



UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

FACULTAD 7

Centro de Informática Médica

Trabajo final presentado en opción al título de
Máster en Informática Aplicada

**Título: Componente para la Toma de Decisiones Clínicas del
Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud**

Autor: Ing. Yovannys Sánchez Corales

Tutor: MSc. Ing. María Antonia Tardío López
MSc. Ing. Mirna Cabrera Hernández

La Habana, Diciembre del 2011

AGRADECIMIENTOS

Al escribir los agradecimientos, pensé que por descuido podía dejar a alguien importante fuera de la mención, pues durante este tiempo son muchas las personas que han participado en este trabajo, por eso desde ya pido disculpas correspondientes en caso de que eso suceda.

Antes que nada quiero agradecerle a Dios por hacerme tan humilde y permitirme lograr otra meta más en mi vida.

Los sabios consejos de mi madre habanera Mirna quien ha venido guiando desde hace 6 años mi formación no solamente académica, sino como persona, sin lugar a duda me han dado lugar a ver en la naturaleza esa combinación de complejidad y sencillez que a la vez se presenta.

Un sincero agradecimiento a Novo y la flaca, por sus sugerencias e ideas de las que tanto provecho he sacado.

Quiero darles las gracias a los profesores que imparten clases en la maestría Informática Aplicada que han hecho de mí un mejor profesional, pues me enseñaron más que el saber científico, ser lo que no se aprende en salón de clase y a compartir el conocimiento con los demás.

A mis tutores por acogerme como su discípulo y dotarme de sus grandes conocimientos.

Todo esto nunca hubiera sido posible sin el amparo incondicional de mi familia, mis padres y mis hermanos. De ellos es este triunfo y para ellos es todo mi agradecimiento.

A Saily por apoyo y amor en todo momento.

A Yoenny, Anyerman, Geovanis, Rafael, Alfre, Franco, Yami, Expósito, Aly, Joseph, Frank, Valdy, Otniel, Cary, las reinas, Daniel, Kenia, Adriana, y un largo etcétera.



" Siempre estarán en mí, esos buenos momentos que pasamos sin saber."



DEDICATORIA

Reír a menudo y mucho; ganar el respeto de gente inteligente y el cariño de los niños, conseguir el aprecio de críticos honestos y aguantar la traición de falsos amigos; apreciar la belleza; encontrar lo mejor en los demás; dejar el mundo un poco mejor, sea con un niño saludable, una huerta o una condición social redimida; saber que por lo menos una vida ha respirado mejor porque tú has vivido. Eso es tener éxito.

A mis padres ANGELA CORALES MÁRQUEZ Y JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ LUSSON y padrastro RAMÓN CANTILLO FRÓMETA, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ser máster, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis queridos hermanos Liubeth y Leyisbeth, les digo:

Detrás de cada línea de llegada, hay una de partida.

Detrás de cada logro, hay otro desafío.

Si extrañan lo que hacían, vuelvan a hacerlo.

Sigan aunque todos esperen que abandonen.

No dejen que se oxide el hierro que hay en ustedes.

Al grupo de trabajo Centro de Toma de Decisiones del proyecto APS y demás miembros del proyecto.

A los que nunca dudaron que lograría este triunfo: mis tías Lolita, Nieves, Ramona, Papi Rafael (padre), Deisy y demás tíos, primos, sobrinos y grandes amigos.

A mi ahijado Alain Daniel, gracias por hablarme a menudo por teléfono.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

A los presentes y a los ausentes.

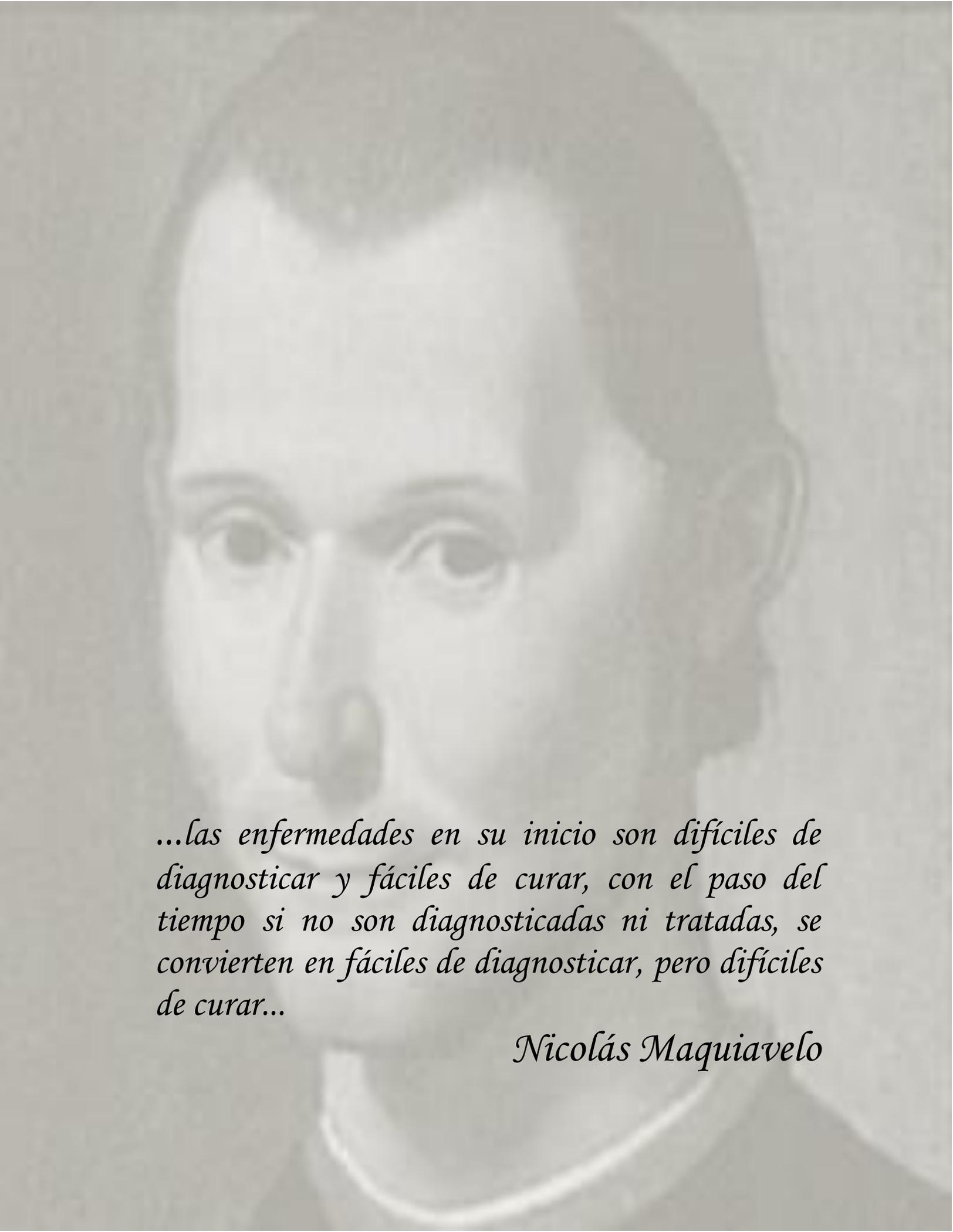
A la vida.... Por lo aprendido y aprehendido.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro por este medio que yo Yovannys Sánchez Corales, con carné de identidad 80022622945, soy el autor principal del trabajo final de maestría Componente para la Toma de Decisiones Clínicas del Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud, desarrollada como parte de la Maestría en Informática Aplicada y que autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso de la misma en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Y para que así conste, firmo la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Yovannys Sánchez Corales



...las enfermedades en su inicio son difíciles de diagnosticar y fáciles de curar, con el paso del tiempo si no son diagnosticadas ni tratadas, se convierten en fáciles de diagnosticar, pero difíciles de curar...

Nicolás Maquiavelo

RESUMEN

Los componentes para la toma de decisiones médicas constituyen elementos esenciales en la informatización de la capa clínica de cualquier proceso asistencial y pueden ser encontrados en etapas avanzadas del desarrollo de cualquier sistema de información en el ámbito de la salud. El objetivo de este trabajo consiste en la construcción de un componente que ayude a la toma de decisiones clínicas como parte del Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud (alás SIAPS), el cual no brinda un análisis detallado de los elementos recogidos en la Historias Clínicas Electrónicas (HCE) del paciente.

El módulo propuesto incluye en su concepción un mercado de datos clínicos, con los indicadores manipulados en la Atención Primaria de Salud en Cuba y esenciales para la toma de decisiones en este nivel de atención, un subsistema de consultas y finalmente un aplicativo especializado en la Hipertensión Arterial (HTA) que usa técnicas de Inteligencia Artificial para su funcionamiento.

Su aporte práctico facilita las sugerencias diagnósticas de la HTA mediante experiencias acumuladas inteligentemente y el cruzamiento de criterios de la información contenida en las HCE del paciente que disminuya errores clínicos. Todo el desarrollo es sustentado con herramientas y tecnologías de libre acceso.

Palabras Claves: Sistema para la Toma de Decisiones Clínicas, Mercado de Datos, Hipertensión Arterial (HTA), Historias Clínicas Electrónicas (HCE), Inteligencia Artificial.

SUMMARY

The Clinical Decision Support System is an essential elements in the computerization of the layer of any clinical care process and can be found in advanced stages of developing any information system in the field of health. The goal of this work involves the construction of a component to help clinical decision making as part of the Integrated System for Primary Health Care (alas SIAPS), which does not provide a detailed analysis of the elements contained in the Electronic Medical Records (EMR) of the patient.

The proposed module includes a market in its conception of clinical data with indicators manipulated in Primary Health Care in Cuba and essential for decision making at this level of care, a sub-application consultations and finally an attachment specializes in High Blood Pressure (HBP) using Artificial Intelligence techniques to operate.

Its contribution provides practical suggestions for high blood pressure diagnosis by accumulated experiences crossing intelligently and criteria of the information contained in the EMR of the patient to decrease clinical errors. All development is supported with tools and free access technologies.

Key words: *Clinical Decision Support System, Data Marts, High Blood Pressure (HBP), Electronic Medical Records (EMR), Artificial Intelligence.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS PARA LA TOMA DE DECISIONES CLÍNICAS	8
1.1 Componentes de un sistema sanitario	8
1.2 Sistemas con soporte a la toma de decisiones clínicas.....	8
1.2.1 Clasificación según sus productos de salida	9
1.3 Elementos de un sistema para la toma de decisiones clínicas	10
1.4 Análisis de algunas soluciones existentes	11
1.5 Sistema Integral para la Atención Primaria.....	14
1.5.1 Historias Clínicas Electrónicas.....	15
1.5.2 Toma de decisiones médicas.....	16
1.5.3 Incertidumbre médica	16
1.6 Sistemas expertos en el contexto de la salud	17
1.6.1 Inteligencia artificial.....	18
1.6.2 Sistemas basado en casos	18
1.7 Almacenes de datos.	21
1.7.1 Arquitectura de un almacén de datos	22
1.7.2 Modelado	23
1.8 Procesamiento Analítico en Línea	24
1.9 Plataformas, Herramientas y Tecnologías	24
1.9.1 Plataforma <i>Java Server Faces</i>	24
1.9.2 Plataforma <i>JBoss Seam</i>	25
1.9.3 Plataforma <i>Pentaho Business Intelligence</i>	25
1.9.4 PostgreSQL.....	26
1.10 Conclusiones del Capítulo	26
CAPÍTULO II. PROPUESTA DEL COMPONENTE PARA LA TOMA DE DECISIONES CLÍNICAS	27
2.1 Mercado de datos clínicos	27
2.1.1 Análisis de las fuentes de datos	29
2.1.2 Modelo lógico del Mercado de Datos.....	31

2.1.3	Proceso de Extracción, Transformación y Carga	34
2.2	Motor de consulta para el Mercado de Datos	34
2.3	Sistema Inteligente para el Diagnóstico de la HTA.	36
2.3.1	Información basada en el conocimiento	40
2.3.2	Requerimientos de interfaz de usuario	40
2.3.3	Modelo de Dominio	41
2.4	Arquitectura del sistema para la toma de decisiones clínicas	41
2.5	Despliegue del sistema para la toma de decisiones clínicas	42
2.6	Conclusiones del Capítulo	43
CAPÍTULO III. VALIDACIÓN DEL COMPONENTE PARA LA TOMA DE		
DECISIONES CLÍNICAS		44
3.1	Lista de chequeo	44
3.1.1	Elaboración y evaluación de la lista de chequeo	44
3.1.2	Análisis de la lista de chequeo	50
3.2	Pruebas de Caja Negra	50
3.2.1	Diseño de Casos de Prueba "Cuestionario"	52
3.2.2	Diseño de caso de pruebas "IMC"	54
3.3	Conclusiones del Capítulo	55
CONCLUSIONES.....		56
RECOMENDACIONES		57
BIBLIOGRAFÍA		57
ANEXOS.....		60
GLOSARIO DE TÉRMINOS		71

INTRODUCCIÓN

La salud en Cuba se encuentra al alcance de todos, es gratuita y se desarrolla a partir de un concepto social que va más allá del diagnóstico de las enfermedades [1], pues pone en primer lugar, la atención de las necesidades de la población en el medio en que se desarrolla.

El Ministerio de Salud Pública de la República de Cuba (MINSAP), es el órgano rector del Sistema Nacional de Salud (SNS), encargado de dirigir, ejecutar y controlar la aplicación de la política del estado y del gobierno en cuanto a la salud pública, el desarrollo de las ciencias médicas y la industria médico farmacéutica. Se ha definido la informatización del SNS como una de sus prioridades y se ha convocado a un grupo de instituciones propias del sector de la salud, del Ministerio de Informática y Comunicaciones (MIC) y de otros organismos de la administración central del estado, para trazar de conjunto la estrategia a desarrollar [1].

El SNS se estructura en tres niveles de atención que se corresponden con la división político-administrativa del país: nivel primario, secundario y terciario; donde el primero es el más importante por ser el responsable de la prevención y recuperación de las enfermedades en los pacientes. Constituye la entrada al SNS y el eje coordinador del proceso de atención al paciente, atendándose el 80% de la población [2].

En la atención primaria, a diferencia del resto de los niveles, existen varios tipos de unidades de salud como policlínicos, consultorios, hogares maternos, entre otros; que prestan sus servicios en este nivel y le dan seguimiento integral a varios problemas de salud como la Hipertensión Arterial (HTA), no siendo así en el resto de los niveles de atención.

En Cuba, el 90% de la mortalidad es provocado por la HTA o presión alta, padecimiento que provoca la mayor discapacidad del país y la mayoría de los gastos asociados a la salud. El 33% de los cubanos de 15 o más años residentes en áreas urbanas y el 20% de los asentados en zonas rurales, padecen de HTA. De la misma manera, la actual provincia La Habana es una de las ciudades con mayor tasa de prevalencia, con 202,6 hipertensos por millón de población [3].

Padecida por aproximadamente el 27% de la población mundial [4], la HTA se refiere al hecho de la circulación de la sangre por las arterias a una presión mayor que la

deseable para la salud; definición establecida por acuerdo de expertos basados en estudios clínico-patológicos [5].

La Organización Mundial de Salud (OMS) ha denominado a la HTA como la epidemia silenciosa, pues por lo regular se muestra de forma asintomática, es clasificada como primaria y presentada en el 90-95% de los pacientes hipertensos, mientras que en los casos que presentan alguna causa determinada se clasifica como secundaria y representa del 5-10% en los adultos, ambas ocasionan daños como trombosis, hemorragias cerebrales, infarto del miocardio, muerte súbita, insuficiencia renal [6; 7], entre otras; razón por la cual, Cuba lleva a cabo un programa de acciones vitales relacionadas con estas enfermedades como evaluaciones y diagnósticos, priorizando las de prevención primaria.

La disminución de errores médicos para mejorar los procesos de salud y garantizar el cuidado de los pacientes es un elemento significativo para todos los miembros del equipo de salud [8], lo que evita el ingreso no necesario de los pacientes y los riesgos de sufrir efectos adversos producto a dichos errores. En ocasiones, el médico dispone de poco tiempo para tomar decisiones a partir de la información reflejada en las Historias Clínicas Electrónicas que conciernen a pacientes muy complejos, y por lo general estos pacientes terminan siendo polimedicados.

En este contexto, surgen los Sistemas para la Toma de Decisiones Clínicas, por sus siglas en inglés CDSS (*Clinical Decision Support System*), como componentes encontrados en aplicaciones informáticas sanitarias y se basan en proveer información específica, inteligentemente procesada, al médico, paciente o cualquier individuo de la organización, en el momento preciso para garantizar un mejor proceso en materia de salud y por ende mejorar el cuidado de los pacientes.

En nuestros días, la toma de decisiones respaldada por una información oportuna y precisa, se ha convertido en una tarea fundamental en la dirección de diferentes procesos y se identifica el diagnóstico del paciente como un problema típico de toma de decisiones [9; 10].

La mayoría de las unidades de salud del país que prestan servicios en la Atención Primaria constituyen escenarios donde permanentemente se están tomando decisiones clínicas: ¿administrar el tratamiento X o el Y?, ¿observación en el hogar o realizar cirugía?, ¿hospitalizar o hacer manejo ambulatorio? Asimismo, se genera información

de gran valor debido a las actividades que realizan diariamente, la cual es almacenada y manipulada a través de sistemas de bases de datos operacionales o comunes, para lograr un mayor rendimiento en el proceso de gestión de los datos del paciente durante cierto período de tiempo. Con dichos datos se crean reportes que luego son analizados por las Direcciones de Salud Municipal, Provincial y Nacional, con el objetivo de obtener información relevante para la toma de decisiones.

Por su carácter preventivo, en la Atención Primaria de Salud es donde más pacientes se atienden y por ende existe más información que en el resto de los niveles, de modo que los Médicos Generales Integrales (MGI) con experiencia tienden a tomar decisiones de una manera relativamente más acertada, ya que la acumulación de información teórica y la observación de muchos casos similares les permite estandarizar sus procedimientos de análisis.

Sin embargo, en la medida en que aparecen condiciones clínicas particulares o se dispone de nuevas alternativas terapéuticas, el tomar una decisión se convierte en una tarea difícil. Surge de esta forma la necesidad de crear herramientas que apoyen en este proceso.

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) surge al calor de la batalla de ideas, cuyo principal objetivo es construir software para las diferentes esferas de la sociedad a partir de su estructura organizativa. La facultad 7 incluye al Centro Especializado en Soluciones de Informática Médica (CESIM), conformado por varios departamentos que se encargan de construir aplicaciones informáticas para los distintos niveles de atención médica.

El CESIM tiene la misión de implementar un único producto bajo el nombre de Alas, capaz de informatizar la capa clínica en el sector de la salud de un país determinado. Alas está conformado por varias aplicaciones, donde alas SIAPS es el subsistema informático que cubre los procesos relacionados con el paciente de las instituciones del nivel primario de atención y se desarrolla en el Departamento de Atención Primaria de Salud del CESIM con la participación de un grupo de estudiantes, profesores de la UCI y expertos funcionales del MINSAP.

El Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud (alas SIAPS), en la actualidad, no contempla el historial de las consultas que se realizan en la APS, ni almacena indicadores esenciales para tomar decisiones clínicas, ya que solo realiza las acciones

básicas de tratamiento de información, como crear, actualizar, eliminar e imprimir y además ofrece las opciones de búsqueda o recuperación de datos para las operaciones diarias. Se evidencia que en sus funcionalidades no se contempla la integración de los datos a nivel de información, para apoyar al personal médico en la toma de decisiones clínicas.

La imposibilidad de un análisis más detallado de los datos ubicados en las Historias Clínicas Electrónicas (HCE), a partir del sistema alas SIAPS, dificulta la realización de estudios e investigaciones centradas en el paciente, así como establecer análisis con varios criterios, o aplicar técnicas de Minería de Datos, que a su vez muestran como resultados, modelos o patrones válidos para detectar anomalías que resulten poco visibles.

Los MGI efectúan el diagnóstico de las enfermedades como la HTA de manera difícil en la APS, nivel donde el paciente debuta en la mayoría de los casos con este padecimiento. Por lo general, los síntomas presentados no son de fácil detección y en ocasiones se cometen errores al emitir el dictamen médico. Ante estas situaciones, habitualmente los médicos no solo apelan al conocimiento adquirido, sino también solicitan criterios de otros especialistas con mayor experiencia para apoyarse en la determinación de la prescripción médica. Esto ocasiona que se omita información que podría facilitar el proceso de diagnóstico de la enfermedad cuando los signos presentados en el paciente no sean evidentes.

Por lo anteriormente planteado se define como **problema de investigación**: ¿Cómo facilitar la toma de decisiones clínicas en la atención primaria de salud de manera que se reduzcan los errores en la prescripción médica?

Como **objeto de estudio** el proceso relacionado con la toma de decisiones en la capa clínica del sector de la salud.

El **campo de acción** apunta al proceso relacionado con la toma de decisiones clínicas en la atención primaria de salud.

Se define como **objetivo general** de la investigación: desarrollar un componente para la toma de decisiones clínicas del Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud.

Para lograr el objetivo propuesto se dará cumplimiento a las siguientes **tareas**:

- 1- Realización de la fundamentación teórica como resultado de la revisión bibliográfica e investigación del estado del arte relacionado con el uso de los

componentes para la toma de decisiones clínicas en la Atención Primaria de Salud.

- 2- Identificación de los indicadores más significativos y perspectivas relacionados con la Atención Primaria de Salud.
- 3- Valoración la arquitectura definida en el Centro de Informática Médica (CESIM) para sus aplicaciones.
- 4- Integración de las funcionalidades implementadas en el componente con el Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud alas-SIAPS.
- 5- Elaboración de pruebas que certifiquen la calidad del objetivo propuesto.

Se plantea como **hipótesis** que si se adiciona un componente clínico con soporte a la toma de decisiones, sustentado en un mercado de datos y el uso de técnicas de Inteligencia Artificial, se posibilitará un mejor cuidado en los pacientes, así como una reducción de los errores clínicos en la Atención Primaria de Salud.

Los **métodos de investigación** utilizados se muestran a continuación:

Métodos Teóricos

- Análisis histórico – lógico: para investigar y analizar los orígenes y evolución de los CDSS, con el objetivo de lograr una mejor comprensión del objeto de estudio.
- Analítico – sintético: en el estudio de las metodologías y técnicas y estándares existentes para la creación de sistemas con soporte a decisiones.
- Hipotético deductivo: para el análisis y la definición de la hipótesis de la investigación que será verificada o probada en función del estudio de elementos más particulares, de menor nivel de generalidad.

Métodos Empíricos

- Entrevistas y revisión de documentos: para conocer el estado del conocimiento del tema, en Cuba y el mundo.

Aporte teórico – práctico de la investigación

La investigación pretende construir un componente informático para la toma de decisiones en la atención primaria de salud, dotando al sistema operacional alas-

SIAPS de las técnicas procesamiento analítico en línea y el razonamiento basado en casos, los cuales constituyen poderosos métodos para el descubrimiento de información. De esta manera se facilitan las sugerencias diagnósticas de la HTA mediante experiencias acumuladas inteligentemente, así como se pueden cruzar variables enmarcadas en la Historias Clínicas Electrónicas del paciente mediante un análisis minucioso, lo que conlleva a evitar errores clínicos o determinar algún foco de atención.

Novedad Científica

El *CDSS* es construido usando el modelo de servicios y se clasifica según su producto de salida como un híbrido entre el acceso a fuentes de información, focalización de la atención y una herramienta proveedora de información del paciente; combina el acceso a fuentes de información de acuerdo al contexto personalizado y ofrece visibilidad de información específica del mismo. De este modo, el médico podrá tomar mejores decisiones debido a que muchas de sus dudas pueden ser aclaradas, pues ofrece información relevante al momento de necesitarla. El sistema propuesto no solo es aplicable en la APS, sino que puede ser extensible a otros niveles de atención debido a que gran parte de fuente de información proviene de las HCE y su arquitectura permite que sean añadidos nuevos criterios e indicadores para un mejor análisis de las historias del paciente.

La investigación se presenta en un documento que se estructura como sigue:

- **Capítulo I.** *Fundamentos Teóricos-Metodológicos para la Toma de Decisiones Clínicas*, se incluye el estado del arte, y algunos aspectos esenciales para entender el entorno del problema a resolver, conceptos fundamentales y temas relacionados con los *CDSS*, HTA e Inteligencia Artificial, así como las herramientas de desarrollo propuestas.
- **Capítulo II.** *Propuesta del Componente para la Toma de Decisiones Clínicas*, se detallan cada uno de los elementos que conforman este tipo de componentes en su concepción, así como las normas y pautas seguidas durante su implementación.
- **Capítulo III.** *Validación del Componente para la Toma de Decisiones Clínicas*. se realiza una certificación de la propuesta de solución, para los cual se

escogen las listas de chequeo y como complemento las pruebas de caja negra usando la técnica de partición de equivalencias.

- **Conclusiones.**
- **Recomendaciones.**
- **Bibliografía.**
- **Anexos.**
- **Glosario de Términos**

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS PARA LA TOMA DE DECISIONES CLÍNICAS

La evolución histórica de los CDSS, ha transitado varias etapas, desde las herramientas aisladas en 1959, el soporte integrado a los sistemas de información en 1967 y más cercanos aún, los sistemas basados en estándares desde 1989. Los últimos en desarrollarse han sido los sistemas de soporte para la decisión que prestan mediante un modelo de servicio las herramientas necesarias para generar las recomendaciones [8; 11].

1.1 Componentes de un sistema sanitario

Los sistemas de información clínicos modernos están compuestos por múltiples componentes, donde el verdadero desafío reside en lograr una adecuada articulación de cada uno de ellos. La siguiente descripción de estos componentes fue definida en base a una clasificación funcional y no tecnológica, como la propuesta por el modelo HISA (*HealthCare Information System Architecture*) del Comité Europeo de Normalización, comité técnico dedicado a temas relacionados con la informática médica [12].

Estos componentes no solo están conformados por piezas de software, es decir aplicativos, sino también por recursos humanos y tecnológicos, y deben ser considerados como subsistemas en el sistema de información en organizaciones de salud. Cada uno de ellos tiene funciones específicas, pero se debe tener en cuenta que la clasificación es subjetiva y sus límites pueden ser difusos. Entre los componentes presentes en un sistema de información sanitario se encuentran:

- Componente Interoperabilidad.
- Componente Terminológico.
- Componente Historia Clínica Electrónica.
- Componente Seguridad.
- Componente con Soporte a la Toma de Decisiones Clínicas [13].

1.2 Sistemas con soporte a la toma de decisiones clínicas

Los sistemas clínicos con soporte a la toma de decisiones (*Clinical Decision Support System – CDSS*) pueden ser encontrados en etapas avanzadas del desarrollo de los

sistemas de información en el ámbito de la salud, varios son los trabajos publicados demuestran la utilidad de estas herramientas. Se clasifican según su evolución en aislados, integrados, basados en estándares y de servicios; los de servicios impresionan ser los más versátiles, debido al advenimiento del estándar médico HL7. Los *CDSS* son caracterizados por generar información acerca de una necesidad puntual, de fácil acceso y lo más cercano a lo que haría el razonamiento humano [14].

Uno de los principales propósitos de los *CDSS* es responder preguntas que surgen de la práctica asistencial usando poderosas técnicas de Inteligencia Artificial, lo que facilita a los profesionales de la salud utilizar hipervínculos a fuentes de información específicas del contexto del paciente. Además estos sistemas deben ofrecer soporte en la toma de decisiones mediante la recolección de información, su análisis y la generación de mensajes.

También aportan recomendaciones necesarias para soportar la selección de estudios mediante reglas lógicas o análisis de decisión, la elección del tratamiento, ya sea para ajuste de dosis o seguimiento en situaciones especiales o evalúe el pronóstico de un paciente. Otro propósito fundamental de los *CDSS*, es optimizar el flujo de trabajo, mediante la utilización de guías de prácticas clínicas y algoritmos para captar la atención de los profesionales ante situaciones claves mediante recordatorios o alarmas [15].

1.2.1 Clasificación según sus productos de salida

Los productos de salida son las diferentes resultantes que surgen normalmente de las reglas, pueden ir desde el acceso a la información relacionada, detección de situaciones alarmantes hasta la solicitud de estudios. Aunque no existe una clasificación única, varios autores los agrupan de la siguiente manera:

- Acceso a fuentes de información.
- *Infobuttons*: son herramientas que permiten acceso a información específica del contexto y es otorgada al médico en el momento en que éste la necesite mediante procesos que anticipan su necesidad de información.
- *Herramientas para focalizar la atención*:
 - *Recordatorios*: son consignas que se muestran en la HCE que sirven para recordar a los médicos que realicen diversas acciones, como el

cumplimiento de algunas prácticas preventivas. Recuerdan al médico la realización de las prácticas conocidas por ellos.

- *Alarmas*: advierten a los médicos sobre ciertas circunstancias clínicas en específico, usualmente son generadas por un sistema llamado monitor de eventos clínicos.
- Herramientas proveedoras de información del paciente.

Este último grupo, constituyen las herramientas de inferencias o de representación del conocimiento como los algoritmos clínicos o mapas de flujos, razonamientos heurísticos, reglas de producción, guías de prácticas clínicas, técnicas de minería de datos, entre otros. Las más usadas me mencionan a continuación:

- Asistentes para el diagnóstico.
- Asistentes para la selección de estudios.
- Asistentes para la selección de tratamiento.
- Asistentes para la evaluación de pronósticos.
- Guías de Prácticas Clínicas [16; 17].

1.3 Elementos de un sistema para la toma de decisiones clínicas

En un sistema de información en salud los *CDSS* están conformados por los siguientes elementos:

- *Base de conocimientos*: constituye el repositorio de información clínica (tanto centrada en el paciente como basada en el conocimiento médico) que alimenta las reglas. Esta es la información contenida en la literatura, tanto en libros, publicaciones, bases de referencias bibliográficas, entre otras. También la información referida a la carga mórbida de los pacientes, generalmente contenida en los registros médicos.
- *Motor de reglas o inferencia*: lugar donde se almacenan las reglas médicas que son disparadas por elementos desencadenantes o por monitores de eventos clínicos.
- *Productos de salida*: son los diferentes resultantes que generan las reglas, como pueden ser alarmas, recordatorios, mensajes de correos electrónicos, armado de listas, entre otras.

Cada uno de los elementos se interrelacionan en si como se muestra la figura continuación:



Fig. 1. Estructura de un sistema clínico con soporte a la toma de decisiones

1.4 Análisis de algunas soluciones existentes

Existen diversos sistemas informáticos que incluyen CDSS que abarcan todo el espectro de salud. Debido a su diversidad cada uno de ellos está enfocado a las necesidades particulares de la institución para la cual se han implementado, se pueden citar como ejemplo las aplicaciones que tratan la HTA por considerarse una complicada enfermedad.

1.4.1 Hipertensión Arterial (HTA).

La Hipertensión Arterial es definida como la presión arterial sistólica (PAS) de 140 mmHg o más (se tiene en cuenta la primera aparición de los ruidos), primer ruido de Korotkoff, o una presión arterial diastólica (PAD) de 90 mmHg o más (se tiene en cuenta la desaparición de los ruidos), quinto ruido de Korotkoff, o ambas cifras inclusive. Esta definición es aplicable a adultos. Los ruidos de Korotkoff o sonidos de Korotkoff son los sonidos que el personal médico escucha durante la toma y determinación de la presión sanguínea utilizando un esfigmomanómetro y un estetoscopio. En los niños están definidas, según su edad, otras cifras de presión [18].

Un buen diagnóstico de HTA ofrece los tipos de clasificación: primaria y secundaria, el nivel a que esta pertenece y si ha afectado o no algún órgano diana (corazón, riñones,

ojos, cerebro). Si ha afectado alguno de estos órganos pertenece al nivel I, de lo contrario al nivel III, corresponde al nivel II si el paciente muestra signos de Hipertrofia Ventricular Izquierda, Angiotonía en Arterias Retinianas, Insuficiencia Renal Crónica entre otros. Actualmente es estudiada por el Comité Internacional de HTA, el cual norma a través de sus guías, como tratar la enfermedad.

Índice de masa corporal

Tener un peso corporal adecuado es vital para contrarrestar la HTA. Para una correcta evaluación el método más frecuente en los adultos es el cálculo del índice de masa corporal (IMC):

$$\text{IMC} = \text{Peso (kg)} / [\text{Talla (m)}]^2$$

El estado nutricional de un adulto se condiciona según la clasificación que se muestra en la tabla:

IMC (kg/m ²)	Clasificación
Inferior a 18,5	Bajo peso
Entre 18,5 y 24,9	Peso saludable
Entre 25,0 y 29,9	Sobrepeso
Igual o superior a 30,0	Obeso

Tabla 1. Clasificación del índice de masa corporal

1.4.2 Aplicaciones que incluyen la toma de decisiones clínicas

Una solución es **MEDIMECUM SP®**, que es un sistema que ayuda a prevenir errores en la prescripción de fármacos gracias a la exhaustividad de una guía que brinda de reconocido prestigio; objetiva, altamente fiable y constantemente actualizada; con las características clínicas del paciente para emitir, en respuesta a los mismos, un conjunto de alertas, avisos y sugerencias de ayuda al prescriptor. Forma parte de aplicación informática SINAPSIS, proyecto que inició liderado por el Colegio Oficial de Médicos de Madrid, España. El objetivo del mismo es crear una Historia Clínica Única y se compone de:

- Formularios que ofrece información clínica y farmacológica concisa, rigurosa, actualizada e independiente sobre todos los fármacos comercializados en España, medicación extranjera y fórmulas magistrales de uso habitual.

- Herramientas de utilidad clínica como guías terapéuticas, calculadora de dosis pediátricas, tablas de administración de fármacos de extrema urgencia, entre otros.
- Un Módulo de Seguridad en la Prescripción: es un sistema que ayuda al prescriptor en el mantenimiento de la seguridad de la prescripción mediante:
 - La detección automática de duplicidades, interacciones medicamentosas e incompatibilidades.
 - La emisión de alertas de errores de dosis o dosificación inadecuada para la situación clínica del paciente.
 - La ayuda en línea para consulta de posología y otras características farmacológicas.

SEBASTIAN, es una aplicación para la toma de decisiones creado en el 2005 por la Universidad de Duke, Estados Unidos. Propone una interface estandarizada para los módulos de soporte a la toma de decisiones, y sólo realiza consultas limitadas al sistema clínico para obtener información. Cualquier sistema clínico que interactúe con SEBASTIAN puede realizar consultas a un sistema centralizado de reglas para la toma de decisiones, puede ser accedido vía internet, requerir un set de datos que el sistema debe buscar y entregar, también puede requerir la misma información para dos módulos de soporte diferente, por lo que el sistema clínico debe poder recuperar la misma información y entregarla en diferentes formas según el esquema de la regla que lo solicite.

Por otro lado, esta información requerida puede ser mucha, lo que influiría en el rendimiento del sistema, aunque las pruebas sobre el rendimiento han tenido resultados aceptables [8].

El proyecto de Guías de Práctica Clínica (GPC) creado por el Instituto de Catalá, España en el año 2000, es una herramienta de soporte a la práctica clínica, con el objetivo de mejorar la calidad asistencial a través de recomendaciones basadas en la evidencia científica. El GPC ayuda al profesional a seleccionar fármacos de primera y segunda elección teniendo en cuenta su eficacia y seguridad, a la vez que incorporan información sobre dosificación, interacciones y contraindicaciones graves, individualizando las recomendaciones en función de las características del paciente.

Interactúa además con la historia clínica informatizada y la prescripción electrónica, permitiendo detectar duplicidades e incorporar elementos de seguridad a la prescripción propia y a la compartida con otros profesionales.

HiperWeb es un sistema para la toma de decisiones con respecto a la HTA, fue desarrollado en la UCI en el año 2006 y ha sido implementado sobre tecnología Web. Contiene información sobre el Séptimo Reporte del *Joint National Committé* (JNC - 7) y la Guía Cubana para el Tratamiento de la Hipertensión Arterial del año 2004. Se estructura de dos módulos: indicación y control del tratamiento no farmacológico de los pacientes hipertensos, así como, un módulo orientado a mejorar el estilo de vida de los pacientes hipertensos. La inferencia de información está basada en reglas de producción.

En el caso de Hiperweb aunque es un sistema basado en reglas configurables, éstas crecen según evolución de la enfermedad, asimismo no sigue estándares internacionales como el Codificador Internacional de Enfermedades (CIE-10) y el Codificador Internacional para la Atención Primaria (CIAP), su implementación se realizó sobre la plataforma .NET y no se ajusta a las políticas del país en el uso de aplicaciones libres.

En la esfera internacional, los sistemas antes mencionados muestran funcionalidades de relevancia para un CDSS, pero Medimecum SP® presenta como desventaja el uso de tecnología privativa y SEBASTIAN por su parte limita a los sistemas clínicos a interactuar con sus interfaces pues se sustentan netamente en servicios web. En el caso de GPC, todo el código se encuentra incluido en una biblioteca, la cual no puede ser alterada o adaptada a las necesidades que requiere la investigación.

Se decide realizar un estudio de los sistemas que desarrolla el CESIM para incorporar en sus soluciones las funcionalidades que brindan los sistemas para la toma de decisiones clínicas.

1.5 Sistema Integral para la Atención Primaria

Bajo el nombre de alas SIAPS se desarrolla el Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud (ver Anexo 1). Es una solución web y se construye con la tecnología JEE5 (*Java 5 Enterprise Edition*), se hace uso entre otras herramientas de JBPM para el manejo de los flujos de trabajos, *Jboss Drools* para parametrizar las reglas del

negocio y el servicio para colas de mensajes *ActiveMQ* para la comunicación con sistemas externos.

Toda la comunicación se realiza a través del estándar HL7/CDA en los mensajes y la persistencia de los documentos clínicos hechos al paciente.

Cada uno de estos documentos son firmados electrónicamente mediante llaves públicas y privadas por el médico creador para garantizar seguridad e integridad de los datos.

Cuenta además con un repositorio para almacenar los documentos recogidos en Historia Clínica Electrónica (HCE) de los pacientes atendidos, así como un visor de los mismos. Ofrece además servicios horizontales como seguridad, gestión de reglas del negocio, así como internacionalización y localización.

1.5.1 Historias Clínicas Electrónicas

El Instituto de Medicina de los Estados Unidos en los años 90 definía a la Historia Clínica Electrónica (HCE) como "...aquella que reside en un sistema electrónico específicamente diseñando para recolectar, almacenar, manipular y dar soporte a los usuarios en cuanto a proveer accesibilidad a datos seguros y completos, alertas, recordatorios y sistemas clínicos de soporte para la toma de decisiones, brindando información clínica importante para el cuidado de los pacientes [19].

Recientemente el mismo organismo publicó un nuevo reporte que amplía dicha definición a:

- Colección longitudinal de información electrónica sobre la salud de las personas, donde la información es definida como "información pertinente a la salud de un individuo provista por un profesional sanitario".
- Acceso electrónico inmediato a la información de salud personal o poblacional solamente de usuarios autorizados.
- Provisión de bases de conocimiento y sistemas de soporte para la toma de decisiones que mejore la calidad, seguridad y eficiencia de la atención de los pacientes.
- Soporte efectivo en la eficiencia de los procesos para brindar cuidados de salud.

Por lo tanto, HCE es mucho más que computarizar el registro médico. Para lograr dichas funcionalidades en realidad no alcanza con un único aplicativo, sino más bien la integración de múltiples sistemas existentes (o componentes) que brinden información en un repositorio clínico común.

1.5.2 Toma de decisiones médicas

En nuestros días, el médico tiene que aprender gerencia y administración, porque para el personal de salud esto se ha convertido en una necesidad. En tiempos pasados se estilaban los ascensos del personal a puestos directivos por su efectividad, pero no se tenían en cuenta cualidades administrativas, de este modo se obtenía un excelente técnico, pero mal administrador de personal y recursos.

La toma de decisiones consiste, básicamente, en elegir una alternativa entre las disponibles, a los efectos de resolver un problema actual o potencial y su base es la información que se tiene del dominio de aplicación. Mientras mayor y mejor sea la información, mayor calidad existirá en la definición del problema, en las propuestas de solución, en el análisis de variantes y en la selección de la acción más conveniente [20].

El cerebro tiene dos tipos de memoria, cada una con una función diferente en la toma de decisiones:

- memoria a largo plazo donde se almacenan los conocimientos médicos requeridos para la toma de decisiones clínicas.
- memoria a corto plazo donde se almacenan las experiencias necesarias para la toma de decisiones clínicas.

Cuando se ha “llenado”, condensa y combina las experiencias, las cuales en esa forma constituyen la intuición. Entonces un profesional de salud, enfrentado a una situación compleja, confusa o incierta, hará dos cosas: considerar una solución a partir de una experiencia anterior o repasar el fondo de conocimientos actuales pertinentes para buscar una solución. Si la experiencia y los conocimientos son inadecuados para aclarar la confusión, no se puede resolver el problema [21].

1.5.3 Incertidumbre médica

La incertidumbre del médico en la consulta es una situación profesional normal, a la que se enfrenta en cada encuentro médico-paciente, ya que cada enfermo y cada visita

son diferentes. El médico debe aprender a abordarla y controlarla lo mejor posible. Cada encuentro entre un médico y un paciente, ya sea en la consulta o en su domicilio, origina una serie de incertidumbres profesionales desde el momento que el enfermo plantea uno o varios motivos de consulta [9].

Tener un grado de certidumbre sobre alguna actividad médica, permite hacer una adecuada toma de decisiones médicas en materia de salud del paciente evitando así la tiranía del diagnóstico o complicaciones como las cascadas diagnósticas.

Como se asisten enfermedades y no enfermos, las patologías se presentan bajo las más diversas formas esculpidas por la experiencia, la historia personal y las habilidades expresivas de un individuo. Según estudios realizados por la Escuela de Medicina de Harvard se siente más ansiedad y estrés cuando no se conoce realmente el estado de salud propio, que cuando ya se conoce un diagnóstico negativo o de enfermedad seria.

1.6 Sistemas expertos en el contexto de la salud

Un sistema experto utiliza conocimiento humano capturado en una computadora para resolver problemas que ordinariamente requieren del conocimiento provisto por un experto [22]. Para el proceso de diagnóstico médico es necesario extraer el conocimiento de los expertos humanos en una determinada área de la medicina y codificar dicho conocimiento de manera que pueda ser procesado por un sistema.

La información proporcionada por el propio paciente al médico durante una entrevista clínica (anamnesis) es el primer paso en la relación médico-paciente, pues el médico adquiere los primeros datos seguido del examen clínico, luego se aplica un análisis de los datos adquiridos, y poniendo en práctica sus mecanismos de conocimiento se va desarrollando una hipótesis o diagnóstico previo, con el que obtiene un tratamiento provisional y prescribe exámenes complementarios. Asociado al diagnóstico va un pronóstico sobre la evolución probable del proceso patológico, ambos determinan, junto a otros conocimientos, el tratamiento o terapia adecuada. En las decisiones terapéuticas así como en las diagnósticas se combinan los modos de razonamiento deductivo e inductivo.

1.6.1 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial es un término que ha generado muchas polémicas desde hace varias décadas, pero la mayoría de los autores coinciden en que es, en esencia, lograr que una máquina tenga inteligencia propia [23].

Resulta suficientemente clara la definición que ofrece *Farid Fleifel* Tapia.

"La Inteligencia Artificial es la rama de la ciencia de la computación que estudia la resolución de problemas no algorítmicos mediante el uso de cualquier técnica de computación disponible, sin tener en cuenta la forma de razonamiento subyacente a los métodos que se apliquen para lograr esa resolución" [24].

Cual sea el concepto, la inteligencia artificial está orientada a conseguir que las máquinas realicen trabajos donde se aplique la inteligencia, el razonamiento y el conocimiento de un ser humano.

1.6.2 Sistemas basado en casos

Una de las técnicas de Inteligencia Artificial para la solución de problemas relacionados con la toma de decisiones, son los Sistemas Basados en Casos [25; 26], que conforman una de las tecnologías actuales para construir Sistemas Basados en el Conocimiento. En ellos los nuevos problemas se resuelven considerando la solución dada a problemas similares resueltos en el pasado. La arquitectura básica de un sistema basado en casos consiste de una base de casos, un procedimiento para buscar casos similares y un procedimiento de adaptación para ajustar las soluciones de los problemas similares a los requerimientos del nuevo problema [9].

El ciclo del razonamiento basado en casos consta en dividir el razonamiento en diferentes subprocesos claramente diferenciados:

- Recuperar: los casos similares al que analizamos.
- Reutilizar: la información y el conocimiento que tenemos en este caso para resolver el problema.
- Revisar: la solución propuesta.
- Retener: las partes de esta experiencia que puedan ser útiles para la resolución de futuros problemas.

Cuando se presenta un nuevo problema para el cual se necesita una solución, lo primero es recordar los casos relevantes que pueden solucionarlo. Estos casos relevantes tendrán que ser una selección de aquellos que se encuentran en la base de conocimiento del sistema experto. Este tipo de razonamiento es básicamente el procesamiento de la información apropiada y recuperada en el momento oportuno. De modo que el problema central es la identificación de la información pertinente cuando se necesite [27].

Análisis crítico del razonamiento basado en casos

El razonamiento basado en casos ante otras técnicas de Inteligencia Artificial ofrece algunas mejoras como:

- El grado de veracidad de la solución encontrada se obtiene directamente a partir del grado de semejanza entre el problema y el caso recuperado, no es necesario tener como en los sistemas basados en reglas un procedimiento de manipulación de la incertidumbre.
- La rapidez de respuesta del razonamiento basado en casos está dada, entre otros factores, por el hecho de que generalmente no se realizan retrocesos (*backtracking*), sino que se recuperan soluciones previas completas en un sólo paso; lo cual acerca esta clase de razonamiento al realizado por los humanos.
- No es necesario entrenamiento previo como las redes neuronales para su funcionamiento.
- En los sistemas basados en reglas el antecedente de la regla tiene que corresponderse exactamente con la información contenida en la memoria de trabajo mientras que en los sistemas basados en casos los casos pueden igualar la entrada de forma parcial.

Entre las ventajas se encuentran:

- El esfuerzo en la solución de problemas puede ser capturado para ahorrar trabajo en el futuro.
- El razonamiento basado en casos trabaja a partir de bases de datos existentes, no se requieren entrevistas con los expertos.
- Los casos ayudan a focalizar el razonamiento sobre las partes importantes de un problema señalando que rasgos del problema son importantes.
- El razonamiento basado en casos es aplicable a un amplio rango de problemas.

Las desventajas que sufre esta técnica son:

- Requiere de una base de datos considerablemente grande y bien seleccionada.
- La consistencia entre varios casos es difícil de mantener.
- El razonamiento basado en casos depende de una adecuada función de semejanza la cual no es fácil de encontrar para cada aplicación.

Principio de funcionamiento de un Sistema Basado en Casos

El funcionamiento de un sistema basado en casos se realiza al iniciar la recuperación de un caso semejante al nuevo problema, de forma inmediata la solución del problema recuperado se propone como solución potencial del nuevo problema. Se continúa con un proceso de adaptación, en el cual se adecúa la vieja solución a la nueva situación, posteriormente se realiza un análisis crítico en el cual se evaluará la solución resultante de la adaptación.

A partir de un resultado deseado propuesto, ya sea a partir de los casos recuperados o impuesto por el usuario del sistema, se realiza la justificación del mismo, proceso en el cual se crea un argumento para la solución propuesta.



Fig. 2. Ciclo Básico de un Sistema de Basado en Casos.

Tipos de adaptación en Sistemas Basados en Casos

Una vez seleccionados los casos similares, se efectúa el procedimiento de adaptación, que consiste en la modificación y combinación de las soluciones de los casos similares para formar una nueva solución, una interpretación, o una explicación dependiendo de la tarea que lleve a cabo el sistema. Es deseable que el sistema también genere justificaciones o explicaciones que apoyen a la solución creada para el nuevo caso.

Al acceder a los casos similares, lo mejor que puede pasar es encontrar un caso exactamente igual al nuevo, pero generalmente no sucede así y es necesario realizar el proceso de adaptación. La adaptación puede realizarse por el usuario o de manera automática por el sistema. Si la adaptación la realiza el usuario, el sistema sólo realizaría la búsqueda de los casos similares. Si la adaptación la ejecuta el sistema, entonces debe contener algún conocimiento, tal como fórmulas o reglas. Las técnicas desarrolladas para la realización de la adaptación en forma automática han dado en general buenos resultados [9]. Los tipos de adaptación pueden ser:

- Reinstanciación: en este tipo de técnica se utiliza el marco o contexto de situaciones anteriores, pero con nuevos argumentos.
- Ajuste de parámetros: se ajustan los parámetros de la solución de casos anteriores de acuerdo con las diferencias entre las descripciones de los casos en cuestión.

1.7 Almacenes de datos.

Una de las definiciones sobre almacenes de datos es la de *W. H. Inmon* reconocido mundialmente como el padre de los almacenes de datos, quien define: “*Un almacén de datos es una colección de datos orientada al negocio, integrada, variante en el tiempo y no volátil para el soporte del proceso de toma de decisiones de la gerencia*” [28; 29].

La base de los almacenes de datos es el modelo multidimensional. En él los datos se organizan en torno a los hechos sobre un contexto determinado refiriéndose a los datos históricos. Tienen además atributos o medidas que pueden verse en mayor o menor detalle según ciertas dimensiones. Las medidas responden generalmente a la pregunta “cuánto”, mientras que las dimensiones responderán al “cuándo”, “qué”, “dónde”, entre otros [30].

Las medidas características cualitativas o cuantitativas, de los objetos que se desean analizar, deben ser atómicas, derivadas y aditivas, o sea, deben estar formadas por un

conjunto de operadores de agregación (suma, promedios, cifras porcentuales, entre otras) que se pueden aplicar para agregar los valores de medidas a lo largo de las jerarquías de clasificación [31]. La forma que tienen los hechos y sus dimensiones correspondientes hace que se llamen popularmente almacenes de datos en estrella simple (cuando no hay caminos alternativos en las dimensiones) o de estrella jerárquica o copo de nieve (cuando sí hay caminos alternativos en las dimensiones, como el ejemplo anterior) [32].

Mercado de Datos

Los mercados de datos poseen las características de un almacén de datos, pero con un alcance mucho más pequeño, están restringidos a de un área de negocio específica, lo que implica que se obtengan de un menor número de fuentes de datos. Se caracterizan por disponer de una estructura óptima de los datos, para analizar la información al detalle, desde todas las perspectivas que afecten a los procesos de dicha área. Los datos que contienen pueden ser explorados, agrupados y propagados de diversas formas, y así los usuarios pueden realizar su explotación de acuerdo con sus necesidades. Un mercado de datos puede ser alimentado desde los datos de un almacén, o integrar por sí mismo un compendio de distintas fuentes de información, son fáciles de entender y navegar [28].

1.7.1 Arquitectura de un almacén de datos

El ambiente del depósito de datos está formado por diversos elementos que interactúan entre sí y que cumplen una función específica dentro del sistema:

- **Datos Operacionales:** Origen o fuente de datos para poblar el almacenamiento físico constituidos por los sistemas transaccionales internos o externos a la organización.
- **Extracción de Datos:** Selección sistemática de datos operacionales usados para poblar el componente de almacenamiento físico, implica la característica de integración en la definición.
- **Transformación de Datos:** Procesos para resumir y realizar otros cambios en los datos operacionales para reunir los objetivos de orientación a temas e integración principalmente.

- Carga de Datos: Inserción sistemática de los datos en el componente de almacenamiento físico.
- Almacén de Datos: Almacenamiento físico de datos de la arquitectura del almacén de datos.
- Herramientas de Acceso al Componente: Herramientas que proveen acceso a los datos, que pueden ser específicas de mercado para visualización de bases multidimensionales acumuladas en almacenes de datos como también aplicaciones desarrolladas dentro de la organización del tipo EIS/DSS.

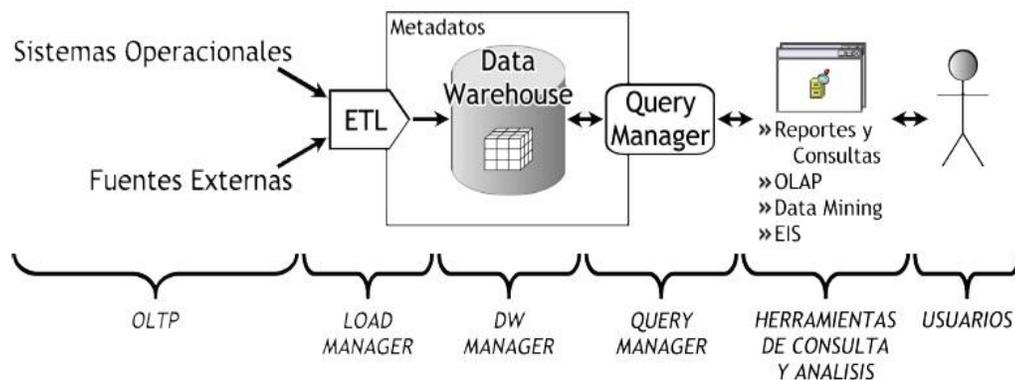


Fig. 3. Arquitectura de un almacén de datos.

1.7.2 Modelado

Las bases de datos multidimensionales implican tres variantes posibles de modelamiento, que permiten realizar consultas de soporte de decisiones:

- Esquema en estrella: consta de una tabla de hechos central y de varias tablas de dimensiones relacionadas a esta, a través de sus respectivas claves.
- Esquema copo de nieve: representa una extensión del modelo en estrella cuando las dimensiones se organizan en jerarquías de dimensiones, posibilitando flexibilidad y segregación de los datos relacionados con las dimensiones. Aunque posee mayor complejidad en su estructura, es útil en tablas de dimensiones de muchas tuplas.
- Esquema constelación o copo de estrellas: compuesto por una serie de esquemas en estrellas. Permite tener más de una tabla de hechos, por lo cual se podrán analizar más aspectos claves del negocio con un mínimo esfuerzo

adicional de diseño, ya que se pueden reutilizar las dimensiones. Tiene como limitante que no es soportado por algunas herramientas.

1.8 Procesamiento Analítico en Línea

Es un proceso analítico de datos que permite al usuario seleccionar y extraer la información desde diferentes puntos de vista, conforma la componente más poderosa de los almacenes de datos, pues es el motor de consultas especializado de repositorio de datos. Su principal objetivo es el de brindar rápidas respuestas a complejas preguntas, para interpretar la situación del negocio y tomar decisiones. Cabe destacar que lo que es realmente interesante, no es la ejecución de simples consultas tradicionales, sino la posibilidad de utilizar diferentes operadores, para explotar profundamente la información.

Con esta herramienta se puede analizar el negocio desde diferentes escenarios históricos, y proyectar cómo se ha venido comportando y evolucionando en un ambiente multidimensional, o sea, mediante la combinación de diferentes perspectivas, temas de interés o dimensiones. Esto permite deducir tendencias, por medio del descubrimiento de relaciones entre las perspectivas que a simple vista no se podrían encontrar [33].

1.9 Plataformas, Herramientas y Tecnologías

La Plataforma Empresarial Java (*Java EE5*) es una colección de funcionalidades del lenguaje de programación java, útiles para muchos programas de dicha plataforma. Contiene una arquitectura de n capas distribuidas y se apoya ampliamente en componentes de software modulares que se ejecutan sobre un servidor de aplicaciones. La plataforma *Java EE* está definida por una especificación y similar a otras especificaciones de la Comunidad de Procesos Java, es también considerada informalmente como un estándar, debido a que los proveedores deben cumplir ciertos requisitos de conformidad para declarar que sus productos son conformes a *Java EE*. Entre las *APIs* se encuentran JDBC, RMI, *e-mail*, JMS, Servicios Web, XML, entre otros.

1.9.1 Plataforma Java Server Faces

Java Server Faces es un estándar oficial JEE 5, se trata de un marco de trabajo que define un modelo de componentes de interfaz de usuario (UI) y de eventos. Permite manejar el estado de los componentes de interfaz de usuario, manejar sus eventos, la

validación y conversión del lado del servidor y centralizar la navegabilidad de las páginas de la aplicación [2].

1.9.2 Plataforma **JBoss Seam**

Es un moderno marco de trabajo que combina los marcos de trabajo *Enterprise Java Beans (EJB)* y *JSF*, además de *Business Process Management (BPM)*. *Seam* introduce un nuevo concepto, el de Contexto, donde las acciones que son ejecutadas por el usuario están asociadas a éstos. Se integra con bibliotecas de controles de código abierto basadas en *JSF* como *Richfaces*.

Integra además el concepto de entornos de trabajo permitiendo que el usuario tenga en varias pestañas o ventanas del navegador actividades del negocio con contextos completamente aislados. Construye además de manera transparente la administración de procesos del negocio vía *JBoss JBPM*, lo que hace fácil implementar y optimizar complejas interacciones con el usuario [34].

Se ha confeccionado además un aditamento para la herramienta Eclipse que reúne las funcionalidades *Jboss* confeccionadas por la entidad llamado *JbossTools* [35]

1.9.3 Plataforma **Pentaho Business Intelligence**

Es una herramienta libre que contiene a su vez aplicaciones como:

- *PDI Kettle 3.2.0*: Es un proyecto belga de código abierto, ahora adoptado por *Pentaho IN* que incluye un conjunto de herramientas para realizar la Extracción, Transformación y Carga, así como la ejecución de trabajos. Uno de sus objetivos es que el proceso sea fácil de generar, mantener y desplegar. Se compone de las herramientas *SPOON*, *PAN*, *CHEF* y *KITCHEN*.
- *Pentaho Schema Workbench 3.0.3*: Es un diseñador de interfaces que permite crear y configurar un cubo *OLAP*. El motor de *Mondrian* procesa las consultas *MDX* utilizando *ROLAP*. Los esquemas con los que trabaja son simplemente ficheros *XML* con los metadatos, los cuales serán utilizados por *Mondrian* para formar la estructura del cubo. Los ficheros *XML* pueden ser considerados como estructuras semejantes a las creadas anteriormente durante el diseño de la tabla de Hechos y Dimensiones que conforman el almacén. Es importante conocer que no es necesario construir un cubo físico, solo basta con crear el modelo con los metadatos [2].

- *Pentaho Mondrian 3.0.4*: Es una versión de corrección de errores de liberación de los principales motores de la fuente abierta del Procesamiento Analítico en Línea. Permite analizar grandes volúmenes de datos de forma interactiva. Realiza consultas al almacén y presenta los resultados mediante un navegador, de modo que el usuario pueda realizar las actividades típicas de navegación. Utiliza *MDX* como lenguaje de consulta y funciona sobre las bases de datos estándar del mercado: PostgreSQL, Oracle, DB2, SQL-Server, MySQL, etc.

1.9.4 PostgreSQL

Es un sistema gestor de base de datos relacional orientado a objetos de código libre. Su desarrollo no es manejado por una sola compañía, sino que es dirigido por una comunidad de desarrolladores y organizaciones comerciales las cuales trabajan en su desarrollo. Dicha comunidad es denominada el PGDG (*Postgres Global Development Group*). La herramienta de administración de código abierto más utilizada es el Pgadmin 3 y se encuentra disponible para una docena de lenguajes y varios sistemas operativos.

1.10 Conclusiones del Capítulo

El capítulo recoge los principales elementos relacionados con el objeto de estudio y campo de acción de la investigación, posibilitando una mejor comprensión de los mismos. Además se realizó un estado del arte sobre los sistemas para la toma de decisiones clínicas existentes, demostrando que sus inferencias están basadas en reglas o están desarrollados bajo plataformas privativas. Se mencionaron elementos que conforman las tecnologías libres *JEE5* y *Pentaho Business Intelligence* de las cuales se seleccionan sus herramientas para la presente investigación.

CAPÍTULO II. PROPUESTA DEL COMPONENTE PARA LA TOMA DE DECISIONES CLÍNICAS

El sistema con soporte a decisiones clínicas propuesto constituye uno de los módulos del sistema alas-SIAPS, sin embargo, puede comportarse como un servicio horizontal al resto de las aplicaciones médicas que se desarrollan en el CESIM como solución integral en el campo de la informática médica. Consta de los siguientes elementos:

- Mercado de Datos Clínicos: Toma como fuente de datos, el repositorio de HCE del sistema operacional alas SIAPS para la determinación de los hechos, dimensiones e indicadores.
- Motor del Consultas para el Mercado de Datos: Visualiza los indicadores del mercado de datos, mostrándose de esta manera las consultas en línea deseadas mediante el navegador web.
- Sistema Inteligente para la Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la HTA: Es un sistema experto dotado de Inteligencia Artificial que usa el razonamiento basado en caso como modo de funcionamiento, contribuye a la prevención, diagnóstico y tratamiento de la HTA e incluye información implícita del Comité Internacional de HTA. Está basado en estándares médicos internacionales como CIE-10 y CIAP.

A continuación se detalla la concepción de cada uno de los elementos antes mencionados:

2.1 Mercado de datos clínicos

Para la determinación de necesidades de información se utilizó el método de la entrevista a directivos de unidades de salud ubicadas en los municipios Playa y San Antonio de los Baños para reflejar claramente las expectativas del mercado de datos, en relación a sus funciones y cualidades. Durante este proceso se identificaron las necesidades de información las cuales se relacionan a continuación:

- Prevalencia de las enfermedades.
- Tratamientos aplicados a una enfermedad.
- Total de vacunas realizadas a los pacientes.

- Total de pacientes identificados con un antecedente padeciendo alguna enfermedad.
- Cantidad de pacientes con alguna cirugía aplicada.
- Total de ingresos por tipo de ingreso y por especialidad.

Luego de realizar el análisis correspondiente a las necesidades anteriores se identificaron las siguientes perspectivas: *datos personales, ingresos, hábitos personales, evoluciones médicas, antecedentes personales, vacunación, cirugías, problemas de salud, personal de salud, tratamientos, centros de salud y control de tiempo.*

El modelo conceptual se construye a partir de los indicadores y perspectivas obtenidas, con el objetivo de entender y observar con claridad el alcance del Mercado de Datos [2]. Las perspectivas se ubican a la izquierda, dirigidas a un óvalo central que representa la relación que existe entre ellas y el área de estudio elegida. A partir de esta relación salen flechas hacia los indicadores representados en la derecha como se muestra a continuación:

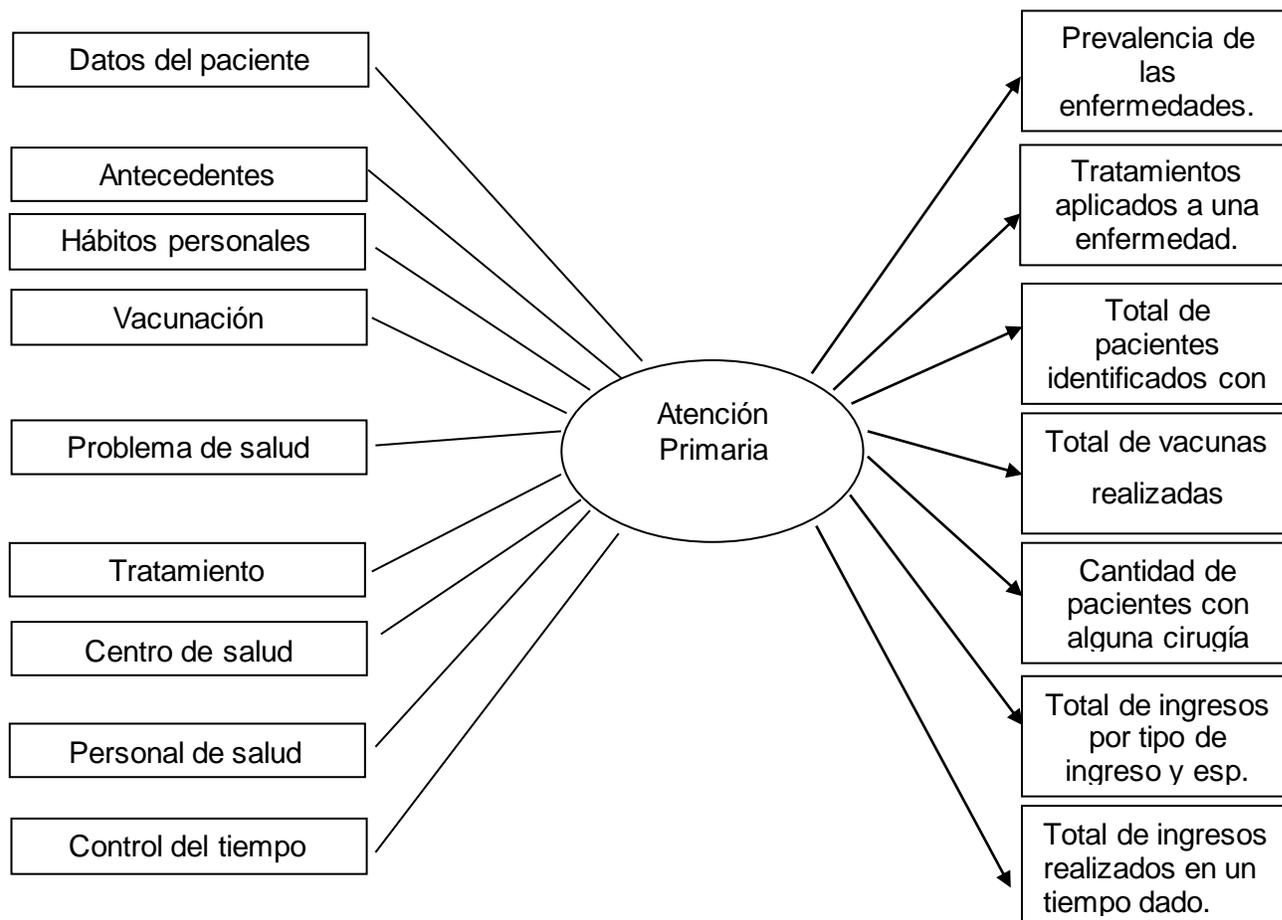


Fig. 4. Modelo conceptual. Mercado de Datos.

2.1.1 Análisis de las fuentes de datos

La fuente de datos sigue la estructura del repositorio de historias clínicas del sistema operacional alas SIAPS, compuesto por una carpeta *Metadata* que almacena las hojas frontales de las HCE, una carpeta *Data* que contiene todos los documentos clínicos modificados por especialidades médicas tal y como se muestra en la figura 5:

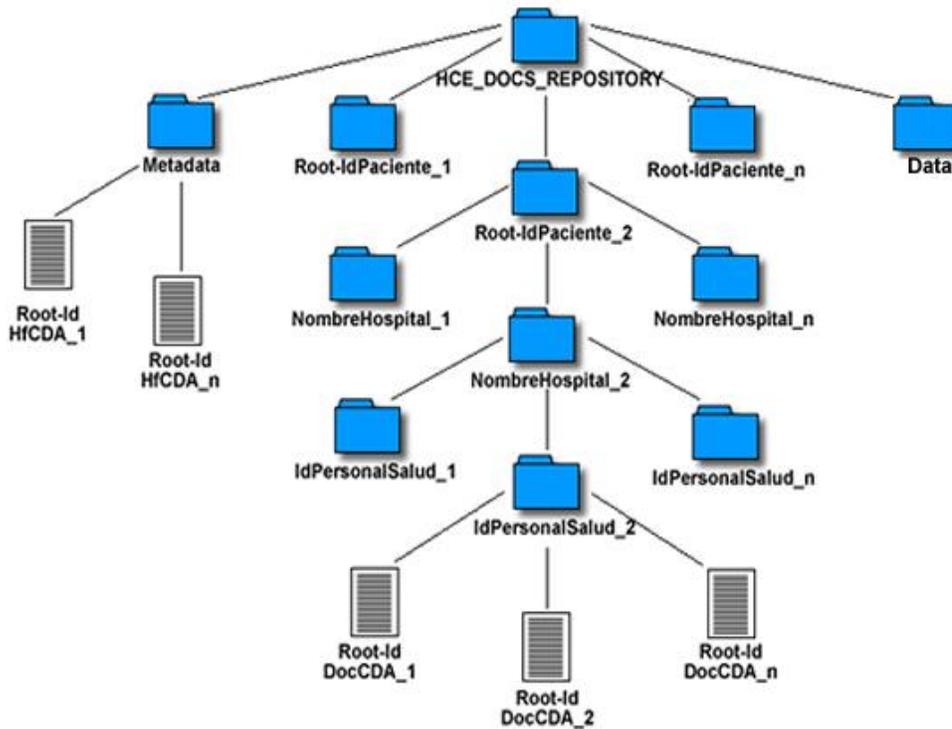


Fig. 5. Repositorio de Historias Clínicas Electrónicas del sistema alas SIAPS.

En cada institución de salud se registran los documentos clínicos importantes para el paciente y generados por el personal de salud que realizó la consulta. Los documentos son archivos *XML*, conformados bajo el estándar *CDA-HL7*, y varían en la estructura del cuerpo en dependencia del tipo de documento que ésta representa. Al establecer la correspondencia entre la fuente de datos y el modelo conceptual, se inicia el proceso de Extracción, Transformación y Carga.

El repositorio de HCE almacena 75 tipos de documentos clínicos diferentes. De ellos serán utilizados para el proceso de Extracción, Transformación y Carga los que se mencionan a continuación:

- Hoja Frontal: Contiene los datos demográficos del paciente.
- Hoja General de Consulta: Almacena los datos de las consultas realizadas al paciente.
- Evolución Médica: Almacena los datos de la evolución médica del paciente desde los servicios de Hospitalización y Emergencia.
- Orden Médica: Contiene la orden de los medicamentos del paciente.
- Informe Médico: Recoge el listado de los medicamentos indicados al paciente.
- Admisión: Contiene los datos del ingreso del paciente.
- Nota Operatoria: Recoge los datos del paciente al realizarle una cirugía.
- Hoja de Interconsulta: Almacena la información de las interconsultas de los pacientes.
- Hojas de Especialidades: Recogen datos de las especialidades de Dermatología, Gastroenterología, Obstetricia, Pediatría, Oftalmología, Neurología, Oncología y Ginecología.
- Fichas de Higiene y Epidemiología: Estos documentos contienen los datos epidemiológicos del paciente, de las enfermedades de Sarampión, Rubeola, Dengue, Rabia, Sireva, Poliomiélitis, Difteria, Cólera y otras enfermedades.

Cada documento clínico comienza con el elemento raíz ***ClinicalDocument***. En el encabezado de estos documentos se encuentran elementos de carácter obligatorio, teniendo como etiqueta padre a *ClinicalDocument*. La etiqueta ***id***, distingue un documento de forma única, de todos los demás documentos y ***templateId*** es un identificador que referencia a la plantilla del Documento Clínico.

El elemento ***recordTarget*** contiene los datos de la persona a cuya Historia Clínica pertenece este documento (ver Anexo 3).

2.1.2 Modelo lógico del Mercado de Datos

Se confecciona el modelo lógico con tablas de dimensiones y hechos a partir del modelo conceptual creado, se utiliza como esquema de bases de datos el de Constelación, ya que se adapta mejor a las necesidades y requerimientos del negocio estudiado. Cada perspectiva representa una dimensión en el modelo lógico. Se definen las tablas hechos que contendrán los indicadores de estudio.

El modelo creado se divide en 4 hechos: los datos personales del paciente (h_paciente), información de cirugía (h_cirugía), hospitalización (h_hospitalización) y por último lo referente a la consulta del paciente (h_consulta), como de detallan en los Anexos 4, 5, 6 y 7.

Las perspectivas se describen de la siguiente manera:

Nombre: datos_personales		
Descripción: Recoge los datos personales del paciente.		
Atributo	Tipo	Descripción
id_paciente	<i>integer</i>	Valor de autoincremento, llave primaria.
no_hc_paciente	<i>varchar</i>	Número de historia clínica individual del paciente.
nombre_paciente	<i>varchar</i>	Nombre del paciente
apellido1_paciente	<i>varchar</i>	Primer apellido del paciente
apellido2_paciente	<i>varchar</i>	Segundo apellido del paciente
genero_paciente	<i>varchar</i>	Género del paciente
grupo_factor_sanguineo	<i>varchar</i>	Grupo factor sanguíneo del paciente
fecha_nacimiento	<i>date</i>	Fecha de nacimiento del paciente
grupo_etnico	<i>varchar</i>	Grupo étnico del paciente
país_nacimiento	<i>varchar</i>	Nombre del país de nacimiento
provincia_nacimiento	<i>varchar</i>	Nombre de la provincia de nacimiento
ciudad_nacimiento	<i>varchar</i>	Nombre de la ciudad de nacimiento
localidad_nacimiento	<i>varchar</i>	Nombre de la localidad de nacimiento

Tabla 2. Dimensión Datos Personales

Nombre: hábitos_personales		
Descripción: Recoge los hábitos personales del paciente		
Atributo	Tipo	Descripción

id_habito	<i>integer</i>	Valor de autoincremento, llave primaria
nombre_habito	<i>varchar</i>	Nombre del hábito del paciente
fecha_comienzo	<i>date</i>	Fecha del comienzo del hábito
frecuencia_habito	<i>varchar</i>	Frecuencia del hábito del paciente
Descripción	<i>varchar</i>	Descripción del hábito del paciente

Tabla 3. Dimensión Hábitos Personales

Nombre: antecedentes		
Descripción: Recoge los antecedentes personales del paciente		
Atributo	Tipo	Descripción
id_antecedente	<i>integer</i>	Valor de autoincremento, llave primaria
Nombre	<i>varchar</i>	Nombre del antecedente del paciente
tipo_antecedente	<i>varchar</i>	Tipo de antecedente
parentesco_antecedente	<i>varchar</i>	Parentesco del antecedente
fecha_deteccion	<i>date</i>	Fecha en que se detectó el antecedente
Descripción	<i>varchar</i>	Descripción del antecedente del paciente

Tabla 4. Dimensión Antecedentes Familiares

Nombre: vacunación		
Descripción: Recoge las vacunas realizadas al paciente		
Atributo	Tipo	Descripción
id_inmunizacion	<i>integer</i>	Valor de autoincremento, llave primaria
nombre_vacuna	<i>varchar</i>	Nombre de la vacuna
Refuerzo	<i>varchar</i>	Condición de refuerzo
efectos adversos	<i>varchar</i>	Efectos adversos de la vacuna
lote_ampula	<i>varchar</i>	Número del lote del medicamento
primera_dosis	<i>date</i>	Fecha de la primera dosis
segunda_dosis	<i>date</i>	Fecha de la segunda dosis
tercera_dosis	<i>date</i>	Fecha de la tercera dosis
cuarta_dosis	<i>date</i>	Fecha de la cuarta dosis

Tabla 5. Dimensión Vacunación

Nombre: problema_salud		
Descripción: Recoge los problemas de salud detectados al paciente		
Atributo	Tipo	Descripción

id_problema_salud	<i>integer</i>	Valor de autoincremento, llave primaria
codigo_cie	<i>varchar</i>	Código de la enfermedad según el codificador internacional de enfermedades
tipo_problema_salud	<i>varchar</i>	Tipo de problema
problema_salud	<i>varchar</i>	Nombre del problema
Descripción	<i>varchar</i>	Descripción del problema

Tabla 6. Dimensión Problemas de Salud

Nombre: tratamientos		
Descripción: Recoge los datos de los tratamientos realizados al paciente		
Atributo	Tipo	Descripción
id_tratamiento	<i>integer</i>	Valor de autoincremento, llave primaria
nombre_medicamento	<i>varchar</i>	Nombre del medicamento
tipo_tratamiento	<i>varchar</i>	Tipo de tratamiento
Dosis	<i>varchar</i>	Dosis del medicamento
Vía	<i>varchar</i>	Vía del medicamento
Descripción	<i>varchar</i>	Descripción del tratamiento
Horario	<i>varchar</i>	Horario del medicamento
Observaciones	<i>varchar</i>	Observaciones

Tabla 7. Dimensión Tratamientos

Nombre: centro_salud		
Descripción: Recoge los datos del Centro de Salud que atiende al paciente		
Atributo	Tipo	Descripción
id_centro_salud	<i>integer</i>	Valor de autoincremento, llave primaria
no_codigo_cs	<i>varchar</i>	Identificador del centro de salud
nombre_cs	<i>varchar</i>	Nombre del centro de salud

Tabla 8. Dimensión Centro de Salud

Nombre: personal_salud		
Descripción: Recoge los datos del personal de salud que atiende al paciente		
Atributo	Tipo	Descripción
id_personal_salud	<i>Integer</i>	Valor de autoincremento, llave primaria
no_registro_medico	<i>Varchar</i>	Número del registro médico
nombre_personal_salud	<i>Varchar</i>	Nombre del personal de salud

apellido1_personal_salud	Varchar	Primer apellido del personal de salud
apellido2_personal_salud	Varchar	Segundo apellido del personal de salud
categoria_personal_salud	Varchar	Categoría del personal de salud

Tabla 9. Dimensión Personal de Salud

Nombre: control_tiempo		
Descripción: Recoge los datos relacionados con el tiempo		
Atributo	Tipo	Descripción
id_tiempo	Integer	Valor de autoincremento, llave primaria
fecha_hecho_medico	Date	Fecha en que se produce el hecho médico
anno_hecho_medico	Varchar	Se deriva de la fecha del hecho médico
semestre_hecho_medico	Varchar	Se deriva de la fecha del hecho médico
trimestre_hecho_medico	Varchar	Se deriva de la fecha del hecho médico
mes_hecho_medico	Varchar	Se deriva de la fecha del hecho médico
dia_hecho_medico	Varchar	Se deriva de la fecha del hecho médico

Tabla 10. Dimensión Control de Tiempo

2.1.3 Proceso de Extracción, Transformación y Carga

Los procesos ETL abastecen el mercado de datos desde la fuente de datos. Para ello se ejecutan las transformaciones necesarias que recogen los elementos fundamentales, se construyen campos neutros en varias dimensiones, evitando las asignaciones nulas al cargar las tablas de hechos, se eliminan los elementos innecesarios y se unifican datos similares. Además se realizan 6 trabajos (*jobs*) que agrupan las transformaciones correspondientes para una mejor organización de las mismas y se especializa uno de ellos para la unión del resto de los trabajos, de modo que al ejecutarse, se desencadena toda la carga de información de las dimensiones y hechos hacia el mercado de datos. Para la creación de los procesos se usaron los componentes contenidos en la herramienta *Pentaho Data-Integration*.

2.2 Motor de consulta para el Mercado de Datos

La definición del modelo de datos se realiza a través de esquemas que permiten simular la estructura de una base de datos en cubos multidimensionales. En este esquema se definen cubos, dimensiones, jerarquías y niveles para realizar la simulación por dimensiones del modelo de datos relacional.

La herramienta utilizada para la simulación multidimensional es *Pentaho Schema Workbench* cuyo propósito es generar cubos en formato *XML*, los cuales son utilizados por *Pentaho Mondrian* para visualizar los indicadores del mercado de datos. Es necesario crear un cubo para cada tabla de hecho o sub-almacén dado el Esquema de Constelación definido en el modelo lógico.

Las jerarquías representan una relación entre dos o más atributos en una misma dimensión y permite analizar los datos desde un nivel más general al más detallado y viceversa.

En una misma dimensión pueden existir varias jerarquías compuestas por dos o más niveles, como se muestran a continuación:

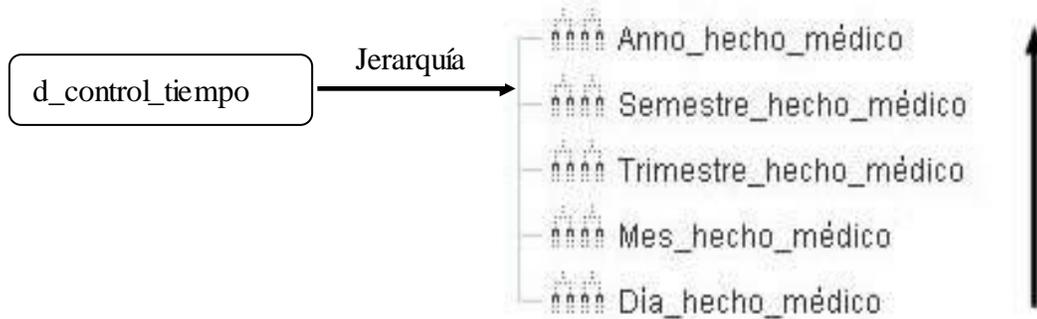


Fig. 6. Jerarquía. Dimensión: d_control_tiempo.

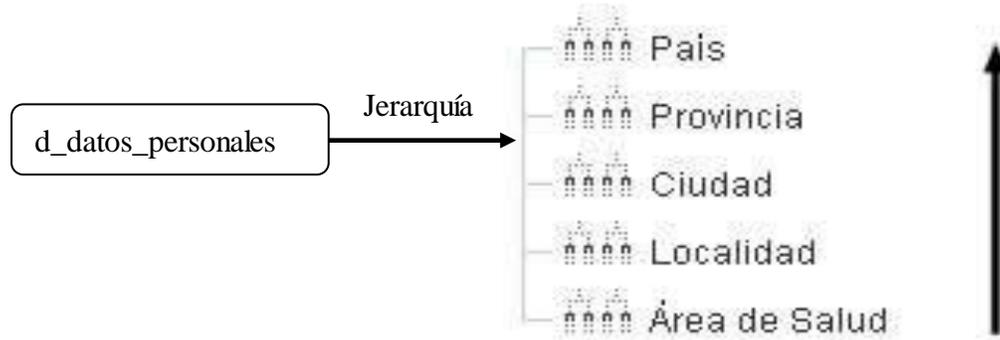


Fig. 7. Jerarquía. Dimensión: d_datos_personales.

Luego de confeccionar las jerarquías de las dimensiones se formulan las medidas por las cuales se muestran los indicadores seleccionados por el usuario. El sistema muestra 3 medidas: cantidad de problemas, cantidad antecedentes y cantidad de vacunas, sobre los cubos conformados: paciente, hospitalización, cirugía y consultas.

Mediante *Pentaho Mondrian* se realizan las consultas al mercado de datos, lo que posibilita al usuario realizar diferentes acciones o cruces de dimensiones para visualizar la información que contiene la HCE.

Las imágenes que identifican los controles visuales, así como los estilos usados, constituyen personalizaciones que son reflejadas en el documento de identidad de Alas, de esta forma, el usuario se familiariza con la vista de análisis. Para cada vista analizada se genera el gráfico y su leyenda correspondiente.

Inicialmente se muestran los cubos creados para realizar posteriormente las consultas correspondientes (ver Anexo 8). Una vez seleccionado el cubo, se puede navegar a través de las dimensiones preferidas posibilitando las operaciones de:

- Exportación a los formatos *excel* y *pdf* de la vista actual.
- Imprimir la vista actual.
- Configurar el tipo de gráfico a mostrar.
- Mostrar los datos de origen
- Visualizar el detalle de las dimensiones seleccionadas.
- Intercambiar los ejes
- Mostrar solo los elementos con información, así como ocultar repeticiones.
- Mostrar el código de la consulta realizada.
- Configurar las jerarquías de los cubos *OLAP* (ascendente, descendente o por grupos).

Todas estas funcionalidades *OLAP* se empaquetan en un archivo con extensión *war* y despliega en el servidor de aplicaciones (ver Anexos 9 y 10).

2.3 Sistema Inteligente para el Diagnóstico de la HTA

Este sistema incorpora la técnica de razonamiento basado en casos para su funcionamiento. Se comparan las características de los casos registrados con los del caso inicial, seleccionando así, los casos más similares al nuevo problema. Las funcionalidades que brinda se mencionan a continuación:

- Registrar los síntomas de los pacientes y tributar al diagnóstico basándose en la recuperación de la información de casos anteriores.

- Recuperar los casos más semejantes frente a un nuevo problema de salud relacionado con la HTA.
- Adaptar la solución del caso más parecido a las condiciones del nuevo caso utilizando la técnica de Reinstanciación.
- Validar y evaluar la solución propuesta.
- Almacenar la información como un nuevo caso.
- Ofrece los detalles del caso recuperado de manera estandarizada médicamente.
- Posibilita cambios en el estilo de vida (tratamiento no farmacológico) de los pacientes y proporciona tratamiento farmacológico basado en el JCN – 7 y la Guía Cubana de HTA.
- Justificación centrada en investigaciones de cada acción o tratamiento.
- Brinda un enlace al sitio oficial del JNC.
- Ofrece detalles en cuanto a la clasificación de HTA.
- Posibilita el cálculo del IMC y su clasificación, el peso ideal y porcentaje de grasa (ver Anexo 13).

Se escoge el razonamiento basado en casos en esta funcionalidad, debido a que el paradigma puede ser aplicado al área de la salud y se pueden establecer las analogías: casos-pacientes, rasgos predictivos-cuadro clínico y rasgos objetivos-problema de salud, en este trabajo el rasgo objetivo tiene como valor las clasificaciones de HTA (Primaria y Secundaria) y los rasgos predictivos los síntomas del paciente recogidos en el cuadro clínico o cuestionario que realizado.

La formulación del problema a resolver se efectúa a través de un cuestionario que asigna valor a los 26 signos o rasgos identificados (rasgos predictivos) presentes en los pacientes enfermos de HTA, de esta manera se conforma el caso inicial. Los rasgos son clasificados para un mejor tratamiento en Determinantes, Complementarios, Ordinarios y Adicionales según el cuadro clínico (cuestionario) normado y fueron avalados por especialistas en el tema (ver Anexo 11). Los pesos fueron determinados como se muestra en el Anexo 2.

Para determinar la similitud en los casos se han desarrollado varias técnicas. La más sencilla consiste en contar el número de características similares entre los dos casos. El problema de esta técnica es que la importancia de las características varía de un contexto a otro, es decir, la técnica no tiene en cuenta el significado de los rasgos, sino la cantidad de rasgos analizados. Al hacerse un análisis cuantitativo de los rasgos, se pueden presentar combinaciones de los mismos cuya sumatoria arrojen resultados iguales, sin embargo, es evidente que el significado de estas combinaciones de rasgos pueden ser diferentes.

Otra técnica consiste en utilizar un conjunto de heurísticas que permitan determinar cuáles características tienen mayor relevancia (peso) y formular una función de semejanza que involucre la similitud entre cada uno de los rasgos teniendo en cuenta el peso de los mismos. Como modelo matemático de esta técnica se tiene la siguiente función de semejanza entre un nuevo problema a resolver O_0 y un caso O_t de la base, según muestra la figura 8. Es seleccionada esta función de semejanza debido a que se ajusta al problema planteado, se analiza la existencia del rasgo y su importancia condicionada por el peso del mismo, no es necesario involucrar otras variables, de esta manera los casos con rasgos de mayor importancia tendrán mayor valor, o sea, mientras mayor sea el valor de la función, mayor será la semejanza.

Puede suceder además que combinaciones de rasgos distintos arrojen un mismo valor de semejanza, mas esta situación ocurrirá con menor frecuencia que si no se analizara el peso.

$$\beta(O_0, O_t) = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot \delta_i(O_0, O_t)}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

Fig. 8. Función de Semejanza.

Donde:

n: Número de rasgos predictores.

p_i : Peso o relevancia del rasgo i .

$\delta_i(O_0, O_t)$: Función de comparación entre los casos O_0 y O_t atendiendo al rasgo i . Esta función puede estar definida de diferentes formas, según muestra a continuación:

$$\delta_i(O_0, O_t) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i(O_0) = x_i(O_t) \\ 0 & \text{e.o.c} \end{cases}$$

Fig. 9. Función de comparación

El sistema utiliza la función de semejanza para determinar los casos más semejantes, y se apoya en la función de comparación. Para la adaptación recurre al método de reinstanciación pues se utilizan argumentos del caso inicial y del caso sugerido para crear el caso adaptado con nuevos argumentos. La opción de revisar el caso adaptado es la última entre las características mostradas de cada caso recuperado. También se muestra un panel con otros detalles del caso (*usado, ganado, perdido, eficiencia, nivel*) que solidifican el criterio de elección (ver Anexo 12).

De cada caso recuperado se muestra el tratamiento correspondiente según el estándar JNC-7, así como la justificación del mismo ejemplificando los materiales clasificados en el directorio que contiene la información basada en conocimiento. La retención del caso adaptado en la base de casos o el almacenamiento del mismo, se realiza al presionar el botón finalizar, de esta forma el sistema almacena el caso adaptado a la base de casos como nuevo de forma supervisada. Las tablas que recogen la información de los casos se detallan a continuación:

Estructura de la base de casos	
tb_autor: autores de materiales que tratan la HTA.	tb_casos: almacena los casos.
tb_justificacion: justificación de la sugerencia brindada	tb_materiales: materiales acerca de HTA (base de conocimientos centrada en investigaciones)
tb_preguntas: Cuestionario relacionado con los rasgos predictivos (cuadro clínico)	tb_rasgos_predictivos: Rasgos predictivos.
tn_problemas: problemas asociados al rasgo objetivo.	tn_tipo_dato_rasgo_predictivo: almacena el tipo de rasgo predictivo (discreto o continuo), así como la función de similitud a utilizar.
tn_tipopregunta: agrupación lógica del cuadro clínico (Determinantes, Ordinarias,	tn_valores_rasgo_predictivos: Valores que toman los rasgos predictivos.

Complementarias y Adicionales)	
tr_caso_rasgo_objetivo: relación de los casos con los tipos de HTA.	tr_caso_rasgo_predictivos: valores que toman los rasgos predictivos para un caso en específico.
tr_problemas_tratamientos: relación de las clasificaciones de HTA con los distintos tratamientos	tr_rasgo_pregunta: relación de cada rasgo predictivo con un elemento del cuestionario (cuadro clínico)

La tabla tn_problemas posee vínculo con un esquema global del sistema el cual contiene los estándares sanitarios como el Clasificador Internacional de Enfermedades (CIE-10) y el Codificador Internacional para la Atención Primaria de Salud (CIAPS).

2.3.1 Información basada en el conocimiento

Este tipo de información se encuentra organizada dentro de un directorio que contiene materiales actualizados y relacionados con la HTA. Dichos materiales constituyen investigaciones publicadas en artículos, libros, presentaciones, entre otros. Muchos de estos materiales fueron extraídos de las bibliotecas de las unidades de salud visitadas; de esta forma la justificación posee un basamento científico y el médico puede tomar una decisión más acertada.

El sistema propuesto realiza la justificación acerca de la sugerencia diagnóstica sustentándose en dichos materiales (Ver Anexo 13), visualizando el nombre del material, el año en que fue creado, los autores, un fragmento vinculado con la sugerencia diagnóstica, así como la página en que se encuentra el fragmento y finalmente la opción de consultar el material seleccionado.

2.3.2 Requerimientos de interfaz de usuario

Las ventanas del sistema contendrán los datos claros y bien estructurados, además de permitir la interpretación correcta de la información. La interfaz contará con teclas de función y menús desplegables que faciliten y aceleren su utilización. La entrada de datos incorrecta será detectada claramente e informada al usuario. Todos los textos y mensajes en pantalla aparecerán en idioma español, por defecto, aunque incorpora la internacionalización de manera dinámica.

2.3.3 Modelo de Dominio

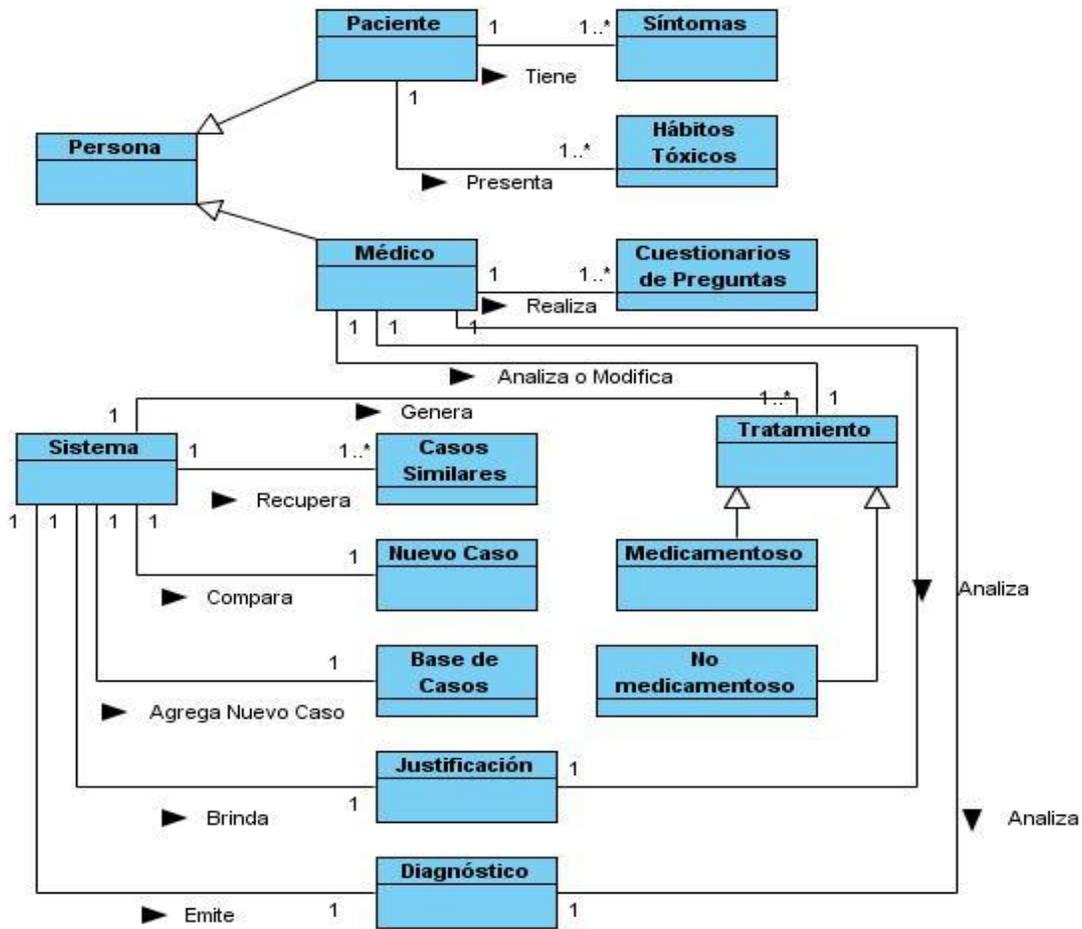


Fig. 10 Modelo de Dominio

2.4 Arquitectura del sistema para la toma de decisiones clínicas

La arquitectura del software es el diseño de más alto nivel de la estructura de un sistema. El sistema para la toma de decisiones clínicas propuesto se apoya en el diseño arquitectónico que ofrece la plataforma JEE5, el cual dota a las aplicaciones de una carácter empresarial como el alas SIAPS, debido al uso de sus bibliotecas y plataformas que incluye ubicadas en las capas (presentación, negocio y datos) que ofrece por defecto. Horizontalmente el marco de trabajo *Jboss Seam* ofrece su de papel integrador en las bibliotecas empleadas.

El diseño arquitectónico además incluye un lenguaje de patrones entre los que se destacan: el *Modelo Vista Controlador* que garantiza una mejor separación lógica de los contenidos, *Observador Observable* para notificar cambios automáticos en otros módulos y el Solterón (*Singleton*) cómo controlado único de las entidades de los datos.

Las reglas del negocio utilizadas pueden ser alteradas sin recompilar la aplicación, ya que el manejo de las mismas es declarativo. El archivo que contiene la funcionalidad para el procesamiento analítico en línea es ubicado en el mismo servidor de aplicaciones, del mismo modo es ubicado el sistema inteligente de manera que ambos se benefician del modo de funcionamiento agrupado (*clustering*) que ofrece el servidor de aplicaciones para lograr seguridad y alta disponibilidad. Los roles, permisos y usuarios creados en el sistema operacional alas SIAPS constituyen personalizaciones que se heredan al sistema propuesto.

2.5 Despliegue del sistema para la toma de decisiones clínicas

El modelo de despliegue es la representación física de los nodos, es un modelo de objetos que describe la distribución física del sistema en términos de cómo se distribuye la funcionalidad entre los nodos de cómputo. Es una colección de nodos y arcos; donde cada nodo representa un recurso de cómputo, normalmente un procesador o un dispositivo de hardware similar.

El sistema para la toma de decisiones clínicas hereda las políticas de codificación y despliegue pautados en la aplicación informática alas SIAPS. El nodo de datos contiene el mercado de datos, así como el nodo de aplicaciones contiene el sistema inteligente y el motor de consultas en línea para dicho mercado. El servidor web sirve como entrada al sistema, de modo que haya un único punto de acceso. El diagrama de despliegue de la solución propuesta es el que se muestra en la figura 12.

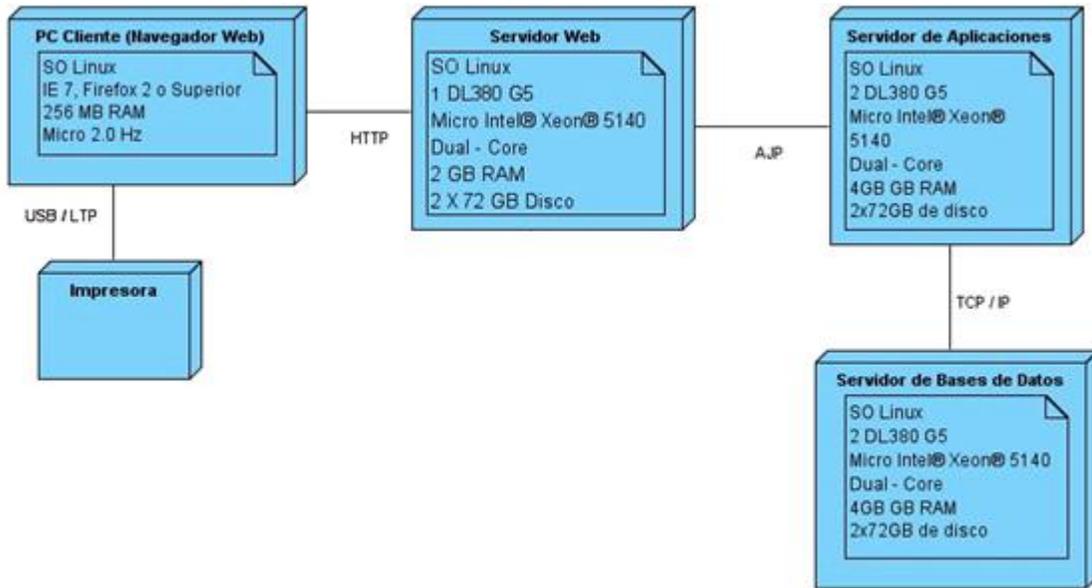


Fig. 11. Despliegue del sistema para la toma de decisiones médicas.

2.6 Conclusiones del Capítulo

En este capítulo se desglosaron en varios epígrafes los elementos que conforman el CDSS propuesto. Se mencionan los requerimientos informacionales obtenidos, las dimensiones y hechos correspondientes, descripción de la arquitectura, así como el análisis de las fuentes de extracción en el desarrollo del Mercado de Datos. Se configuró además el motor de consultas *Mondrian* para su interpretación, así como una personalización de su interfaz de usuario de modo que siga las políticas que dicta el CESIM para el desarrollo de sus aplicaciones. También se creó la funcionalidad que incorpora la técnica basada en casos como pieza especializada en la HTA para el apoyo a la prevención, diagnóstico y tratamiento de la enfermedad.

CAPÍTULO III. VALIDACIÓN DEL COMPONENTE PARA LA TOMA DE DECISIONES CLÍNICAS

En este capítulo, se elabora y aplica una lista de chequeo con el objetivo de evaluar el diseño del mercado de datos, mientras que al sistema inteligente se le aplica la Técnica de Partición de Equivalencias.

3.1 Lista de chequeo

Las listas de chequeo (*checklists*) constituyen un documento que tiene un conjunto de parámetros a medir sobre un aspecto determinado, o sea, regulan y evalúan, basadas en un formulario de preguntas referentes al atributo de calidad que se está probando y de las características del documento en el caso de la documentación. Cada pregunta tiene asociada una evaluación que da una medida del grado de cumplimiento y disponibilidad del indicador evaluado. En la práctica, las listas de chequeo requieren ser integradas a otras técnicas como las entrevistas, las encuestas, entre otras. Correctamente empleadas pueden garantizar el objetivo deseado [34].

3.1.1 Elaboración y evaluación de la lista de chequeo

En la confección de la lista de chequeo se contemplan los indicadores a evaluar durante toda la etapa de diseño del mercado de datos y está compuesta por los siguientes elementos, divididos en tres secciones:

- *Estructura del documento*: abarca todos los aspectos definidos por el expediente de proyecto o el formato establecido por el proyecto.
- *Indicadores definidos*: abarca todos los indicadores a evaluar durante la etapa de desarrollo del mercado.
- *Semántica del documento*: contempla todos los indicadores a evaluar respecto a la ortografía, redacción y otros aspectos de forma y estilo.

Los elementos que conforman la lista son:

- **Peso**: define si el indicador a evaluar es crítico o no.
- **Indicadores a evaluar**: son los indicadores que serán valorados.
- **Evaluación (Eval)**: es la forma de evaluar el indicador en cuestión. El mismo se evalúa de 1 en caso de que exista alguna dificultad sobre el indicador y 0 en caso de que el indicador revisado no presente problemas.

- **N.P. (No Procede):** se usa para especificar que el indicador no es necesario evaluarlo en ese caso.
- **Cantidad de elementos afectados:** especifica la cantidad de errores encontrados sobre el mismo indicador.
- **Comentario:** especifica los señalamientos o sugerencias que quiera incluir la persona que aplica la lista de chequeo. Pueden o no existir señalamientos o sugerencias.

Una vez aplicada la lista de chequeo se detectan los indicadores evaluados de mal y con el objetivo de darles solución se especifican en una tabla de no conformidades, la cual presenta la siguiente estructura:

- **No.:** es un número consecutivo e indica la cantidad de no conformidades identificadas.
- **Elemento de evaluación:** se refiere a un número que identifica al elemento de evaluación para el cual se corresponden los indicadores identificados.
- **No Conformidad (NC):** especifica la no conformidad a la que se refiere.
- **Fase correspondiente:** especifica la fase del procedimiento a la que corresponde la no conformidad encontrada.
- **Significación:** especifica si la no conformidad es o no significativa, dependiendo si el indicador es o no crítico.
- **Recomendación:** especifica si la no conformidad es una recomendación, es decir que no es de obligatorio cumplimiento que se solucione por parte de los diseñadores.
- **Estado NC:** especifica el estado de solución en que se encuentra la no conformidad, puede ser: pendiente o solucionada.
- **Respuesta del equipo de desarrollo:** si es necesario se especifica la respuesta que le da el equipo de desarrollo a la no conformidad.

Se aborta el procedimiento de revisión analizado si:

- Existen al menos dos indicadores críticos evaluados de mal, en la sección Indicadores evaluados, por la etapa que posee la lista de chequeo.

- Más del 50 % de los indicadores a evaluar están evaluados de mal.
- Se mantienen las no conformidades de una revisión a otra.

Se evalúa de regular la calidad del diseño revisado si no cumple los criterios para ser abortado y:

- Incumple con los indicadores críticos a evaluar de las secciones Estructura del documento y Semántica del documento que posee la lista de chequeo.
- Existe al menos un indicador crítico evaluado de mal.
- Existen al menos cinco indicadores no críticos evaluados de mal de la sección Indicadores evaluados por la etapa que posee la lista de chequeo.

El diseño es evaluado de bien si no cumple ninguno de los criterios anteriores y:

- No existe ningún indicador crítico evaluado de mal.
- Si la cantidad de indicadores no críticos evaluados de mal de la sección Indicadores Evaluados por la etapa que posee la lista de chequeo, no es mayor que cuatro.

Estructura del Documento					
Peso	Indicadores a evaluar	Eval	(NP)	Cantidad de elementos afectados	Comentarios
Crítico	¿Los entregables contienen las secciones obligatorias de la plantilla estándar definidas para un expediente de proyecto? (Portada, Control de Versiones, Reglas de Confidencialidad, Tabla de Contenidos y Contenido) (ver Expediente de Proyecto)	0		0	
Indicadores definidos por etapas					
Peso	Indicadores a evaluar	Eval	(NP)	Cantidad de	Comentarios

				elementos afectados	
Crítico	¿La arquitectura satisface las necesidades del proyecto?	0		0	
Crítico	¿La arquitectura soporta el incremento del proyecto?	0		0	
	¿Se utilizó el menor número de transformaciones posibles al cargar los datos hacia el área de trabajo?	0		0	
Crítico	¿Se creó el Modelo Físico a partir del Modelo Lógico?	0		0	
Crítico	¿Cumple la implementación del proceso de ETL con la arquitectura definida?	0		0	
	¿Se tuvo en cuenta los formatos fuentes y tipos de datos de las perspectivas de análisis?		X		
	¿Se realiza una limpieza de los datos antes de realizar la carga de los mismos?	0		0	
	¿Se utilizó un lenguaje cuyas sentencias son expresables mediante una sintaxis bien definida?	0		0	
	¿Se realizó una interfaz amigable para hacer consultas?	1		1	Ninguno de los íconos seguían las pautas de diseño

					trazada
Crítico	¿Los reportes son configurables a través de la interfaz del sistema?	0		0	
	¿El rendimiento de los reportes no se afecta cuando el número de dimensiones del modelo se incrementa?	0		0	
	¿Presenta la capacidad de crear todo tipo de dimensiones con funcionalidades aplicables de una dimensión a otra?	0		0	
	¿La interfaz está orientada a facilitar el uso de las funciones del sistema por parte de los usuarios?	0		0	
Crítico	¿No existen restricciones para construir cubos OLAP con dimensiones y niveles de agregación ilimitados?	0		0	
Crítico	¿Los usuarios son capaces de realizar nuevos reportes?	0		0	
	¿El sistema responde de una forma rápida y veraz a la información que le sea solicitada por el usuario?	0		0	
Crítico	¿El sistema refleja cualquier lógica del	0		0	

	negocio para poder responder a preguntas específicas?				
Crítico	¿El sistema garantiza la confidencialidad y seguridad de acceso a los datos por rol de los usuarios?	0		0	
	¿Los datos e información derivados del proceso de análisis realizado mediante la aplicación, apoyan la toma de decisiones en la Institución?	0		0	
Crítico	¿Los cambios en los datos se reflejan automáticamente en los reportes de forma instantánea?	0		0	
Semántica del Documento					
Peso	Indicadores a evaluar	Eval	(NP)	Cantidad de elementos afectados	Comentarios
Crítico	¿Se han identificado errores ortográficos en los entregables?	0		0	
Crítico	¿Se entiende claramente lo que se ha especificado en el documento?	0		0	
	¿El número de página que aparece en el índice coincide con el contenido que se refleja realmente en	0		0	

	dicha página?				
--	---------------	--	--	--	--

3.1.2 Análisis de la lista de chequeo

El gráfico que se muestra a continuación brinda el comportamiento de los indicadores definidos para la lista de chequeo elaborada. De forma general se identificaron 25 indicadores, de ellos 13 críticos; el diseño es evaluado de Bien, ya que no hubo ningún indicador crítico evaluado de mal, no existieron problemas con los formatos de las plantillas, no se encontraron errores ortográficos en los documentos revisados y la NC generada fue solucionada por el equipo de desarrollo.

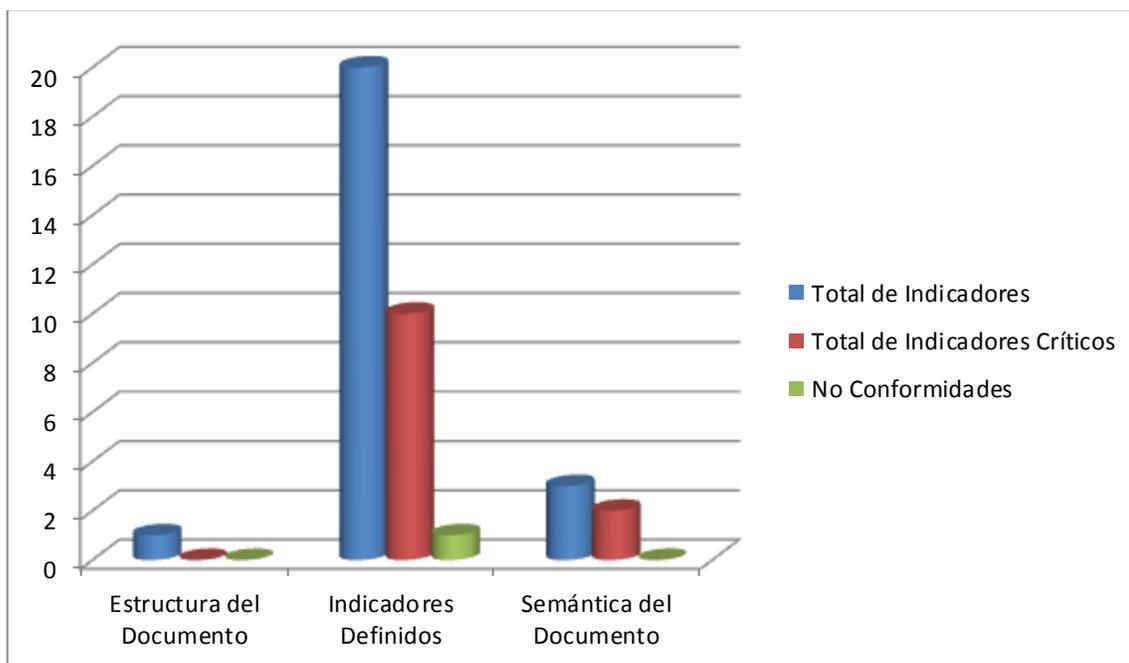


Fig. 23. Comportamiento de indicadores por secciones.

3.2 Pruebas de Caja Negra

Las pruebas de caja negra se llevan a cabo sobre la interfaz del software, y es completamente indiferente al comportamiento interno y la estructura del programa. Estas pruebas se realizan con el objetivo de detectar errores tales como: funciones incorrectas o ausentes, errores de interfaz, errores en estructuras de datos o en accesos a bases de datos externas, errores de rendimiento y errores de inicialización y terminación. Algunas técnicas son [35]:

- *Partición de equivalencia*: La técnica de partición de equivalencia divide el dominio de entrada de un programa en clases de datos de los que se pueden derivar casos de prueba. El diseño de estos casos de prueba para esta partición se basa en la

evaluación de las clases de equivalencia para una condición de entrada. Una clase de equivalencia representa un conjunto de estados válidos o inválidos para condiciones de entrada y regularmente estas condiciones pueden ser un valor numérico, un rango de valores, un conjunto de valores relacionados o una condición lógica.

- *Análisis de valores límites:* Los casos de prueba que exploran las condiciones límites producen mejor resultado que aquellos que no lo hacen. Las condiciones límite son aquellas que se hallan en los márgenes de la clase de equivalencia, tanto de entrada como de salida. La técnica del análisis de valores límites complementa a la de partición equivalente, pues en lugar de centrarse solamente en las condiciones de entrada, deriva los casos de prueba también para el campo de salida.
- *Grafos de causa-efecto:* En este método se debe entender los objetos (objetos de datos, objetos de programa tales como módulos o colecciones de sentencias del lenguaje de programación) que se modelan en el software y las relaciones que conectan a estos objetos. Una vez que se ha llevado a cabo esto, el siguiente paso es definir una serie de pruebas que verifiquen que todos los objetos tienen entre ellos las relaciones esperadas. En este método:
 - Se crea un grafo de objetos importantes y sus relaciones.
 - Se diseña una serie de pruebas que cubran el grafo de manera que se ejerciten todos los objetos y sus relaciones para descubrir errores [35].

Los diseños de casos de prueba se diseñan según la plantilla elaborada por la entidad CALISOF radicada en la UCI. Estos documentos forman parte del expediente de proyecto universitario y encuentra disponible en el sitio web oficial de la entidad.

A continuación se muestran los diseños de casos de prueba elaborados:

3.2.1 Diseño de Casos de Prueba "Cuestionario"

Escenario	Descripción	Cefalea	Tinnitus	Epistaxis	Dolor en	Náuseas	Ardor al	Dolor en	Calambre	Sal	Descomp	Hemoglo	Colestero	Electroca	Antecede	Alcohol	Fumador	Café	Ejercicio	Grasa	HTA	Raza	Lesión	Hipertrofi	Angiotoní	Proteinur	Placas de	Respuesta del sistema	
Datos correctos	Se introduzcan los datos correctamente	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	N	V	V	V	V	V	V	No muestra mensaje porque los datos son correctos.
Datos incorrectos	Se introduce al menos un valor de un campo de texto con caracteres incorrectos	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	I	V	I	V	V	7	V	I	V	V	V	V	La aplicación no permite guardar los datos del paciente

3.2.2 Diseño de caso de pruebas "IMC"

Escenario	Descripción	Variable				Respuesta Esperada	Flujo Central
		Peso (Kg)	Estatura (mts)	Edad	Sexo		
Datos correctos	Se introducen datos correctos.	V	V	V	V	El sistema permite con los datos insertados mostrar la información siguiente: <ul style="list-style-type: none"> Índice de Masa Corporal Clasificación 	1. Autenticarse. 2. Seleccionar la entidad "Policlínico 1 de mayo". Luego seleccionar el módulo Centro para la Toma de Decisiones Médicas de dicha entidad. 3. Seleccionar la opción Cálculo de IMC del Menú Tratamiento de HTA. 4. Presionar el botón Finalizar.
Datos incorrectos	Se introducen al menos un valor incorrecto en un campo de texto.	I	V	V	V	El sistema muestra el siguiente mensaje: "Debe de introducir datos numéricos".	
		V	I	V	V		
		V	V	I	V		
Campos vacíos	Dejar campos de textos obligatorios en					El sistema muestra el siguiente mensaje: "Valor requerido".	

Descripción de las variables

No	Nombre de campo	Clasificación	Valor Nulo	Descripción
1 - 3	Peso (Kg), Estatura (mts), Edad	Campo de texto	No	Este campo solo permite números.
4	Sexo	Campo de selección	No	Este campo permite seleccionar el sexo.

Luego de realizar las pruebas por el grupo de calidad interno, a partir de los diseños de casos de pruebas y usando la técnica de partición de equivalencias, se lograron detectar 9 no conformidades de las cuales ninguna eran de impacto alto.

En un tiempo breve, fueron solucionadas las no conformidades detectadas; las cuales fueron conciliadas con los desarrolladores antes de proceder a la solución de las

mismas. Cumplido este tiempo se realizaron nuevas pruebas de verificación en materia del cumplimiento de estas no conformidades, obteniendo como resultado la liberación para su etapa de despliegue.

3.3 Conclusiones del Capítulo

En el capítulo se realizó la validación del componente para la toma de decisiones clínicas. El procedimiento incluye varias pruebas utilizando listas de chequeo y partición de equivalencias. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- En la aplicación de la lista de chequeo se encontraron una no conformidad.
- En la aplicación de los casos de prueba se encontraron nueve no conformidades.
- Las pruebas de integración fueron satisfactorias.
- Todas las no conformidades fueron resueltas satisfactoriamente.

Queda evidenciado que las piezas o elementos que conforman el componente para la toma de decisiones clínicas, poseen un correcto funcionamiento, vale destacar que el sistema alas SIAPS y por ende este componente aún no se encuentran en fase de despliegue debido a que la unidad de salud 1ro de Mayo destinada a atender las solicitudes del CESIM y ubicada en el municipio Playa, la cual atiende la población más envejecida de Cuba, no tiene la infraestructura informática para soportar el funcionamiento del sistema propuesto.

CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado se ultima que el Sistema para la Toma de Decisiones Clínicas para la Atención Primaria de Salud contará con los mecanismos necesarios para interpretar de una manera más profunda las HCE de los pacientes debido al gran cúmulo de datos basado en el histórico del paciente del cual se alimenta, esto aumentará la experiencia de los involucrados, así como disminuirá el error médico a la hora de emitir diagnósticos. Asimismo ayudará en el diagnóstico y tratamiento en enfermedades muy comunes edades avanzadas como la HTA y que afecta mucho al país.

El sistema se convertirá en un dispositivo medular a la hora de tomar una decisión en materia del cuidado de la salud en los pacientes atendidos parte del médico o la persona designada para ello debido a que:

- Se identificaron los indicadores críticos presentes en las HCE.
- Se realiza el proceso de consulta permitiendo mostrar el comportamiento de los indicadores desde diferentes puntos de vista.
- Se integran las funcionalidades del Sistema para la Toma de Decisiones Clínicas a la aplicación alas-SIAPS.
- Se reducen los errores clínicos, pues el análisis sobre los documentos clínicos es manera detallada y profunda.

RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras versiones de la presente investigación:

- Actualizar el mercado de datos con nuevas dimensiones o indicadores, de esta manera se obtendrá un producto más vigoroso.
- Desplegar los cubos realizados en un servidor de Inteligencia de Negocios (BI Server).
- Incorporar otras técnicas de minería de datos para un mejor esclarecimiento de comportamientos futuros en los pacientes.

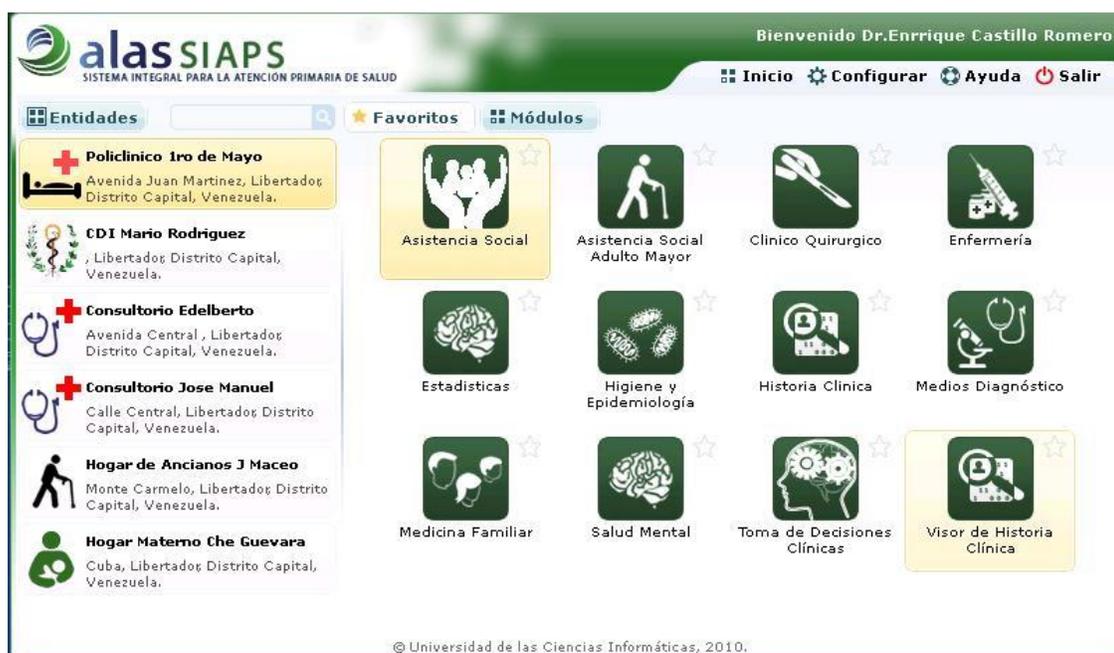
BIBLIOGRAFÍA

1. **CAMILO VALENTÍN ESTRADA AND K. VALDIBIA.** *Proceso de Desarrollo basado en la Arquitectura Orientada a Servicios para el proyecto APS.* Investigación Universidad de las Ciencias Informáticas, 2007.
2. **ALIXANDRA N AND L. EXPÓSITO.** *Diseño de un almacén de datos para el sistema alas-SIAPS.* Desarrollo Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.
3. *Hipertensión Arterial*, 3 de Marzo de 2011. 2011. [Disponible en: <http://www.medicinayprevencion.com/hipertension/hipertension+arterial.htm>]
4. **REBELDE, J.** Diario de la Juventud Cubana. Juventud Rebelde, 26 de Junio 2009.
5. **ARTERIAL, H.** *Hipertensión Arterial.* Hipertensión Arterial, 2011.
6. **CÁRDENAS, M. D. C. C.** *Red Bayesiana a partir de factores de riesgo de la Hipertensión Arterial* 2004.
7. **GUERRA, J. P. A.** *Hipertensión Arterial en la Atención Primaria* [online]. [La Habana]: Ciencias Médicas, 2009 [citado 7 de Abril 2011]. [Disponible en: http://www.ediciona.com/portafolio/document/0/5/6/2/hipertension_para_la_atencion_primaria_de_salud_%28reducido%29_2650.pdf].
8. **BA, H. I.** 2009. Sistemas de Información en los Sistemas de Salud. In *Proceedings of the Soporte para la Toma de Decisiones*, Argentina2009, 38.
9. **ILIANA GUTIÉRREZ MARTÍNEZ, R. E. B. P. Y. A. T. R.** *UN SISTEMA BASADO EN CASOS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE.* REVISTA INVESTIGACION OPERACIONAL, 2002, 23, 19.
10. **ETA S. BERNER, E. D.** *Clinical Decision Support Systems: State of the Art.* 2009, [citado 31 de Octubre 2011], pp. 20. [Disponible en:http://healthit.ahrq.gov/images/jun09cdsreview/09_0069_ef.html].
11. **LYDIA SILVA, B. R.** *CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE APOYO EN LA TOMA DE DECISIONES PARA EL ÁREA GERENCIAL DEL HOSPITAL DE CLÍNICAS.* I+D Universidad de la República, 2000.
12. **CEUSTERS, W.** *standard for time specific problems in healthcare informatics and telematics.* Edtion ed.: Int J Med Inform, 1997.
13. **CADIROLA, D. A.** In *Introducción a la Informática en Salud 2010.* p. 62.
14. **LEONG TZE YUN, P.** 2011. *Clinical Decision Support Systems: Current Trends, Emerging Paradigms.* In Proceedings of, Medical Computing Laboratory. School of Computing. National University of Singapore2011.

15. **DANIEL CAMPELLO, E. V., CARLOS HERNÁNDEZ MARTÍNEZ.** *Red Sinapsis, la historia clínica online*, 2009. [Disponible en: <http://www.calidadyriesgo.es/calidadasistencial/38-red-sinapsis-historia-clinica-online>]
16. **SHIRY, D. S.** 2010. *CLINICAL DECISION SUPPORT (Roap Map)*. In *Proceedings of*, Amirkabir University of Technology. Computer Engineering & Information Technology Department 2010.
17. **MARY DALY, N. P., SENTHIL KUMAR SELVARAJ** 2010. *The Business of Decision Support*. In *Proceedings of*, NorthWestern University 2010.
18. **CABALLERO, M. D. P.** *Hipertensión Arterial*. [online]. [La Habana]: Ciencias Médicas, 2008 [citado]. [Disponible en: <http://www.hospitalameijeiras.sld.cu/hha/mpm/documentos/MED%20INTERNA/GMD/HIPERTENSION%20ARTERIAL%20SECUNDARIA.pdf>].
19. **BA, H. I.** 2010. *Sistemas de Información en los Sistemas de Salud*. In *Proceedings of the Historia Clínica Electrónica*, Argentina 2010, 30.
20. **PRIETO, O. C.** *Sistema Basado en la Experiencia para el Diagnóstico de Enfermedades Avanzadas*. I+D Universidad de las Ciencias Informáticas, 2011.
21. **REPROLINE.** *La toma de decisiones clínicas*, 9 de Julio 2008. 2011. [Disponible en: <http://www.reproline.jhu.edu/spanish/5tools/5presgrp/atschpt4/ats4spg.htm>]
22. **IGNIZIO, J. P.** *An Introduction to Expert System* McGraw-Hill Computer Science 1991.
23. **MARIANELA GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ, J. B. R.** *Sistema Experto para el diagnóstico médico de las enfermedades genéticas con dismorfias (SEGEDIS)*. I+D Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).
24. **LLANES, K. R.** *Sistema Inteligente de Soporte a la Toma de Decisiones*. I+D Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), 2010.
25. **KOLODNER, J. L.** *An Introduction to Case-Based Reasoning* [online]. 1992 [citado]. [Disponible en: http://web.media.mit.edu/~jorkin/generals/papers/Kolodner_case_based_reasoning.pdf].
26. **MÁNTARAS, R. L. D.** *Retrieval, reuse, revision, and retention in case based reasoning* [online]. [Cambridge University]: 2005 [citado]. [Disponible en: <http://digital.csic.es/handle/10261/3007>].
27. **LIO, D. G.** *Sistemas Basados en el Conocimiento*. Edtion ed. Las Villas, 1998.
28. **BERNABEU, R. D.** *DATA WAREHOUSING: Investigación y Sistematización de Conceptos* [online]. [Córdoba, Argentina]: Miércoles 07 de Noviembre de 2007 [citado 3

- de Abril 2011]. [Disponible en: http://www.dataprix.com/files/DWH_Metodologia_HEFESTO-V1.0.pdf].
29. **INMON, W. H.** *Building the Data Warehouse* [online]. Second Edition. [Indianapolis, Indiana]: John Wiley & Son Inc, 2002 [citado 6 de Abril 2011]. [Disponible en: www.wiley.com].
30. **JIMÉNEZ, M. C.** *Almacenes de Datos* 2000, 32.
31. **KIMBALL, R.** *The Data Warehouse Toolkit* [online]. John Wiley & Sons, 1996 [citado]. [Disponible en: http://www.researchandmarkets.com/reports/836576/kimballs_data_warehouse_toolkit_classics_the.pdf].
32. **RAMÍREZ, J. H. O. J. R. Q. C. F.** *RECOPILACIÓN. ALMACENES DE DATOS*. In *Introducción a la Minería de Datos*. p. 651.
33. **SELLAPPAN PALANIAPPAN, C. S. L.** *Clinical Decision Support Using OLAP With Data Mining*. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 2008, VOL.8, 7.
34. **THEMIS PATRICIA DÍAZ MORALES, J. S. B. R.** *Diseño de un Datawarehouse para los Ensayos Clínicos que se gestionan en el Centro de Inmunología Molecular*. I+D Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), 2010.
35. **SÁNCHEZ, C. P. S.** *Sistema de detección de personas duplicadas en un Sistema de Gestión de Información Médica*. I+D Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), 2011.

ANEXOS



Anexo 1. Sistema Integral para la Atención Primaria

Síntomas	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Promedio
Cefalea	9	7	6	5	6.75
Tinnitus	6	7	7	3	5.75
Epitaxis	6	8	6	1	5.25
Dolor en la nuca	7	5	6	6	6
Dolor en el pecho	9	8	5	2	6
Náuseas	3	5	4	1	3.25
Ardor al orinar	2	5	1	1	2.25
Calambre	5	4	2	2	3.25
Asintomático	8	10	9	9	9
Hábitos					
Fumar	9	9	9	2	7.25
Café	8	7	9	2	6.5
Droga, alcohol	9	8	9	3	7.25
Grasa	9	8	9	3	7.25
Sal	9	9	9	2	7.25
Estilos de Vida					
Sedentarismo	8	9	8	5	7.5
Exámenes Complementarios					
Hemoglobina alta	2	8	8	4	5.5
Colesterol alto	8	8	8	3	6.75
Electrocardiograma alto	9	8	8	9	8.5
Descompensación de la presión	10	9	9	9	9.25

arterial					
Lesion OD	7	8	8	8	7.75
Hipertrofia	8	7	6	8	7.25
Angiononía	5	2	3	2	3
Proteinuria	4	4	5	1	3.5
Placas Ateroma	6	5	7	7	6.25
Otros					
Raza	7	7	8	10	8
Antecedentes	9	8	9	2	7
Criterio 1	Edilberto Fernández Cumbá. Especialista MGI 1er grado.				
Criterio 2	Denis Derivet Thareux. Especialista en la APS. MINSAP.				
Criterio 3	Sarisbel Borroto Perello. Especialista MGI 2do grado.				
Criterio 4	Juan Mario Olivera Chirino. Especialista MI 1er grado. Máster en Urgencia y Emergencia.				

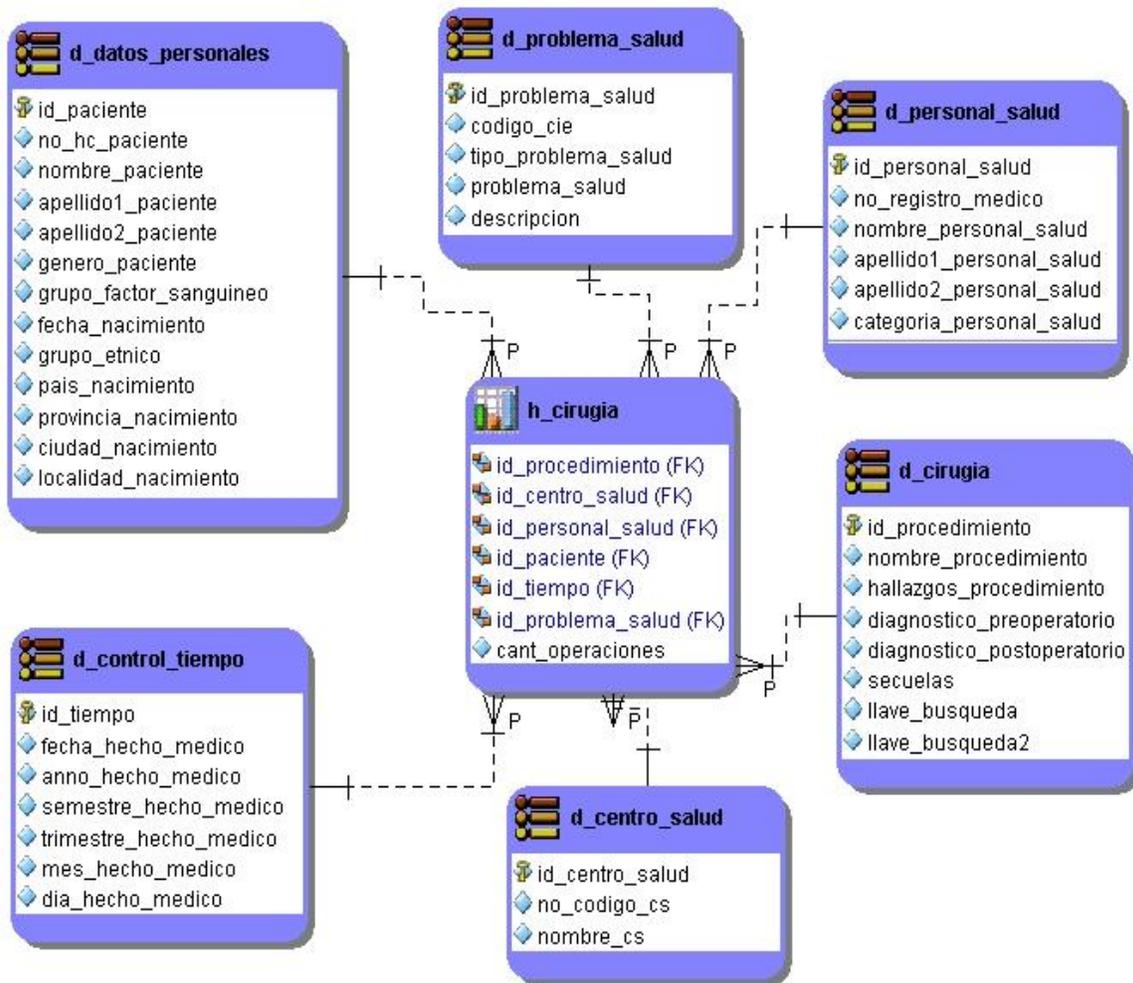
Anexo 2. Pesos según los especialistas encuestados.

```

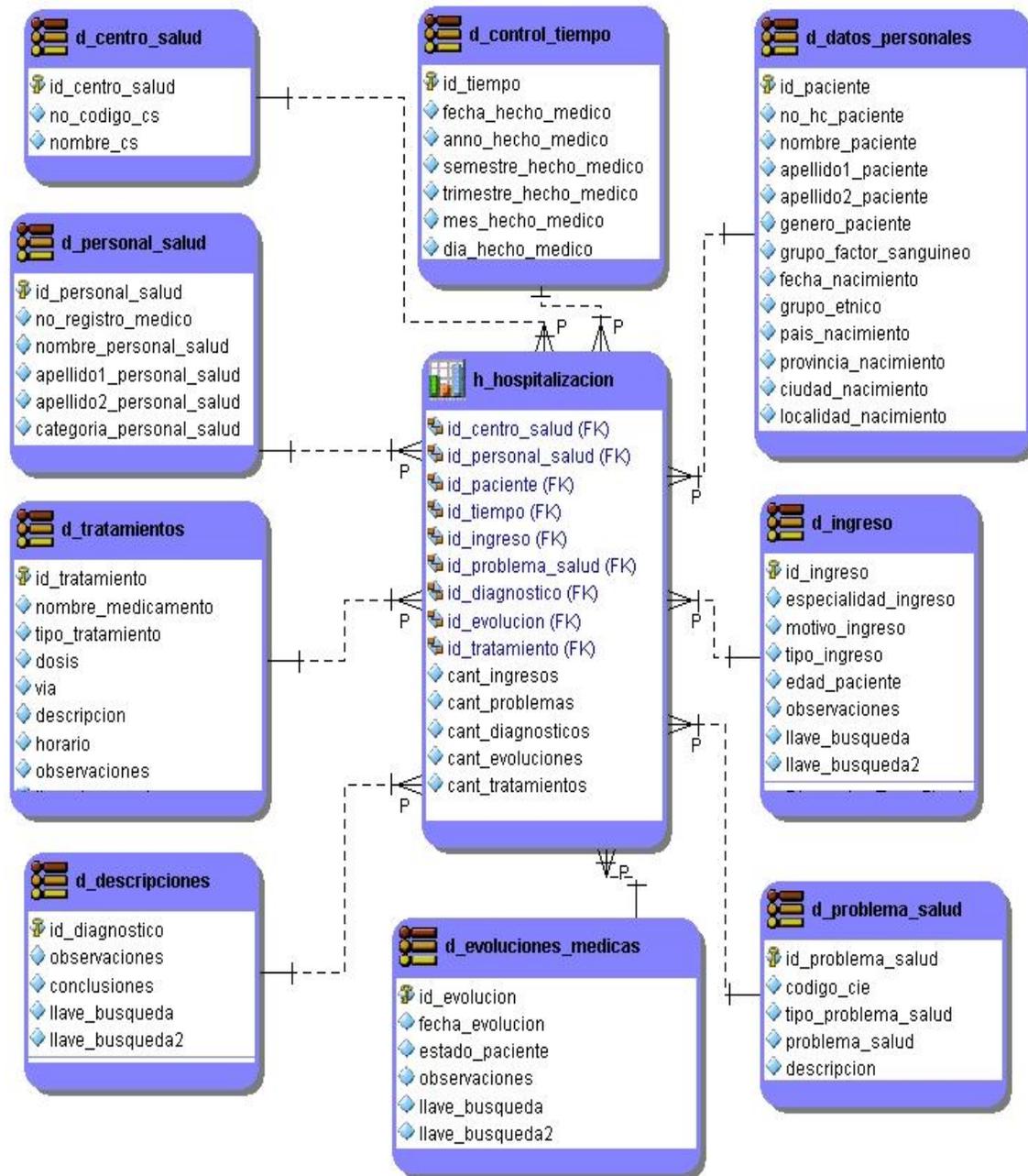
<recordTarget>
<patientRole>
  <id extension="Número de historia clínica del paciente" root="2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3"/>
  <addr>
    <country>Sustituir por el país de residencia</country>
    <state>Sustituir por el estado de residencia</state>
    <city>Sustituir por la ciudad de residencia</city>
    <censusTract>Sustituir por la localidad de residencia</censusTract>
    <streetNameType>Sustituir por el tipo de calle, avenida, etc. </streetNameType>
    <streetNameBase>Nombre de la calle de residencia</streetNameBase>
    <houseNumber>Sustituir por el número de la casa</houseNumber> </addr>
  <telecom value="Sustituir por el número telefónico"/>
  <patient>
    <name>
      <given>Sustituir por el nombre del paciente</given>
      <family>Sustituir por el primer apellido del paciente</family>
      <family>Sustituir por el segundo apellido del paciente</family>
    </name>
    <administrativeGenderCode code="Género del paciente" codeSystem="2.16.840.1.113883.5.1"/>
    <birthTime value="Sustituir por la fecha de nacimiento del paciente"/>
    <maritalStatusCode code="Sustituir por el estado civil" codeSystem="2.16.840.1.113883.5"/>
    <raceCode code="Sustituir por la raza" codeSystem="2.16.840.1.113883.5"/>
    <ethnicGroupCode code="Sustituir por la etnia" codeSystem="2.16.840.1.113883.5"/>
    <birthplace>
      <place>
        <addr>
          <country>Sustituir por el país de nacimiento</country>
          <state>Sustituir por el estado de nacimiento</state>
          <city>Sustituir por la ciudad de nacimiento</city>
          <censusTract>Sustituir por la localidad de nacimiento </censusTract>
          <streetNameType>Sustituir por el tipo de calle, avenida, etc. </streetNameType>
          <streetNameBase>Sustituir por el nombre de la calle de nacimiento </streetNameBase>
          <houseNumber>Sustituir por el número de la casa</houseNumber>
        </addr>
      </place>
    </birthplace>
  </patient>
</patientRole>
</recordTarget>

```

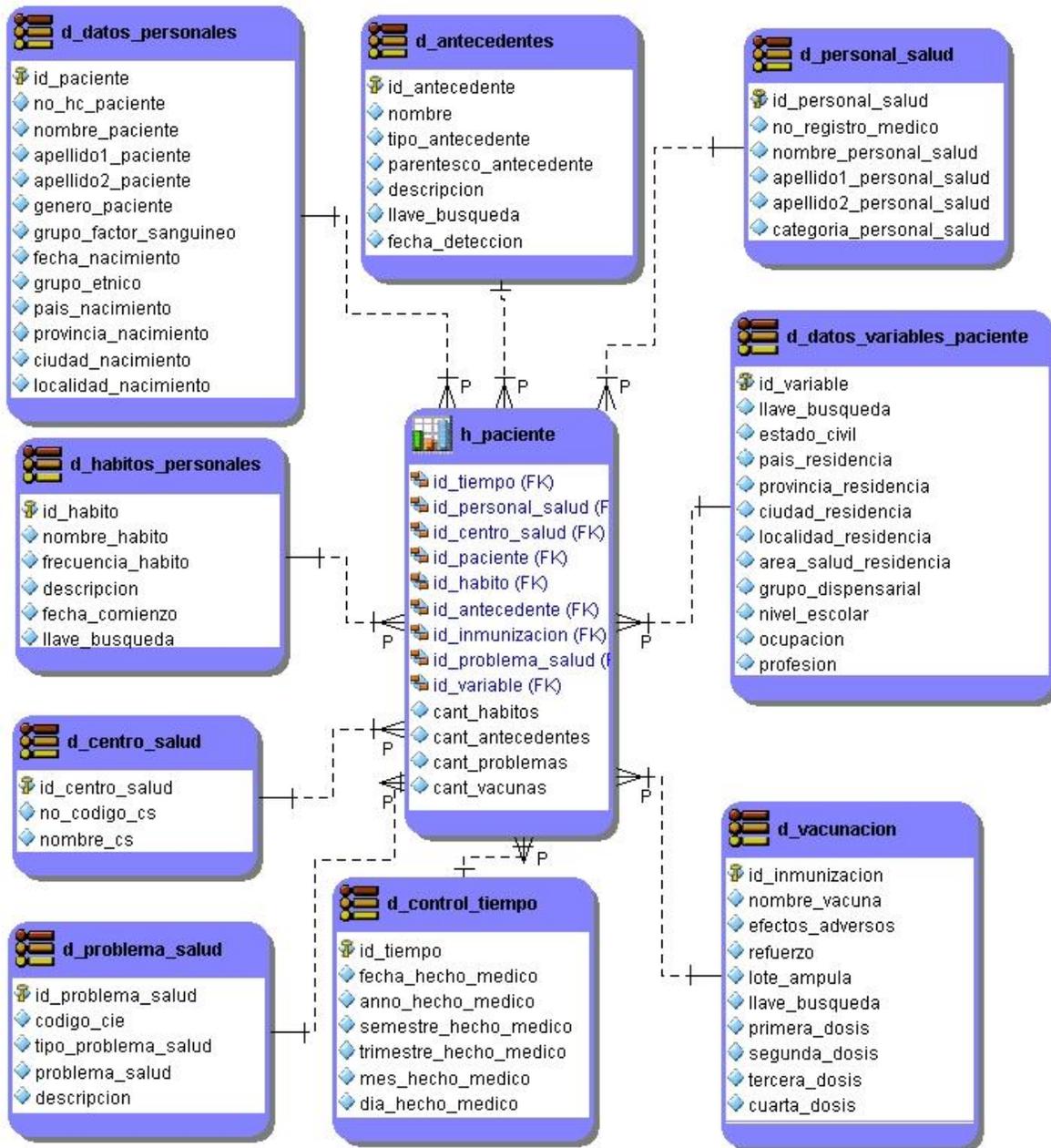
Anexo 3. Elemento recordTarget



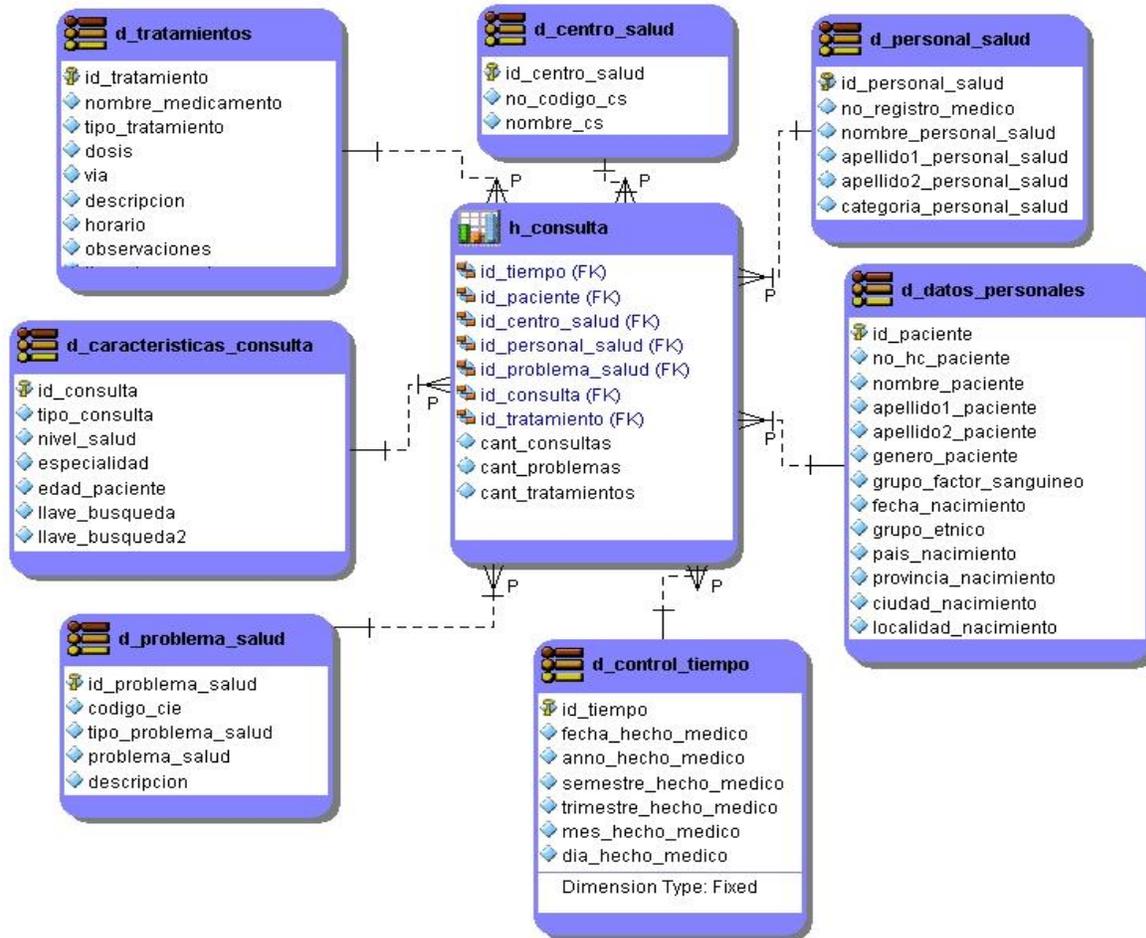
Anexo 4. Modelo lógico cirugía



Anexo 5. Modelo lógico hospitalización



Anexo 6. Modelo lógico paciente



Anexo 7. Modelo lógico consulta

Procesamiento Analítico en Línea

Menú

- ★ Pacientes
- ★ Demográficos
- ★ Hospitalización
- ★ Consultas
- ★ Cirugías

Información

Alas SIAPS-CTDAPS

Un cubo OLAP, OnLine Analytical Processing o procesamiento Analítico En Línea, término acuñado por Edgar Frank Codd de EF Codd & Associates, encargado por Arbor Software (en la actualidad Hyperion Solutions), es una base de datos multidimensional, en la cual el almacenamiento físico de los datos se realiza en un vector multidimensional. Los cubos OLAP se pueden considerar como una ampliación de las dos dimensiones de una hoja de cálculo. Es una solución utilizada en el campo de la llamada Inteligencia empresarial (o Business Intelligence) cuyo objetivo es agilizar la consulta de grandes cantidades de datos.

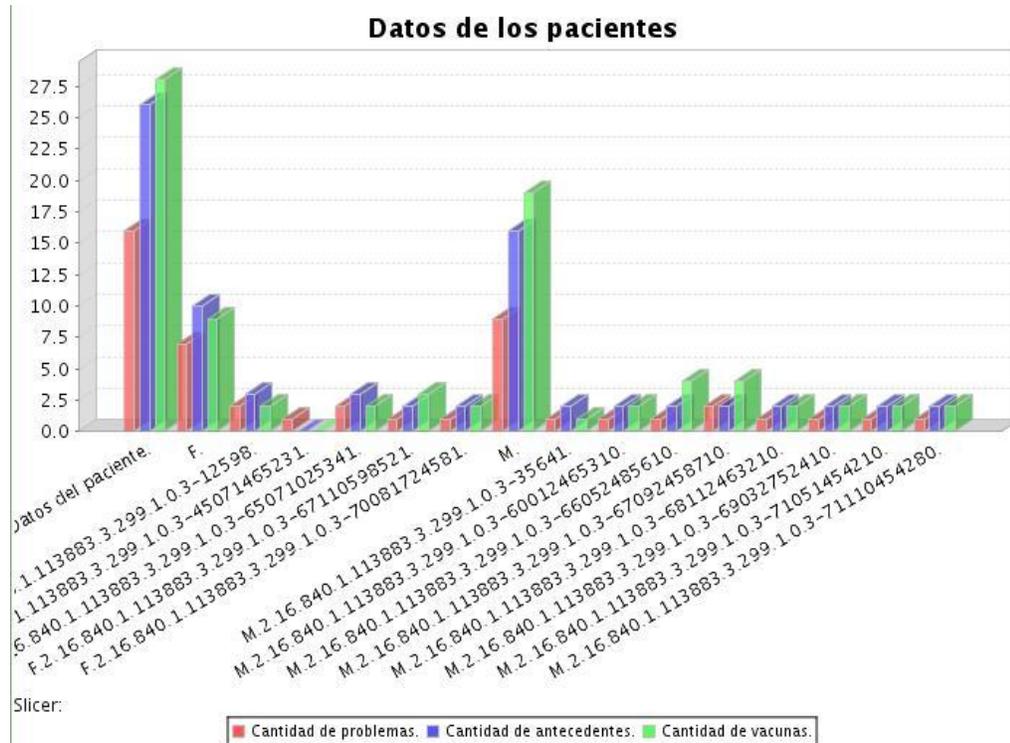
La razón de usar OLAP para las consultas es la rapidez de respuesta. Una base de datos relacional almacena entidades en tablas discretas si han sido normalizadas. Esta estructura es buena en un sistema OLTP pero para las complejas consultas multitabla es relativamente lenta. La principal característica que potencia a OLAP, es que es lo más rápido a la hora de ejecutar sentencias SQL de tipo SELECT, en contraposición con OLTP que es la mejor opción para operaciones de tipo INSERT, UPDATE Y DELETE.

Desde este componente se puede visualizar la distintas dimensiones identificadas que posee la HCE, de manera que se pueda analizar los elementos contenidos en la HCE de una manera rápida y dinámica, permitiendo así poder realizar cruce de criterios médicos.

Anexo 8. Consultas en Líneas a los Cubos

Centro de Toma de Decisiones.		Procesamiento Analítico en Línea		Medidas		
Datos del paciente	Personal de salud	Problemas de Salud	Cantidad de problemas	Cantidad de antecedentes	Cantidad de vacunas	
- Datos del paciente	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	16	26	28	
- F	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	7	10	9	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-12598	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	2	3	2	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-45071465231	- Personal de salud	+ Problemas_Salud	1	0	0	
	- Dr.	+ Problemas_Salud	1	0	0	
	2.16.840.1.113883.3.299.1.0.4-3125-65241	- Problemas_Salud	1	0	0	
		- Higiene y Epidemiología	1	0	0	
		Diabetes Mellitus	1	0	0	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-65071025341	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	2	3	2	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-67110598521	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	1	2	3	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-70081724581	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	1	2	2	
- M	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	9	16	19	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-35641	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	1	2	1	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-60012465310	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	1	2	2	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-66052485610	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	1	2	4	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-67092458710	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	2	2	4	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-68112463210	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	1	2	2	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-69032752410	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	1	2	2	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-71051454210	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	1	2	2	
2.16.840.1.113883.3.299.1.0.3-71110454280	+ Personal de salud	+ Problemas_Salud	1	2	2	

Anexo 9. Consultas Paciente-Problemas de Salud-Personal de Salud



Anexo 10. Gráfico Consultas Paciente-Problemas de Salud-Personal de Salud

Cuestionario

Determinantes >>

Complementarias <<

¿Presenta placas de ateroma arterial (radiografía, ultrasonografía) en carótidas, aorta, ilíacas y femorales?

Sí No

¿Presenta Angiotonía en arterias retinianas?

Sí No

¿Presenta Proteinuria y/o elevación leve de la creatinina (hasta 2 mg/d)?

Sí No

¿Presenta algún aumento en los exámenes de hemoglobina?

Sí No

¿Presenta algún aumento en los exámenes de colesterol es decir mucha grasa en la sangre?

Sí No

¿Presenta alguna alteración en los exámenes de electrocardiograma?

Sí No

¿Usted presenta alguna lesión en algún Órgano Diana (corazón, cerebro, riñon, arterias u ojos)?

Sí No

¿Presenta Hipertrofia ventricular izquierda (palpación, radiografía del tórax, ECG, ecocardiograma)?

Sí No

Ordinarias >>

Adicionales >>

Finalizar

Anexo 11. Cuadro Clínico (Cuestionario)

Listado de Síntomas

Acciones a Realizar:

Codigo CIAP	Problema	Semejanza	Seleccionar
K85	HTA Secundaria	49.23 %	
K86	HTA Primaria	49.21 %	

Detalles del Caso

Usado : 9 veces

Ganado : 0 veces

Perdido : 0 veces

Eficiencia : 0.0 %

Nivel : I

Tratamiento

Anexo 12. Casos semejantes

Justificación

Listado de Materiales

Hipertensión arterial en la atención primaria de salud 2009

Jorge P Alfonso Guerra

Guías para la detección, diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial en el primer nivel de atención 2002

Fernando Ferraro Dobles

Guía de Hipertension Arterial 2004

J. Ramón, Domínguez Sardiña
Manuel, González Paradela
Ma Concepción, Alfaro Alonso
Guillermo Crespo Sabaris
Juan, Rodríguez Fernández
Marta, Pérez García
Margarita

Hipertensión arterial 2004

Abel Cruz

Fundamentación

La tendencia de la mortalidad desde 1970 y hasta 2000 por las tres causas de muerte que se encuentran relacionadas con la hipertensión arterial como factor de riesgo: Enfermedad Isquémica Coronaria, Enfermedad Cerebrovascular y Enfermedad Hipertensiva. La enfermedad cerebrovascular ha mostrado un descenso de 29% en los últimos 30 años, siendo más notable en mujeres: 34% que en hombres: 23%. La EIC por el contrario muestra un claro aumento en hombres y en las mujeres tiende a permanecer estable. Si bien la magnitud de la mortalidad por Enfermedad Hipertensiva aún es baja, preocupa su aumento vertiginoso ya que comprende aquella ocasionada por daño secundario a la hipertensión esencial y la derivada de la hipertensión secundaria. Este panorama parece señalar que si bien el país ha venido mejorando la atención de la hipertensión severa que culmina en un accidente cerebrovascular, no lo ha hecho así frente a los daños crónicos derivados de un mal control en la población de hipertensos.

fragmento ubicado en la página: 6

Anexo 13. Base de datos centrada en investigaciones (Justificación)

Calcule su Índice de Masa Corporal

Peso (kg) : Estatura (mts) : Edad : Sexo :

Resultado:

Índice de Masa Corporal :20.109163
Clasificación :Peso Normal (Saludable)
Peso Ideal :73.899605
Porcentaje de Grasa :39.160995

Anexo 14. Índice de Masa Corporal

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aplicación o Sistema Informático: Programas con los cuales el usuario final interactúa a través de una interfaz y que realizan tareas útiles para éste.

Base de Datos (BD): conjunto de datos almacenados de forma organizada que pertenecen a un mismo contexto.

Business Intelligence (BI): Inteligencia de Negocio, habilidad para transformar los datos en información, y la información en conocimiento.

Componente: Parte modular de un sistema software.

Informatizar: Proceso de aplicar sistemas o equipos informáticos al tratamiento de la información.

MDX: Expresiones Multidimensionales, lenguaje de consulta a bases de datos multidimensionales a cubos OLAP

Modelo conceptual: descripción de alto nivel de la estructura de la base de datos, en la cual la información se representa a través de indicadores y perspectivas.

Modelo lógico: representación de una estructura de datos, que puede procesarse y almacenarse en algún Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD). Posee tres elementos fundamentales: tipología de esquema que será utilizada, tabla de dimensiones y tabla de hechos.

Modelo Multidimensional, basa su funcionalidad en súper consultas que van encaminada a la toma de decisiones.

No conformidad: defecto, error o sugerencia que se le hace al equipo de desarrollo una vez encontrada alguna dificultad en lo que se está evaluando.

Plataforma: Sistema operativo o a sistemas complejos que a su vez sirven para crear programas.

Perspectiva: se refiere a un objeto mediante el cual se quiere examinar un indicador, con el fin de responder a una pregunta planteada.

XML: Lenguaje de Marcas Extensibles, propone como un estándar para el intercambio de información estructurada entre diferentes plataformas.

Policlínico: Unidad de salud donde se brindan servicios médicos a una población geográficamente determinada perteneciente al nivel asistencial de Atención Primaria de Salud.

Subsistema: Agrupación de elementos, de los que algunos constituyen una especificación del comportamiento ofrecido por los elementos contenidos.