

# Proceso de Diseño basado en Casos de Uso para un Datawarehouse Clínico

Ma. Emilia Llorente<sup>1</sup>, Aldo Sigura<sup>1</sup>, Javier Besso<sup>1</sup>, Alejandro Hadad<sup>1,2</sup>, Bartolomé Drozdowicz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Fac. de Ciencia y Tecnología, Univ. Autónoma de Entre Ríos, Ruta 11 - Km. 11, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.

<sup>2</sup> Fac. de Ingeniería, Univ. Nacional de Entre Ríos, Ruta 11 - Km. 10, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.

[mellorente@arnet.com.ar](mailto:mellorente@arnet.com.ar), [bdrozdo@santafe-conicet.gov.ar](mailto:bdrozdo@santafe-conicet.gov.ar)

**Abstract.** Se propone una estrategia de diseño y desarrollo de un DataWarehouse para su aplicación en el apoyo a la toma de decisiones de los profesionales médicos que atienden pacientes diabéticos. Se consideran tres niveles de análisis. El primero centrado en el paciente individual, el segundo relacionado con grupos de pacientes y el tercero con el rendimiento de una institución de salud. Teniendo en cuenta la diversidad de las Fuentes de información asociadas a los pacientes diabéticos y la variabilidad de las características y condiciones de los mismos generalmente los usuarios médicos de un DataWarehouse clínico no tienen perfectamente definido como van a analizar los datos a priori. Como consecuencia de esto se propone un proceso iterativo de diseño a partir de Casos de Uso. Se presentan ejemplos de Casos de Uso como paso inicial del proceso de diseño propuesto; los servicios computacionales que estos generan y su reusabilidad.

**Keywords:** Proceso de Diseño, DataWarehouse Clínico, Casos de Uso, Pacientes Diabéticos.

## 1 Introducción

En el presente trabajo se propone una estrategia de diseño y desarrollo de un Datawarehouse (DW), para el apoyo a la toma de decisiones de profesionales médicos que atienden pacientes diabéticos. Estos pacientes requieren de un control y seguimiento continuo de su estado a través de chequeos periódicos. Por otro lado también tienen una mayor probabilidad de diversas complicaciones, tales como problemas cardíacos, de cicatrización, oftalmológicos, entre otros. Este contexto hace conveniente la integración y procesamiento de la información relacionada con los distintos eventos, mejorando las decisiones asociadas a diagnósticos y tratamientos.

En general la necesidad de lograr una información integrada se ha convertido en una prioridad para los niveles de la toma de decisiones de una organización o proceso. La tecnología acompaña estos requerimientos, por un lado a través de las Bases de Datos (BD) las cuales han permitido una administración más segura y ágil de la información. Por otro lado mediante los DW que permiten satisfacer necesidades particulares, facilitando la integración de la información que generalmente procede de diferentes fuentes de datos. En términos generales, los DW difieren bastante de las BD tradicionales en su estructura, funcionamiento, rendimiento y propósito.

La mayor capacidad de procesamiento de las herramientas y técnicas analíticas ha dado como resultado la posibilidad de almacenar y procesar datos en DW en forma diferente a lo que sucede con las BD [1]. La tecnología de DW permite reunir información histórica de un proceso en un repositorio centralizado.

Para examinar los DW y las BD transaccionales es necesario tener en cuenta los modelos de datos involucrados. El modelo de datos multidimensional es una buena opción para las tecnologías OLAP (On-Line Analytical Processing) y de soporte a la toma de decisiones. Frente a los sistemas multibases de datos, que dan acceso a BD inconexas y en general heterogéneas, un DW es con frecuencia un repositorio integrado de datos provenientes de fuentes diversas, procesados para su almacenamiento en un modelo multidimensional. Los DW suelen mantener series de tiempo y análisis de tendencia, lo que exige disponer de más datos históricos de los que habitualmente contienen generalmente las bases de datos transaccionales.

La información contenida en el DW cambia con menos frecuencia y puede considerarse como tiempo no real con actualización periódica. En los sistemas transaccionales, las transacciones constituyen la unidad y son el agente de cambio de la base de datos. Sin embargo, la información del DW es menos precisa (de grano grueso) y se actualiza de acuerdo a una política elegida con cuidado, y que es generalmente incremental. Las actualizaciones del DW las realiza el componente de adquisición del almacén, que proporciona todo el procesamiento previo necesario [2-4].

Los profesionales encargados de la toma de decisiones emplean herramientas que van desde las consultas paramétricas, pasando por las consultas ad hoc y procesos de minería de datos. Por lo tanto, el componente de acceso del DW debe proporcionar soporte para consultas estructuradas (tanto paramétricas como ad hoc). El conjunto de éstas constituye un entorno de consultas dirigido. La propia minería de datos emplea técnicas procedentes del análisis estadístico y de la inteligencia artificial. El análisis estadístico puede realizarse mediante hojas de cálculo avanzadas ó programas de análisis estadístico. Las técnicas de inteligencia artificial, que pueden incluir los algoritmos genéticos y las redes neuronales, se emplean para clasificación y se utilizan para descubrir conocimientos del DW que puedan ser difíciles de especificar en las consultas.

En lo que refiere al modelado de los datos, el modelo conceptual clásico de los componentes de los DW, no permite el procesamiento de datos segmentados en el tiempo, como por ejemplo la administración de drogas. Esto ocurre porque estos datos poseen una granularidad menor que la básica presente en el modelo conceptual clásico. En general las tareas de modelado para problemática dentro de ámbito médico requiere el preprocesamiento de datos, a fin de contextualizar su contenido informativo y facilitar su interpretación para un proceso de toma de decisiones. Dicho preprocesamiento puede involucrar la aplicación de técnicas para abstracción temporal, generación de índices, extracción de características relevantes, identificación de estados, etc [5-10].

### **1.1 Niveles de Análisis**

Se considera que un DW clínico debe dar soporte al análisis de datos en varios niveles. Para este desarrollo el más bajo es el nivel del paciente individual, donde los datos sobre el mismo se pueden visualizar y analizar, por ejemplo, para encontrar un patrón en el desarrollo de una enfermedad vinculado al mismo. Este nivel de análisis se centra en dar al paciente en particular el mejor tratamiento posible, y por tanto es importante para la práctica de la atención médica.

El siguiente es el nivel de grupo de pacientes, donde los datos sobre el mismo son analizados, por ejemplo, cuando tengan una enfermedad particular asociada. Una aplicación de este nivel es la gestión de la calidad clínica, donde los tratamientos y los resultados son analizados y comparados con las normas, a fin de identificar cómo el proceso de atención se puede mejorar. Este nivel también es de interés en la investigación médica, por lo que es importante desde el punto de vista más científico.

Un nivel más amplio sería el de una empresa/institución de salud, donde clínicos, administradores y especialistas en epidemiología, combinan datos para investigar la calidad, efectividad y eficiencia global de los servicios proporcionados. Este nivel de análisis se centra en el rendimiento general de la institución y es importante desde una perspectiva de gestión.

## **2 Materiales y Métodos**

### **2.1 Diversidad de las Fuentes de Información**

El paciente diabético requiere de un control o seguimiento continuo de su estado a lo largo de toda su vida, a través de chequeos periódicos a realizarse por parte de los profesionales médicos involucrados, toma de datos diarios por el propio paciente en su domicilio y estudios periódicos de laboratorio (estado estable).

Por otro lado, como se indicó anteriormente, estos pacientes tienen una alta probabilidad de tener diversas complicaciones asociadas a su enfermedad crónica tales como problemas cardiacos, de cicatrización, oftalmológicos, etc. (estado

inestable). Estos estados inestables pueden generar eventos críticos que requieran de internaciones en unidad de terapia intensiva y/o en terapia intermedia.

Como resultado de estas situaciones se originan gran cantidad de datos e información (señales, imágenes, etc.) que generalmente se encuentran en forma no vinculada en diferentes ámbitos y formas, lo cual genera dificultades para realizar una interpretación integral de la evolución de estos pacientes a lo largo de periodos prolongados de tiempo.

Las fuentes de información que se consideran son:

- Historias Clínicas (Consultorio, Eventos, Medicamentos)
  - Contenido de las HC de Diabéticos. Tablas y Relaciones
- Datos de Laboratorio
  - Tipos de análisis y/o estudios. Contenido. Tablas y Relaciones
- Datos Recogidos por el paciente en su casa (Ej: Toma de datos de niveles de glucosa en sangre a través de dispositivos portátiles)
- Base de Datos de Imágenes
  - Caso de referencia: Retinopatías Diabéticas. Análisis Evolutivo de la patología, registración de imágenes, etc.
- Internaciones: Sala Común – Terapia Intensiva (ICU). Ingreso – Eventos – Tratamientos – Medicamentos – Análisis – Egreso.
  - Caso de Referencia: Problemas Circulatorios. Planillas de datos del paciente durante las internaciones. Contenidos. Tablas y Relaciones
- Cirugía
- Base de datos de Terapia Intensiva
  - Caso de Referencia: Patologías Cardíacas. Planillas de datos + Señales
  - Contenido: tablas y relaciones + abstracción temporal de las señales
- Base de Datos de Farmacia
  - Medicamentos

También se identifica la importancia de cada fuente de información y el tiempo de actualización de los datos. En este sentido se considera que una de las medidas más importantes para el paciente diabético es el HbA<sub>1c</sub>%, el cual indica el nivel de azúcar en sangre de largo plazo y brinda un buen indicador del estado del paciente durante los meses recientes. Esta medida es tomada aproximadamente cada 3 meses.

## **2.2 Características particulares de un DW clínico.**

Para los DW clínicos resulta conveniente que sean desarrollados sobre arquitecturas de almacenamiento de datos, señales e imágenes, PACS (Picture Archiving and Communication System), HIS (Hospital Information System), etc, donde un gran volumen de imágenes, señales y reportes asociados son adquiridos y almacenados centralmente. La disponibilidad de mensajes de comunicación estándares y software de interfaces como DICOM (Digital Image and Communications in Medicine) y HL7

(Health Level Seven) ayudan a reducir la complejidad de la preparación de los datos y su adquisición.

En un DW clínico se deben involucrar procesos para el procesamiento de imágenes, señales y datos, como ser: registración, extracción y cuantificación de características. También se requiere el modelado de datos de multimedia en variadas formas- texto libre, reportes estructurados, imágenes en 2 o 3 D, capacidad de hacer zoom a las imágenes, señales, datos espectrales, gráficos, video, publicaciones escaneadas, en lugar de datos en formato texto como la mayor parte de las DW empresariales. Deben tener capacidad para buscar cualquier formato de información en forma cualitativa o cuantitativa y no solamente texto estructurado o números en registros.

Los DW clínicos enfatizan la preparación y adquisición de datos con protocolos predefinidos. Además proveen herramientas analíticas y estadísticas para soportar procesos de verificación, donde el usuario hipotetiza sobre relaciones específicas entre datos y luego utiliza estas herramientas para su verificación. Por otro lado los procesos de Minería de Datos utilizan métodos de descubrimiento, tales como algoritmos de pattern matching y otros para determinar importantes relaciones entre los datos, desconocidos a priori. Estos dos procesos son complementarios.

### 2.3 Metodologías

Teniendo en cuenta la diversidad de las fuentes de información y la variabilidad de las características y condiciones de los pacientes diabéticos, generalmente los usuarios médicos de un DW clínico, como el propuesto en este trabajo, no tienen perfectamente definidos como van a analizar los datos y por lo tanto resulta casi imposible comenzar su diseño conociendo todos los requerimientos a priori [11]. En consecuencia en un proyecto de DW clínico puede resultar necesario implementar para su diseño un análisis del tipo iterativo. Un objetivo de estos DW es ser lo suficientemente flexibles para tratar con estos cambios, esto conlleva a considerar un proceso de diseño iterativo diferente al proceso incremental, aún cuando este último sea el más convencional.

Para resaltar las diferencias y similitudes de ambos procesos, describiremos primero el proceso incremental en etapas.

*Definición de los requerimientos de información:* Analizar las necesidades y comprender las ventajas que este sistema puede reportar, con el fin de definir todos los requerimientos que puedan tener los usuarios del mismo.

*Diseño y modelización:* Los requerimientos de información identificados durante la anterior fase proporcionarán las bases para realizar el diseño y la modelización del DW. En esta fase se identificarán las fuentes de los datos (sistema operacional, fuentes externas) y las transformaciones necesarias para, a partir de dichas fuentes, obtener el modelo lógico de datos del DW. Este modelo estará formado por entidades y relaciones que permitirán resolver las necesidades de negocio de la organización. El modelo lógico se traducirá posteriormente en el modelo físico de datos que se

almacenará en el DW y que definirá la arquitectura de almacenamiento del mismo adaptándose al tipo de uso que se realice. La mayor parte de estas definiciones de los datos del DW estarán almacenadas en los metadatos y formarán parte del mismo.

*Implementación:* La implantación de un DW lleva implícitos la extracción de datos del sistema operacional, a su vez la carga debe ser planificada con una periodicidad que se adaptará a las necesidades detectadas durante las fases de diseño del nuevo sistema y el uso del DW mediante diversas técnicas, dependiendo del tipo de aplicación que se de a los datos, como por ejemplo On-line analytical processing (OLAP), Query & Reporting, Executive Information System (EIS) ó información de gestión, Decision Support Systems (DSS), Visualización de la información, Minería de Datos, etc.

*Revisión:* La construcción del DW no finaliza con la implantación del mismo, sino que es una tarea incremental en la que se trata de expandir su alcance aprendiendo de las experiencias anteriores. Después de implantarse, debería realizarse una revisión del DW planteando preguntas que permitan, después de los seis o nueve meses posteriores a su puesta en marcha, definir cuáles serían los aspectos a mejorar o potenciar en función de la utilización que se haga del nuevo sistema.

Para el contexto propuesto en este trabajo estas etapas se ven afectadas por el desconocimiento de los requerimientos a priori, debido a que incide en las formas de evaluación de cada una de ellas. Teniendo en cuenta esto se propone como punto de partida para formalizar el proceso de análisis y diseño iterativo basado en objetos, crear un modelo lógico de la solución, transformando conceptos propios del dominio (imágenes médicas, datos de laboratorio, etc). Se crean *Casos de Uso (CU)* para resumir los escenarios operacionales que muestran a los usuarios médicos utilizando el sistema para completar ciertas tareas. Dichos *CU* son utilizados para desarrollar servicios computacionales que soporten los mismos. Este proceso consiste en ciclos iterativos de desarrollo, cada uno de los cuales tiene sus propias fases de análisis, diseño y construcción.

Un *CU* es un documento narrativo que describe cómo un usuario utiliza el sistema para completar una tarea específica. Los modelos del dominio son construidos en base a los *CU*, para mostrar cómo el Sistema puede funcionar en un nivel lógico para completar todas las tareas del *CU*. Los *CU* no sólo son utilizados como la base del diseño, sino que también son utilizados para evaluar que tan bien el sistema cumple con las expectativas del usuario. También se pueden definir relaciones entre los diferentes *CU*.

En este proceso se utilizará el lenguaje UML, usado para describir los conceptos de objetos del sistema. De esta manera junto a los procesos de análisis y desarrollo, la documentación del sistema es desarrollada en paralelo. La ventaja de utilizar un lenguaje formal como el UML esta soportada por el proceso iterativo y la creación de módulos encapsulados de software, que pueden ser reutilizados en el futuro.

Otra ventaja del lenguaje UML es que crea estándares de comunicaciones y un consistente método para crear documentación incremental. Por ejemplo HL7 puede adoptar UML como un lenguaje formal de modelado.

Teniendo en cuenta que lo propuesto en este trabajo forma parte de las actividades contenidas en el Proyecto de Investigación “Sistema de Soporte a la Toma de decisiones basado en Datawarehouse para pacientes diabéticos”, que se encuentra en su primer etapa de desarrollo, los resultados de este trabajo son: la propuesta de metodología basado en Casos que se describió en este punto; su comparación con la metodología de diseño mas tradicional; algunos ejemplos de *CU* como paso inicial del proceso de diseño propuesto; los servicios computacionales que estos generan y los aspectos de reusabilidad de los mismos, aspectos estos que se describen en el punto siguiente.

### 3 Resultados

Dado que únicamente algunos de los requerimientos de proceso de la información pueden conocerse antes de comenzar, se debe utilizar una forma de desarrollo del DW que es diferente del ciclo de vida tradicional para el diseño y desarrollo de un DW.

Se propone un *Ciclo de Vida Iterativo*:

Consiste de una repetición de varios ciclos de vida en cascada, con las siguientes características:

- Al final de cada ciclo se entrega una versión completa del software mejorada respecto a la anterior.
- Los ciclos se repiten hasta obtener un producto satisfactorio.
- Los usuarios deben evaluar el producto en cada iteración.
- Se suele aplicar en desarrollos en los que los requisitos no están claros, las primeras versiones pueden ser prototipos, que generalmente son descartados.

Para el proceso iterativo propuesto se tendrán en consideración dos criterios para definir un ciclo de vida. Por un lado el obtener un prototipo rápidamente a fin de ir validando las diferentes partes generadas para dar soporte a los casos de uso. Por otro lado se considerará que durante la incorporación de nuevos CU no se generen nuevos SC o que los pocos que se generen no modifiquen significativamente el modelo lógico. Estos criterios se tomarán en cuenta para ampliar el ciclo de iteración. En primera instancia la iteración se realiza entre las primeras dos etapas (Definición – Diseño y Modelización). Luego en función de estos criterios se incorpora también la etapa de Implementación. A continuación, al igual que en el proceso incremental, cuando dicha Implementación se encuentre en condiciones de ser operacional, y luego de un tiempo de uso se procederá a la Revisión.

Se describe a continuación un Ciclo del proceso iterativo propuesto.

*Ejemplos de Casos de Uso*

- o 1er CU: Recuperar dos imágenes realizadas al mismo paciente en tiempos diferentes (Tabla 1).

- 2do CU: Comparar estas imágenes para detectar diferencias en alguna evolución de la patología y mostrar al usuario las imágenes crudas y los resultados de la comparación (Tabla 2).
- 3er CU: Realizar un proceso estadístico para un grupo de pacientes que comparten condiciones patológicas equivalentes (Tabla 3).

Se considera que el DW está implementado sobre un sistema PACS de almacenamiento de imágenes, donde la comunicación en ambientes de red es la parte medular para el diseño de aplicaciones y se apoya en el protocolo DICOM para la gestión de la imagen diagnóstica.

**Tabla 1.** 1er Caso de Uso: Recuperación de Imágenes.

<b>Caso de Uso: Recuperación de Imágenes</b>
<b>Objetivo:</b> Recuperar dos imágenes realizadas al mismo paciente en tiempos diferentes.
<b>Contexto:</b> La identidad del médico y sus privilegios de acceso han sido validados
<b>Actores:</b> Médico
<b>Recursos:</b> El PACS y el DataWarehouse están accesibles
<b>Episodios:</b> Acción del Actor → Responsabilidades del sistema <i>a. El médico ingresa el nombre del paciente (o nro de registro) → <b>Listar los estudios</b> según el paciente</i> <i>b. El médico elige el tipo de estudio → <b>Listar los estudios</b> según el paciente y el tipo de estudio, indicando el momento de realización de cada uno</i> <i>c. El médico selecciona una o más imágenes → <b>Transferir las imágenes</b> a la computadora cliente</i>

**Tabla 2.** 2do Caso de Uso: Comparación de Imágenes.

<b>Caso de uso: Comparación de Imágenes</b>
<b>Objetivo:</b> Comparar imágenes para detectar diferencias en alguna evolución de la patología y mostrar al usuario las imágenes crudas y los resultados de la comparación
<b>Contexto:</b> La identidad del médico y sus privilegios de acceso han sido validados
<b>Actores:</b> Médico
<b>Recursos:</b> El PACS y el DataWarehouse están accesibles
<b>Episodios:</b> Acción del Actor → Responsabilidades del sistema <i>a. El médico ingresa el nombre del paciente (o nro de registro) → <b>Listar los estudios</b> según el paciente.</i> <i>b. El médico elige el tipo de estudio → <b>Listar los estudios</b> según el paciente y el tipo de estudio, indicando el momento de realización de cada uno</i> <i>c. El médico selecciona dos o más imágenes → <b>Transferir las imágenes</b> a la computadora cliente</i> <i>d – El médico elige dos imágenes para comparar → <b>Ejecutar el método de comparación, Generar Imagen resultado</b> de la comparación y <b>Transferir imagen resultado</b> a la computadora cliente</i>



**Tabla 3.** 3er Caso de Uso: Análisis de un Grupo de Pacientes.

<b>Caso de Uso: Análisis de un Grupo de Pacientes</b>
<b>Objetivo:</b> Estadística para un grupo de pacientes que comparten condiciones patológicas equivalentes.
<b>Contexto:</b> La identidad del médico y sus privilegios de acceso han sido validados
<b>Actores:</b> Médico
<b>Recursos:</b> El PACS y el DataWarehouse están accesibles
<p><b>Episodios:</b> Acción del Actor → Responsabilidades del sistema</p> <p>a. El médico ingresa el nombre o selecciona una patología nomenclada según una clasificación estandarizada (CIE9, CIE10, SNOMED, etc.) → <b>Listar los estudios</b> asociados a dicha patología indicando la severidad de la enfermedad diabética al momento del último estudio</p> <p>b. El médico elige el grupo de pacientes diabéticos con mayor nivel de severidad → <b>Listar los estudios</b> según los pacientes pertenecientes a este grupo</p> <p>c. El médico selecciona, dentro del último grupo, los estudios realizados cuando el nivel de severidad diferente → <b>Listar los estudios</b> según el nivel de severidad</p> <p>d. El médico busca los estudios más frecuentes según el nivel de severidad elegido → <b>Ejecutar el método estadístico estándar</b>, y <b>Transferir resultado</b> a la computadora cliente</p>

Los diferentes *CU* presentados corresponden a tareas de diferente complejidad realizadas por el actor considerado en primera instancia (el médico), desde el rol habitual de atención al paciente, hasta un análisis que involucre grupos de pacientes centrándose en el análisis de, por ejemplo, una patología de interés.

Desde el primer *CU* se puede ver como se van definiendo los *SC*, alguno de los cuales luego pueden ser reutilizados en conjunto con nuevos *SC* en *CU* de mayor complejidad, tal es el caso del *SC Listar Estudios* el cual se define a partir del primer caso de uso y luego es reutilizado en los siguientes. En el caso del *SC Transferir Imágenes* este también se define en el primer *CU* y luego se reutiliza en el segundo *CU*.

## 4 Conclusiones

En este trabajo se presenta una estrategia de diseño iterativa a partir de características propias del dominio, basada en Casos de Uso. En dicha estrategia se introducen criterios para modificar las etapas componentes de dichas iteraciones. Se presentaron casos de uso elementales del dominio, a fin de evidenciar la factibilidad de esta estrategia para dirigir el diseño. Se resalta la reusabilidad de los *SC* generados por los casos de uso como parte de los criterios para guiar el diseño. El hecho de considerar los *SC* generados en la incorporación de cada *CU*, permite realizar iteraciones entre las etapas de *Definición de los requerimientos – Diseño y Modelización* a fin de llegar a un modelo consistente previo a un ciclo de implementación. Esto reduce el esfuerzo de desarrollo al no implementar modelos lógicos incompletos.

## Referencias

1. Elmasri-Navathe. Fundamentos de Sistemas de Bases de Datos, 3ra Edición, Addison Wesley, 2000
2. Jose-Norberto Mazón, Jens Lechtenbörger, Juan Trujillo. A survey on summarizability issues in multidimensional modeling. *Data & Knowledge Engineering*, Volume 68, Issue 12, December 2009, Pages 1452-1469.
3. Jason A. Lyman, Kenneth Scully, James H. Harrison Jr. The Development of Health Care Data Warehouses to Support Data Mining. *Clinics in Laboratory Medicine*, Volume 28, Issue 1, March 2008, Pages 55-71.
4. Elisabeth Métais, Zoubida Kedad, Isabelle Comyn-Wattiau, Mokrane Bouzeghoub. Using linguistic knowledge in view integration: Toward a third generation of tools. *Data & Knowledge Engineering*, Volume 23, Issue 1, June 1997, Pages 59-78.
5. A. Hadad, D. Evin, B. Drozdowicz, O. Chiotti. Temporal Abstraction for the Analysis of Intensive Care Information. *Journal of Physics: Conference Series*. Volume 90, 2007. ISSN: 1742-6596
6. Adrián Salvatelli, Gustavo Bizai, Gisela Barbosa, Bartolomé Drozdowicz, Claudio Delrieux. A Comparative Analysis of Preprocessing Techniques in Colour Retinal Images, *Journal of Physics-Conferences Series (JPCS)*. Noviembre de 2007.
7. N. Londoño, G. Bizai, B. Drozdowicz. Implementación y aplicación de algoritmos Retinex al preprocesamiento de imágenes de retinografía color. *Revista Ingeniería Biomédica*. Volumen 3. Páginas 36-43. ISSN 1909 – 9762.
8. Alejandro Hadad. Modelos de seguimiento para la supervisión de procesos complejos en aplicaciones biomédicas. Encuentro Internacional de Investigación en Ingeniería de Sistemas e Informática. Tunja, Colombia, 6 al 8 de Octubre de 2010.
9. Diego Evin, Alejandro Hadad, Mauro Martina, Bartolomé Drozdowicz. Predicción de estados de hipotensión empleando Modelos Ocultos de Markov. Encuentro Internacional de Investigación en Ingeniería de Sistemas e Informática. Tunja, Colombia, 6 al 8 de Octubre de 2010.
10. Alejandro J. Hadad. Sistemas de soporte a la toma de decisiones en aplicaciones biomédicas. III Congreso Latinoamericano de Ingeniería de Sistemas e Informática. Cochabamba, Bolivia, 28 al 30 de abril de 2010
11. Wong S, Hoo K, Knowlton R, et al. Design and applications of a multimodality image data warehouse framework. *J Am Med Inform Assoc*. 2002;9:239–254.
12. Martín Fowler. *UML Distilled: a brief guide to the standard object modeling language*. 3ra Edición. Addison Wesley, 2003.