10	si	10	10	10	10	100	100	100	100	1	1	1	1
Ex6	-4	6	6	6	6	6	-24	-24	-24	-24	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67
Ex7	+9	si	10	10	10	10	90	90	90	90	0.9	0.9	0.9	0.9
Ex8	+6	7	7	7	7	7	42	42	42	42	0.86	0.86	0.86	0.86
Ex9	+9	si	10	10	10	10	90	90	90	90	0.9	0.9	0.9	0.9
Ex10	+7	si	10	10	10	10	70	70	70	70	0.7	0.7	0.7	0.7
Ex11	+7	mucho	5.6	6.6	7.8	8.8	39.2	46.2	54.6	61.6	1.25	1.06	0.9	0.8
Ex12	+6	si	10	10	10	10	60	60	60	60	0.6	0.6	0.6	0.6
Ex13	-2	poco	1.2	2.2	3.4	4.4	-2.4	-4.4	-6.8	-8.8	-1.67	-0.91	-0.59	-0.45
Ex14	+8	mucho	5.6	6.6	7.8	8.8	44.8	52.8	62.4	70.4	1.43	1.21	1.03	0.91
Ex15	-1	no	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-100	-100	-100	-100
Ex16	+5	si	10	10	10	10	50	50	50	50	0.5	0.5	0.5	0.5
Ex17	+5	si	10	10	10	10	50	50	50	50	0.5	0.5	0.5	0.5
Sumatorias	57						553.	536.	579.	590.	-97.	-96.	-95.	-95.
Resultados							59	19	39	39	17	06	76	7
							3.92	4.4	4.78	4.88				

Tabla 3.5: Tabla de la Dimensión de Éxito.

Cálculo Final de Viabilidad

Dimensión	Peso	Valores de Intervalo				Peso*Valor			
Plausibilidad	8	8.27	8.74	9.46	9.63	66.16	69.92	75.68	77.04
Justificación	3	7.8	8.8	10	10	23.4	26.4	30	30
Adecuación	8	3.25	3.47	3.7	3.88	26	27.76	29.6	31.04
Éxito	5	3.92	4.4	4.78	4.88	19.6	22	23.9	24.4
Sumatoria	24					135.16	146.08	159.18	162.48

Tabla 3.7: Tabla de los cálculos finales del Estudio de Viabilidad.

Intervalo de Resultado Final	5.63	6.07	6.63	6.77
Resultado Final	6.3			

ANEXO 4.1

MODELO DE ENCUESTA

Edad: _____
 Provincia: _____
 Raza: _____
 Grado de escolaridad _____ (año de estudio)

1. Ha tenido relaciones sexuales?

- Sí
 No

En caso positivo responda cuando comenzaron :

- Antes de los 16 años
 Antes de los 20 años
 20 o más

A. Tipo de coito practicado

- Sólo vaginal.
 Vaginal y anal
 Anal
 Oral

2. Método anticonceptivo que usa actualmente (puede ser más de uno).

- Tabletas
 DIU (Multiload, T de cobre, Anillo)
 Condón
 Abstinencia sexual
 Coito interrumpido
 Vacunas
 Ritmo biológico
 Implantes
 Ninguno.

3. Si usa el condón lo hace:

- Siempre
 A veces
 Durante todo el contacto sexual
 Durante la eyaculación.

4. Tiene antecedentes personales de padecer de:

- Diabetes Mellitus
 Infecciones generalizadas
 Inmunosupresión
 Enfermedad maligna (conocida)

5. Ha padecido de alguna enfermedad de transmisión sexual.

- Condiloma acuminado
 Herpes simple genital tipo II
 Blenorragia
 Sífilis.
 Otras.

6. Ha tenido afección ginecológica como:

- Ectopia cervical
 Cervicitis
 Enfermedad inflamatoria pélvica
 Quistes de ovario de más de 3 cm.
 Endometriosis
 Otras

7. Ha acudido al médico otras veces por sepsis vaginal (secreción).

- Sí
 No

8. En caso positivo que microorganismo le han producido la sepsis vaginal.

- Candida albicans
 Escherichia coli
 Trichomonas vaginalis
 Diplococo arriñonado gran positivo
 Diplococo arriñonado gran negativo

- Clamidia
 Gardnerella
 HPV
 No recuerda
 Otros ¿Cuál? _____

9. Si tiene secreción como es:

- Blanca grumosa, mucho prurito
 Grisácea homogénea, con olor desagradable
 Abundante, espumosa, blanquecina, a veces prurito
 Abundante, espumosa, amarilla, a veces prurito
 Serosa, no mal olor y a mitad del ciclo menstrual se hace mas abundante
 Serohemática postcoital (sangramiento después del coito)
 Secreción escasa
 Secreción amarilla, purulenta, verdosa y fétida (mal olor).

10. Que síntomas asociados a la secreción vaginal presenta:

- Dolor abdominal(a veces)
 Dolor abdominal (siempre)
 Presencia de prurito vaginal.
 Enrojecimiento de la vulva
 Sangramiento poscoito
 Ardor vaginal y/o dolor durante la penetración en el acto sexual (dispareunia)
 Inflamación vaginal
 Irritación local
 Ardor, prurito, dispareunia y a veces fetidez
 Presencia de disuria (ardor al orinar)
 escozor y ardor vaginal
 Sangramiento intermenstrual
 Trastornos menstruales

11. Ha recibido tratamientos durante el ultimo mes con:

- Antibióticos (Penicilina, Tetraciclina, Ciprofloxacina, Metronidazol, Azitromicina, etc.)
 Esteroides (Desarectoxona, Prednisona)
 Tabletas vaginales (Clotrimazol, Metronidazol, Nistatina, Sulfamida)
 Curas vaginales (Yodo Pandora, Mercurio Cromo, Violeta Genciana)
 Inmunomodulador (Interferón, Levamisol)

12. Forma en que realiza el aseo vaginal y frecuencia del mismo (puede ser más de una vez).

- Menos de 3 veces
 Siempre que va al baño
 De atrás hacia adelante
 De alante hacia atrás.
 Uso de jabón siempre
 Uso de sustancias químicas (talco, crema, perfume, etc.)

13. Se ha expuesto en el ultimo mes a:

- Baños en piscinas
 Toallas de otras personas
 Prendas intimas de otra persona
 Salpicaduras en retrete sanitario
 Violación o abuso sexual
 Uso de drogas
 Ardor o dolor al orinar

Concepto	Función	Sinónimo	Elementos	Relacion
Coloración de la secreción	Permite caracterizar una secreción.		Blanca Verde Gris Amarilla	
Proporción	Referido a la cantidad en la que se presenta la secreción.		Moderada Escasa Abundante	
Sepsis vaginales	Infección de la vagina por agentes externos a la misma		Candidiasis Trichomaniasis Vaginosis	
Prueba de las aminas	Permite demostrar la existencia de gardnerellas en las muestras vaginales.	Test de amina	+(positivo) -(negativo)	
Secreción	Presencia de flujo vaginal	Leucorrea	Si No	
PH	Grado de acides de la vagina		< 4.5 <PH>6 6.7<PH>7	
Microorganismo	Causante de la infección vaginal		Trichomonas Células guías Monilias	
síntomas	Conjunto de síntomas corporales que presenta el paciente que contrae una sepsis vaginal		Coloracion de vagina, prurito, Dispareunia etc.	

Tabla 4.4: Tabla diccionario de Conceptos.

Concepto	Atributo	Valor
secreción	Si No	S N
Coloración de la secreción	Blanca Verde Gris amarilla	True, False True, False True, False True, False
Proporción	Abundante Escasa Moderada	True, False True, False True, False
Sepsis vaginales	Candidiasis Trichomaniasis Vaginosis	True, False True, False True, False
Prueba de las aminas	+(positivo) -(negativo)	True, False True, False
PH	< 4.5 <PH>6 6.7<PH>7	True, False True, False True, False
microorganismos	Trichomonas Células guías Monilias	True, False True, False True, False

Tabla 4.5: Tabla Concepto-Atributo-Valor.

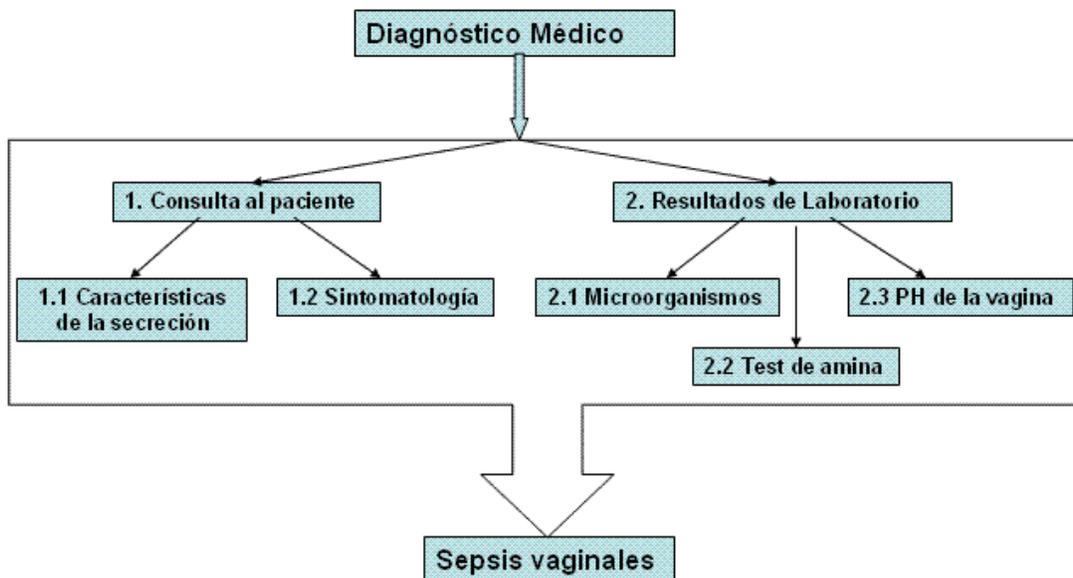


Figura 4.1: Diagrama Jerárquico de Tareas.

Paso	Propósito	Subpasos	Entrada	Razonamientos	Salidas
1	Obtener los datos del paciente así como el conjunto de síntomas del mismo.	1.1 Caracterización de la secreción vaginal. 1.2 Identificación de los síntomas asociados a la secreción.	1. Tipo de secreción. 2. Conjunto de síntomas.	El experto analiza el conjunto de síntomas presentado por el paciente arribando a conclusiones referente a la enfermedad que este puede padecer y da un diagnóstico inicial que luego es confirmado por los exámenes de laboratorio.	Diagnóstico presuntivo.
2	Obtener los resultados emitidos en el laboratorio del paciente en cuestión.	2.1 Obtener la relación de microorganismos obtenidos en el examen de laboratorio. 2.2 Reflejar el resultado del test de amina aplicado en el laboratorio. 2.3 Obtener el grado de acidez de la vagina.	1. Grupo de microorganismos de la muestra. 2. Resultado del test de amina. 3. PH vaginal.	El experto obtiene el dominio del conjunto de exámenes realizados en el laboratorio necesarios para dar el diagnóstico.	Diagnóstico clínico.

Tabla 4.6: Descripción de las tareas del Diagrama Jerárquico.

Subpasos	Entrada	Razonamientos	Salidas
1.1	Características de la secreción.	La coloración de las secreciones así como la consistencia de las mismas permiten relacionarla con una enfermedad determinada.	Tipo de secreción.
1.2	Conjunto de síntomas.	Cada enfermedad tiene asociado un conjunto de síntomas determinados	Conjunto de síntomas
2.1	Conjunto de microorganismos.	Los microorganismos permiten afirmar la existencia de una enfermedad determinada.	Levaduras Tricomonas. Células guías
2.2	Valor del TEST de amina.	Prueba de laboratorio que es básica para la confirmación de la Vaginosis Bacteriana	Existencia de Gardnerellas
2.3	Acidez de la vagina.	Cada enfermedad presenta un valor de PH característico.	Valor del PH

Tabla 4.7: Descripción de los subpasos de cada una de las tareas del Diagrama Jerárquico.

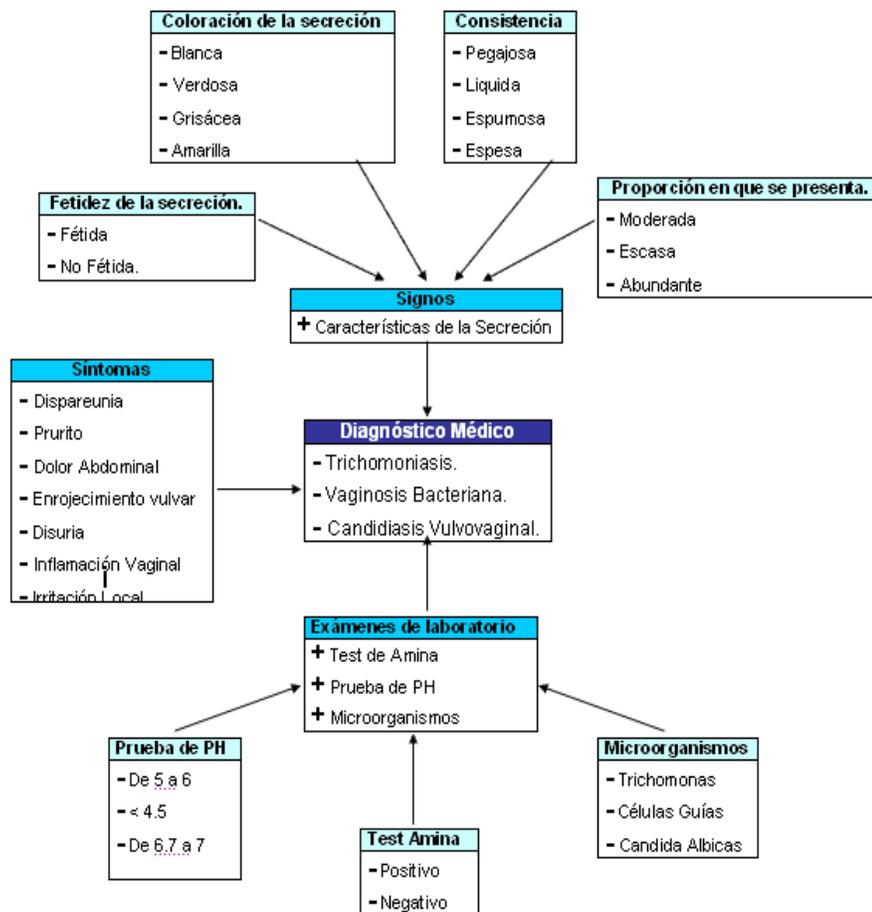


Figura 4.2: Mapa Conocimientos.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Término.	Concepto
Uretritis	La uretritis es un síndrome caracterizado por secreción uretral mucopurulenta o purulenta y/o disuria, aunque puede ser asintomática. Habitualmente (aunque no siempre) es transmitida por contacto sexual.
Cervicitis	La cervicitis es el equivalente femenino de la uretritis, y se caracteriza por la inflamación y secreción de la mucosa endocervical.
Skenitis	Inflamación de las glándulas paraurethral (de Skene).
Bartholinitis	Es la infección de las glándulas de Bartholino, que son las que se encargan de dar lubricación a la vagina, especialmente durante las relaciones sexuales.
Fecaloide (Streptococcus faecalis)	Semejante a la materia fecal, en particular los vómitos en la obstrucción intestinal. Enterococcus faecalis es una bacteria Gram-positiva comensal, que habita el tracto gastrointestinal de humanos y otros mamíferos
Disuria	Emisión dolorosa de la orina, generalmente debida a una infección urinaria o a un proceso obstructivo del tracto urinario.
Vaginosis Bacteriana	Enfermedad vaginal producida por varias bacterias, de las que destaca la <i>Gardnerella vaginalis</i> .
Candidiasis Vulvovaginal	Se trata de una de las vulvovaginitis más frecuentes. Los agentes infecciosos productores de esta afección son los hongos y de ellos el más frecuente es el <i>Cándida albicans</i> .
Diabetes mellitus	Diabetes mellitus (DM) o <i>diabetes sacarina</i> , es un síndrome orgánico multisistémico que tiene como característica el aumento de los niveles de glucosa en sangre (signo clínico conocido como hiperglicemia), resultado de defectos en la secreción de insulina, en su acción o ambos.
Corticoides	Los corticosteroides o corticoides son una variedad de hormonas del grupo de los esteroides (producida por la corteza de las glándulas suprarrenales) y sus derivados.
Inmunosupresores	El grupo de los inmunosupresores está constituido por medicamentos indicados en la prevención o reversión del rechazo en los trasplantes de órganos.
Protozoos	Los protozoos, también llamados protozoarios, son organismos microscópicos, unicelulares, heterótrofos, que viven en medios líquidos y que se reproducen por bipartición. La fisión binaria o bipartición es una forma de reproducción asexual que se lleva a cabo en bacterias, levaduras de fisión, algas unicelulares y protozoos.
Verosimilitud	Apariencia de verdadero o con posibilidad de ser creído.
Ponderar	Determinar el peso o el valor de algo.

Término.	Concepto
Fisiología	Ciencia que se encarga de relacionar a la química, la física y las ciencias biológicas. Tiene relevancia en el área de la Salud Humana y en las carreras de Bioquímica y Farmacia.
Filosofía	La Filosofía es un ejercicio de reflexión y de análisis, de valor y de sentido, sobre las realidades de la vida, que trata de comprender, metodológicamente, cómo llegar a explicaciones esclarecedoras sobre la esencia de todos los diversos elementos de la realidad, interesándose genuinamente por llegar a definir conceptos y principios entre las partes y el todo que coexisten en el universo, por el obrar de los seres humanos.
Pericia	Sabiduría, experiencia y habilidad en una ciencia o arte.
Meta reglas	Es decir, las meta reglas son reglas que contienen conocimientos acerca de cómo manejar adecuadamente los conocimientos del dominio para mejorar la eficacia y el rendimiento del sistema.
biunívoca	Una correspondencia biunívoca es simplemente una correspondencia de un elemento de un cierto conjunto con uno y sólo uno de otro conjunto
Engrosar	Hacer más gruesa una cosa. Aumentar, hacer más numeroso un equipo o grupo. Hacerse más corpulento.
Heurística	Se denomina heurística a la capacidad de un sistema para realizar de forma inmediata innovaciones positivas para sus fines.
Endocérvix	Es la porción del cuello uterino que se encuentra inmediatamente después del orificio cervical externo. Esta constituido por un epitelio cilíndrico secretor de moco, formando una capa de células única.
Patógenos	Organismos, incluidos virus, bacterias o quistes, capaces de causar una enfermedad (tifus, cólera, disentería) en un receptor (por ejemplo una persona).
Prurito	El prurito (o comezón) es una sensación desagradable que produce el deseo de rascarse. Es un síntoma alterador que puede causar molestias y amenazar la efectividad de la piel como la principal barrera protectora.
Purulenta	Que tiene o segrega pus, el pus es una sustancia blanquecina o amarillenta producida por el cuerpo durante procesos infecciosos.
Fétida	Que desprende un olor muy desagradable.
Excoriación	Levantamiento o irritación de la piel, de manera que esta adopta un aspecto escamoso.
Maceración	Ablandamiento de una sustancia sólida golpeándola o sumergiéndola en un líquido.
Endocervicitis	Inflamación de la membrana mucosa de los úteros de la cerviz.
Proctitis	Es la inflamación del tejido rectal, también conocido como mucosa rectal.