



Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"
Facultad de Informática
Carrera de Ingeniería Informática

DTEnd

*Sistema Experto para
el Diagnóstico y Tratamiento de Endometriosis.*

Trabajo de diploma
Para optar por el título de Ingeniería en Informática.

Autor:
Kenia Reyes Chaviano.

Tutores:
Ing. Maribel García García.
Lic. Karina L. Fernández Sánchez.

Consultantes:
Dra. Merlys González Bosch.
Dra. Leonora Aide Sánchez Basurto.
Dr. Leandro Miguel Fernández Díaz.

Cienfuegos, Cuba.
Curso 2006 – 2007.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que soy la única autora de este trabajo y autorizo al Departamento de Informática de la Facultad de Informática en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, para que hagan el uso que estimen pertinente con el trabajo de diploma.

Para que así conste firmo la presente a los 12 días del mes de junio del 2007.

Kenia Reyes Chaviano.

Nombre completo del primer autor

Firma

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referente a la temática señalada.

Firma Tutor

Firma Tutor

Firma ICT

Firma Vicedecano

Dedicatoria.

*Este trabajo lo dedico por entero a mis padres
que han dedicado todo su esfuerzo a mi formación profesional,
materializado hoy en este trabajo de diploma.*

Agradecimientos .

Quisiera agradecer a todas las personas que de una forma u otra han contribuido con su ayuda y sin la cual no hubiese sido posible la realización de este trabajo, en especial a:

- A mi **mamá** y mi **papá**, por su amor, su confianza en mí y su constante preocupación.*
- A mi **hermano** por quererme incondicionalmente.*
- A mis **abuelos** por su dedicación y todo su amor.*
- **Al resto de mi familia** por su preocupación.*
- A mis tutoras Maribel García García y Karina L. Fernández Sánchez por su paciencia, su preocupación, y sobre todo por ser más que tutoras, dos buenas amigas.*
- A los médicos y enfermeras que me ofrecieron sus conocimientos siempre que los necesité.*
- A los compañeros de Universidad y profesores, por estos cinco años compartidos.*
- A mis amigos por su apoyo y por todos esos pequeños momentos que compartimos juntos.*

A todos, muchísimas gracias, ustedes forman parte de este logro.

Resumen

DTEnd: Sistema Experto para el **Diagnóstico** y **Tratamiento** de **Endometriosis**.

Este trabajo pretende abordar el tema de los Sistemas Expertos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, una de las áreas más interesantes y abordadas en el campo de la Inteligencia Artificial y que cobra elevada importancia en nuestros días, cuando nuevas herramientas para el desarrollo de software de Sistemas Expertos están disponibles para computadoras personales, y la red telemática de salud en Cuba cada vez llega a más sitios, facilitando el intercambio y desarrollo de nuevos médicos.

El trabajo presenta el uso de reglas de producción para la construcción de un Sistema Experto destinado al diagnóstico y tratamiento de Endometriosis. El diagnóstico de Endometriosis se fundamenta en determinar por los síntomas, signos y exámenes complementarios de la paciente el carácter de la enfermedad y luego brindar el tratamiento. Este sistema permitirá realizar un diagnóstico médico certero luego de conocer los datos de una paciente. Ha sido estructurado en capítulos más conclusiones y recomendaciones.

Su novedad e importancia práctica radica en que por primera vez se obtiene un software de este tipo en la provincia de Cienfuegos que podrá ser usado no solo en los centros de salud y asistenciales sino que puede ser extendido a otros centros afines así como fuera del país. Como valor añadido puede ser usado como herramienta de apoyo a la docencia.

Índice.

Introducción.....	1
Capítulo 1. Fundamentación teórica.....	8
1.1 – Introducción.....	8
1.2 – Descripción del dominio del problema.....	8
1.2.1– Definición de un Sistema Experto.....	8
1.2.2 – Componentes de un Sistema Experto.....	10
1.2.3 – Razones para utilizar un Sistema Experto.....	12
1.2.4 – Etapas en el desarrollo de un Sistema Experto.....	13
1.2.5 – Definición de Sistemas Basados en Reglas (SBR).....	15
1.2.6 – Proceso de razonamiento.....	16
1.2.7 – Ventajas y Desventajas de los SBR.....	17
1.2.8 – Endometriosis.....	18
1.3 – Descripción de los sistemas existentes.....	18
1.4 – Tendencias, metodologías y/o tecnologías actuales.....	21
1.4.1 – Fundamentación de la metodología utilizada.....	21
1.4.2 – Fundamentación del lenguaje y del software utilizado.....	24
1.5 – Conclusiones.....	27
Capítulo 2. Análisis y Diseño de la solución propuesta.....	28
2.1 – Introducción.....	28
2.2 – Descripción del modelo de negocio.....	28
2.3 – Reglas del negocio a considerar.....	28
2.4 – Modelo de casos de uso del negocio.....	29
2.4.1 – Definición del actor del negocio.....	29
2.4.2 – Diagramas de casos de uso del negocio.....	29
2.4.3 – Definición del trabajador del negocio.....	29
2.4.4 – Descripción del caso de uso del negocio.....	29
2.4.5 – Diagramas de actividades del negocio.....	31
2.5 – Modelo de objetos del negocio.....	32
2.6 – Descripción del sistema propuesto.....	32
2.6.1 – Concepción general del sistema.....	32
2.6.1.1– Módulo de diagnóstico por Razonamiento Basado en Reglas.....	33
2.6.2 – Requerimientos funcionales.....	33
2.6.3 – Requerimientos no funcionales.....	34
2.7 – Modelo de Casos de Uso del sistema.....	36
2.7.1 – Actores del sistema.....	36
2.7.2 – Diagramas de Casos de Uso del sistema.....	36
2.7.3 – Descripción de los Casos de Uso del sistema.....	37
2.8 – Conclusiones.....	41
Capítulo 3. Construcción de la solución propuesta.....	42
3.1 – Introducción.....	42
3.2 – Diagrama de clases del diseño.....	42
3.3 – Diagrama de implementación.....	43
3.4 – Principios de diseño.....	45
3.4.1 – Estándares en la interfaz de la aplicación.....	45

3.4.2 – Tratamiento de errores.....	45
3.4.3 – Concepción General de la ayuda.....	46
3.5 – Estándares de codificación.....	46
3.6 – Conclusiones.....	48
Capítulo 4. Estudio de Factibilidad.....	49
4.1 – Introducción.....	49
4.2 – Planificación por puntos de función.....	49
4.3 – Determinación de los costos.....	52
4.4 – Análisis de costos y beneficios.....	57
4.5 – Conclusiones.....	58
Conclusiones.....	59
Recomendaciones.....	60
Referencias bibliográficas.....	61
Bibliografía.....	66
Anexos.....	68
Anexo 1 – Ejemplos de los Ficheros hechosp.txt, input.txt y outp.txt.....	68
Anexo 2 – Código del Programa DTEND.EXE.....	69
Anexo 3 – Planilla para pacientes con Endometriosis.....	75
Anexo 4 – Entrada de Datos.....	79
Anexo 5 – Mostrar Ayuda.....	80
Anexo 6 – Mostrar Diagnóstico.....	80
Anexo 7 – Mostrar Tratamiento.....	81

Índice de tablas.

Tabla 1. Descripción de los actores del negocio.....	29
Tabla 2. Descripción de los trabajadores del negocio.	29
Tabla 3. Descripción de caso de uso del negocio: Consultar paciente.	31
Tabla 4. Descripción de los actores del sistema.	36
Tabla 5. Descripción del caso de uso del sistema: Crear caso problema.	37
Tabla 6. Descripción del caso de uso del sistema: Mostrar ayuda.	38
Tabla 7. Descripción del caso de uso del sistema: Mostrar diagnóstico.	39
Tabla 8. Descripción del caso de uso del sistema: Emitir diagnóstico.....	39
Tabla 9. Descripción del caso de uso del sistema: Aplicar RBR.....	40
Tabla 10. Descripción del caso de uso del sistema: Mostrar tratamiento.....	40
Tabla 11. Descripción del caso de uso del sistema: Imprimir hoja clínica.....	40
Tabla 12. Nombres de algunos controles utilizados.	47
Tabla 13. Planificación: Entradas externas.....	50
Tabla 14. Planificación: Salidas externas.	50
Tabla 15. Planificación: Peticiones.	51
Tabla 16. Planificación: Ficheros internos.	51
Tabla 17. Planificación: Punto de función.....	51
Tabla 18. Planificación: Mils de instrucciones fuentes.	52
Tabla 19. Multiplicadores de esfuerzo Diseño inicial.	53
Tabla 20. Costos: Factores de escalas.	55
Tabla 21. Costos totales.....	57

Índice de figuras.

Figura 1. Componentes de un Sistema Experto.....	12
Figura 2. Relación iterativa entre etapas de Identificación y Conceptualización en el desarrollo de un sistema experto.	14
Figura 3. Flujos de trabajo de RUP	23
Figura 4. Diagramas de casos de uso del negocio.....	29
Figura 5. Diagramas de actividades del caso de uso Consultar.....	31
Figura 6. Diagramas de clases del modelo de objetos del negocio.	32
Figura 7. Módulos principales del sistema.....	32
Figura 8. Diagramas de Casos de Uso del sistema.....	37
Figura 9. Diagramas de clases del diseño.....	43
Figura 10. Diagrama de implementación.	44

Introducción.

Es conocido que la Medicina es prácticamente contemporánea con la humanidad. Desde la Edad Antigua, el hombre trato de mantener la salud, con prácticas rudimentarias que se fueron aprendiendo de generación en generación, acumulándose un gran caudal de conocimientos médicos. El hombre no sólo se interesó por la Medicina sino que durante siglos ha tratado de usar su fuerza y artefactos de diferentes tipos para realizar sus trabajos de cálculos o cómputo. Esta preocupación por encontrar maneras de realizar operaciones matemáticas de forma cada vez más fáciles y rápidas se vio con la ayuda de aparatos y máquinas que podían realizar procedimientos cumpliendo sus requisitos de manera automática, y así surge como ciencia la Computación. La cual se ha convertido en la principal herramienta utilizada por el hombre y con sus avances hemos alcanzado un nivel de tecnología muy elevado, que nos ha servido para muchas áreas, como por ejemplo las comunicaciones, la medicina, la educación, etc.

La Medicina dentro de su desarrollo no ha escapado del fenómeno de diferenciación e integración dialéctica de las ciencias exactas, las ciencias naturales y las ciencias sociales y junto a la Computación, y como condición necesaria, su vínculo estrecho con la Ciencia de la Información (Informática), han dado lugar a la Informática Médica, que agrupa los campos del software y el hardware para su uso en la Medicina.

Como un proceso lógico de desarrollo, la Medicina ha ido asimilando la introducción de las computadoras para agilizar y mejorar los procesos de apoyo médico, teniendo una gran influencia, la que sigue aumentando más cada día con la introducción de la Inteligencia Artificial (IA), en la vigilancia del paciente con complejos equipos biomédicos, realización de procesamiento voluminoso de información para la toma de decisiones y muchas otras aplicaciones.

La IA es una subdivisión de las ciencias de la computación dedicada a crear software y hardware para computadoras que imita la mente humana. [Frenzel,

1985] Su principal objetivo es hacer las computadoras más inteligentes creando software que permita a una computadora imitar algunas de las funciones del cerebro en áreas de aplicación seleccionada. La idea no es reemplazar a los seres humanos sino proveerlos de una poderosa herramienta para asistirlos en su trabajo. Desde su comienzo como ciencia, en los años 50, la utilización de técnicas de IA en programación y control de procesos industriales ha sido centro de atención, tanto por el elevado número de investigaciones como por las aplicaciones en diferentes entornos.

En este período el desarrollo de esta ciencia se creía que bastaban unas pocas leyes de razonamiento junto con potentes ordenadores para producir resultados brillantes. Un intento en ese sentido fue el llevado a cabo por los investigadores Alan Newell y Herbert Simon que desarrollaron un programa denominado GPS (General Problem Solver; solucionador general de problemas). Podía trabajar con criptoaritmética, con las torres de Hanoi y con otros problemas similares. Lo que no podía hacer el GPS era resolver problemas del mundo real, tales como un diagnóstico médico. Algunos investigadores decidieron entonces cambiar por completo el enfoque del problema restringiendo su ambición a un dominio específico e intentando simular el razonamiento de un experto humano. En vez de dedicarse a computarizar la inteligencia general, se centraron en dominios de conocimiento muy concretos. De esta manera nacieron los Sistemas Expertos (SE), campo de la IA con mayor éxito. Los cuales le dan la posibilidad a un usuario inexperto que puede aplicar la capacidad de inferencia del sistema para explotar la base de conocimientos. Como resultado, casi cualquiera puede resolver problemas y tomar decisiones en un área específica del conocimiento tan bien como lo haría un experto. Siendo dichas aplicaciones de utilidad en temas tan variados que pueden ir desde la medicina hasta la enseñanza.

Los SE *"son programas de computadora diseñados para resolver problemas que normalmente son solucionados por expertos humanos en una rama del conocimiento específica, y mediante esquemas propios del cerebro humano tales*

como memorización, razonamiento y aprendizaje automático para apoyar a un usuario en la toma de decisiones” [Fuentes, 2003]. Ellos pueden imitar la capacidad mental del hombre y relacionan reglas de sintaxis del lenguaje hablado y escrito con base en la experiencia, para luego hacer juicios acerca de un problema y obtener solución a éste con mejores juicios y más rápidamente que el ser humano.

Probablemente en pocos años, el uso de los SE se haya extendido a todas las actividades humanas complejas en las que interviene gran cantidad de datos y variables. Analizarán y comprimirán datos para nosotros, tomarán decisiones de poca importancia y servirán como medio de apoyo para decisiones complejas o de gran trascendencia. [Angiano, 1996]

Desde los primeros momentos del triunfo de la Revolución, y como uno de los puntos a cumplir del programa del Moncada, la salud pública constituye un elemento que distinguiría el proceso revolucionario. Innumerables serían los logros alcanzados por la medicina cubana en estos años de Revolución y los esfuerzos realizados por nuestro Estado Socialista para mantener una atención sanitaria a la altura de países desarrollados. La modernización del Sistema Nacional de Salud (S.N.S), la construcción de modernos hospitales, han permitido la introducción de tecnologías de punta para servir de apoyo a la asistencia médica. En los últimos años se ha introducido el ultrasonido, la Tomografía Axial Computarizada y más recientemente la Resonancia Magnética Nuclear. Todas estas tecnologías de un elevadísimo costo, pero utilizadas en la salud de nuestro pueblo de forma gratuita. Muchos centros de investigación han dedicado parte de su trabajo a crear equipos computarizados de apoyo a la actividad médica. Un ejemplo fehaciente de esto es el Instituto Central de Investigaciones Digitales (I.C.I.D), creador de un número importante de equipos de la más alta tecnología, utilizando para ello las computadoras: el CardioCid, el NeuroCid, el S.U.M.A (Sistema Ultra Micro Analítico) utilizado en la detección del S.I.D.A, por mencionar algunos, constituyen aportes significativos al Sistema Nacional de Salud. También podemos mencionar

softwares para la investigación, pudiendo destacar el desarrollado en la FCM de Holguín: Sistema Morfo-Estereológico Asistido por Computadoras con Digitalización de Imágenes (COMSDI-Plus), con el cual se han podido realizar muchas investigaciones histológicas y patológicas, el que se ha introducido en muchos centros del país. [Avila, 1999] Dentro de la rama de la IA podemos encontrar DIAG un SE para el diagnóstico de un grupo de anomalías craneofaciales, desarrollado en la Universidad de Ciego de Ávila en 1997. O el SISI (Sistema Inteligente de Selección de Información), desarrollado por un grupo de investigadores de la Universidad de Las Villas. [Medina, 2002] Entre otros muchos trabajos, con resultados relevantes en el diagnóstico médico.

Hoy un gran número de centros asistenciales cuentan con muchas actividades económicas y administrativas automatizadas y se trabaja intensamente para lograr un mayor nivel de automatización. No podemos pasar por alto la labor docente, donde nuestros alumnos de pregrado y postgrado reciben los conocimientos básicos para poder explotar sistemas de apoyo a su trabajo.

Otro aspecto digno de destacar es el desarrollo de la Red de Información de las Ciencias Médicas (INFOMED), la que permite la comunicación entre infinidad de centros de investigación, hospitales, policlínicas, centros de información e investigación, de nuestro país y el mundo, permitiendo el intercambio de información, elemento fundamental para mantener a nuestros profesionales con los conocimientos más actualizados y ofrecer una medicina al más alto nivel. [Avila, 1999]

A pesar de esto en la medicina todavía existen áreas del conocimiento las cuales no se han desarrollado, un ejemplo de ello es la Endometriosis.

La Endometriosis es una de las enfermedades ginecológicas más comunes, constituye una condición médica conocida y profundamente investigada desde hace más de 100 años. Sin embargo, y a pesar de la enorme cantidad de

información acumulada, no conocemos sus causas, no entendemos en todas las ocasiones su evolución y en no pocos casos desconocemos el tratamiento adecuado para cada paciente. Afectando así a más de 5,5 millones de mujeres sólo en América del Norte [NICHD, 2007] y 14 millones de mujeres y muchachas en la Unión Europea. Los dos síntomas más comunes de la Endometriosis son el dolor y la infertilidad. Este dolor puede ser tan intenso que afecta la calidad de vida de la mujer, desde sus relaciones hasta sus actividades diarias. [NICHD, 2007] Son muchos los síntomas de las mujeres que padecen Endometriosis: aparte de la esterilidad y el dolor menstrual, hay que destacar los casos de trastornos intestinales, dolor abdominal, dolor al orinar o al defecar, dolor al mantener relaciones sexuales; la fatiga y las náuseas son también comunes.

La vida de las mujeres con esta patología supone una prueba difícil de superar, presentándose con frecuencia cuadros de depresión. Además de tener que aprender a vivir con el dolor, a menudo constante, de tener que enfrentarse a una situación de esterilidad, cuenta con la incompreensión social y en muchas ocasiones con problemas laborales y de pareja. La sociedad no entiende qué le ocurre a una mujer con Endometriosis porque esta enfermedad es una gran desconocida. [Pacheco, 2007]

Esta enigmática enfermedad que afecta a más de un 10 % de la población femenina en edad reproductiva y es una de las principales causas de esterilidad, es la responsable de la creación, en todo el mundo, de asociaciones de apoyo a mujeres que presentan esta patología, podemos nombrar la Asociación Endometriosis España (AEE), también la "Endometriosis Association" de Estados Unidos, que desde su creación ha logrado mucho en su país y en el resto del mundo. [AEE, 2007]

Nuestro país no queda ajeno de este problema mundial, esto provoca la realización de congresos, programas científicos e investigaciones donde se mencionen el manejo y solución a esta enfermedad. Por lo que es necesaria la

preparación profesional de nuestros médicos y en ello la computación juega un papel esencial. Teniendo en cuenta el desarrollo de los SE dentro de la IA y las posibilidades que nos brindan, tales como: La persistencia del conocimiento de muchos expertos, la posibilidad de utilizar personal no especializado para resolver problemas que requieren especialidad así como obtención de soluciones más fiables, reducción de costos, eliminación de operaciones incómodas o monótonas y acceso al conocimiento a poblaciones más amplias y la no existencia hasta ahora de un SE para el Diagnóstico y Tratamiento de Endometriosis tanto en nuestro país como a nivel internacional. Identificamos como **problema científico**: ¿cómo diseñar un Sistema Experto útil al diagnóstico y tratamiento de Endometriosis?

El **objeto de estudio** de nuestro proyecto es el proceso de diagnóstico y tratamiento de Endometriosis usando técnicas de Inteligencia Artificial. Y el **campo de acción** se centrará en la automatización del proceso de diagnóstico y tratamiento de las mujeres que padecen de la enfermedad de Endometriosis en la provincia de Cienfuegos.

Entre las técnicas de la Inteligencia Artificial, los SE han obtenido buenos resultados en aplicaciones para la enseñanza y en la realización de software para el diagnóstico médico. Utilizar estas dos bondades de los SE en la construcción de una aplicación que realice el diagnóstico y ayude a la enseñanza de esta temática constituye la base de este trabajo.

Por esta razón nos propusimos como **objetivo** del mismo:

- El diseño y desarrollo de un Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de Endometriosis en la provincia de Cienfuegos.

Como **idea a defender** nos planteamos que el Sistema Experto posibilita la detección de Endometriosis en las mujeres y facilita el tratamiento de las mismas.

Para lograr esta investigación se desarrollaron las siguientes **tareas**:

1. Revisión y análisis de la bibliografía contemporánea para caracterizar el estado actual de la problemática planteada tanto en Cuba como en el mundo.
2. Diseño del Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de Endometriosis usando un sistema de producción basado en reglas.
3. Obtención de reglas para la confección del sistema, a partir de la revisión y análisis de bibliografía especializada y la experiencia acumulada por especialistas en Gineco-Obstetricia (expertos).
4. Implementación del sistema.
5. Validación del diseño.
6. Conclusiones y Recomendaciones.

Su **aporte** radica en la obtención de un sistema experto, que permita la detección, diagnóstico y tratamiento de Endometriosis, no solo en la provincia de Cienfuegos, sino en todo el territorio, con posibilidades de generalizar en otros contextos a fines de Hospitales o Centros médicos en general.

La tesis está **estructurada** en cuatro capítulos, conclusiones y recomendaciones. El primer capítulo, titulado “Fundamentación teórica”, nos introduce en las distintas técnicas de IA empleadas para el diagnóstico, exponiéndose ejemplos fundamentales en esta área, además se exponen las características fundamentales de dos de las metodologías existentes para el desarrollo de software. En los capítulos dos y tres se expone la descripción y construcción de la solución propuesta. Por último se presenta un análisis de la factibilidad del sistema en el capítulo cuatro.

Capítulo 1. Fundamentación teórica.

1.1 – Introducción.

La Inteligencia Artificial (IA) trabaja desde sus comienzos en el desarrollo de sistemas que exhiban un comportamiento inteligente. En este sentido el desarrollo de los sistemas basados en el conocimiento y en particular, los Sistemas Expertos, han sido un área de gran importancia, donde una de sus funciones es el diagnóstico, que consiste en determinar a partir del conocimiento de las leyes que rigen el comportamiento de un sistema y de un conjunto de medidas, observaciones o síntomas, cuáles son las causas, o los componentes del sistema responsables en última instancia de un posible comportamiento anómalo. En este capítulo se analizarán las distintas técnicas IA empleadas para el diagnóstico, referenciándose ejemplos fundamentales en esta área.

1.2 – Descripción del dominio del problema.

1.2.1– Definición de un Sistema Experto.

El concepto de Sistema Experto (SE) va evolucionando, por lo que resulta un tanto difícil su definición, ya que, a medida que se va progresando, sus funciones se van ampliando y resulta un concepto cambiante según [Castillo, 1989]. Hace ya bastantes años, Edward Feigenbaum, de la Universidad de Stanford definió, en el Congreso Mundial de Inteligencia Artificial, un SE como: *"un programa de computador inteligente que usa conocimiento y procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir la intervención de un experto humano para su resolución"*.

Su definición puede estar basada también en función de sus características funcionales. En este sentido, Hayes-Roth considera como características más importantes de los SE las siguientes: [Hayes-Roth, 1984]

(1) pueden resolver problemas muy difíciles tan bien o mejor que los expertos humanos;

- (2) razonan heurísticamente, usando lo que los expertos consideran que son reglas empíricas efectivas, e interactúan con los humanos de forma adecuada, incluyendo el lenguaje natural;
- (3) manipulan y razonan sobre descripciones simbólicas;
- (4) pueden funcionar con datos que contienen errores, usando reglas de enjuiciamiento inciertas;
- (5) pueden contemplar múltiples hipótesis en competición simultáneamente;
- (6) pueden explicar por qué están formulando una pregunta;
- (7) pueden explicar su proceso de razonamiento y justificar sus conclusiones.

Las pretensiones de un SE según [Castillo, 1989], podrían resumirse en:

- Mejorar la calidad del conocimiento de los expertos.
- Conseguir la supervivencia del conocimiento y que no muera con la muerte física del experto humano.
- Multiplicar el número de expertos y, por tanto, hacer más accesible el conocimiento existente.
- Disminuir el coste del conocimiento,

Con los avances conseguidos, resultaría más correcto definir Sistema Experto como:
"Un sistema informático que simula el proceso de aprendizaje, de memorización, de razonamiento, de comunicación y de acción de un experto humano en determinada rama de la ciencia o campo, suministrando, de esta forma, un consultor que puede sustituirle con unas ciertas garantías de éxito". [Zapata, 1998]

Una definición formal de los mismos, aceptada por muchos autores, es la aprobada por el Grupo Especialista en Sistemas Expertos de la Sociedad Británica de Ordenadores, que los define de la forma siguiente: *"La incorporación dentro de un sistema de ordenador de un componente basado en el conocimiento, correspondiente a una habilidad experta, de tal forma que el sistema pueda ofrecer asesoramiento inteligente o tomar una decisión inteligente sobre una función del proceso. Una característica adicional deseable, que muchos consideran fundamental, es la capacidad del sistema,*

si se le solicita, de justificar su propia línea de razonamiento de un modo directamente inteligible para el interrogador. El estilo adoptado para alcanzar estas características es la programación basada en reglas." [Serrano, 2000]

Los papeles que pueden realizar los sistemas expertos son muy variados y corresponden fundamentalmente a los que juegan normalmente los expertos humanos. Entre ellos merecen destacarse.

- (a) Como suministradores de información.
- (b) Resolviendo problemas.
- (c) Explicando.

1.2.2 – Componentes de un Sistema Experto.

Una característica decisiva de los SE es la separación entre conocimiento (reglas, hechos) por un lado y su procesamiento por el otro. A ello se añade una interfase de usuario y un componente explicativo.

A continuación se muestra una breve descripción de cada uno de sus componentes:

1. **Subsistema de control de la coherencia** realiza un control de conocimiento en su conjunto para evitar las contradicciones e informará de las imperfecciones que detecte.
2. **Subsistema de adquisición del conocimiento** es el encargado de recibir los elementos de conocimiento que proceden del tandem experto-humano, comprobar que son elementos nuevos.
3. **La Base de Conocimientos** de un SE contiene el conocimiento de los hechos y de las experiencias de los expertos en un dominio determinado.
4. **La memoria de trabajo** es la que almacena el conocimiento concreto y todos los procedimientos de los diferentes sistemas y subsistemas. Su carácter es de tipo transitorio.
5. **El Mecanismo de Inferencia** de un SE puede simular la estrategia de solución de un experto.

6. **Subsistema de demanda** de información es el que completa el conocimiento para proceder de nuevo a su reelaboración y repetir el ciclo hasta llegar a soluciones válidas.
7. **El Componente Explicativo** explica al usuario la estrategia de solución encontrada y el porqué de las decisiones tomadas.
8. **La Interface de Usuario** sirve para que éste pueda realizar una consulta en un lenguaje lo más natural posible.
9. **El Componente de Adquisición** ofrece ayuda a la estructuración e implementación del conocimiento en la base de conocimientos.
10. **Subsistema de ejecución de órdenes** va a realizar ciertas acciones una vez sacadas las conclusiones pertinentes.
11. **Subsistema de propagación de la incertidumbre** es una base de conocimiento especial que permite almacenar conocimientos que no sean conocidos con absoluta certeza.
12. **Subsistema de aprendizaje** es el que hace que el SE sea capaz de aprender.
13. **La base de datos y de experiencias** se encarga de almacenar los datos o la experiencia sobre el tema que se trata.

La siguiente figura ilustra los distintos componentes de un SE:

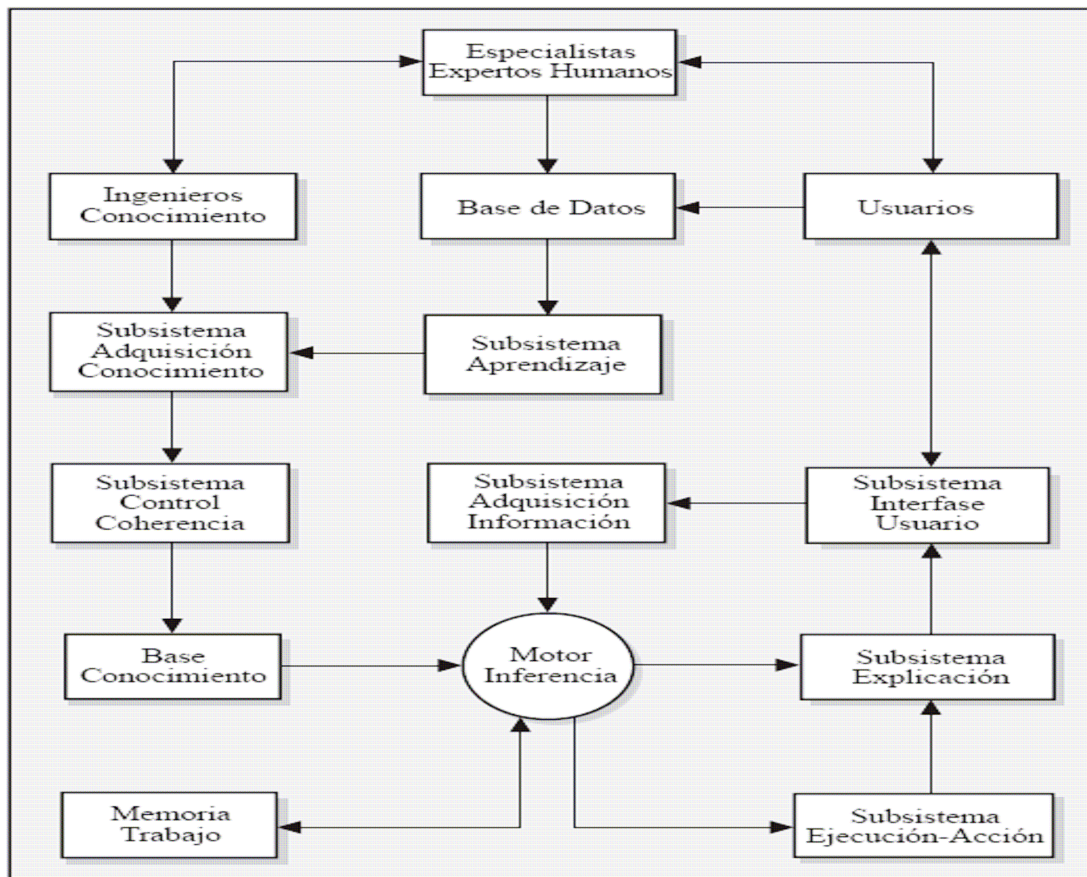


Figura 1. Componentes de un Sistema Experto.

1.2.3 – Razones para utilizar un Sistema Experto.

Entre las más importantes según [Castillo, 1989] se destacan:

1. Posibilidad de utilizar personal no especializado para resolver problemas que requieren especialidad.
2. Obtención de soluciones más rápidas.
3. Obtención de soluciones más fiables.
4. Reducción de costes.
5. Eliminación de operaciones incómodas o monótonas.
6. Escasez de expertos humanos.
7. Acceso del conocimiento a poblaciones más amplias.

Los SE han demostrado ser herramientas muy útiles en gran cantidad de situaciones. En las últimas décadas, estos sistemas se utilizan en apoyo a las decisiones médicas, de tipo diagnóstica o terapéutica. La Endometriosis es una patología perteneciente a la

Gineco-Obstetricia, es muy importante que los estudiantes de medicina como profesionales de la salud estén bien preparados en diagnosticarla y dar a la paciente el tratamiento más adecuado, teniendo en cuenta que afortunadamente no es una causa importante de muerte, si puede causar infertilidad, aunque no en todas las pacientes, especialmente si es leve. Las demás complicaciones son poco comunes. En unos pocos casos, los implantes pueden causar obstrucción de los tractos gastrointestinal o urinario. Un SE para el diagnóstico médico, les permitirá a los actuales y futuros médicos, probar distintos casos que pudieran tener o no Endometriosis y los rasgos que caracterizan su cuadro clínico estarán reflejados en la interfase de usuario con un sistema que describirá los mismos, permitiéndoles tener acceso a conocimiento experto de muchas personas.

1.2.4 – Etapas en el desarrollo de un Sistema Experto.

El desarrollo de un SE con posibilidades de éxito debe programarse muy cuidadosamente siguiendo un programa en el que entre otras, pueden figurar las siguientes etapas según [Villarreal, 2007]:

- **Primera etapa**: IDENTIFICACION. Determina las características del problema. En esta etapa se pretende determinar la naturaleza del problema y los objetivos precisos que indique exactamente cómo se espera que el sistema experto contribuya a la solución de los problemas. Existirá una interacción entre experto e ingeniero. Cuando el experto en el dominio muestre distintos casos, el ingeniero del conocimiento desarrolla una "primera" descripción del problema. Normalmente el experto no esta de acuerdo con ella, o mejor dicho, no siente que se representa el problema en su totalidad, entonces el ingeniero reformulará la descripción. Esta actividad continúa hasta que ambos estén de acuerdo en la descripción.
- **Segunda etapa**: CONCEPTUALIZACION. Una vez que se ha identificado el problema en el cual el sistema experto debe actuar, la siguiente etapa consiste en escarbar el conocimiento más fino. Encontrar conceptos que representen el conocimiento.

En el proceso de desarrollo de un sistema experto no sólo debe ser iterativa cada etapa, sino que también deben serlo las relaciones entre etapas. Como cada etapa es más detallada que la etapa anterior, cualquiera de ellas puede descubrir un fallo en la etapa precedente.

La omisión de un elemento clave en la descripción puede provocar incongruencias en la etapa de identificación, esto induce a una revisión de los objetivos. Podemos notar que el desarrollo de los sistemas expertos es cíclico en estas dos etapas preliminares:

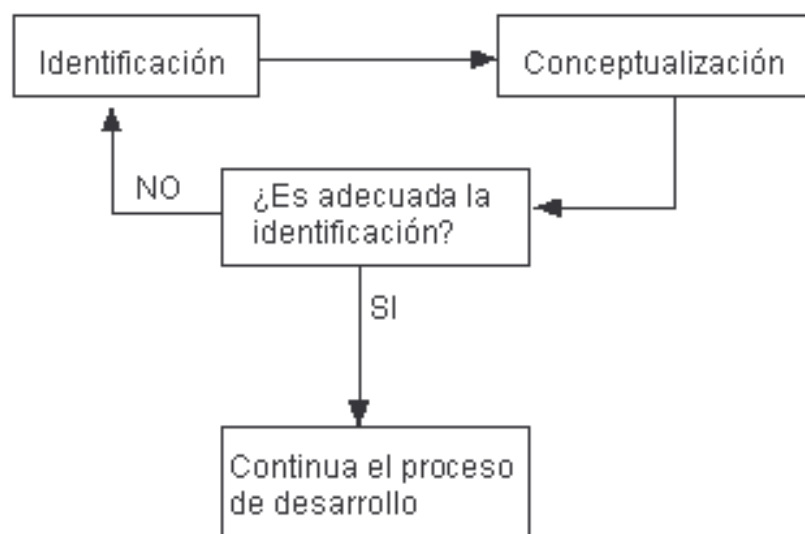


Figura 2. Relación iterativa entre etapas de Identificación y Conceptualización en el desarrollo de un sistema experto.

- **Tercera etapa:** FORMALIZACION. Designar estructuras para organizar el conocimiento. Después de haber determinado el problema en toda su magnitud, sin haberse referido a técnicas de programación o a indagar solo en los métodos que son exitosos en inteligencia artificial, es en esta etapa donde el ingeniero del conocimiento selecciona estructuras apropiadas a este sistema experto en particular. Es decir, que dan solución total o parcial al problema analizado en las etapas precedentes. En nuestro caso se trata de la construcción de un Sistema basado en reglas por lo que las responsabilidades principales del ingeniero del conocimiento es analizar situaciones tipo y a partir de ellas extraer las reglas que describan el conocimiento del experto en el dominio.

- **Cuarta etapa:** IMPLEMENTACION. Formulación de las reglas que incorporen el conocimiento. Se pretende en esta ocasión usar las herramientas y técnicas predeterminadas para implementar una primera versión o prototipo del sistema. Este prototipo está destinado a evaluar los progresos que se van haciendo, y por ende, retornar a etapas anteriores si es necesario.
Una vez que el sistema prototipo se ha perfeccionado lo suficiente para ser ejecutado, el sistema experto estará listo para ser probado.
- **Quinta etapa:** PRUEBA. Validación de las reglas. Esta etapa sirve para identificar los puntos débiles de la estructura y de la implementación del sistema para hacer las oportunas correcciones. En especial, se extienden las bases que representan el conocimiento del especialista y se prueban problemas complejos, que por lo general requieren de una gran experiencia.

Se considera que el SE está terminado cuando realiza trabajos a nivel del especialista. Entonces, el proceso de "prueba" no está listo hasta que las soluciones propuestas por el sistema sean tan válidas como las propuestas por el experto humano.

1.2.5 – Definición de Sistemas Basados en Reglas (SBR).

Según Bello [Bello, 2002], los SBR son Sistemas Basados en Conocimiento (SBC) en los que la forma de representación del conocimiento usada son las reglas de producción y como método de inferencia utiliza la regla *modus ponens*. Los SBR son llamados frecuentemente sistemas de producción; una idea que data de 1943, expresada por E.L. Post.

Las reglas utilizan un formato *If-Then* para representar el conocimiento, la parte *If* de una regla es una condición (también llamada premisa o antecedente), y la parte *Then* de la regla (también llamada acción, conclusión, consecuente) permite inferir un conjunto de hechos nuevos si se verifican las condiciones establecidas en la parte *If*.

Un ejemplo de cómo se pueden expresar las reglas es la asociación:

a) Antecedente-consecuente. Si su temperatura es de 40°C, entonces usted tiene fiebre.

Los SBR son frecuentemente confundidos con sistemas lógicos; sin embargo, éstos se definen en dos ideas principales:

- Los SBR son generalmente monotónicos, es decir los hechos pueden variar su veracidad durante el proceso de razonamiento.
- Los SBR aceptan incertidumbre en el proceso deductivo.

Para la construcción de los SBR se tienen las fuentes de conocimiento siguientes:

- Expertos (casi indispensable).
- Literatura científico-técnica sobre el dominio de aplicación.
- Ejemplos de problemas con sus soluciones del dominio de aplicación.

El papel de los expertos es fundamental, ellos aportan su conocimiento privado y orientan al ingeniero de conocimiento en el estudio de la información científico-técnica y en el análisis de los ejemplos. Decimos expertos y no experto, pues es preferible trabajar con más de un experto.

1.2.6 – Proceso de razonamiento.

El proceso de solución de problemas en un SBR es crear una cadena de inferencias que constituye un camino entre la definición del problema y su solución. Esta cadena de inferencias puede construirse por dos vías (direcciones de búsqueda):

1. Comenzar con todos los datos conocidos y progresar hacia la conclusión (*data drive o forward chaining*).
2. Seleccionar una conclusión posible y tratar de probar su validez buscando evidencias que la soporten (*goal drive o backward chaining*).

La dirección *forward* es apropiada cuando:

- Hay pocos datos de entrada o

- La cantidad de conclusiones posibles es grande.

Entre los campos de aplicación para esta dirección de búsqueda están monitoreo y diagnóstico en sistemas de control en tiempo real, diseño y planificación.

La dirección *backward* es apropiada cuando:

- Hay pocas conclusiones posibles o
- Los valores de entrada no son adquiridos automáticamente.

Los problemas de diagnóstico médico y clasificación son frecuentemente resueltos con esta dirección de búsqueda.

1.2.7 –Ventajas y Desventajas de los SBR.

Ventajas de los SBR

- *Modularidad*: Los SBR son altamente modulares. Cada regla es una unidad de conocimiento que puede ser añadida, modificada o removida, independientemente de las otras reglas existentes. Esto da flexibilidad al desarrollo de la base de conocimientos (BC).
- *Uniformidad*: Todo conocimiento del sistema se expresa en el mismo formato.
- *Naturalidad*: Las reglas son un formato natural para expresar conocimiento en algunos dominios. Los expertos, lógicamente, piensan en los problemas y sus soluciones usando las situaciones existentes para indicar las conclusiones deseadas.

Desventajas de los SBR

Los problemas de los SBR caen en tres categorías:

- Encadenamiento infinito.
- Adición de nuevo conocimiento que pueda resultar contradictorio.
- Modificación de las reglas existentes.

El encadenamiento infinito se produce debido a que la mayoría de los SBR realizan una búsqueda primero en profundidad; este método padece de este problema si no es implementado correctamente.

La segunda clase de problema se puede producir por la incorporación de nuevas reglas cuyas conclusiones entren en contradicción con las de las reglas ya existentes en la BC.

Por último, la modificación de reglas existentes, para considerar casos específicos, pueden llevar un incremento sustancial de la BC si las modificaciones no se realizan convenientemente.

Otras desventajas de los SBR son:

- *Ineficiencia*: el reconocimiento de qué reglas son aplicables en cada ciclo es altamente ineficiente. Durante cada ciclo el Motor de Inferencia examina cada regla para encontrar la aplicable. Se han desarrollado algunas técnicas para tratar este problema, pero ninguna da una solución completa.
- *Visión parcial*: es muy difícil examinar una BC desarrollada para determinar cuándo ocurrirá cada acción. Cada regla individualmente resulta natural y comprensible, pero se pierde la perspectiva global del conjunto de reglas.
- *Cubrimiento del dominio*: Hay dominios en que las entradas varían mucho y requerirán miles de reglas para considerar todas las situaciones.

1.2.8 – Endometriosis.

La Endometriosis es una enfermedad benigna que afecta a las mujeres durante su vida reproductiva. Ocurre cuando el endometrio se sitúa fuera del útero, es decir fuera de su lugar original. Este tejido incorrectamente desarrollado es capaz de asentarse en cualquier lugar del abdomen, e incluso en lugares como el ombligo o los pulmones.

1.3 – Descripción de los sistemas existentes.

Atendiendo al conocimiento que emplean los diversos sistemas para resolver el problema del diagnóstico, se pueden considerar dos grandes grupos: Los sistemas basados en reglas heurísticas, también llamados RBR (Rule-Based Reasoning) y los sistemas basados en modelos, MBR (Model-Based Reasoning). Estos dos grupos de

sistemas son los que han tenido una mayor repercusión en el campo del diagnóstico, sin embargo existen también propuestas alternativas como los sistemas basados en la reutilización de casos anteriormente resueltos, estos sistemas son conocidos también como CBR (Case-Based Reasoning). Y han aparecido algunas propuestas mixtas que combinan varias de estas estrategias, véase por ejemplo [Féret, 1993].

El problema del diagnóstico ha sido estudiado ampliamente en el campo de la Inteligencia Artificial. Son ya clásicos algunos de los sistemas de diagnóstico que ha producido esta rama del saber; si hacemos una revisión de los principales sistemas y métodos empleados, se puede comenzar citando los primeros Sistemas Expertos, donde encontramos en 1967 la construcción de DENDRAL, que se considera como el primer SE, el cual se utilizaba para identificar estructuras químicas moleculares a partir de su análisis espectrográfico. Entre 1970 y 1980 se desarrolló MYCIN para consulta y diagnóstico de infecciones de la sangre. Este sistema introdujo nuevas características: utilización de conocimiento impreciso para razonar y posibilidad de explicar el proceso de razonamiento. Lo más importante es que funcionaba de manera correcta, dando conclusiones análogas a las que un ser humano daría tras largos años de experiencia.[Samper, 2007] En esta época se desarrollan múltiples ejemplos de SE entre los que podemos citar: CADUCEUS desarrollado por Pople, Myers y Miller en 1975 para diferentes diagnósticos de medicina interna, el cual llegó a representar una red semántica de más de 100 000 asociaciones entre enfermedades y síntomas; PUFF para el diagnóstico de enfermedades pulmonares de Feigenbaum en 1977; INTERNIST un SE de consulta en el dominio de la medicina interna [Pople,1977]; CASNET un SE para diagnóstico y tratamiento del glaucoma constituido a partir de EXPERT (lenguaje para la construcción de SE) que ha favorecido el diseño de otros muchos en el área de la oftalmología, la endocrinología y la reumatología [Weiss,1978]; MDX para diagnóstico médico [Chandrasekaran,1979]; SOPHIE-III para monitorización, diagnóstico y enseñanza de circuitos electrónicos digitales [Brown,1982], etc. Luego llega la idea de clasificación heurística propuesta por Clancey [Clancey, 1986]. Los primeros SE desarrollados en el área de diagnóstico utilizaron como formalismo de representación del conocimiento las reglas de producción y como Método de Solución de Problemas (MSP) el algoritmo primero en profundidad con la búsqueda dirigida por

objetivos. A partir de estos se desencadenó el diseño de múltiples SE de ayuda al diagnóstico. En IFIPIMIA International Working Conference on Computer Aided Medical Decision-Making desarrollado en 1985 se presentan distintos trabajos en tal sentido, uno de ellos [Bello, 2002] es un prototipo para el diagnóstico y tratamiento de la epilepsia usando reglas para representar el conocimiento de los expertos. Se estudia asimismo la línea seguida por el grupo de McDermott, en la que se destaca por su aplicación al problema del diagnóstico el sistema MOLE, [Eshelman, 1987], una de cuyas principales características es la inclusión de un método automático de adquisición del conocimiento. Años más tarde, a partir de las experiencias de este sistema y del sistema SALT [Marcus, 1989] se construye el entorno de desarrollo de sistemas inteligentes PROTÉGÉ [Musen, 1989]. Este entorno propone una metodología propia para el desarrollo de los sistemas inteligentes, que se desarrolló en el sistema PROTÉGÉ-II, [Puerta, 1993].

En 1995 aparece el NEUREX, que constituye un SE tutorial que imita el proceso de diagnóstico de un neurólogo, ayuda al usuario en la planificación de pruebas y la interpretación de los resultados y asegura que se alcancen los diagnósticos más adecuados. El mismo fue implementado en Prolog. Surge en 1997, DIAG un SE para el diagnóstico de un grupo de anomalías craneofaciales, encontradas en la clínica, que constituye una herramienta de diagnóstico para ortodoncistas, residentes y estomatólogos dedicados a la ortodoncia y puede también ser empleado como un sistema tutorías inteligentes para el estudio de la ortodoncia, el mismo fue desarrollado en la Universidad de Ciego de Ávila. El SISI (Sistema Inteligente de Selección de Información), desarrollado por un grupo de investigadores de la Universidad de Las Villas. Este programa es una variante del shell diseñado por Stanfill y Waltz en 1986, y se ejecuta sobre el sistema operativo Windows 95. Su efectividad ha sido ampliamente reconocida, por presentar una interfase amigable para el usuario, quien sólo necesita conocimientos mínimos para su utilización, y ya existen diferentes expertos que lo utilizan [Medina, 2002].

Sistemas de apoyo a las decisiones clínicas (DSS) [Calvo, 2002] es actualmente un área de intensa investigación y desarrollo, que comprende a diversas técnicas –redes probabilísticas Bayesianas, redes neuronales, sistemas basados en reglas—y ha logrado producir aplicaciones que compiten con la pericia diagnóstica clínica de un médico. Los DSS tienen un gran potencial como herramientas para entrenar a estudiantes de medicina y médicos jóvenes en razonamiento diagnóstico. Dxplain (Version Date: April 6, 2003 en <http://www.lcs.mgh.harvard.edu/dxplain.htm>), un SE desarrollado por la Universidad de Harvard es una de tales aplicaciones exitosas. Varios trabajos sobre los SE en el diagnóstico médico se han desarrollado en los últimos años en la UCLV [García, 1998], [Rodríguez, 1998] y más recientemente se desarrolló un Sistema para el Diagnóstico y Tratamiento del Embarazo Eptópico [Fernández, 2004], así como en la Universidad de Cienfuegos DITRITS: Sistema Experto para el Diagnóstico y tratamiento de Infecciones de Transmisión Sexual [García, 2005], en los cuales participaron como expertos algunos profesionales de la provincia de Cienfuegos.

1.4 – Tendencias, metodologías y/o tecnologías actuales.

Para poder garantizar calidad en el desarrollo de una herramienta de software es necesario seguir las indicaciones de alguna metodología. Es muy necesario e importante también, antes de llevar a cabo el proceso de desarrollo, hacer un estudio de cuales son las tecnologías actuales, conocidas o no, con el fin de seleccionar y utilizar la más conveniente.

1.4.1 – Fundamentación de la metodología utilizada.

Lenguaje de Modelamiento Unificado (UML)

UML (Unified Modeling Language) es un lenguaje que permite modelar, construir y documentar los elementos que forman un sistema software orientado a objetos. Se ha convertido en el estándar de facto de la industria, debido a que ha sido impulsado por los autores de los tres métodos más usados de orientación a objetos: Grady Booch, Ivar Jacobson y Jim Rumbaugh.

Esta notación ha sido ampliamente aceptada debido al prestigio de sus creadores y debido a que incorpora las principales ventajas de cada uno de los métodos particulares en los que se basa (principalmente Booch, OMT y OOSE). UML ha puesto fin a las llamadas “guerras de métodos” que se han mantenido a lo largo de los 90, en las que los principales métodos sacaban nuevas versiones que incorporaban las técnicas de los demás. Con UML se fusiona la notación de estas técnicas para formar una herramienta compartida entre todos los ingenieros software que trabajan en el desarrollo orientado a objetos. [Ferrá, 2004]

Uno de los objetivos principales de la creación de UML era posibilitar el intercambio de modelos entre las distintas herramientas CASE orientadas a objetos del mercado. Para ello era necesario definir una notación y semántica común. El desarrollo de esta metodología ha ido evolucionando desde UML hasta la creación de UML 1.3 que es el usado para la notación de los artefactos en el proceso de desarrollo del sistema que se propone. Hay que tener en cuenta que el estándar UML no define un proceso de desarrollo específico, tan solo se trata de una notación. [Ferrá, 2004]

Proceso Unificado de Desarrollo (RUP)

El Proceso Unificado de Desarrollo, fue creado por el mismo grupo de expertos que crearon UML, Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh en el año 1998. El objetivo que se perseguía con esta metodología era producir software de alta calidad, es decir, que cumpla con los requerimientos de los usuarios dentro de una planificación y presupuesto establecidos. Como se expresaba anteriormente, esta metodología concibió desde sus inicios el uso de UML como lenguaje de modelado.

Es un proceso dirigido por casos de uso, este avanza a través de una serie de flujos de trabajo, los cuales se muestran en la Figura 3, que parten de los casos de uso; está centrado en la arquitectura y es iterativo e incremental.

Además cubre el ciclo de vida de desarrollo de un proyecto y toma en cuenta las mejores prácticas a utilizar en el modelo de desarrollo de software.

A continuación se muestran estas prácticas. [Díaz, 2004]

- Desarrollo de software en forma iterativa.
- Manejo de requerimientos.
- Utilización de arquitectura basada en componentes.
- Modelación visual del software.
- Verificación de la calidad del software.
- Control de los cambios.

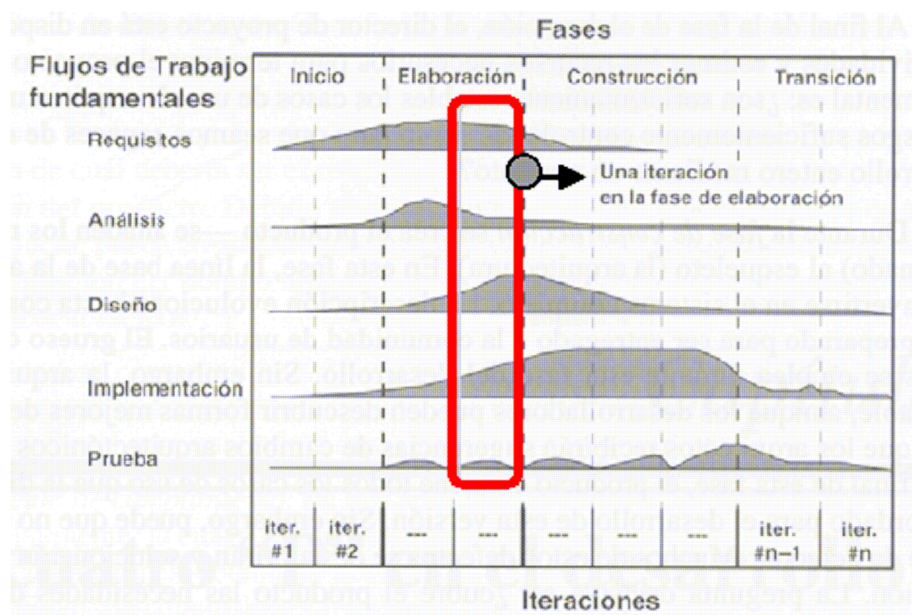


Figura 3. Flujos de trabajo de RUP (requisitos, análisis, diseño, implementación y prueba) tienen lugar sobre las cuatro fases. [Jacobson, 2000]

Para apoyar el trabajo con esta metodología ha sido desarrollada por la Compañía norteamericana Rational Corporation la herramienta CASE (Computer Assisted Software Engineering) Rational Rose en el año 2000. Esta herramienta integra todos los elementos que propone la metodología para cubrir el ciclo de vida de un proyecto.

Después del análisis realizado a ambas metodologías se decidió, por parte de los autores, utilizar para la elaboración del presente documento y para llevar a cabo paso a paso todo el proceso de desarrollo del software propuesto la metodología RUP. Esto

responde fundamentalmente a que esta metodología se ha convertido en un estándar internacional para guiar el proceso de desarrollo de software, al igual que en nuestro país y además porque se cuenta también con la herramienta CASE Rational Rose del 2003, con la que se han elaborado todos los diagramas incluidos en este documento.

1.4.2 – Fundamentación del lenguaje y del software utilizado.

Una de las decisiones más importantes a la hora de desarrollar un SE es la elección del software adecuado a los objetivos perseguidos. En cuanto a los lenguajes, existe una gran confusión sobre la utilidad de algunos de ellos como Lisp y Prolog. Sin embargo, son cada vez más los desarrolladores que utilizan lenguajes estándar de alto nivel, especialmente C y Pascal, para el desarrollo. Las razones no son otras que la rapidez de utilización y su alta capacidad para soportar estructuras de almacenamiento y de conocimiento complejas, así como la disponibilidad de procedimientos de bibliotecas de programas que se programan la primera vez y se utilizan sin esfuerzo adicional las siguientes y su compatibilidad con otro tipo de programas o facilidades existentes (base de datos, programas de cálculo, programas de diseño, rutinas gráficas, etc.).

A continuación se describen los dos lenguajes escogidos para el desarrollo del SE, para tener una idea de como se desarrolla este tipo de software "inteligente".

Prolog como lenguaje

PROLOG es la abreviatura de PROgramación LÓGica, con lo que se hace mención a la procedencia del lenguaje: Es una realización de lógica de predicados, como lenguaje de programación.

En la actualidad, el PROLOG se aplica como lenguaje de desarrollo en aplicaciones de Inteligencia Artificial en diferentes proyectos de Europa. En los Estados Unidos, el LISP está más extendido que el PROLOG. Pero para la mayoría de los terminales de trabajo de Inteligencia Artificial se ofrece también el PROLOG.

Como una especie de semiestándar se han establecido el DECsystem-10 PROLOG de Edimburgo y el PROLOG descrito en el libro "PROGRAMMING IN PROLOG" de W.F.Clocksinn y C.S.Melish. La mayoría de los dialectos PROLOG se basan en este y contienen el DECsystem-10 PROLOG en su ámbito lingüístico.

Al contrario que el LISP (y otros lenguajes), en el PROLOG los programas son confeccionados de forma distinta.

La lógica se representa en forma de predicados. Estos predicados aparecen en tres formas distintas: como hechos, como reglas y como preguntas. La lógica formulada como hechos y reglas se define como base de conocimientos. A esta base de conocimientos se le pueden formular preguntas.

Los mecanismos importantes del PROLOG son: recursividad, instanciación, verificación, unificación, backtracking e inversión.

- La **Recursividad** representa la estructura más importante en el desarrollo del programa. En la sintaxis del PROLOG no existen los bucles FOR ni los saltos; los bucles WHILE son de difícil incorporación, ya que las variables sólo pueden unificarse una sola vez. La recursión es más apropiada que otras estructuras de desarrollo para procesar estructuras de datos recursivas como son las listas y destacan en estos casos por una representación más sencilla y de mayor claridad.
- La **Instanciación** es la unión de una variable a una constante o estructura. La variable ligada se comporta luego como una constante.
- La **Verificación** es el intento de derivar la estructura a comprobar de una pregunta desde la base de conocimientos, es decir, desde los hechos y reglas. Si es posible, la estructura es verdadera, en caso contrario es falsa.
- La **Unificación** es el componente principal de la verificación de estructuras. Una estructura estará comprobada cuando puede ser unificada con un hecho, o cuando puede unificarse con la cabecera de una regla y las estructuras del cuerpo de dicha regla pueden ser verificadas.

Ventajas del Prolog como Motor de Inferencia [Lezcano, 2000]:

1. Se destaca la elegancia en la terminación de la aplicación.
2. La facilidad de hacer interfaces con otros lenguajes de programación.
3. Facilidades de manipulación de base de datos.
4. 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 puedan ocasionar daños y mal funcionamiento al sistema.
5. Los sistemas que se entregan de forma independiente (*stand-alone*) son más rápidos y ocupan menos espacio en disco, ya que no necesitan el Motor de Inferencia ni sus herramientas auxiliares, tales como: su compilador, algún editor de texto que pueda poseer, etc.
6. Mejor control sobre la inferencia a partir de los mecanismos de cortes, tijeras y *repeat...fail* hacen fácil controlarla.

Borland Delphi v 7.0

El Object Oriented Pascal es el lenguaje que Delphi utiliza para crear las aplicaciones orientadas a objetos. Debido a que Delphi pertenece a la empresa Borland, la potencia de éste puede compararse con el compilador de C++. Borland Delphi es un ambiente de desarrollo rápido de aplicaciones (RAD) muy flexible y fácil de usar. Estos últimos años ha tenido una gran repercusión dentro del mundo de la programación visual. Presenta un ambiente visual de desarrollo para aplicaciones controlados por eventos de usuario sobre interfaces gráficas. Proporciona una jerarquía muy extensa de clases de objetos reusables. En cuanto a información sobre técnicas de programación en Delphi, existen variedad de opciones a elegir, tales como miles de páginas web, muchos foros de debate, sitios FTP que contienen una enorme cantidad de librerías, y mucha más información que puede ser obtenida a través de Internet. Delphi es una herramienta de propósito general, se puede programar tanto a bajo nivel, como a alto nivel (simplemente usando controles y ajustando propiedades) y tiene buenas capacidades gráficas. Las aplicaciones creadas en Delphi solo funcionan sobre la plataforma de trabajo Windows.

1.5 – Conclusiones.

Hasta el momento hemos podido comprobar que los Sistemas Expertos son considerados una herramienta útil para el diagnóstico, en especial el diagnóstico médico, nuestro país no es ajeno a esta realidad y están dadas todas las condiciones para emprender proyectos de esta naturaleza, tal como el que presentamos en este trabajo.

Capítulo 2. Análisis y Diseño de la solución propuesta.

2.1 – Introducción.

Este capítulo se describen algunos de los artefactos que propone la Metodología RUP como son: el Modelo del negocio, Modelo de objetos del negocio, las Reglas del negocio a considerar, el Modelo de casos de uso del negocio, así como la descripción de cada uno, refiriéndose también a los Requerimientos Funcionales y No Funcionales, el Diagrama de Caso de Uso del sistema y la descripción de cada uno.

2.2 – Descripción del modelo de negocio.

El proceso comienza cuando la paciente llega a la consulta aquejada de una serie de síntomas, el médico comienza su interrogatorio guardando todos los datos, realiza un examen físico al paciente para conocer sus síntomas y signos y luego procede a la realización de exámenes complementarios los cuales le darán más confianza en el momento de transmitir un diagnóstico. El proceso termina cuando el médico indica al paciente un tratamiento en dependencia de si tiene o no Endometriosis.

2.3 – Reglas del negocio a considerar.

Las reglas correspondientes al sistema son:

- El paciente llega a la consulta con una serie de síntomas.
- El médico realiza un interrogatorio a la paciente, tomando datos necesarios como: Nombre, Apellidos, Edad, Historia Clínica, Fecha de consulta, Motivos de consulta, Anamnesis, Síntomas y signos.
- El médico realiza Examen físico a la paciente, el cual incluye Tacto vaginal y Tacto rectal, además de realizar Examen complementario que incluye Ecografía, Laparoscopia y Biopsia, permitiéndole al médico diagnosticar si tiene o no Endometriosis dicha paciente.
- En caso de tener Endometriosis, el médico le indica a la paciente el tratamiento.

2.4 – Modelo de casos de uso del negocio.

2.4.1 – Definición del actor del negocio.

Actor del negocio	Descripción
Paciente	Es el agente externo que interactúa con el negocio

Tabla 1. Descripción de los actores del negocio.

2.4.2 – Diagramas de casos de uso del negocio.



Figura 4. Diagramas de casos de uso del negocio.

2.4.3 – Definición del trabajador del negocio.

Trabajador del negocio	Descripción
Médico	Es el que hace posible que la consulta se realice

Tabla 1. Descripción de los trabajadores del negocio.

2.4.4 – Descripción del caso de uso del negocio.

Caso de uso del negocio: Consultar paciente
Actores: Paciente (inicia).
Propósito: Registrar todos los datos de la paciente para luego brindarle un diagnóstico y

proponerle tratamiento.	
Resumen: El caso de uso inicia cuando la paciente llega a la consulta y requiere ser atendido, el médico comienza su interrogatorio guardando todos los datos, luego realiza un examen físico al paciente para conocer sus síntomas y signos, a continuación se procede a hacerle un examen complementario. El caso de uso finaliza cuando el médico indica a la paciente un tratamiento si tiene Endometriosis.	
Curso normal de los eventos:	
Acción del Actor	Respuesta del negocio
1- La paciente solicita ser consultada	2- El médico le hace un interrogatorio para registrar los datos generales de la paciente en su Historia Clínica (HC). 3- El médico realiza un examen físico a la paciente. 4- El médico le indica exámenes complementarios a la paciente.
7- La paciente recibe un diagnóstico y un tratamiento.	5- El médico emite un diagnóstico. 6- El médico le indica un tratamiento a la paciente si tiene Endometriosis.
Curso Alternativo de los eventos	
Acción 6	Si la paciente no tiene Endometriosis el médico no le indica tratamiento y la paciente solo recibe el diagnóstico.
Prioridad: Crítica	

Tabla 3. Descripción de caso de uso del negocio: Consultar paciente.

2.4.5 – Diagramas de actividades del negocio.

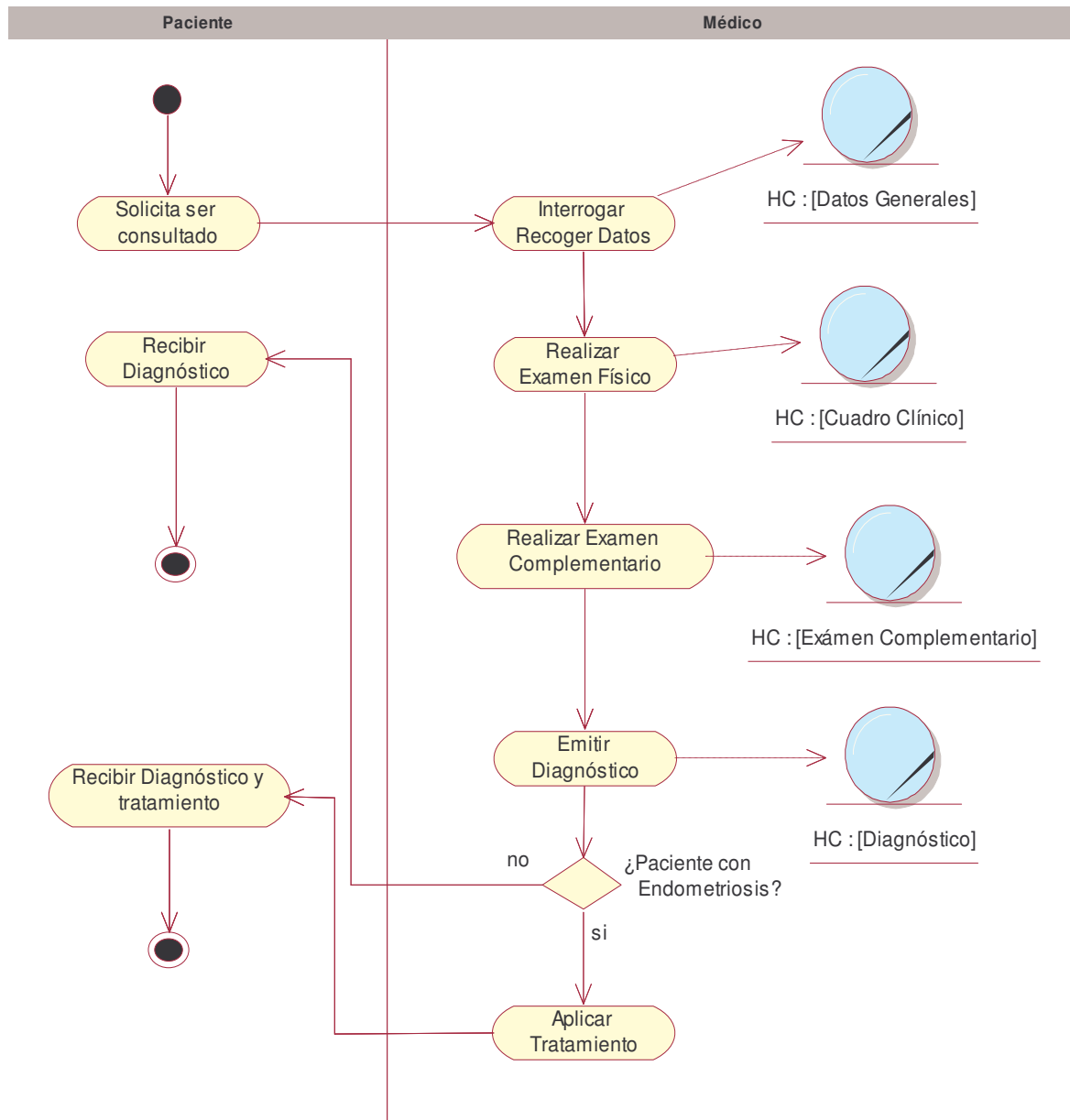


Figura 5. Diagramas de actividades del caso de uso Consultar.

2.5 – Modelo de objetos del negocio.



Figura 6. Diagramas de clases del modelo de objetos del negocio.

2.6 – Descripción del sistema propuesto.

2.6.1 – Concepción general del sistema.

El sistema cuenta con dos módulos principales: un ejecutable en Borland Delphi 7, DTEndometriosis.exe y otro en Arity Prolog, DTEND.EXE. Las relaciones de estos se muestran en la Figura 7.

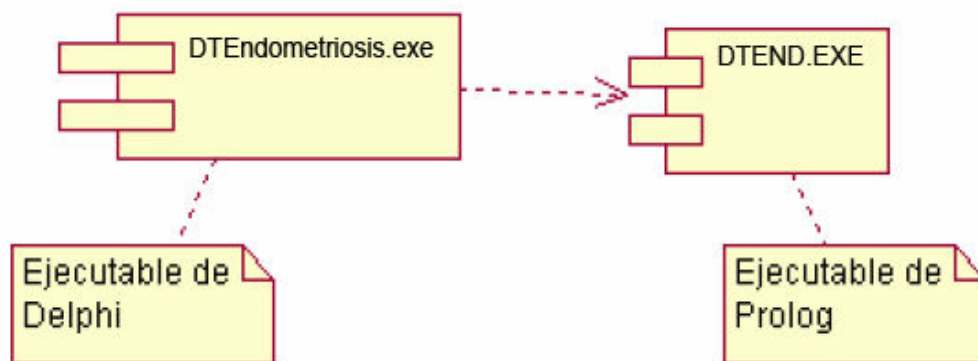


Figura 7. Módulos principales del sistema.

DTEndometriosis.exe se obtuvo en Borland Delphi 7, este es el módulo principal en la aplicación. Es el encargado de realizar la entrada de datos y la creación del fichero texto hechop.txt con los datos de la paciente en forma de hechos y del fichero texto input.txt que contiene el nombre de la paciente y su edad (ver Anexo 1) que es utilizado

por el módulo RBR (DTEND.EXE ver Anexo 2) para realizar el diagnóstico, quien genera un fichero de salida OUP.txt (ver Anexo 1), que es tomado por DTEndometriosis.exe para mostrar el diagnóstico al usuario. Las características del módulo DTEND.EXE se mostrarán a continuación.

2.6.1.1– Módulo de diagnóstico por Razonamiento Basado en Reglas (DTEND.EXE).

Para la construcción del módulo de diagnóstico por Razonamiento Basado en Reglas (RBR) que usa el sistema, se utiliza el Arity Prolog, versión 6.0.

Este módulo cuenta con 94 reglas para diagnosticar Endometriosis. La regla que diagnostica es `endometriosis(X,'endometriosis')`, esta depende de `motivosDeConsulta(X)`, `anamnesis(X)`, `cuadroClinico(X)`, `exploracionGinecologica(X)`, `diagnosticoComplementario(X)`.

Al preguntar por `endometriosis(X,'endometriosis')` el módulo consulta los ficheros `hechosp.txt` y `input.txt` a través de un `call (hecho(X))` y un `call (input(X))` respectivamente, la información que han sido descritas por los rasgos de la paciente y escribe el diagnóstico en el fichero de salida `OUP.txt`.

2.6.2 – Requerimientos funcionales.

Los requerimientos funcionales definen las funciones que el sistema será capaz de realizar. Describen las transformaciones que el sistema realiza sobre las entradas para producir salidas. [Morea, 1997]

1 - Obtener datos generales del caso problema.

- Los datos obtenidos serán los siguientes: Datos generales, Motivos de consulta, Anamnesis, Cuadro clínico, Exploración ginecológica, Examen complementario. Dentro de cada uno tenemos:
 - (1) Datos generales: Nombre, Apellidos, Edad, Historia clínica, Fecha de consulta.
 - (2) Motivos de consulta: Trastornos menstruales, Dolor abdomino pelviano, Esterilidad, Dismenorrea.

- (3) Anamnesis: Incidencia familiar, Dismenorrea importante, Infertilidad, Dolor pélvico inexplicable, Metrorragias, Trastornos menstruales.
- (4) Cuadro clínico: Síntomas, Signos.
- (5) Exploración ginecológica: Tacto vaginal, Tacto rectal.
- (6) Examen complementario: Ecografía, Laparoscopia, Biopsia.

2- Mostrar Ayuda

3- Crear ficheros texto con extensión txt con la información del caso problema.

4- Procesar los ficheros texto en Prolog.

5- Crear un nuevo fichero texto con el diagnóstico

6- Leer fichero creado en Prolog con el diagnóstico.

7- Mostrar diagnóstico.

8- Mostrar Tratamiento.

9- Imprimir hoja clínica.

2.6.3 – Requerimientos no funcionales.

Los requerimientos no funcionales tienen que ver con características que de una u otra forma puedan limitar el sistema, por ejemplo, el rendimiento (en tiempo y espacio), interfaces de usuario, fiabilidad (robustez del sistema, disponibilidad de equipo), mantenimiento, seguridad, portabilidad, estándares, etc. [Morea, 1997]. Los cuales se muestran a continuación:

Apariencia o interfaz externa

- La interfaz se regirá por el estándar de ventanas establecido e internacionalizado por el sistema operativo Windows. Su diseño estará de modo tal que el usuario en todo momento tenga un control total sobre la aplicación lo que le permitirá ir de un lugar a otro con gran facilidad dentro de ella, teniendo visibles todas las opciones disponibles

Usabilidad

- El uso del producto esta orientado tanto a estudiantes de medicina como a graduados de la especialidad de medicina general integral. Su explotación permitirá proveer al

usuario de conocimientos de un experto así como de útiles informaciones con respecto a todo lo que tiene que ver con estas enfermedades.

Soporte

- Las pruebas del sistema se realizaron apoyándose en plantillas (ver Anexo 3) llenadas por expertos del tema, las cuales se basan en casos reales de pacientes con esta patología. Dichas pruebas permitieron evaluar en la práctica la funcionalidad y las ventajas de este nuevo producto.
- El sistema da la posibilidad a futuras mejoras y nuevas opciones que se le quieran incorporar.

Seguridad

- Como mecanismo de seguridad se implementaron los procedimientos principales de diagnóstico en un módulo Prolog lo que evita que un usuario intruso pueda modificar alguna de las reglas y así el resultado que se tiene es más confiable.

Políticos-culturales

- El sistema cuenta con información destinada a la superación y desarrollo de estudiantes de medicina y médicos en esta área, así como de apoyo a los mismos en futuros diagnósticos de esta afección.

Ayuda y documentación en línea

- La ayuda con la que cuenta la aplicación esta dividida en partes. Primero se tiene la que le va brindando información al usuario acerca de los términos médicos que son utilizados por el sistema, luego la ayuda que muestra como navegar por la aplicación y por último cuenta con una bibliografía básica de la especialidad.

Requerimiento de Hardware

- Para explotar el sistema se necesita como mínimo un Pentium a 200MHz de velocidad con 32 Mb de memoria RAM y 15 Mb de memoria libre en disco.

Requerimiento de Software

- El software funcionará sólo sobre plataforma Windows, por lo que para la instalación del software se requiere Windows 95 o superior con una configuración de 800 x 600.

2.7 – Modelo de Casos de Uso del sistema.

2.7.1 – Actores del sistema.

Actor del sistema	Descripción
Usuario (Médico ó Estudiante de medicina)	Cualquier usuario que interactúe con el sistema, puede ser un médico general ó un estudiante de medicina. Este usuario tendrá acceso a todos los requerimientos funcionales del sistema.

Tabla 4. Descripción de los actores del sistema.

2.7.2 – Diagramas de Casos de Uso del sistema.

Para el software se definieron los Casos de Uso siguientes:

- 1- Crear caso problema.
- 2- Mostrar ayuda.
- 3- Mostrar tratamiento.
- 4- Mostrar diagnóstico.
- 5- Emitir diagnóstico.
- 6- Aplicar RBR.
- 7- Imprimir hoja clínica.

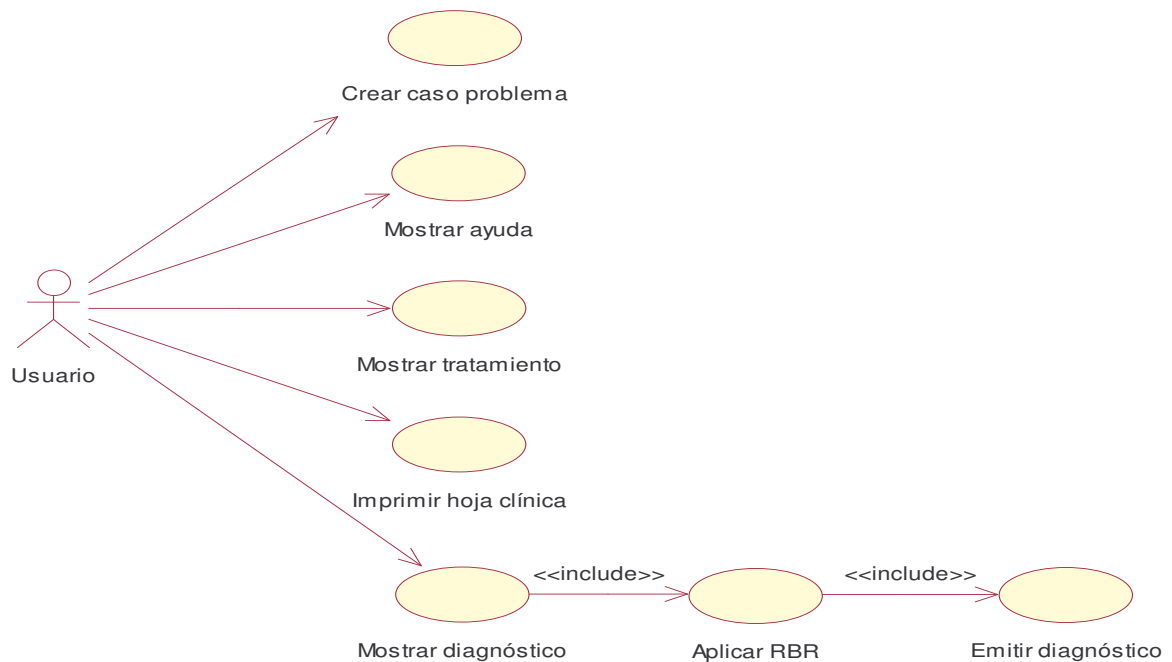


Figura 8. Diagramas de Casos de Uso del sistema.

2.7.3 – Descripción de los Casos de Uso del sistema.

Caso de uso	Crear caso problema.
Actores	Usuario (inicia).
Propósito	Permitir introducir los datos de un paciente.
Resumen	Un usuario quiere introducir los datos de una paciente y cuenta con toda la información necesaria. El sistema le da la facilidad de introducirlos y mostrarle un diagnóstico.
Referencias	R1
Precondiciones	-
Post-condiciones	Se crea un caso problema.
Requisitos Especiales	-
Prototipo	Anexo 4

Tabla 5. Descripción del caso de uso del sistema: Crear caso problema.

Caso de uso	Mostrar ayuda.
Actores	Usuario (inicia).
Propósito	Permitir al usuario tener conocimiento más amplio de la aplicación y de la enfermedad que esta diagnostica.
Resumen Un usuario quiere conocer más acerca de diferentes tópicos como son anamnesis, cuadro clínico, etc., así como la navegación por el sistema. El software le da la posibilidad de tener acceso a esa información.	
Referencias	R2
Precondiciones	-
Post-condiciones	Se muestra la ayuda.
Requisitos Especiales	-
Prototipo	Anexo 5

Tabla 6. Descripción del caso de uso del sistema: Mostrar ayuda.

Caso de uso	Mostrar diagnóstico.
Actores	Usuario (inicia).
Propósito	Ofrecer al usuario el diagnóstico para el caso problema que se originó.
Resumen Un usuario desea obtener un diagnóstico luego de introducir los datos de la paciente. El sistema le muestra el diagnóstico del caso problema.	
Referencias	R3, R6, R7
Casos de Uso asociados:	- Emitir diagnóstico.(include) - Aplicar RBR. (include)
Precondiciones	Se creo un diagnóstico.
Post-condiciones	Se muestra el diagnóstico.
Requisitos Especiales	-
Prototipo	Anexo 6

Tabla 7. Descripción del caso de uso del sistema: Mostrar diagnóstico.

Caso de uso	Emitir diagnóstico.
Actores	
Propósito	Brinda un diagnóstico emitido por Prolog luego de que este realizara el RBR.
Resumen	El sistema crea dos ficheros texto y lo envía a Prolog. Este se encarga de hacer RBR y crea otro fichero texto, el cual se lee en Delphi mostrándose un diagnóstico.
Referencias	R5, R4
Precondiciones	- Se creó un caso problema. - Se creó un diagnóstico del caso problema.
Post-condiciones	Se emitió un diagnóstico.
Requisitos Especiales	-
Prototipo	-

Tabla 8. Descripción del caso de uso del sistema: Emitir diagnóstico.

Caso de uso	Aplicar RBR.
Actores	
Propósito	Aplica razonamiento basado en reglas al caso problema dando así un diagnóstico.
Resumen	El sistema Prolog procesa los datos recibidos desde Delphi, luego crea un fichero texto con la respuesta del diagnóstico y lo envía a Delphi.
Referencias	R6
Precondiciones	- Existe un caso problema. - Existe fichero texto.
Post-condiciones	Se procesa la información asociada al problema y se crea un diagnóstico.
Requisitos Especiales	-

Prototipo	-
------------------	---

Tabla 9. Descripción del caso de uso del sistema: Aplicar RBR.

Caso de uso	Mostrar tratamiento.
Actores	Usuario (inicia).
Propósito	Mostrarle al usuario el tratamiento.
Resumen El usuario pide ver el tratamiento y el sistema le permite ver esta información.	
Referencias	R8
Precondiciones	Se emitió un diagnóstico.
Post-condiciones	Se muestra el tratamiento.
Requisitos Especiales	-
Prototipo	Anexo 7

Tabla 10. Descripción del caso de uso del sistema: Mostrar tratamiento.

Caso de uso	Imprimir hoja clínica.
Actores	Usuario (inicia).
Propósito	Imprimir todos los datos que se incluyen dentro de una hoja clínica.
Resumen El usuario desea imprimir la hoja clínica y el sistema le permite imprimir esta información.	
Referencias	R9
Precondiciones	- Se emitió un diagnóstico. - Se muestra el tratamiento.
Post-condiciones	Se imprime la hoja clínica.
Requisitos Especiales	-
Prototipo	-

Tabla 11. Descripción del caso de uso del sistema: Imprimir hoja clínica.

2.8 – Conclusiones.

En este capítulo se describió el Modelo del negocio, las Reglas del negocio a considerar, el Modelo de casos de uso del negocio, definiendo el caso de uso correspondiente, su actor y trabajador, describiéndose detalladamente cada uno. Se muestra además la relación de los objetos del negocio quedando plasmada en el Modelo de objetos del negocio. Del sistema se definieron 9 requerimientos funcionales, y los no funcionales. Se definieron además 7 Casos de Uso del sistema, descritos todos por el diagrama de Caso de Uso y la Descripción de Alto Nivel.

Capítulo 3. Construcción de la solución propuesta.

3.1 – Introducción.

Este capítulo describirá la construcción de la solución propuesta, para ello se utilizarán los artefactos propuestos por la Metodología RUP, entre estos artefactos se encuentran el Diagrama de clases de diseño, y Diagrama de implementación. Se describen también los principios de diseño utilizados, mostrando ejemplos de cómo se presentan estos principios al usuario y la concepción general de la ayuda, se particularizará los estándares en la interfaz de la aplicación y el tratamiento de errores, así como los estándares de codificación.

3.2 – Diagrama de clases del diseño.

Una clase de diseño es una abstracción de una clase o construcción similar en la implementación del sistema. Un diagrama de clases es una clase de diseño y sus objetivos, y de ese modo también los subsistemas que contienen las clases de diseño, a menudo participan en varias realizaciones de caso de uso. También puede darse el caso de algunas operaciones, atributos y acciones sobre una clase específica que son relevantes para sólo una realización de caso de uso. [Jacobson, 2000]

A continuación se muestra el Diagrama de clases del diseño para nuestro sistema:

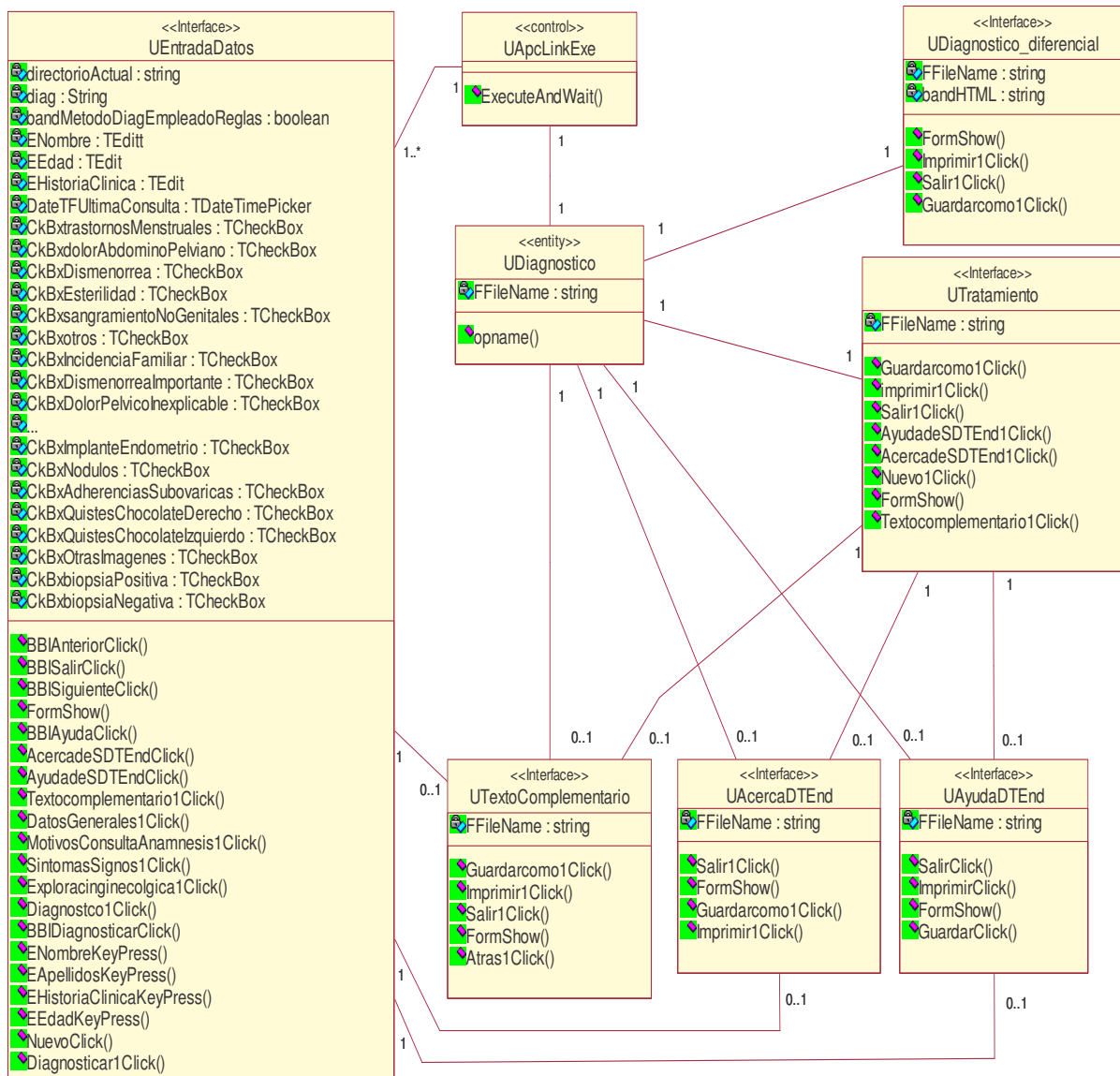


Figura 9. Diagramas de clases del diseño.

3.3 – Diagrama de implementación.

El modelo de implementación describe como los elementos del modelo de diseño y las clases se implementan en términos de componentes. Describe también como se organizan los componentes de acuerdo con los mecanismos de estructuración y modularización disponibles en el entorno de implementación y en el lenguaje o lenguajes de programación utilizados y como dependen los componentes unos de otros. [Jacobson, 2000]

Un diagrama de implementación sería un diagrama que contenga nodos y componentes por lo que en una sola vista se pueden apreciar los diagramas de componentes y de despliegue. Aunque se pueden construir por separado estos diagramas, en ellos no queda clara la relación directa que puede darse entre componentes ubicados en nodos diferentes.

En la Figura 10 se expone el diagrama de implementación correspondiente a nuestro sistema:

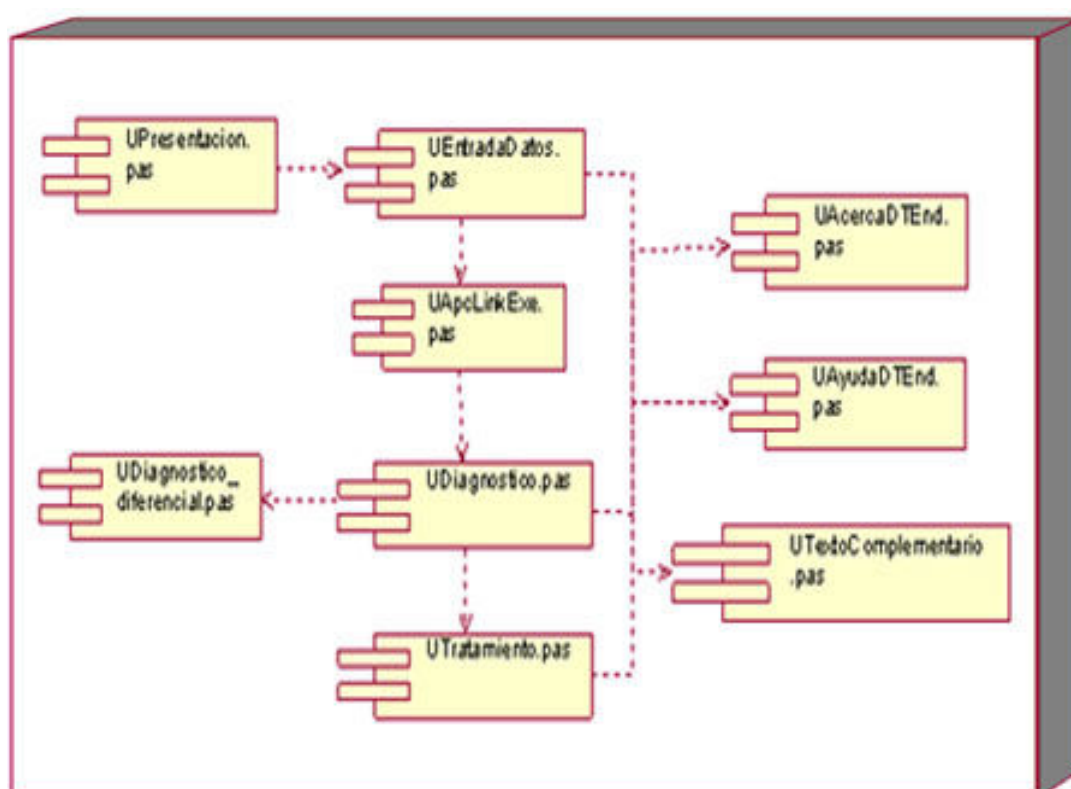


Figura 10. Diagrama de implementación.

DTEndometriosis.exe está compuesto por un conjunto de units que se relacionan entre ellas como se describe en la Figura 10. Al iniciar la aplicación se muestra la forma FPresentación durante un tiempo de 5 segundos. Luego aparece la forma de entrada de datos FEntradaDatos, en la cual se conforma el caso problema, esta forma consta de un TPageControl, que tiene cinco TtabSheet en los que se

entran los datos de una paciente atendiendo a la secuencia adecuada para hacer una buena historia clínica del caso. Durante todo el proceso de entrada de datos nos podemos mover por los TtabSheets a través de los botones Adelante y Siguiente y contamos con la posibilidad de abandonar el sistema oprimiendo el botón Salir o recibir ayuda al oprimir el botón Ayuda, este mostrará una ventana con una página Web que contiene explicaciones sobre las características de las entradas y conocimientos médicos necesarios sobre ellas. Al llegar al TtabSheets de nombre Exámenes Complementarios y oprimir el botón Diagnosticar, damos paso a realizar el diagnóstico, el papel principal en este proceso lo tiene DTEndometriosis.exe, este creará un proceso y mandará a ejecutar el DTEND.exe que dará el diagnóstico final. Cuando contemos con el diagnóstico, lo mostraremos en la forma FDiagnostico, en la que también estarán los datos de la paciente y al oprimir el botón Tratamiento aparecerá en forma de página Web, el tratamiento de dicha enfermedad. También en esta forma se tiene el botón Ayuda como ayuda y los botones Salir que permite salir del sistema, y Nuevo, el cual manda a ejecutar una nueva aplicación DTEndometriosis.exe para continuar probando casos.

3.4 – Principios de diseño.

3.4.1 – Estándares en la interfaz de la aplicación.

La interfaz diseñada para el sistema está basada en el estándar de ventanas de Windows. El tipo de letra utilizada es MS Sans Serif de estilo Normal y tamaño 10 y el diseño de la aplicación es conservador. La carga visual es adecuada y el lenguaje de las opciones que se ha utilizado es de fácil comprensión para el usuario. El sistema posee una barra de herramientas que brinda acceso rápido a la mayor parte de las opciones. En cuanto a los mensajes de error e informativos que se muestran son breves, pero informando siempre en que consiste el error.

3.4.2 – Tratamiento de errores.

El diseño de la interfaz del sistema está dirigido a evitar errores, teniendo en cuenta siempre la creación de interfaces amigables. Los mensajes de error que

emite el sistema se muestran en un lenguaje de fácil comprensión para los usuarios, además tiene la opción de deshacer cualquiera de las acciones realizadas en el sistema.

3.4.3 – Concepción General de la ayuda.

Una parte importante del sistema lo constituye la ayuda, en este caso, el usuario la tendrá disponible en cada momento y podrá acceder a la misma con solo presionar la tecla F1 o a través del menú de opciones en la correspondiente opción de ayuda (?). La ayuda constará de una parte teórica y otra funcional. Esto tiene el objetivo de que el usuario no solo tenga la explicación funcional del sistema sino que también pueda contar con todo un conjunto de materiales que lo ayudarán en la preparación teórica de todo lo relacionado con la Endometriosis, así como otros temas relacionados con Obstetricia y ginecología, como parte de una cultura médica integral.

3.5 – Estándares de codificación.

Es necesario escribir código que sea fácil de entender y que reduzca el tiempo y esfuerzo a la hora de realizar alguna modificación al mismo. Para llevar a cabo este ejercicio debe seguirse un buen estilo de código.

Existen varios aspectos que pueden hacer un código más legible; algunos de estos son el empleo de nombres descriptivos, el uso de una indentación coherente y de comentarios informativos, entre otros. Se describen a continuación algunas convenciones tomadas con relación a estos aspectos.

Convención de Nombres

Los nombres de variables, controles, procedimientos y funciones fueron adoptados lo más explicativos posibles, siempre respondiendo a su propósito.

Para cada tipo de control se tuvo en cuenta el uso de los prefijos más utilizados, una muestra de esto se muestra en la siguiente tabla:

Control	Prefijo	Ejemplo
CheckBox	CkBx	CkBxtrastornosMenstruales
Button	BBI	BBIDiagnosticar
Form	F	FDiagnosticar
Label	Lbl	Lbl1
Menu	Mn	MnArchivo1
Edit	E	ENombre
ToolButton	tbt	tbtSaveDialog1
TPageControl	PC	PCEntradaDatos
TDateTimePicker	DateT	DateTFUltimaConsulta
TSheet	TS	TSMotivosConsulta
TGroupBox	GpBx	GpBxEcografia

Tabla 12. Nombres de algunos controles utilizados.

Indentación

En el caso de la indentación, se establece que todas las líneas dentro de un procedimiento o función, estarán indentadas con respecto a la instrucción que encabeza a este, lo mismo ocurre con todas las líneas que conformen el cuerpo de un ciclo estructural condicional.

Comentarios

Un buen comentario añade información al código de una manera clara y ayuda a entender el objetivo del mismo. Se tomó como regla, por tanto, comentar todos los procedimientos y funciones al principio de los mismos para explicar como se deben usar sin necesidad de leer el código. Se comentaron además algunos algoritmos que pudieran resultar de difícil comprensión.

3.6 – Conclusiones.

En este capítulo se han definido las 8 clases del diseño, donde sus relaciones han sido representadas en el Diagrama de clases del diseño y los 9 componentes definidos en el Modelo de Implementación. Se mostraron además los principios del diseño aplicados al sistema propuesto, profundizando específicamente en los temas de estándares de la interfaz y codificación, tratamiento de errores y la concepción general de la ayuda.

Capítulo 4. Estudio de Factibilidad.

4.1 – Introducción.

En este capítulo se aborda el tema relacionado con el estudio de la factibilidad del producto, se ofrece una descripción de la planificación del proyecto, así como los costos asociados al mismo, y finalmente se realiza el análisis entre los costos y los beneficios para concluir si es o no factible el desarrollo del sistema. Para el análisis y cálculos de los costos se ha utilizado el modelo COCOMO II (Constructive Cost Model). [Boemh, 1999]

4.2 – Planificación por puntos de función.

La técnica de puntos de función [IFPUG, 1999] fue introducida por Albrecht [Albrecht, 1979] y su propósito es medir el software cualificando la funcionalidad que proporciona externamente, basándose en el diseño lógico del sistema.

Nombre de la entrada externa	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Agregar Datos generales	2	5	Media
Modificar Datos generales	2	5	Media
Eliminar Datos generales	2	5	Media
Agregar Motivos de consulta y Anamnesis	1	12	Baja
Modificar Motivos de consulta y Anamnesis	1	12	Baja
Eliminar Motivos de consulta y Anamnesis	1	12	Baja
Agregar Cuadro clínico:	1	29	Media

Síntomas y signos			
Modificar Cuadro clínico: Síntomas y signos	1	29	Media
Eliminar Cuadro clínico: Síntomas y signos	1	29	Media
Agregar Exploración ginecológica	1	13	Baja
Modificar Exploración ginecológica	1	13	Baja
Eliminar Exploración ginecológica	1	13	Baja
Agregar Examen complementario	1	25	Media
Modificar Examen complementario	1	25	Media
Eliminar Examen complementario	1	25	Media

Tabla 13. Planificación: Entradas externas.

Nombre de la salida externa	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Mostrar Diagnóstico	1	89	Media
Mostrar Tratamiento	1	1	Baja

Tabla 14. Planificación: Salidas externas.

Nombre de la petición	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Mostrar Diagnóstico	1	1	Baja

diferencial			
Mostrar Ayuda de DTEnd	1	1	Baja
Mostrar Acerca de DTEnd	1	1	Baja
Mostrar Texto Complementario	1	1	Baja

Tabla 15. Planificación: Peticiones.

Nombre del fichero interno	Cantidad de records	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Hechosp	1	84	Media
Input	1	2	Baja
OUTP	1	1	Baja

Tabla 16. Planificación: Ficheros internos.

Elementos	Bajos	X Peso	Medios	X Peso	Altos	X Peso	Subtotal de puntos de función
Entradas externas	6	3	9	4	0	6	54
Salidas externas	1	4	1	5	0	7	9
Peticiones	4	3	0	4	0	6	12
Ficheros lógicos internos	2	7	1	10	0	15	24
Ficheros de interfaces externas	0	5	0	7	0	10	0
Total							99

Tabla 17. Planificación: Punto de función.

Características		Valor
Puntos de función desajustados		99
Lenguaje	Delphi	Prolog
Instrucciones fuentes por puntos de función	29	69
Por ciento de la aplicación en cuanto a requerimientos funcionales	80 %	20 %
Instrucciones fuentes	2297	1366
Total de Instrucciones fuentes	3663	

Tabla 18. Planificación: Miles de instrucciones fuentes.

Miles de instrucciones fuentes (MF): 3.663

4.3 – Determinación de los costos.

Multiplicadores de esfuerzo

Multiplicadores de Esfuerzo vinculados al Producto

RELY: Confiabilidad.

DATA: Tamaño de la BD.

CPLX: Complejidad del Producto.

RUSE: Reutilización.

DOCU: Necesidades de Documentación.

TIME: Tiempo de Ejecución.

STOR: Almacenamiento

PVOL: Volatilidad de la plataforma.

Multiplicadores de Esfuerzo Vinculados al Personal

PCAP: Capacidad de los Programadores.

PCON: Continuidad del Personal.

APEX: Experiencia de los Analistas.

PLEX: Experiencia con la plataforma.

LTEX: Experiencia con Lenguajes y Herramientas.

Multiplicadores de Esfuerzo vinculados al Proyecto

TOOL: Uso de Herramientas de SW.

SITE: Desarrollo en diferentes Sitios.

SCED: Requerimientos de Cronograma.

Parámetro de Coste	Combinación equivalente
Diseño inicial	Post Arquitectura
RCPX	RELY, DATA, CPLX, DOCU
RUSE	RUSE
PDIF	TIME, STOR, PVOL
PERS	ACAP, PCAP, PCON
PREX	AEXP, PEXP, LTEX
FCIL	TOOL, SITE
SCED	SCED

Tabla 19. Multiplicadores de esfuerzo Diseño inicial.

Factores de escala

PREC: Precedencia.

FLEX: Flexibilidad.

RESL: Riesgos.

TEAM: Cohesión del Equipo.

PMAT: Madurez de las Capacidades.

Cálculo de:	Valor	Justificación
RCPX	1,00	Base de Conocimiento es moderada, no se requiere de amplia documentación. La aplicación tiene una moderada complejidad. (Nominal)
RUSE	1,00	Se implementa código reusable para el aprovechamiento de este en toda la aplicación. (Nominal)
PDIF	1,00	No tiene grandes restricciones en cuanto al tiempo de ejecución ya que el software podrá estar trabajando varias horas. EL Software no tiene limitación de memoria impuesta. La plataforma de aplicación es estable. (Nominal)
PERS	0,83	Hay poco movimiento del personal. (Alto)
PREX	0,87	El equipo tiene buen dominio y posee conocimiento del lenguaje de programación. Con una experiencia de aproximadamente dos años. (Alto)
FCIL	0,87	Se utilizan herramientas de programación como: Delphi 7 y Arity Prolog, así como la herramienta CASE Rational Rose para la documentación, empleando como notación UML. (Alto)
SCED	1,00	La planificación se hace con moderada frecuencia. (Nominal)
PREC	3,72	El equipo de desarrollo posee una comprensión considerable de los objetivos del producto, no tiene experiencia en la realización de software de este tipo. (Nominal)
FLEX	3,04	En el sistema debe haber un considerable cumplimiento en relación con las especificaciones de los requerimientos preestablecidos y a las especificaciones de interfaz externa. (Nominal)

TEAM	1,10	El equipo que va a desarrollar el software es altamente cooperativo.(Muy alto)
RESL	7,07	Se esta haciendo un estudio, no existe un plan definido. (Muy bajo)
PMAT	7.80	Se encuentra en el Nivel I. (Bajo)

Tabla 20. Costos: Factores de escalas.

Multiplicador de esfuerzos

$$EM = \prod_{i=1}^n E_{mi} = RCPX * RUSE * PDIF * PERS * PREX * FCIL * SCED$$

$$EM = 1 * 1 * 1 * 0.83 * 0.87 * 0.87 * 1$$

$$EM = 0.628227 \approx 0.63$$

Factores de escala

$$SF = \sum SFi = PREC + FLEX + RESL + TEAM + PMAT$$

$$SF = 3.72 + 3.04 + 7.07 + 1.10 + 7.80$$

$$SF = 22.73$$

Valores de los coeficientes

$$A = 2.94, \quad B = 0.91, \quad C = 3.67, \quad D = 0.24.$$

$$E = B + 0.01 * SF$$

$$E = 0.91 + 0.01 * 22.73$$

$$E = 1.1373$$

$$F = D + 0.2 * (E - B)$$

$$F = 0.24 + 0.2 * (1.1373 - 0.91)$$

$$F = 0.28546$$

Esfuerzo

$$PM = A * (MF)^E * EM$$

$$PM = 2.94 * (3.663)^{1.1373} * 0.63$$

$$PM = 8.1086$$

Cálculo del tiempo de desarrollo

$$TDEV = C * PM^F$$

$$TDEV = 3.67 * (8.1086)^{0.28546}$$

$$TDEV = 6.670$$

Cálculo de la cantidad de hombres

$$CH = PM / TDEV$$

$$CH = 8.1086 / 6.670$$

$$CH = 1.22 \approx 2$$

Costo

Se asume como salario promedio mensual \$ 225.00

$$CHM = 1 * \text{Salario Promedio}$$

$$CHM = 1 * 225$$

$$CHM = \$ 225.00$$

$$\text{Costo} = CHM * PM$$

$$\text{Costo} = 225 * 8.1086$$

$$\text{Costo} = \$ 1824.44$$

Los costos en los que se incurriría de desarrollarse el sistema serían:

Cálculo de:	Valor
Esfuerzo(PM)	8.1086
Tiempo de desarrollo	6.670
Cantidad de hombres	2
Costo	\$ 1824.44
Salario medio	\$ 225.00
RCPX	1
RUSE	1
PDIF	1
PREX	0.87
FCIL	0.87
SCED	1

Tabla 21. Costos totales.

4.4 – Análisis de costos y beneficios.

El análisis de costos y beneficios constituye una ayuda importante en la toma de decisiones, ayuda, que frecuentemente brinda la información necesaria para determinar si la actividad es deseable, o si, por el contrario viene a constituir un desperdicio. El costo del producto va a depender tanto de los beneficios tangibles o intangibles. Estos beneficios pueden ser económicos y de orden social, estos últimos son de tanta importancia como los primeros.

El aumento de mujeres diagnosticadas con Endometriosis en los últimos años ha provocado un problema tanto en términos de salud como económicos y sociales, su control es decisivo para mejorar la salud reproductiva y de la mujer, y representa uno de los grandes desafíos de la salud pública contemporánea.

Esta aplicación constituye el primer producto cubano para el diagnóstico y tratamiento de Endometriosis. Su utilización garantizará el diagnóstico rápido y

certero de esta patología tanto a profesionales especializados, como a graduados y estudiantes en Medicina, lo cual constituye un logro en la salud pública cubana dotando a nuestros médicos de una herramienta de apoyo al diagnóstico. Cualquier graduado de medicina puede sin ser especialista en el tema diagnosticar rápida y eficazmente una Endometriosis, teniendo a DTEnd como ayuda. Adicionalmente el Sistema Experto se convierte en un entrenador en el dominio de aplicación, puede ser usado por profesores en el dominio de aplicación como herramienta de ayuda a la docencia y es posible incorporarlo como una técnica de auto-aprendizaje y de auto evaluación del conocimiento.

En el proceso de validación del software, evaluando la calidad de diagnóstico que ofrece, se utilizó una muestra de control, formada por casos característicos de esta patología. Esta muestra contó con un total 30 casos, generados por médicos y especialistas en Gineco-Obstetricia consultantes de este Proyecto. Para la totalidad de los casos (30) se obtuvo un diagnóstico acertado, brindando un 100% de efectividad diagnosticada. Resta validar el software con una muestra que represente el comportamiento real en Cienfuegos en un período de un año, lo que por cuestiones de tiempo no ha sido posible realizar, debido a lo complejo del proceso de obtención de los datos.

4.5 – Conclusiones.

En este capítulo se realizó el estudio de factibilidad correspondiente al sistema, obteniéndose como resultado un costo total del proyecto de \$ 1824.44 a desarrollar por dos personas en un tiempo de 7 meses de trabajo. Se realizó además el análisis entre los costos y los beneficios que reporta la aplicación concluyendo que es factible y socialmente útil el desarrollo del software propuesto.

Conclusiones.

El diseño y desarrollo de **DTEnd** como Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de Endometriosis en la provincia Cienfuegos nos ha permitido alcanzar a las siguientes conclusiones:

- Se determinaron las mejores variantes de Sistemas Basados en el Conocimiento a utilizar, a partir de la revisión bibliográfica efectuada y tomando como base ejemplos de Sistemas Expertos implementados para el diagnóstico en la actualidad.
- Se obtuvieron 94 reglas para la confección del sistema, estas se determinaron a partir de la experiencia adquirida de especialistas en Gineco-Obstetricia y bibliografía especializada en el tema.
- El sistema se implementó usando las bondades del Delphi y el Arity Prolog, dando lugar a un producto con una interfase agradable al usuario y un módulo de reglas de fácil comprensión por los expertos que participaron en su confección, con un sistema de ayuda a los usuarios que utilicen la aplicación.
- Se comprobó la factibilidad del software como Sistema de diagnóstico médico, obteniendo un 100 % de diagnósticos exitosos en la muestra tomada, valor que destaca la capacidad del sistema creado.
- En la validación del sistema con casos característicos se evidencia empíricamente que el medio empleado para la explicación puede ser usado también para fines de enseñanza.

Recomendaciones.

Una vez concluido el Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de Endometriosis nos permitimos recomendar:

- Utilizar el sistema propuesto en el diagnóstico y tratamiento de Endometriosis en la provincia de Cienfuegos, comenzando por los departamentos de Ginecología del Hospital Provincial “Dr. Gustavo Aldereguía Lima”.
- Continuar desarrollando el módulo de explicación, incorporando al sistema razonamiento basado en casos.
- Generalizar el contenido de este trabajo utilizándolo con los fines para los que fue diseñado no solo en nuestra provincia sino en cualquier centro afín del país y/o fuera de él.

Referencias bibliográficas.

[AEE, 2007] Asociación Endometriosis España. *Endometriosis en el Parlamento Europeo*.

<http://www.endoinfo.info/modules.php?name=News&file=article&sid=410>

(8/04/07).

[Albrecht, 1979] Albrecht, A. J. *Measuring Application Development Productivity*. Applications Development Symposium, Monterey, 1979.

[Angiano, 1996] Angiano, E. *Uso aeroespacial de la Inteligencia Artificial*. PC WORD, España, 1996.

[Avila, 1999] Avila Cruz, Victor Rolando. *Medicina y Computación: una Integración obligatoria*. <http://www.cocmed.sld.cu/no32/n32rev1.htm> (16/04/07).

[Bello, 2002] Bello R. *Aplicaciones de la Inteligencia Artificial*. Universidad de Guadalajara, Jalisco, 2002.

[Boehm, 1999] Boehm, B. *COCOMO II Model Definition Manual*. <http://sunset.usc.edu/research/COCOMOII> (9/05/07).

[Brown, 1982] Brown, J.S. *Pedagogical, natural language and knowledge engineering techniques in SOPHIE I, II, and III*. En Sleeman, D. y Brown, J.S. (eds.) *Intelligent Tutoring Systems*. Academic Press. London, 1982.

[Calvo, 2002] Calvo F. *e-Learning para Educación Médica Continua*. En: Calvo F, Rubio CF, Aparcana J, Changa VM, *TELEMEDICINA E INFORMATICA MÉDICA*, Lima, 2002.

[Castillo, 1989] Castillo E. *Sistemas Expertos: aprendizaje e incertidumbre*. Editorial Paraninfo, S.A. Madrid, 1989.

[Chandrasekaran, 1979] Chandrasekaran, B. *An Aproach to Medical Diagnosis Based on Conceptual Structures*. Proceedings IJCAI'79, 1979.

[Clancey, 1986] Clancey, W.J. *Knowledge Based Problem Solving*. Kowalik, J.S. , Prentice-Hall, New Jersey, 1986.

[Díaz, 2004] Díaz Antón Maria Gabriela. *Propuesta de una metodología de desarrollo de software educativo bajo un enfoque de calidad sistemática*. <http://www.academia-interactiva.com/ise.pdf> (21/03/07)

[Eshelman, 1987] Eshelman, L. *MOLE: a tenacious knowledge-acquisition tool*. International Journal of Man-Machine Studies, No. 26, 1987.

[Féret, 1993] Féret, M.P. *Hybrid Case-Based Reasoning for the Diagnosis of Complex Devices*. Proceedings AAAI'93, Washington, 1993.

[Fernández, 2004] Fernández Sánchez, Karina L. *Sistema para el Diagnóstico y Tratamiento del Embarazo Eptópico*. UCF, 2004.

[Ferrá, 2004] Ferrá Grau, Xavier. *Desarrollo orientado a objetos con UML*. <http://www.clikear.com/manuales/uml/introduccion.asp> (15/01/07).

[Frenzel, 1985] Frenzel, Louis E. *Crash Course in Artificial Intelligence and Experts Systems*. Addison Wesley, 1985.

[Fuentes, 2003] Fuentes Covarrubias, Ricardo. *Sistema Experto*. <http://www.plazacolima.com/tecnoplaza> (19/04/07).

[García, 1998] García, María M. *Diagnóstico presuntivo de cardiopatía isquémica*. UCLV, 1998.

[García, 2005] García García, Maribel. *DITRITS: Sistema Experto para el Diagnóstico y tratamiento de Infecciones de Transmisión Sexual*. UCF, 2005.

[Hayes-Roth, 1984] Hayes-Roth, Frederick. *Knowledge- based expert systems: the state of the art in the US*. Pergamon Infotech, Maidenhead, Berkshire, 1984.

[IFPUG, 1999] The International Function Point User Group. *Function Point Counting Practices Manual-Release 4.1*. USA, 1999.

[Jacobson, 2000] Jacobson, I. *El Proceso Unificado de Desarrollo de software*. Addison-Wesley, 2000.

[Lezcano, 2000] Lezcano M. *Prolog y los sistemas expertos*. Universidad de Guadalajara, Jalisco, 2000.

[Marcus, 1989] Marcus, S. *SALT: A knowledge Acquisition Language for Propose-and-Revise Systems*. Artificial Intelligence, No. 39, 1989.

[Medina, 2002] Medina Pagola, Mercedes. *Utilización del Aprendizaje Basado en Problemas Bajo la Optica de la Inteligencia Artificial*. http://www.cecam.sld.cu/pages/rcim/revista_2/articulos_html/febles.htm#Resumen (05/04/05).

[Morea, 1997] Morea Lucas. *Ingeniería De Requerimientos, Ingeniería De Software*. <http://www.monografias.com/trabajos6/resof/resof.shtml> (03/02/05).

[Musen, 1989] Musen, M.A. *Automated Suport for Building and Extending Expert Models*. Machine Learning, No. 4, 1989.

[NICHD, 2007] Instituto Nacional de Salud Infantil y Desarrollo Humano (NICHD). *La Endometriosis*.

<http://www.nichd.nih.gov/publications/pubs/endometriosis/espanol/index.cfm>
(08/04/07).

[Pacheco, 2007] Pacheco Cumbre, M^a Antonia. *Mujeres preocupadas por la endometriosis crean asociación*.

http://www.reporterodigital.com/cadiz/post.php/2007/01/07/mujeres_preocupadas_por_la_endometriosis (09/05/07).

[Pople, 1977] Pople, H. *The formation of composite hypotheses in diagnostic problem solving-An exercise in synthetic reasoning*. Proceeding IJCAI'77, 1987.

[Puerta, 1993] Puerta,A.R. *Modeling task with mechanisms*. International Journal of Intelligent Systems, No.8, 1993.

[Rodríguez, 1998] Rodríguez, Yanet, *Diagnóstico de enfermedades infectorespiratorias en niños menores de dos años*. UCLV, 1998.

[Samper, 2007] Samper Márquez, Juan José. *Introducción a los Sistemas Expertos*. <http://www.redcientifica.com/doc/doc199908210001.html> (01/06/07).

[Serrano, 2000] Serrano Cinca, C. *Sistemas Informáticos contables*. <http://www.5campus.com/leccion/IA> (31/ 05/07).

[Villarreal, 2007] Villarreal Farah, Gonzalo. *Sistemas Expertos*. http://www.comenius.usach.cl/gvillarr/cursoia/sis_exp/sex.htm (11/04/07).

[Weiss, 1978] Weiss, S.M. *A model-based method for computer aided medical decision-meking*. Artificial Intelligence, No.11, 1978.

[Zapata, 1998] Zapata, Ricardo. *Sistemas Expertos*.

<http://www.ciberconta.unizar.es/LECCION/sistexpat/sisexp.htm> (12/10/06).

Bibliografía.

Araneda, Max. *Endometriosis Rol del Tratamiento Médico y Quirúrgico*.
http://www.cedip.cl/Temas/Endometriosis/268,1,ENDOMETRIOSIS_ROL_DEL_TRATAMIENTO_MÉDICO_Y_QUIRURGICO (16/10/06).

Arellano Guzmán, Gregorio. *Agentes inteligentes*.
<http://cruzrojaquayas.org/inteligencia/Introducci%F3n1.htm> (16/10/06).

[BER02] Berek, Jonathan S. *Ginecología de Novak*. Duodécima Edición.
McGRAW, Hill·Interamericana, México, 2002.

Cuba. Ministerio de Salud Pública. *Manual de Procedimientos de Ginecología*.
Editorial Ciencias Médicas, Habana, 1986.

Del Pozo Rocelló, Javier. *Endometriosis*.
<http://www.teknon.es/consultorio/delpozo/endometriosis.htm> (16/10/06).

[GON95] González-Merlo, J. *Ginecología*. Sexta Edición. Masson, España, 1995.

[RIG04] Rigol Ricardo, Orlando. *Obstetricia y Ginecología*. Editorial Ciencias
Médicas, Habana, 2004.

[ROC99] Rock, John A. *TE LINDE, Ginecología Quirúrgica*. Octava Edición.
Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, 1999.

Ruiz, María Elena. *Sistemas Expertos para realización de Diagnóstico Parálisis
Facial con Electromiografía: PARFAC*.
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/risi/N1_2004/a09.pdf
(16/10/06).

Letelier Torres, Patricio. *Desarrollo de Software Orientado a Objeto usando UML*.
<http://www.creangel.com/uml/intro.php> (14/03/07).

Anexos.

Anexo 1 – Ejemplos de los Ficheros hechosp.txt, input.txt y outp.txt.

hechosp.txt

trastornosMenstruales(nKenia).
esterilidad(nKenia).
dolorPelvicoInexplicable(nKenia).
infertilidadSinCausaAparente(nKenia).
dolorPelCronico(nKenia).
dolorFlancos(nKenia).
dolorEspalda(nKenia).
dolorAbdominal(nKenia).
aumNroInterfasesParametriciales(nKenia).
areasHipodensas(nKenia).
imagHipoIntrametriciales(nKenia).
laparoQuistesChocolateOvarioDerecho(nKenia).
laparoQuistesChocolateOvarioIzquierdo(nKenia).
biopsiaPositiva(nKenia).

input.txt

nKenia
22

OUTP.txt

endometriosis

Anexo 2 – Código del Programa DTEND.EXE.

```

:-public main/0.
main:-
    open(HIn,'input.txt',r),
    read_line(HIn,SX),
    string_term(SX,N),
    read_line(HIn,SE),
    string_term(SE,E),
    create(HOut,'outp.txt'),
    ifthenelse(edadFertil(N,E),
        ( consult('hechosp.txt'),
          endometriosis(X, C),
          write(HOut, C),
          nl(HOut),
          close(HIn),
          close(HOut)),
        ( write(HOut, 'edad poco probable'),
          nl(HOut),
          close(HIn),
          close(HOut))
        ).
edadFertil(N,E):- E>=8, E < 65.
%Motivos De Consulta
motivosDeConsulta(X):-call(dolorAbdominoPelviano(X)),
    call(trastornosMenstruales(X)),
    call(esterilidad(X)),
    call(dismenorrea(X)),
    call(sangramientoNoGenitales(X)).
motivosDeConsulta(X):-call(dolorAbdominoPelviano(X)),
    call(trastornosMenstruales(X)),

```

```
        call(dismenorrea(X)),
        call(sangramientoNoGenitales(X)).
motivosDeConsulta(X):-call(dolorAbdominoPelviano(X)),
        call(esterilidad(X)),
        call(dismenorrea(X)).
motivosDeConsulta(X):-call(dolorAbdominoPelviano(X)),
        call(esterilidad(X)).
motivosDeConsulta(X):-call(dolorAbdominoPelviano(X)),
        call(dismenorrea(X)).
motivosDeConsulta(X):-call(esterilidad(X)).
motivosDeConsulta(X):-call(dismenorrea(X)).
motivosDeConsulta(X):-!.
%Anamnesis
anamnesis(X):-call(incidenciaFamiliar(X)).
anamnesis(X):-call(dismenorreaImportante(X)).
anamnesis(X):-call(dolorPelvicoInexplicable(X)).
anamnesis(X):-call(metrorragias(X)).
anamnesis(X):-call(infertilidadSinCausaAparente(X)).
anamnesis(X):-call(trastornosMenstruales(X)).
anamnesis(X):-!.

%Cuadro Clinico
cuadroClinico(X,'abdominal'):-sintomas(X,'abdominal'),
        signos(X).
cuadroClinico(X,'no abdominal'):-sintomas(X,'no abdominal').

%Sintomas abdominales
sintomas(X,'abdominal'):-call(dispareunia(X)).
sintomas(X,'abdominal'):-call(dismenorrea(X)).
sintomas(X,'abdominal'):-call(dolorPelCronico(X)).
sintomas(X,'abdominal'):-call(trastornosMenstrualesa(X)).
```

sintomas(X,'abdominal'):-call(ciatica(X)).

sintomas(X,'abdominal'):-call(infertilidad(X)).

%Sintomas no abdominales

sintomas(X,'no abdominal'):-call(diarreas(X)),

call(constipacion(X)),

call(trastornosEvacuativos(X)),

call(tenesmo(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(hematoquesia(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(disuria(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(hematuria(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(polaquiuria(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(dolorflancos(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(dolorEspalda(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(dolorAbdominal(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(hemoptisis(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(dolorCatamenialTorax(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(neumotorax(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(tumoracionesExternasDolorosos(X)).

sintomas(X,'no abdominal'):-call(sangramientoNoAbdominal(X)).

%Signos

signos(X):-call(tumoracionesAnexiales(X)).

signos(X):-call(uteroEnRetroversion(X)).

signos(X):-call(nodulosLigamentosUteroSacros(X)).

signos(X):-call(nodulosFondoSacoDouglas(X)).

signos(X):-call(nodulosLigamentosCardinales(X)).

signos(X):-call(aumentoDolorLesionesDiasMenstruales(X)).

signos(X):-call(tensionFondosSacoVaginal(X)).

%Exploracion Ginecologica

exploracionGinecologica(X):-tactovaginal(X),
tactorectal(X).

exploracionGinecologica(X):-tactovaginal(X).

exploracionGinecologica(X):-tactorectal(X).

%Tacto Vaginal

tactovaginal(X):-call(aumentoVolumenUtero(X)).

tactovaginal(X):-call(uteroEnRetroversion(X)).

tactovaginal(X):-call(anejoEengrosado(X)).

tactovaginal(X):-call(hipersensibilidadPalpacion(X)).

tactovaginal(X):-call(nodularidadFondoSaco(X)).

tactovaginal(X):-call(dolorLocalizado(X)).

tactovaginal(X):-call(dolorGeneralizado(X)).

tactovaginal(X):-call(inmovilidadOvarios(X)).

tactovaginal(X):-call(fijacionOvariosParedUterina(X)).

tactovaginal(X):-call(fijacionOvariosFondoVaginal(X)).

%Tacto rectal

tactorectal(X):-call(dolorTactoRectal(X)),

call(fondoSacoOcupado(X)),

call(nodulosDolorosos(X)).

tactorectal(X):-call(dolorTactoRectal(X)),

call(fondoSacoOcupado(X)).

tactorectal(X):-call(dolorTactoRectal(X)),

call(nodulosDolorosos(X)).

tactorectal(X):-call(fondoSacoOcupado(X)),

call(nodulosDolorosos(X)).

tactorectal(X):-call(dolorTactoRectal(X)).

tactorectal(X):-call(fondoSacoOcupado(X)).

tactorectal(X):-call(nodulosDolorosos(X)).

%Examen Complementario

```
examenComplementario(X):-ecografia(X),  
                           laparoscopia(X,'no concluyente'),  
                           biopsia(X).  
examenComplementario(X):-ecografia(X),  
                           laparoscopia(X,'concluyente').  
examenComplementario(X):-laparoscopia(X,'concluyente').  
examenComplementario(X):-biopsia(X).
```

%Ecografia

```
ecografia(X):-call(aumNroInterfasesParametricas(X)).  
ecografia(X):-call(aumIntensidadInterfasesParametricas(X)).  
ecografia(X):-call(reduccionGeneralContraste(X)).  
ecografia(X):-call(areasHipodensas(X)).  
ecografia(X):-call(malPosicionUterina(X)).  
ecografia(X):-call(imagHipoIntrametricas(X)).  
ecografia(X):-call(imagAneIntrametricas(X)).  
ecografia(X):-call(masasQuisticasHipodensas(X)).  
ecografia(X):-call(masasQuisticasMixtas(X)).  
ecografia(X):-call(ovariosPoliquisticos(X)).  
ecografia(X):-call(ovariosMicroquisticos(X)).  
ecografia(X):-call(fijacionUteroYAnexos(X)).  
ecografia(X):-call(liquidoFondoSaco(X)).  
ecografia(X):-call(aumInespecificoVolumenOvarico(X)).  
ecografia(X):-call(reduccionEcodensidadOvarica(X)).
```

%Laparoscopia concluyente

```
laparoscopia(X,'concluyente'):-  
                                call(laparoQuistesChocolateOvarioDerecho(X)).  
laparoscopia(X,'concluyente'):-  
                                call(laparoQuistesChocolateOvarioIzquierdo(X)).
```

laparoscopia(X,'concluyente'):-call(laparoImplanteEndometrio(X)).

%Laparoscopia no concluyente

laparoscopia(X,'no concluyente'):-

call(laparoAdherenciasFirmesSangran(X)).

laparoscopia(X,'no concluyente'):-

call(laparoAreasPeritoneoPalidoGrueso(X)).

laparoscopia(X,'no concluyente'):-call(laparoNodulos(X)).

laparoscopia(X,'no concluyente'):-call(laparoAdherenciasSubovaricas(X)).

laparoscopia(X,'no concluyente'):-call(laparoOtrasImagenes(X)).

%Biopsia

biopsia(X):-call(biopsiaPositiva(X)).

endometriosis(X,'endometriosis'):-motivosDeConsulta(X),

anamnesis(X),

cuadroClinico(X,'abdominal'),

exploracionGinecologica(X),

examenComplementario(X).

endometriosis(X,'endometriosis'):-motivosDeConsulta(X),

anamnesis(X),

cuadroClinico(X,'no abdominal'),

examenComplementario(X).

Anexo 3 – Planilla para pacientes con Endometriosis.**Datos Generales:**

Nombre y Apellidos	
Edad	
Historia Clínica	
Fecha de consulta	

Motivos de consulta (Adecuado a la Menstruación):

Trastornos menstruales	
Dolor abdomino pelviano	
Dismenorrea	
Esterilidad	
Sangramiento no genitales los días menstruales	
Otros	

Anamnesis:

Incidencia familiar	
Dismenorrea importante	
Dolor pélvico inexplicable	
Metrorragias	
Infertilidad sin causa aparente	
Trastornos menstruales	

Cuadro clínico: Síntomas y signos**Síntomas:**

Dispareunia profunda	
Dismenorrea adquirida progresiva	
Dolor pélvico crónico	

Trastornos menstruales	
Ciática	
Infertilidad	
Costipación	
Diarreas	
Trastornos Evacuativos	
Tenesmo	
Hematoquesia	
Dolor en los flancos	
Dolor de espalda	
Dolor abdominal	
Disuria y urgencia al orinar	
Polaquiuria	
Hematuria	
Hemoptisis	
Dolor catamenial en el tórax	
Neumotórax	
Tumoraciones externas dolorosas con la menstruación	
Sangramiento no abdominal adecuado a la menstruación	

Signos:

Tumoraciones anexiales firmes y dolorosas	
Útero fijo, en retroversión	
Nódulos en ligamentos útero sacros	
Nódulos en fondo de saco de Douglas	
Nódulos en ligamentos cardinales	
Aumento del dolor de lesiones en días menstruales	
Tensión en los fondos de saco vaginales	

Exploración ginecológica

Tacto vaginal

Hipersensibilidad a la palpación	
Aumento del volumen del útero	
Nodularidad en el fondo del saco	
Útero en retroversión	
Anejo(s) engrosado(s)	
Dolor localizado	
Dolor generalizado	
Aumento del tamaño de uno o ambos ovarios, con inmovilidad	
Aumento del tamaño de uno o ambos ovarios, con fijación de ellos a pared uterina	
Aumento del tamaño de uno o ambos ovarios, fijación de ellos al fondo vaginal	

Tacto rectal

Dolor	
Fondo de saco ocupado	
Se palpan nódulos dolorosos	

Examen Complementario

Ecografía

Aumento en el número de las interfases parametriales	
Aumento en la intensidad de las interfases parametriales	
Reducción generalizada del contraste estructural	
Áreas hipodensas difusas rodeadas por ecos brillantes	
Mal posición uterina	
Imágenes hipocógenas intramiométriales	

Imágenes anecógenas intramiométriales	
Masas quísticas hipodensas	
Masas quísticas mixtas	
Ovarios poliquísticos	
Ovarios microquísticos	
Fijación del útero y de los anexos	
Líquido en el fondo de saco	
Aumento inespecífico del volumen ovárico	
Reducción de la ecodensidad ovárica	

Laparoscopia

Adherencias firmes, fibrosa y de color marrón, que sangran con facilidad	
Áreas de peritoneo pálido y grueso, con retracciones zonales	
Nódulos blancos, rojos, amarillos, carmelitas o negros	
Implante de endometrio, azulados, en peritoneo pelviano y uterino (manchas de pólvora)	
Quistes de chocolate en ovario derecho	
Quistes de chocolate en ovario izquierdo	
Ovario fijo a la pared posterior del útero y al ligamento ancho (adherencias subováricas)	
Otras imágenes como lesiones petequiales, en llama o polipoides rojas, nódulos profundos, vesículas claras y bolsones peritoneales	

Biopsia

Positiva	
Negativa	

Anexo 4 – Entrada de Datos.

The screenshot shows the 'Diagnóstico y Tratamiento de Endometriosis' software window. The 'Datos Generales' tab is selected. The form contains the following fields:

- Nombre:
- Apellidos:
- Edad:
- Historia Clínica:
- Fecha de Consulta:

At the bottom right, there are three buttons: 'Siguiente' (with a right arrow), 'Ayuda' (with a question mark), and 'Salir' (with a red X).

The screenshot shows the 'Diagnóstico y Tratamiento de Endometriosis' software window. The 'Motivos de consulta y Anamnesis' tab is selected. The form is divided into two columns:

Motivos de Consulta (Adecuados a la menstruación)

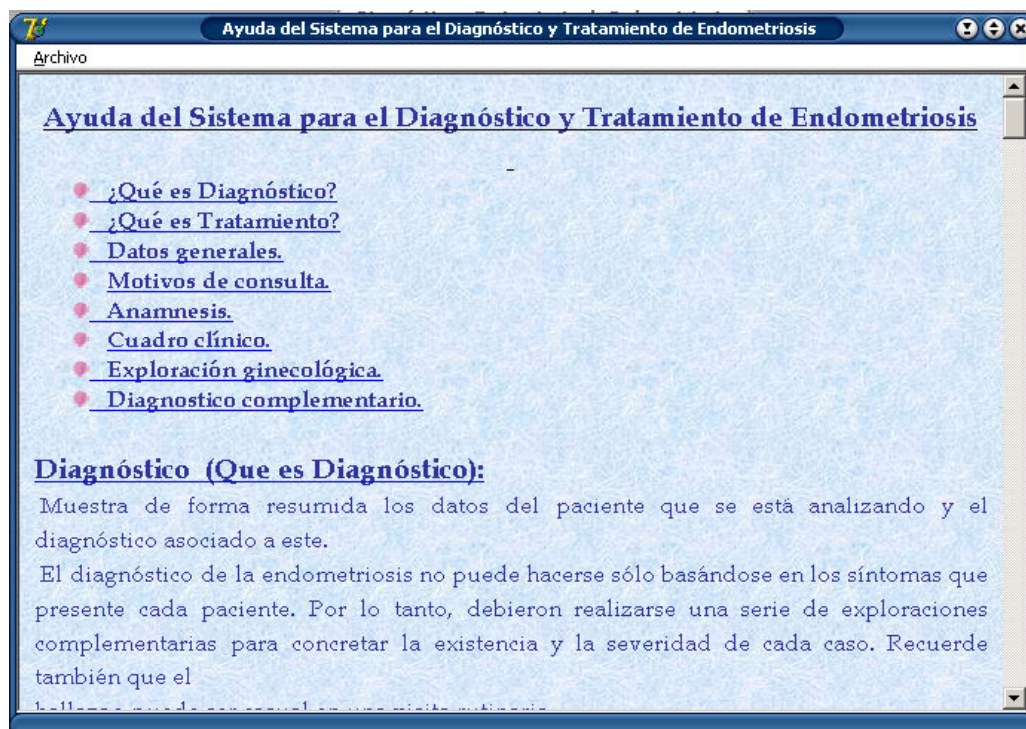
- ☒ Trastornos menstruales
- ☐ Dolor abdomino pelviano
- ☐ Dismenorrea
- ☒ Esterilidad
- ☐ Sangramiento no genitales los días menstruales
- ☐ Otros

Anamnesis

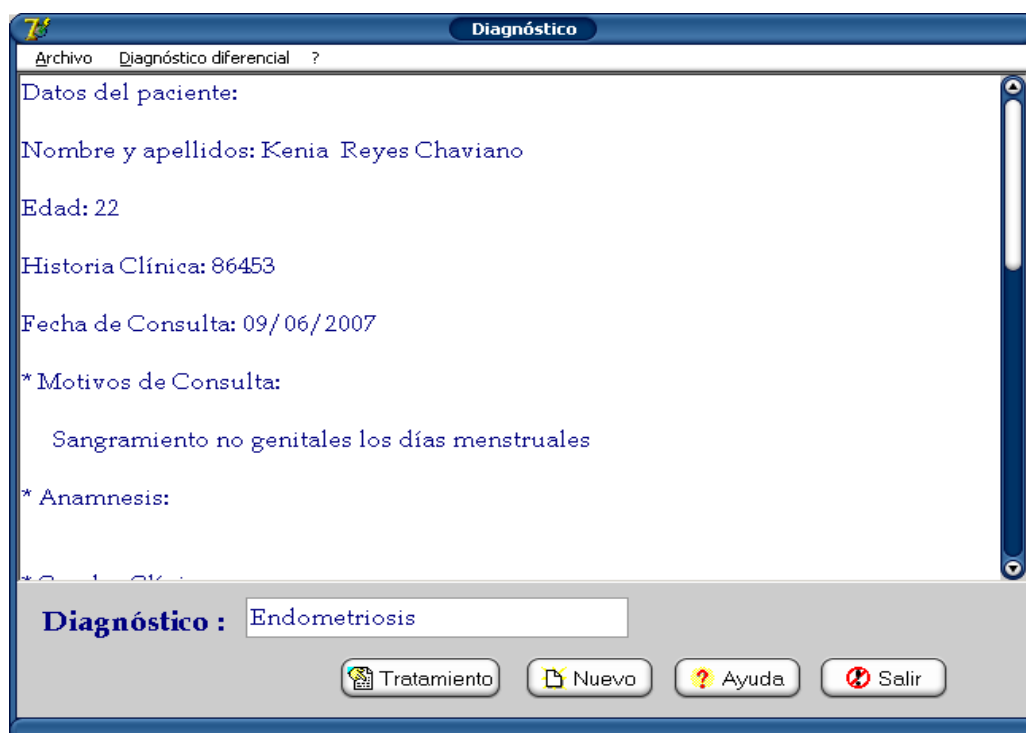
- ☐ Incidencia familiar
- ☐ Dismenorrea importante
- ☐ Dolor pélvico inexplicable
- ☐ Metrorragias
- ☒ Infertilidad sin causa aparente
- ☐ Trastornos menstruales

At the bottom, there are four buttons: 'Anterior' (with a left arrow), 'Siguiente' (with a right arrow), 'Ayuda' (with a question mark), and 'Salir' (with a red X).

Anexo 5 – Mostrar Ayuda.



Anexo 6 – Mostrar Diagnóstico.



Anexo 7 – Mostrar Tratamiento.