



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Diseño, Desarrollo e Implementación de un Sistema de Manejo de Historias Clínicas para Consulta Externa

Leonel Bernabé Zambrano ⁽¹⁾, Marco Prieto Salgado ⁽²⁾, Jorge Terán Franco ⁽³⁾, Matteo Silva ⁽⁴⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
leonelbernabe35@gmail.com ⁽¹⁾, marcofran17@hotmail.com ⁽²⁾, daginton@hotmail.com ⁽³⁾
Politecnico di Milano ⁽⁴⁾, Master of Science in Computer Engineering ⁽⁴⁾, matteo.silva@webratio.com ⁽⁴⁾

Resumen

En este trabajo se presenta el proyecto que consiste en el desarrollo de un sistema de manejo de historias clínicas para consulta externa que utilice los formatos de los formularios del Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

La tecnología usada en nuestro proyecto se basa en el modelado en 2 capas mediante los lenguajes BPMN y WebML, permitiendo acelerar el proceso de desarrollo de aplicaciones, posee una excelente integración al momento de sincronizar el programa, permite realizar un prototipo del sistema de forma rápida y sencilla en vez de un sistema desarrollado en cascada.

Palabras Clave: *Desarrollo, Tecnología, BPMN, WebML, MDD, MDE, Cascada.*

Abstract

This paper shows a project which consist in the development of a management system for outpatient medical records using the formats and forms from the Ecuadorian Ministry of Public Health.

The technology used in our project is based on the two layers modeling using BPMN and WebML languages, allowing accelerating the process of the application development, it has an excellent integration at the time of synchronize the program and allows to make a prototype system faster than a simple system developed in cascade.

Key Words: *Development, Technology, BPMN, WebML, MDD, MDE, Cascade.*

1. Introducción

Este trabajo presenta el modelado de un sistema en 2 capas mediante los lenguajes BPMN y WebML, para producir aplicaciones web dinámicas independientes de la plataforma.

El documento está organizado de la siguiente forma: la sección 2 trata sobre el planteamiento del problema, objetivos y alcance, sección 3 discute sobre el marco teórico: desarrollo dirigido por modelos, lenguajes y herramientas, sección 4 ilustra sobre el análisis y diseño de la aplicación, sección 5 describe el desarrollo e implementación del sistema.

2. Planteamiento

2.1. Definición del Problema

En la actualidad muchos centros médicos almacenan el historial clínico de los pacientes en archivos digitales o en hojas de papel, para lo cual nos impide realizar una búsqueda de información de manera rápida y oportuna.

Al ver esta oportunidad, una prestigiosa empresa dedicada al desarrollo de software ha implementado un programa que almacena el historial clínico de los pacientes, que está siendo utilizado por algunos centros médicos.

Esta aplicación está instalada bajo un conjunto de subsistemas denominado LAMP que se refiere a la primera letra Linux, Apache, MySQL y PHP. Y se desea que esta herramienta sea migrada a una mejor tecnología.

2.2. Objetivos

El objetivo general de este proyecto es modelar y generar una aplicación usando la notación BPMN porque nos permite realizar un mejor uso de la gestión de procesos para la reserva de citas médicas y consulta externa.

Posteriormente definir el modelo WebML, porque provee un lenguaje de modelado que nos permite el diseño e implementación de los flujos de interacción de los usuarios por cada tarea definida en los procesos BPM con alta calidad en un menor tiempo de desarrollo.

Mejorar la eficiencia de gestión, facilidad de uso, disminuir el tiempo que le toma al atender a un paciente en consulta externa y así mejorar la práctica médica.

Crear un sistema flexible y confiable para almacenar la información de las historias clínicas de los pacientes.

2.3. Alcance

El sistema migrado (DrWebML) permite el registro de pacientes, recibe la información de si dispone de una fecha y entrega la reserva de cada una de las citas, permitiendo la asignación del paciente indicado y todo el proceso de la consulta externa de acuerdo a los requerimientos legales del Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Este sistema no maneja información relacionada con hospitalización ni tampoco información financiera o contable, se restringe su ámbito a lo relacionado con la práctica médica.

3. Marco Teórico

3.1. Desarrollo dirigido por modelo

El Desarrollo Dirigido por Modelo contiene una metodología y lenguajes que pueden ayudar a potenciar su capacidad productiva de un negocio. (1)

Al desarrollar aplicaciones con el enfoque DDM nos permite obtener grandes beneficios tales como la productividad, la portabilidad y el mantenimiento. (2)

3.1.1. Ciclo de vida del desarrollo

A continuación se detalla las consecuencias que tiene el ciclo de vida del desarrollo según el enfoque DDM: (3)

- Invertir un mayor tiempo en el análisis y diseño de los modelos.
- Reduce el tiempo para realizar tareas de codificación.
- Mayor calidad en el código.
- Incrementa la productividad.
- Mejora la portabilidad.

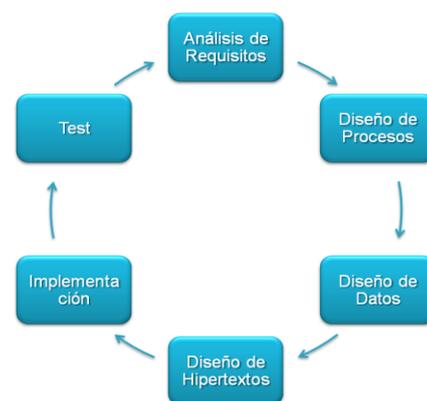


Figura 3.1. Ciclo de vida de desarrollo

3.2. Lenguajes

3.2.1. BPMN

BPMN es una notación gráfica que permite el modelado de procesos de negocios, especialmente el flujo de trabajo. (4)

BPMN define un Diagrama de Procesos de Negocio de sus siglas en Inglés BPD (Business Process Diagram) que facilita el modelado de procesos (5) e incluye 4 categorías básicas de elementos gráficos que se muestra a continuación en Figura 3.2. (6)

Categoría	Elemento	Descripción	Gráfica
Objetos de Flujo	Evento	Es algo que sucede durante el curso del proceso de negocio. Afectan al flujo del proceso. Normalmente tienen una causa (disparador) o un impacto (resultado). Dependiendo de cuando afectan al flujo serán eventos iniciales, intermedios o finales.	
	Actividad	Es un término genérico para el trabajo que realiza una compañía. Puede ser atómica (tarea) o compuesta (sub-proceso). Para indicar la no atomicidad se coloca un signo + en la esquina del símbolo de actividad.	
	Gateway	Se utiliza para controlar la convergencia o divergencia de flujos. Representa una decisión para mezclar o unir caminos.	
Objetos Conectores	Secuencia	Se utiliza para mostrar el orden o secuencia en que las actividades se realizan en un proceso	
	Mensaje	Se utiliza para mostrar el flujo de mensajes entre dos participantes separados.	
	Asociación	Se utiliza para mostrar entradas y salidas de actividades.	
Swimlanes	Pool	Representa un participante en un proceso. Actúa como contenedor gráfico para particionar un conjunto de actividades.	
	Lane	Es una sub-partición dentro de un pool y puede extenderse a todo lo largo o ancho del pool. Se utilizan para organizar y categorizar actividades.	
Artefactos	Objeto de Datos	Mecanismo para mostrar como los datos son requeridos y producidos por las actividades. Se conectan a las actividades por asociaciones.	
	Grupo	Se utiliza para documentación o para propósitos de análisis, pero no afecta al Flujo de Secuencias	
	Anotación	Mecanismo para que quien esta modelando provea información adicional para el lector del diagrama.	

Figura 3.2. Elementos BPMN

3.2.2. WebML

WebML es un lenguaje modelado de alto nivel que proporciona un planteamiento estructurado para el diseño de sitios web con uso intensivo de datos. (5)

WebML permite describir un sitio web desde varios puntos de vista como son:

- Modelo Conceptual (7)
- Modelo del Hipertexto
 - o Modelo de Composición
 - o Modelo de Navegación
- Modelo de Presentación
- Modelo de Personalización

3.3. Herramientas

3.3.1. WebRatio

WebRatio es un entorno de desarrollo dirigido por modelos que permite crear aplicaciones empresariales que funcionan en ambiente Web. Utilizando para ello la notación BPMN2.0 y el lenguaje WebML, y la generación de código que es compatible con la arquitectura JEE/Java permitiendo ser instaladas en cualquier entorno operativo y la aplicación administrada puede apoyar cualquier tipo de RDBMS, tales como Oracle, PostgreSQL, MySQL, etc. (8)

La herramienta que nos proporciona WebRatio permite capturar los requisitos; estos se expresan a través de un modelo de alto nivel y a través de este el código de la aplicación se genera automáticamente. Los modelos están basados en BPMN, E-R y WebML.

WebRatio se concentra en el análisis de los requisitos y en la construcción de los modelos

Aunque dicha herramienta utiliza principios de MDA, puesto que se basa en el desarrollo dirigido por modelos y la generación de código automática.

4. Análisis y Diseño

4.1. Análisis del Sistema

4.1.1 Requerimientos del Sistema

Se definieron a través de varias entrevistas con los clientes.

Se basó en los siguientes requerimientos:

1. Interfaz fácil de usar y mantener.
2. Accesible desde cualquier PC sin importar el S.O.
3. Ser configurable por perfiles.
4. Exportación de datos a los formularios con formato del MSP.

4.1.2 Requisitos funcionales

Se recopilaron los requisitos funcionales identificando los usuarios que utilizaran el sistema y examinando una serie de casos de uso.

Usuarios

Los usuarios están administrados en grupos, como se muestra en la siguiente figura.

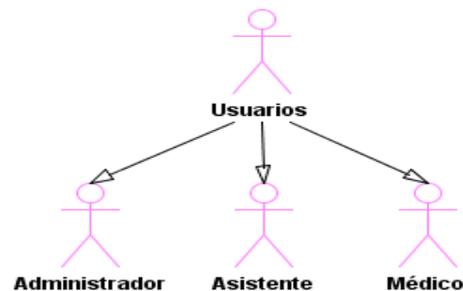


Figura 4.1. Grupos de Usuarios

Casos de Uso

Los casos de uso examinados e implementados en la aplicación web se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4.1. Casos de uso según Grupo de Usuarios

Caso de Uso	Administrador	Asistente	Médico
Login	X	X	X
Logout	X	X	X
Personalizar Listas	X		
Ingresar Información Básica de Paciente		X	
Consultar Información del Paciente		X	X
Consultar Disponibilidad del Médico		X	
Reservar Cita Medica		X	
Ingresar Información Completa Paciente		X	
Verificar Cita Medica		X	
Cancelar Cita Medica		X	
Ingresar información de Consulta Externa			X
Modificar Información de Consulta Externa			X
Ingresar Información Recetar			X
Ingresar Información Diagnosticar			X
Ingresar Información Referir			X
Ingresar Información Ordenar Exámenes			X
Ingresar Información Interconsulta			X
Ingresar Información Solicitar Consentimiento			X
Ingresar Información Ingresar Antecedentes			X
Exportar Datos a Acrobat Reader			X

4.1.3 Requisitos no funcionales

Estos requisitos especifican propiedades del sistema, como la imagen corporativa, usabilidad, rendimiento, extensibilidad y seguridad.

Imagen Corporativa

La finalidad de la imagen corporativa es la de renovar, reforzar y expandir la percepción de la compañía a nivel nacional e internacional, con el fin de abarcar un mayor segmento del mercado para uso exclusivo de los galenos y hospitales. Se lo realizará a través de un sitio web dinámico y atractivo.

La siguiente figura muestra el posicionamiento de los contenidos de la página:

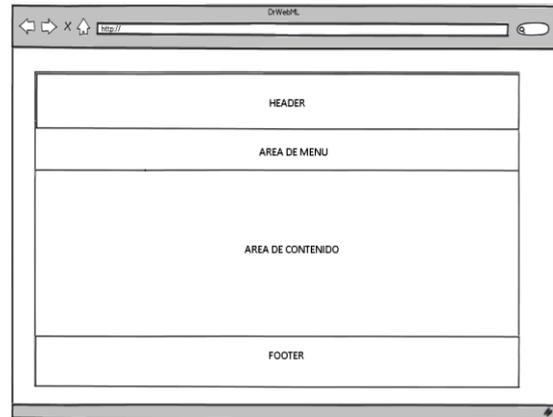


Figura 4.2. Diseño de Layout Estandar

El logo a utilizarse para en el sistema DrWebML será el siguiente:



Figura 4.3. Logo del Sitio

Usabilidad

Se refiere a la facilidad de uso de la aplicación, reducir el número de pasos al realizar casos de uso de alta frecuencia como Ingresar Información Básica del Paciente, tener una interfaz grafica de usuario tan familiar como sea posible para lo que se utilizó un diseño como el de la Figura 4.2.

Rendimiento

Se refiere a la eficiencia con que la aplicación utiliza los recursos disponibles como son hardware y software (detalles sección 4.2.2) donde se encuentre alojada. En el caso del usuario se vera limitada por la velocidad de conexión a internet.

Extensible

La aplicación debe permitir la incorporación de nuevas funcionalidades dentro de su estructura, al utilizar DDM si se realiza un cambio en el proceso de negocio solo se debe adecuar el BPMN y sincronizar para ver reflejados los nuevos cambios en el sistema.

Seguridad

El sistema deberá obligar a todo tipo de usuario a validarse con un nombre de usuario y una contraseña. La aplicación debe mostrar una determinada vista a un tipo de usuario, por ejemplo los que tengan el perfil de administrador solo pueden acceder a las funciones administrativas, lo que no podrán los que tenga perfil asistente o médico.

4.2. Diseño del Sistema

4.2.1 Procesos

Al analizar el problema se rediseñaron los procesos haciéndolos eficientes, los cuales se muestran a continuación.

Admisión

El Asistente tiene los siguientes procesos:

Registrar Datos Paciente: registra y consulta los datos básicos del paciente como nombres, apellidos, cédula, etc.

Registrar Cita: Revisa la disponibilidad en la agenda del Médico para asignar la fecha escogida por el paciente y se guarda la cita en la agenda del médico.



Figura 4.4. Proceso de Admisión

Consulta

El Asistente, figura 4.5, en esta fase recibe información de todas las citas registradas.

Verificar Cita: Se valida que este completa la información previa del paciente y se valida que el paciente llegue a tiempo a su cita, se puede cambiar el estado de la cita a lista de espera o si el paciente desea puede cancelar la cita.

Lista de Espera: Cambia de estado la cita del paciente, pasándola a lista de espera, enlistando a todos los pacientes que no llegan a tiempo.

Completar Información: Se valida que este completa la información del paciente, caso contrario se procede a registrarla.

Ficha Familiar: Se registra la información familiar del paciente.

Ficha de Admisión y Alta-Egreso: Se registra la información laboral y personal del paciente antes de ingresar a la cita.

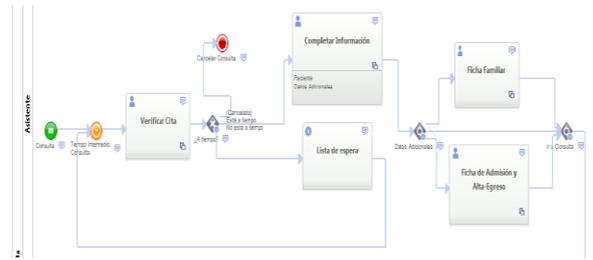


Figura 4.5. Proceso de Consulta-Asistente

El Médico en este proceso Figura 4.6, recibe información previamente revisada por la asistente para ir a la consulta.

Consulta: ingresa el motivo de la consulta, registra el diagnóstico, y procede a realizar la prescripción de la consulta, como son las siguientes: realizar la solicitud e ingresar los resultados de exámenes clínicos, referir al paciente a una interconsulta, poder referir al paciente a otro especialista, realizar la solicitud e ingresar los resultados de hispatología, realizar la solicitud e ingresar los resultados de Imagenología, solicitud de autorización y consentimiento, realizar el concentrado de laboratorio y realizar el concentrado de exámenes especiales.

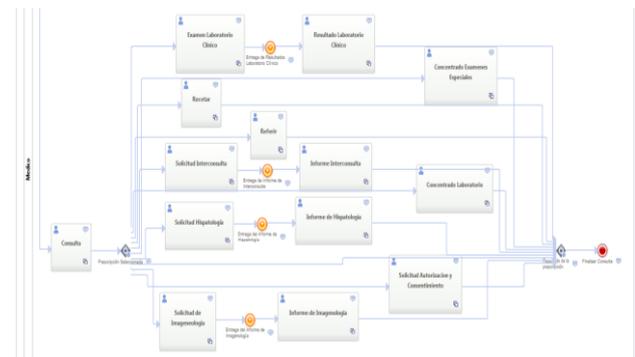


Figura 4.6. Proceso de Consulta-Médico

4.2.2 Datos

En el programa Webratio para poder diseñar una aplicación a partir del modelado WebML, se deben tomar en cuenta que el primer paso es definir el modelo de datos y realizar el modelo entidad relación que será la base para nuestra aplicación.

A continuación se muestra el diagrama ER de las entidades más importantes para la site view de la aplicación web “DrWebML”.

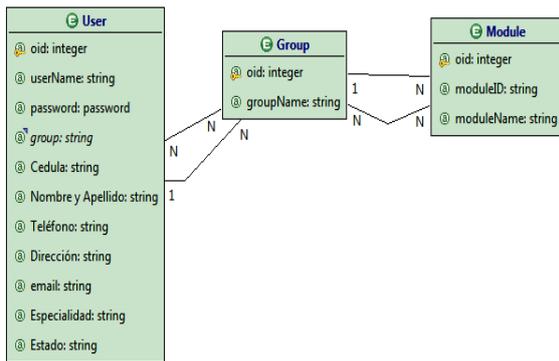


Figura 4.7. Tablas del Modelo WebML

En estas tres tablas (Figura 4.7) son las encargadas en permitir el acceso de los usuarios a la aplicación, dependiendo del grupo y módulo al que pertenezcan.

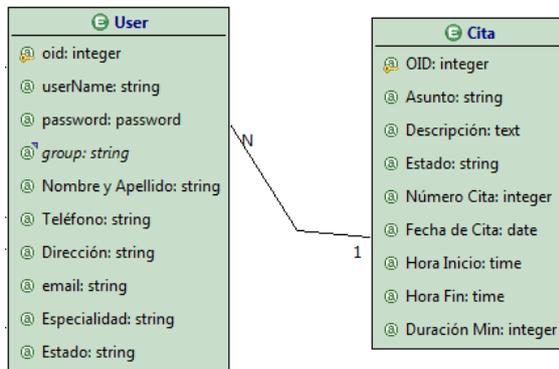


Figura 4.8. Relación User_Cita

La relación User_Cita describe lo siguiente, la tabla User provee información sobre los usuarios de la aplicación, los cuales pueden ser de tres tipos, que se los puede identificar según su cargo, que los detallo a continuación: Asistente, Médico y Administrador.

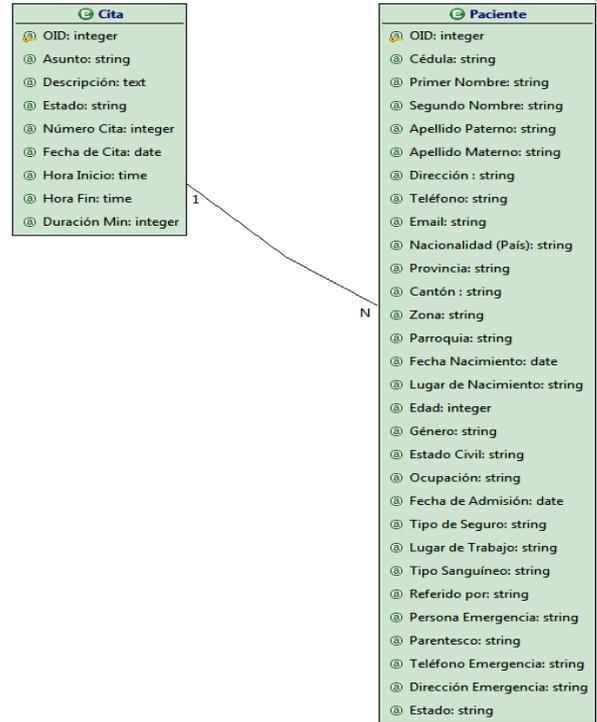


Figura 4.9. Relación Paciente_Cita

La relación Paciente_Cita, es necesaria para indicar que paciente ha solicitado una cita médica, adicional se almacenara la descripción del síntoma que tiene el paciente.

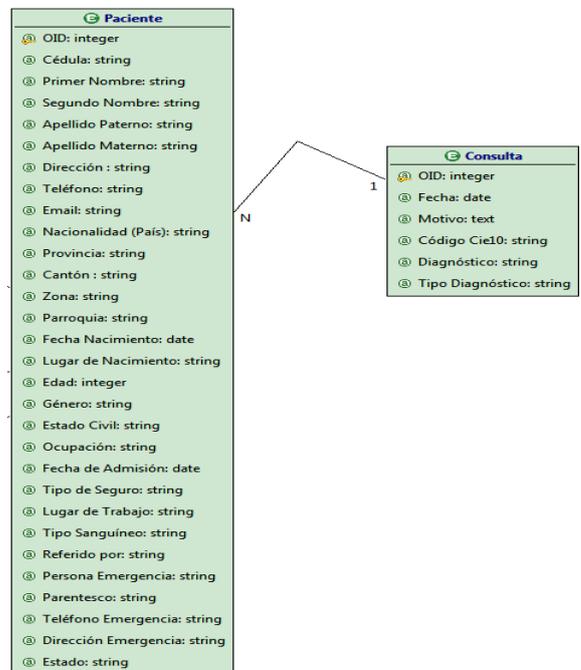


Figura 4.10. Relación Paciente_Consulta

La relación Paciente_Consulta es necesaria al momento de ingresar a la consulta, en dicha relación se almacenará los motivos por lo que el paciente recurre a la atención médica y cuales han sido los diagnósticos médicos.

4.2.3 Hipertexto

El diseño de un hipertexto es la actividad que convierte los requisitos funcionales en una o más site view, donde se proporcionaran a los usuarios todos los servicios necesarios, trabaja a nivel conceptual usando todas las características del WebML.

El diseño de un hipertexto es la etapa del ciclo de vida que tiene más beneficios del enfoque conceptual (MDD). El uso de un modelo visual permite lograr un diseño de la aplicación más relacionado y de calidad, además, los cambios inevitables a lo largo del desarrollo son fáciles de aportar y de gestionar también cuando existe un modelo ya creado. Siteview, áreas, paginas, unidades y enlaces serán creados en esta etapa.

La Figura 4.11 muestra la página de inicio (Home Page) de toda la aplicación web, es la página que cualquier usuario puede ver y desde la cual puede acceder al sitio con su usuario y contraseña.



Figura 4.11. Página de Inicio

Una vez que el usuario ha introducido sus credenciales, podrá acceder a la aplicación web y su sesión será abierta. Según el tipo de usuario (Asistente, Médico o Administrador) se abrirán distintas páginas según la site view que pertenezcas.

4.2.4 Arquitectura del Sistema

El diseño de la arquitectura es la definición de hardware de red y componentes de software que constituyen la arquitectura en la que la aplicación provee a los usuarios sus servicios.

Hardware

DrWebML ha sido instalado en un servidor IBM System X3200 Intel Xeon con las siguientes características:

- Procesador:

Un procesador de doble núcleo Intel Xeon de 2,4 GHz/1066 MHz.

- Memoria principal

Memoria RAM de 4Gb de tipo DDRII (Double Data Rate II) de 667MHz

- Almacenamiento

Un disco duro SAS de 1TB, 2,5 pulgadas a 10.000rpm con la función de intercambio en caliente.

Software

Para llevar a cabo con la implementación del sistema se utilizan las siguientes herramientas:

- Windows Server 2008

Es el sistema operativo en donde se va alojar la aplicación.

- Tomcat 6

Es el servidor de servlet en el cual va a correr la aplicación.

- MySql

5. Desarrollo e Implementación

5.1. Proyecto Estilo

Se utilizaron páginas que cumplan con el diseño de un Doctor, para que tengan un alto nivel de usabilidad, ordenado y limpio, que permite una buena navegación de parte del usuario, por lo que hay que tomar en cuenta que el diseño del sitio Web está directamente ligado con la audiencia a quien nos dirigimos.

Las páginas web fueron diseñadas según los requisitos del negocio, por lo que se decidió en dividir la página en Header, 2 Contenidos y Footer, para que el usuario tenga un mejor nivel visual de los campos de la aplicación.

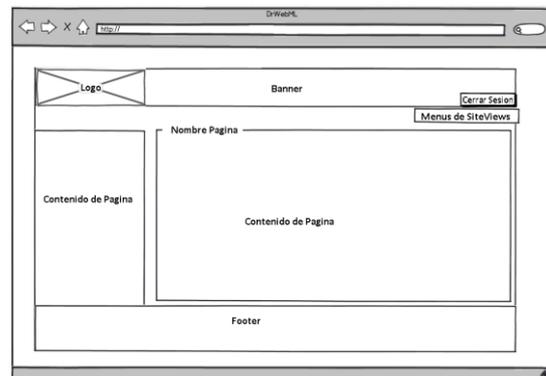


Figura 5.1. Estructura de estilo de DrWebML

Gracias al uso de hojas de estilo CSS es posible definir reglas de estilo y definir el layout de cada site view que puede ser modificado a gusto del cliente, haciendo de esta aplicación que sea desarrollada de forma muy personalizada.



Figura 5.2. Pagina inicial de DrWebML

5.2. Site Views

Tomando en consideración cada uno de los requerimientos para DrWebML se desarrollaron las siguientes site views:

- Home
- BPAadministration
- Control View
- Médico

5.2.1: Implementación de SiteView Home

En esta site view permite realizar la autenticación para el acceso al sistema, se configura la localización que utiliza la aplicación.



Figura 5.3. Pagina principal de site view Home

5.2.2: Implementación de SiteView BPAadministration

A esta site view tendrá acceso el usuario autenticado con rol Administrador.

Se pueden realizar las configuraciones de la aplicación tales como:

- Vademecum.
- CIE10.
- Nacionalidad, provincia, ciudad, etc.
- Usuarios.
- Historial de procesos y tareas realizadas por los usuarios.

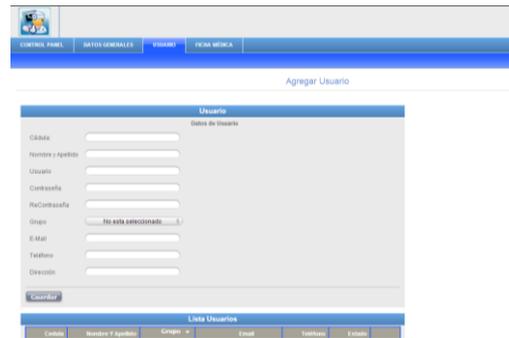


Figura 5.4. Pagina de la Site View BPAadministration

5.2.3: Implementación de SiteView Control View

A esta site view tendrá acceso el usuario autenticado con rol Asistente.

Se pueden realizar los mantenimientos tales como:

- Paciente.
- Citas.
- Agenda del Médico.



Figura 5.5 Pagina de la Site View Control View

5.2.4: Implementación de SiteView Médico

A esta site view tendrá acceso el usuario autenticado con rol Médico.

Se pueden realizar los mantenimientos tales como:

- Paciente.
- Citas.
- Agenda del Médico.
- Consulta externa (Recetar, Referir, etc.)



Figura 5.6 Pagina de la Site View Control View

5.3 Activity View

Se encuentran implementadas cada una de las tareas/módulos que se definieron en el BPM, para cada uno de los actores del sistema.

5.3.1: Módulos para Asistente

Para cumplir los requerimientos se definieron los siguientes módulos:

- Registrar Datos Paciente.
- Registrar Cita.
- Verificar Cita.
- Completar Información.
- Ficha Familiar.
- Ficha Admisión.



Figura 5.7. Módulos Implementados para el Asistente en el proceso Admisión

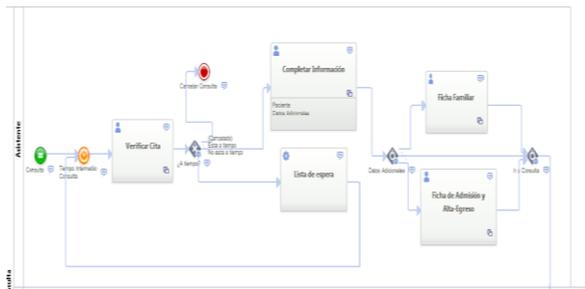


Figura 5.8. Módulos Implementados para el Asistente en el proceso Consulta

5.3.2: Módulos para Médico

Para cumplir los requerimientos se definieron los siguientes módulos:

- Consulta.
- Examen y Resultado Laboratorio clínico.
- Recetar.
- Solicitud e Informe Interconsulta.
- Referir.
- Solicitud e Informe Hispatología.
- Concentrado de Laboratorio.
- Solicitud de Consentimiento.
- Solicitud e Informe de Imagenología.

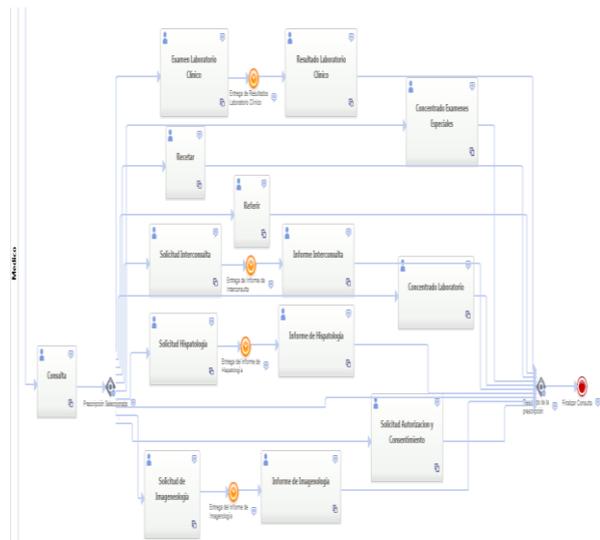


Figura 5.9. Módulos Implementados para el Médico en el proceso Consulta

5.4. Instalación y configuración

5.4.1: Deployment de DrWebML

Para realizar el deploy de la aplicación se procede a generar por completo la aplicación con la opción *Generate and Run*.

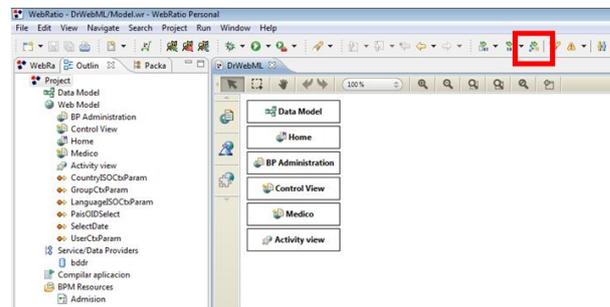


Figura 5.10 Generar deploy de DrWebML

Con esto conseguimos que se genere de manera automática la aplicación, el deploy se encuentra alojado en el directorio del servidor web (Tomcat) de WebRatio `\Tomcat\webapps\DrWebML`.

Se procedió a instalar este deploy en el servidor (Windows Server 2008) en la carpeta del servidor web Tomcat.

5.4.2: Generar Base de datos DrWebML

WebRatio al momento de sincronizar la base de datos genera un script con el detalle del modelo entidad-relación de la aplicación. La ruta en la cual se

encuentra el script SQL es `workspace\DrWebML\DBScripts`

Se tomo y ejecuto el script en el motor de base de datos MySQL del servidor (Windows Server 2008) para el correcto funcionamiento de la aplicación.

6. Test

6.1. Metodología de las pruebas

Para realizar las pruebas del sistema, se trabajó con el programa JMeter que es una herramienta Open Source para comprobar el comportamiento funcional y medir el desempeño de una aplicación web. (8)

Para estas pruebas se midieron 2 casos:

Caso óptimo: Es cuando el sistema funciona correctamente.

Caso crítico: Es cuando el sistema llega al límite de sus capacidades o cuando empieza a dar errores.

6.2. Resultados

Una vez definidos los casos que serán medidos, procederemos a evaluar 3 parámetros que se detallan a continuación:

- El número de usuarios que soporta el sistema.
- Margen de error para los casos de usos que se escogieron
- El tiempo promedio que se demora el sistema en procesar los requerimientos.

Se realizará una prueba de stress donde el sistema llega a su punto máximo y así poder medir los parámetros mencionados.

Para empezar con las mediciones, los usuarios se conectan a DrWebML cada uno con una sesión de usuario distinta y efectuaran 11 requerimientos.

Label	# Samples	Average	Median	Min	Max	Error %	Throughput	KB/sec
Login	109	19899	9120	512	193445	0.00%	33.7/min	8.9
Registrar P...	109	22729	11226	386	452830	0.00%	14.2/min	3.5
Registrar Cita	109	11376	7733	348	69819	0.00%	34.3/min	8.3
Verificar Cita	109	9147	6819	373	106834	0.00%	35.2/min	8.7
Completar l...	109	9166	6032	377	60155	0.00%	37.0/min	9.2
Consulta	109	10161	6435	89	127822	0.85%	37.6/min	9.1
Recetar	109	8130	7140	445	39008	0.00%	37.8/min	9.6
Ex Lab Clin	109	6812	5486	90	36331	0.00%	39.4/min	9.2
Res Lab Cli	109	6800	6118	270	39144	0.00%	40.6/min	10.3
Cons Ex	109	6636	5594	85	40420	0.00%	41.9/min	11
Cons Lab	109	5428	4314	459	113666	0.00%	44.8/min	11
TOTAL	1199	10589	6693	85	452830	0.00%	2.6/sec	38.5

Figura 6.1. Resultado de las pruebas para 109 usuarios

En la figura 6.1 indica que se realizaron las pruebas de medición con 109 usuarios realizando 11 requerimientos al mismo tiempo de los cuales obtuvimos los siguientes resultados:

- Se obtuvieron un total de 1189 resultados
- Un promedio total (average) de 10589, lo que significa que le sistema se tardo en responder el requerimiento en 10.5 segundos, es un buen tiempo para la cantidad de usuarios conectados al mismo tiempo.
- El porcentaje de error total es del 0%.

Podemos concluir, que el sistema responde de manera correcta con 109 usuarios y se puede catalogar como un caso optimo.

Label	# Samples	Average	Median	Min	Max	Error %	Throughput	KB/sec
Login	120	27068	14476	636	354828	2.50%	20.3/min	5.1
Registrar P...	120	18619	9926	347	226891	0.00%	30.4/min	7.5
Registrar Cita	120	15320	9441	338	155825	0.00%	31.2/min	7.9
Verificar Cita	120	11888	7624	337	155205	0.00%	31.4/min	7.8
Completar l...	120	13221	7930	424	126015	0.00%	32.8/min	7.8
Consulta	120	13509	7437	507	309915	0.85%	21.2/min	5.3
Recetar	120	11330	6476	350	96764	0.00%	34.0/min	8.5
Ex Lab Clin	120	7707	6111	92	66106	0.00%	35.7/min	9
Res Lab Cli	120	8024	5755	425	65148	0.00%	36.9/min	9.2
Cons Ex	120	6382	4879	479	32008	0.00%	37.6/min	9.4
Cons Lab	120	5855	4056	92	45494	0.00%	40.4/min	9.7
TOTAL	1320	12682	6928	92	354828	0.31%	3.6/sec	53.9

Figura 6.2. Resultado de las pruebas para 120 usuarios

En la figura 6.2 indica que se realizaron las pruebas de medición con 120 usuarios realizando 11 requerimientos al mismo tiempo de los cuales obtuvimos los siguientes resultados:

- Se obtuvieron un total de 1320 resultados
- Un promedio total (average) de 12682, lo que significa que le sistema se tardo en responder el requerimiento en 12.6 segundos, que no es un buen tiempo para la cantidad de usuarios conectados al mismo tiempo.
- El porcentaje de error total es del 0.31%, especialmente en el requerimiento al iniciar sesión (login) que existió un error de 2.50%.

Podemos concluir, que el sistema presenta inconvenientes al trabajar con 109 usuarios y se puede catalogar como un caso crítico.

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

1. El sistema que se ha implementado ofrece al cliente un mecanismo necesario para



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



automatizar los procesos operativos, en la búsqueda de información.

2. La utilización del modelo BPMN nos permite crear un sistema simple e intuitivo, porque solo se necesita conocer los procesos que debe tener la aplicación, para posteriormente proceder con la creación del modelo de gestión de procesos.
3. El diseño de la aplicación permite al usuario tener una visualización más detallada del mismo, según los requerimientos definidos por el usuario.
4. Al desarrollar una aplicación Web, permite al usuario ahorrar tiempo, porque puede acceder a ella, sin la necesidad de instalar la aplicación.

7.2. Recomendaciones

1. Permitir que la aplicación web sea accedida desde el exterior incorporando los debidos permisos.
2. Incorporar la foto actualizada del paciente para identificar al paciente.
3. Incorporar un sistema de mensajería instantánea que al paciente le envíe un recordatorio de la cita registrada.
4. Creación del módulo contable para que el médico registre sus gastos contables.
5. Establecer políticas de seguridad con respecto al comportamiento de la red contribuye a una mejor detección de posibles ataques.
6. Tuvimos limitaciones de encontrar información sobre el programa Webratio y sus herramientas, debido que ésta es una nueva herramienta en el mercado extranjero y recién está dando a conocer a nivel de Latinoamérica.
7. Para desarrollar un sistema, se debe redactar un manual, el cual será de gran ayuda para los usuarios de la información guardada en estos sistemas.

<http://www.webratio.com/portal/contentPage/es/Our>

- [2] Oeser, M. (s.f.). El desarrollo dirigido por modelos (MDD) - Modelos y Proyectos. Recuperado el 10 de 10 de 2011, de <http://www.modelosyproyectos.com/2010/01/25/el-desarrollo-dirigido-por-modelos-mdd/>
- [3] Gascuña, J. M., Navarro, E., & Fernandez, A. (10 de 10 de 2011). Desarrollo Software Dirigido por Modelos de Sistemas Multi-Robot Siguiendo VigilAgent. Recuperado el 10 de 10 de 2011, de Desarrollo Software Dirigido por Modelos: http://bd.udc.es/jornadas2011/actas/JISBD/JISBD/S7/Regulares/jisbd2011_submission_66.pdf
- [4] Fundación Wikimedia, I. (3 de 10 de 2011). Business Process Modeling Notation. Recuperado el 12 de 10 de 2011, de http://es.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Modeling_Notation
- [5] Castro, M. V. (Marzo de 2007). APROXIMACIÓN MDA PARA EL DESARROLLO ORIENTADO A SERVICIOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN WEB: DEL MODELO DE NEGOCIO AL MODELO DE COMPOSICIÓN DE SERVICIOS WEB. Recuperado el 3 de 10 de 2011, de <http://eciencia.urjc.es/bitstream/10115/3335/1/TESES%20VALERIA%20DE%20CASTRO.pdf>
- [6] Roxana Giandini, G. P. (s.f.). Un lenguaje de transformación específico para Modelos de Proceso del Negocio. Recuperado el 12 de 10 de 2011, de CAETI - Centro de Altos Estudios en tecnología Informática: http://caeti.uai.edu.ar/archivos/279_UN_LENGUAJE_DE_TRANSFORMACION_ESPECIFICO_PARA_MODELOS_DE_PROCESO_DEL_NEGOCIO_-_CLEI_2010.PDF
- [7] Giromé, F. V. (Septiembre de 2007). Definición de un Modelo de Interacción Abstracto para la Generación de Interfaces de Usuario. Recuperado el 15 de 01 de 2012, de <http://fravalgi.webs.upv.es/PDFs/Valverde-DEA07.pdf>
- [8] WebRatio. (2001). Por qué WebRatio. Recuperado el 25 de 10 de 2011, de Cambia las ecuaciones de tu departamento de TI!: <http://www.webratio.com/portal/contentPage/es/Pasa%20las%20empresas>
- [9] Foundation, A. S. (1999-2012). Apache JMeter. Recuperado el 2 de 12 de 2011, de <http://jmeter.apache.org/>

8. Bibliografía

- [1] WebRatio. (s.f.). De la solución en 3 pasos. Recuperado el 13 de Octubre de 2011, de