

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA DE SISTEMAS



Sistema de mensajería móvil para monitoreo web de pacientes

por
Barbara Martina Rodeker

brodeker@alumnos.exa.unicen.edu.ar

Mg. José M. Massa
Director
Bioing. Pedro P. Escobar
Co-director

Tandil, Diciembre de 2010

Este trabajo está dedicado a todos aquellos que fueron soporte y compañía en estos años. A todos los que me brindaron su tiempo y sus buenos deseos. A mi familia, mis amigos, mi compañero de vida, mis compañeros y compañeras de carrera, de trabajo y de deporte. A todos los profesores y profesionales que acompañaron mi formación en este tiempo.

Resumen

Este trabajo se orienta al desarrollo de una solución informática para mejorar el control y prevención de ciertas enfermedades de carácter crónico. En este sentido, se ha diseñado una plataforma que permite monitorear pacientes con enfermedades que presentan esta característica, e implementar campañas de prevención sanitaria en forma supervisada. Específicamente, sobre esta plataforma, se ha implementado una solución particular para el monitoreo de pacientes diabéticos e hipertensos.

Según la *Organización Mundial de la Salud* en el mundo hay más de 220 millones de personas con diabetes, cerca del 80% de las muertes por diabetes se registran en países de ingresos bajos y medios, y sus complicaciones tienen un importante impacto económico en quienes la padecen. Así como la diabetes, existen otras enfermedades que se consideran NCD (Non-communicable Diseases o enfermedades no comunicables) que afectan en alto grado a la población mundial. Entre ellas se pueden mencionar las enfermedades cardiovasculares y las enfermedades respiratorias crónicas.

Los países de medios y bajos recursos son los más afectados. La demanda creciente en los centros de salud públicos, la escasez de recursos hospitalarios, tanto económicos como humanos, son factores que hacen que el control y la prevención se dificulten por el volumen de personas que deben atenderse diariamente.

Adicionalmente a las enfermedades que afectan de manera globalizada a la población mundial, se dan en nuestro país condiciones particulares de las regiones que derivan en la existencia de afecciones propias de cada provincia o sector, como el Dengue o al Mal de Chagas.

El objetivo de este trabajo es aportar una solución parcial a esta problemática proponiendo la introducción de tecnologías de la información y la comunicación en los procesos de control y cuidado de los pacientes. Estas tecnologías brindan la posibilidad de monitorear a los pacientes en etapas tempranas de prevención, a distancia, minimizando el flujo de personas en los centros de salud, y por otra parte, dando soporte a los profesionales médicos para el seguimiento y evaluación de los pacientes. Así mismo, se contemplan mecanismos de difusión de información para la prevención primaria de la salud, haciendo uso del nivel de introducción que tienen actualmente la telefonía móvil e Internet, asociando estas tecnologías a otras tradicionales como los motores de base de datos.

Se presentará la solución propuesta y las tecnologías utilizadas, señalando las ventajas y desventajas que hemos hallado a lo largo del trabajo, y mencionando extensiones y mejoras identificadas.

Índice general

Índice de figuras	6
Índice de tablas	8
1 - Introducción	9
1.1. Motivación	9
1.2. Tesis	11
1.3. Organización del trabajo	14
2 - Marco teórico	15
2.1. Revisión de la literatura	16
2.2 Estado del arte	17
2.3. Tecnologías de la comunicación e información	20
2.3.1 Breve reseña de las telecomunicaciones	20
2.3.2 Estructura y funcionamiento de la telefonía móvil	21
2.3.3 Servicio de Mensajes Cortos	24
2.3.4 Generaciones de dispositivos y prestación de servicios	25
2.4. Tecnologías Web	28
2.4.1 La Web en la salud	29
3 - Trabajos relacionados	31
3.1 Trabajos en el campo de la medicina	31
3.1.1 Experiencias en Latinoamérica	31
3.1.2 Experiencias a nivel mundial	32
3.2 Aplicaciones de la tecnología a otras áreas	33
3.2.1 Sistema de estacionamiento en la ciudad de La Plata	33
3.2.2 USINA Municipal de la ciudad de Tandil	33
3.2.3 Las TIC y la agronomía	34
4 - Solución propuesta	35
4.1 Metodología de desarrollo	35
4.2 Arquitectura general	38
4.3 Selección de tecnologías	42
4.3.1 Tecnologías móviles	43
4.3.2 Tecnologías de almacenamiento	44
4.3.3 Tecnologías de procesamiento	46
4.3.4 Tecnologías web	47
5 - Herramienta desarrollada	49
5.1 Componente de procesamiento	49
5.1.1 Procesamiento de las mediciones	50
5.1.2 Procesamiento de novedades	52
5.1.3 Procesamiento de respuestas	54
5.2 Componente de almacenamiento	55
5.3 Aplicación Web	62
5.4 Usuarios del sistema y roles	69
5.4.1 Pacientes	69
5.4.2 Médicos	70
5.4.3 Administradores	71
6 - Resultados experimentales	73
6.1 Descripción de pruebas unitarias y de componentes	73
6.2 Pruebas del sistema	74
6.3 Métricas de ejecución	76
6.4 Conclusiones de los resultados obtenidos	82
7 - Conclusiones y discusión	84
7.1 Conclusiones	84

7.2 Ventajas y limitaciones del sistema	85
7.3 Trabajos futuros	86
Anexo I	95
Alternativa de implementación C++	95
Resumen	97
Tecnología utilizada	98
Arquitectura implementada	100
Anexo II	101
Guía de instalación	101
Introducción	101
Preparación inicial de entorno	102
Nodo de procesamiento. Versión Java	102
Nodo de procesamiento. Versión C++	105
Nodo de almacenamiento	108
Aplicación WEB	108

Índice de figuras

Ilustración 1: Porcentaje de hogares con acceso a móvil por país.....	10
Ilustración 2: Estructura celular GSM	22
Ilustración 3: Estructura de la red GSM.....	23
Ilustración 4: Red GSM por capas	24
Ilustración 5: Porcentaje de personas con acceso a Internet por país	30
Ilustración 6: Fases durante el desarrollo.....	35
Ilustración 7: Requerimientos no funcionales: Seguridad	37
Ilustración 8: Requerimientos no funcionales: Modificabilidad.....	37
Ilustración 9: Requerimientos no funcionales: Disponibilidad.....	38
Ilustración 10: Arquitectura general.....	39
Ilustración 11: Visualización de una medición por parte del médico	41
Ilustración 12: Visualización de una medición por parte del médico	42
Ilustración 13: Componentes que intervienen en las notificaciones asincrónicas	45
Ilustración 14: Paquetes de clase de procesamiento	50
Ilustración 15: Recepción de una medición	51
Ilustración 16: Procesamiento de una medición	52
Ilustración 17: Monitoreo de novedades.....	53
Ilustración 18: Procesamiento de novedades	54
Ilustración 19: Diagrama de Entidades y Relaciones. Base de datos.....	56
Ilustración 20: Inserción de una novedad	60
Ilustración 21: Inserción de una respuesta	61
Ilustración 22: Clases que intervienen en la generación de gráficas.....	63
Ilustración 23: Listado de campañas	64
Ilustración 24: Asociarse a una campaña	65
Ilustración 25: Listado de pacientes monitoreados	66
Ilustración 26: Detalles de un paciente	66
Ilustración 27: Gráficos de mediciones 1	67
Ilustración 28: Gráficos de mediciones 2.....	68
Ilustración 29: Enviar medición.....	69
Ilustración 30: Diagrama de casos de uso. Usuario paciente.....	70
Ilustración 31: Diagrama de casos de uso. Usuario médico	71
Ilustración 32: Diagrama de casos de uso. Usuario administrador.....	72
Ilustración 33: Métricas medición recibida. Mínimos.	79
Ilustración 34: Métricas medición recibida. Máximos.....	80
Ilustración 35: Métricas novedad procesada. Mínimos.	80
Ilustración 36: Métricas novedad procesada. Máximos.....	81
Ilustración 37: Métricas respuesta procesada. Mínimos.	81
Ilustración 38: Métricas respuesta procesada. Máximos.	82
Ilustración 39: Subsistema de reglas	86
Ilustración 40: Aplicativos para móviles.....	88
Ilustración 41: Builpath del proyecto	104
Ilustración 42: Librerías JDK.....	105
Ilustración 43: Librerías en el workspace	108
Ilustración 44: Menús aplicación Web	111
Ilustración 45: Configuración Joomla 1	112
Ilustración 46: Configuración Joomla 2	112
Ilustración 47: Configuración usuario Joomla	113
Ilustración 48: Configuración sesión Joomla.....	113
Ilustración 49: Configuración SMTP Joomla	113

Ilustración 50: Registración Joomla 1.....	115
Ilustración 51: Registración Joomla 2.....	116
Ilustración 52: Usuarios del backend	117
Ilustración 53: Control de acceso Joomla	118

Índice de tablas

Tabla 1: Lista de eventos del sistema	36
Tabla 2: Categorías actuales de medición	57
Tabla 3: Tipos de mediciones	57
Tabla 4: Parámetros para mediciones de Glucosa	58
Tabla 5: Paquetes de la librería Joomla	62
Tabla 6: Casos de test de componente de procesamiento	74
Tabla 7: Flujos de acciones probados	75
Tabla 8: Nueva medición introducida	76
Tabla 9: Métricas. Tiempos mínimos	78
Tabla 10: Métricas. Tiempos máximos	78
Tabla 11: Herramientas de testing	99
Tabla 12: Parámetros de configuración	107
Tabla 13: Secciones aplicación web	109
Tabla 14: Categorías Joomla	110
Tabla 15: Artículos Joomla	112

Capítulo 1

Introducción

Uno de los mayores problemas de salud en el mundo actual es la diabetes, alrededor de 220 millones de personas a nivel mundial padecen esta enfermedad [WHO10]. En la última década la enfermedad ha crecido 50%. En Argentina se estima que existen un millón y medio de diabéticos [PRO10]. Según declaran miembros de la *Asociación Argentina de Diabetes*¹ el auto-monitoreo de la glucosa por parte del paciente ha sido el avance más importante, luego del descubrimiento de la insulina para el control de la enfermedad [COM10].

Por otra parte, la *Sociedad Española de Hipertensión*² señala que la automedida de la tensión arterial por parte del paciente, puede utilizarse para ajustar el tratamiento y facilita la mayor participación del paciente en su propio control y seguimiento.

Cambiando el ángulo de enfoque del problema, y refiriéndonos al aspecto tecnológico, en el ámbito de las TIC³ se viene dando un fenómeno de difusión y crecimiento. La cantidad de líneas telefónicas fijas y de personas que poseen teléfonos móviles creció más de 7 veces en el ámbito del MERCOSUR entre los años 1990 y 2004. Mientras que la cantidad de usuarios de Internet creció más de 39 veces, según se indica en el *Informe sobre Desarrollo Humano para MERCOSUR 2009-2010* [PNUD091] realizado por el *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*.

Los anteriores son hechos que hacen al entorno y a las ideas sobre las que se basa este trabajo. Se ha desarrollado una plataforma que haciendo uso de las TIC y tecnologías Web principalmente, sirve como punto de partida para la construcción de sistemas que permitan por una parte realizar el seguimiento de pacientes para monitorearlos por un período de tiempo, analizando la evolución de sus mediciones de glucemia o de tensión arterial, mientras que por otros canales permitan difundir información para la educación del paciente y prevención primaria de la salud.

En este capítulo se verá en qué consiste esta plataforma, qué tipo de seguimiento permite, cómo se podría insertar en la práctica diaria del médico y en la vida cotidiana del paciente.

1.1. Motivación

Existen condiciones de la vida moderna que han llevado a que ciertas

1 <http://www.diabetes.org.ar>

2 <http://www.seh-lelha.org/>

3 Tecnologías de la información y la comunicación

enfermedades, como las mencionadas, se hagan más comunes entre la población a nivel mundial. Los hábitos de alimentación, el sedentarismo, el stress son alguno de los factores que hacen que enfermedades como la Diabetes y la hipertensión se estén considerando epidémicas [AND10].

A lo anterior se suma, a nivel latinoamericano las problemáticas que se presentan en la salud pública. Insuficiencia en la cantidad de recursos invertidos en el sistema de salud o ineficiencia en su uso [TSS08.2], baja tasa de médicos y enfermeras por paciente, reducción del tiempo de atención en consultorio debido a la gran cantidad de personas a atender, alta demanda de atención en el sector de salud pública [TSS08.3].

Por otra parte, existe una tendencia que se viene registrando al envejecimiento de la población a nivel mundial. La tasa de nacimiento disminuye [CEPAL09.1], mientras que la de esperanza de vida aumenta [CEPAL09.2]. Esto hace que exista mayor cantidad de personas de edad avanzada, grupo de riesgo para ciertas enfermedades.

Respecto a la telefonía móvil puede señalarse que hoy en día está difundida tanto en Argentina, como en países limítrofes, y en otros países latinoamericanos de una manera espectacular. Sin distinciones de clases sociales o de edades. El costo de un celular con capacidad de envío y recepción SMS (Short Message Service) ha ido haciéndose menor en términos salariales, conforme la tecnología fue evolucionando.

Según estadísticas obtenidas desde la base de datos OSILAC de CEPAL (Observatorio para la Sociedad de la Información en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe⁴), más del 50% de los hogares de varios países latinoamericanos poseen acceso a un teléfono móvil.

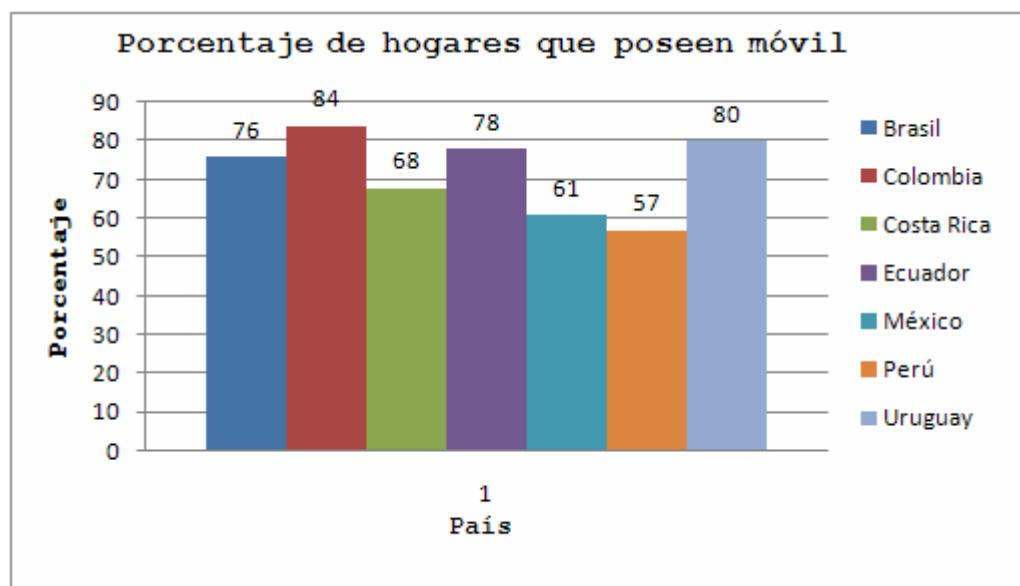


Ilustración 1: Porcentaje de hogares con acceso a móvil por país.

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de CEPALSTAT

⁴ <http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegrada.asp>

La ilustración 1 presenta en formato gráfico lo mencionado anteriormente. Se puede ver que varios países rondan el 80% de hogares con al menos un móvil en su poder. Tanto en Brasil, Colombia, Ecuador como Uruguay, se da esta situación.

Las ideas de base de este trabajo [ESC08] proponían la posibilidad de que a través del uso de telefonía móvil se brindara una herramienta de soporte, tanto a médicos como a pacientes para realizar el monitoreo ambulatorio ante casos de pacientes posiblemente diabéticos o, que están presentando alguna situación de hipertensión. La mejora de la experiencia del paciente y el contacto con el profesional, así como la posibilidad de un control más asiduo por parte del médico de la evolución del paciente, son alguno de los objetivos de este trabajo.

Por otra parte, se contempla la construcción de un mecanismo para crear y administrar campañas de salud. Diversos contenidos de información susceptibles de ser difundidos vía mensajes **SMS**, se pueden generar y difundir rápidamente a la población, propulsando la prevención de enfermedades.

La claridad de la propuesta de tesis junto con el hecho de que el sistema que se fuese a desarrollar podría ser fácilmente adoptado para ser usado en un entorno de salud real, como en un hospital público, resultaron la base de la motivación para realizar este trabajo.

Adicionalmente, el desafío de plantear una arquitectura funcional a las ideas de base del sistema, y que además proveyera seguridad en los datos y transacciones realizadas, así como flexibilidad en el uso y configuración, integrabilidad para acoplarse e intercambiar datos con otros sistemas, y disponibilidad en su funcionamiento, fueron factores por los que llevar a cabo este trabajo resultó interesante a los objetivos de adquirir nuevos conocimientos y profundizar otros ya existentes. Teniendo en cuenta también la integración de tecnologías que la arquitectura anterior implicaría.

El hecho de que fuera a utilizarse la telefonía móvil debido a la gran difusión que posee, adicionando el bajo costo tecnológico con el que podría instalarse en un hospital y ser puesto en marcha, fueron otros factores de interés.

1.2. Tesis

El cuidado remoto de pacientes puede ser definido como:

“la provisión de cuidado, instrucción y educación de pacientes en sus lugares de residencia mediante el uso de tecnologías de la comunicación” [ATT08]

La introducción de tecnologías en el ámbito de la salud ha tenido efectos positivos según lo reportado en varios estudios [CHET07] [AND05] [BRI07] [TSS08.1]. Las

soluciones propuestas o desarrolladas en este ámbito pueden ofrecer soporte a la decisión en la práctica diaria médica, haciendo disponible en forma digital información relativa a la salud de los pacientes. Esto por otra parte podría permitir la generación de base de datos utilizables para el análisis de la información, seguimiento de casos particulares y estudios de grupo sobre los valores registrados. Por otra parte es fundamental tener en cuenta cuestiones sobre la satisfacción y experiencias de los pacientes [COL00].

Se propone una plataforma que sirva de herramienta de apoyo a médicos y pacientes en el proceso de monitoreo de ciertas condiciones vitales. Este sistema actuaría en el período comprendido entre la consulta, donde el profesional decide que se debe comenzar un seguimiento, y la próxima consulta donde el paciente acude con un registro de los controles realizados. En una descripción práctica de la utilidad de la plataforma, se puede imaginar que, desde que el paciente acude al especialista por primera vez, hasta que realiza una segunda visita pueden haber transcurrido tres meses. En este contexto, el especialista ha podido ver al paciente en sólo dos ocasiones y tiene, a lo sumo, cinco o seis registros de su glucemia en ese período de tiempo. Un sistema de monitoreo continuo, en la situación más sencilla, requiere que el paciente ingrese sus mediciones al menos una vez al día. Esto generaría 90 registros de la glucemia del paciente en el período mencionado, contra los cinco o seis que habitualmente un paciente lleva a la consulta. La diferencia en la calidad del monitoreo del paciente es sustancial, porque con noventa registros se puede “seguir” más de cerca el estado de salud del paciente, se pueden encontrar tendencias, predecir evoluciones desfavorables y cambiar a tiempo una terapia o la indicación de una medicación. Todo esto redunda en una mejora importante de la calidad de la atención médica y una satisfacción del paciente al sentirse “más cuidado”.

Si bien se ha desarrollado una plataforma que puede utilizarse para el monitoreo de un gran conjunto de parámetros vitales, se trabaja principalmente con mediciones de glucosa y presión arterial. En estos casos el paciente cuenta con un dispositivo de toma de mediciones⁵ que puede manipular personalmente o con facilidad acudiendo a una enfermera, farmacia, o familiar que lo asista en la toma de la medición.

El sistema de monitoreo de paciente (**SMP**) ofrece facilidades para que este se independice del registro manual de esas mediciones y pueda enviar a través del uso de un teléfono móvil, los valores que vaya registrando diariamente.

Esta información enviada por el paciente se formatea en base a un sistema de codificación previamente acordado, donde se compilan los tipos de mediciones que pueden evaluarse, así como la categoría de las mismas y los parámetros a enviar junto con sus esquemas de validación.

Se desarrolla un arquitectura donde se reciben, procesan, validan y almacenan los mensajes **SMS**, a través de la comunicación con un dispositivo que funciona en conexión a la red **GSM** (Global System for Mobile Communications). Por otra parte la arquitectura permite el acceso a estos datos registrados mediante el ingreso a una

⁵ Glucómetros, tensiómetros o similares.

plataforma Web, diseñada para que los médicos puedan visualizar estos datos bajo diversas formas de presentación (como listados y gráficas). Desde esta plataforma los médicos pueden regresar indicaciones o comentarios a los pacientes, siendo estas enviadas al teléfono móvil del paciente que se está controlando.

El acceso a la plataforma Web no es privativo para el profesional, si no que se brinda una alternativa de acceso y registro de información para aquellos pacientes que se encuentren más cómodos realizando el registro de las mediciones a través de Internet.

El sistema prevé un mecanismo para creación y administración de campañas de salud, con envío de contenidos de información para prevención de enfermedades. Esto, con el objetivo de reforzar la prevención primaria y sacar provecho del nivel de difusión que puede ser alcanzado mediante el envío de información vía **SMS**. Estas campañas serán dadas de alta por los médicos y poseerán un período de vigencia, período durante el cual se podrán registrar novedades asociadas a la misma. Toda esta información será procesada, y a todos aquellos pacientes que hayan manifestado su interés en recibirla, les será difundida a su teléfono celular.

Se toman en cuenta aspectos transversales que se consideran importantes en el desarrollo de este tipo de sistemas de tele-cuidado. Se introducen tácticas para asegurar la privacidad de los datos y el acceso controlado al sistema. La seguridad es un aspecto clave, por la sensibilidad de los datos almacenados [CHO02]. La arquitectura diseñada puede llegar a contener grandes volúmenes de datos, a esto se suma que estará distribuida en una serie de componentes que interactúan entre sí por medio de canales de comunicación, así como con la red **GSM** e Internet.

Otro aspecto que cruza el sistema es la disponibilidad de los datos y funcionalidades. Se debe poder asegurar el funcionamiento en todo momento o bien la rápida recuperación ante posibles fallas, las mismas deben poder resolverse en un corto período. Si bien el tipo de sistema implementado no es crítico, deben establecerse parámetros mínimos de funcionamiento aceptable de modo de no impactar en la usabilidad.

Como otro aspecto transversal se puede mencionar la capacidad de aprendizaje del sistema junto con la mantenibilidad del mismo. Al trabajar sobre la idea de ofrecer una plataforma de monitoreo y difusión de información para el cuidado de la salud, se ha tomado como lineamiento para el desarrollo el hecho de que el mismo pueda ser continuado en futuros trabajos. Por lo anterior se han seleccionado diversos componentes externos de código abierto con comunidades de desarrollo que los soportan y mantenimiento activo. La complejidad del sistema y la orientación hacia la funcionalidad, hacían difícil la implementación propia de todos los componentes intervinientes.

Por último, otro aspecto de calidad del sistema es la modificabilidad. Deben poder incorporarse nuevos tipo de codificaciones para poder monitorear al paciente bajo otras condiciones. Por ejemplo, si el día de mañana deseara comenzarse a controlar la temperatura corporal u otro parámetro. El sistema será capaz de adaptarse a esta nueva

codificación sin necesidad de regenerar su código. Se realizará el procesamiento, validación y presentación en la interfaz del nuevo tipo de datos recibidos. Se debe permitir que en caso de fallas en el almacenamiento y/o en el dispositivo de recepción y envío de mensajes, se pueda generar una rápida comunicación con otros componentes alternativos o de reemplazo.

1.3. Organización del trabajo

Este trabajo se estructura en siete capítulos a través de los cuales se presentarán el marco teórico tecnológico, el estado del arte del área, la solución propuesta, su instancia en la herramienta desarrollada, las pruebas realizadas y las conclusiones.

En el capítulo 2 se verá el marco teórico y tecnológico, haciendo una presentación del estado actual a nivel mundial y latinoamericano de las TIC en el sector de la salud.

En el capítulo 3 se presentarán trabajos recopilados durante la fase de investigación. Se verán trabajos directamente relacionados con la aplicación de telefonía móvil en la salud, así como otros donde se mencionan sistemas reales implementados y la experiencia que se ha obtenido de su aplicación en un entorno real. Se verán trabajos relacionados a la aplicación de las TIC en otros ámbitos.

La arquitectura y aspectos de diseño de la plataforma propuesta se presentan en el capítulo 4, donde se verán en detalle las tecnologías utilizadas y su integración. Se presentarán los requerimientos funcionales y no funcionales que fueron guía, junto con la metodología de desarrollo. En este capítulo se presenta la arquitectura general de la plataforma para luego avanzar con el detalle de instancia en el caso particular de monitoreo de glucosa y presión arterial, mostrando las problemáticas particulares encontradas en el capítulo 5.

Más adelante, en el capítulo 6, se presentarán las pruebas a las que se sometió el sistema. Pruebas de componentes, de integración, de interfaces. Se presentarán métricas de ejecución obtenidas para evaluar la performance.

Finalizando el trabajo, se explicitan las conclusiones a las que se ha arribado junto con los posibles trabajos futuros detectados en esta etapa.

Capítulo 2

Marco teórico

Este trabajo se encuadra dentro del campo de la informática médica y su área de aplicación es la telemedicina, engloba diversas tecnologías de la comunicación e información, como **GSM**, el servicio de mensajes cortos **SMS**, plataformas y servidores Web. Así como también otro conjunto de tecnologías de base, como lo son lenguajes de programación JAVA, PHP, Javascript; base de datos, expresiones regulares, mecanismos de encriptación, lenguajes de marcado como **XML** (eXtensible Markup Language) y **HTML** (HyperText Markup Language), entre otras.

Existen en la literatura varias definiciones de telemedicina. De forma amplia se puede definir como,

“el uso de las tecnologías de la comunicación para proveer información y servicios médicos”.

De forma más detallada puede encontrarse definida como,

“La telecomunicación que conecta un paciente y un proveedor de cuidados de la salud a través de transmisiones de audio y video a lo largo de las distancias, y permite el diagnóstico efectivo, tratamiento y demás cuidados de la salud” [COL00].

La Asociación Americana de Telemedicina, la define como el uso de información médica intercambiada de un lugar a otro vía comunicaciones electrónicas para mejorar el estado de salud de un paciente [AAT10]. Se considerará telemedicina de una manera más general, como

“la aplicación de tecnologías en el ámbito de la salud de manera de poder brindar herramientas y servicios que aporten a las actividades de administración, diagnóstico, seguimiento y detección de enfermedades; como a las actividades de capacitación, concientización o difusión de información a la población y entre profesionales.”

Relacionado al concepto de telemedicina se encuentran términos como telecuidado, monitoreo remoto, mediciones autoreportadas, sistemas de mensajería móvil.

Las tecnologías que suelen mencionarse en los trabajos analizados incluyen la red **GSM**, el servicio de mensajes cortos **SMS** y el acceso a Internet, remarcando la amplia difusión de la telefonía celular como causa del impacto beneficioso en el ámbito de la salud, tanto en países desarrollados [OUY07] [RAM06] como en países en vías de desarrollo [DINU] [GAR09] .

En este capítulo se verán el estado del arte del área según la investigación realizada previamente al desarrollo y los trabajos que se fueron descubriendo durante el

mismo. Se introducirá el marco tecnológico, breve historia y estado actual de las tecnologías utilizadas.

2.1. Revisión de la literatura

La recopilación de datos se logró en varias etapas. Inicialmente se trabajó con una serie de artículos que proponían sistemas símiles al construido y con documentación de carácter técnico para lograr una comprensión de las tecnologías a utilizar, observando sus ventajas y desventajas de modo de poder construir la arquitectura que resultara más adecuada.

A medida que se avanzó en la comprensión del entorno del sistema se llevó a cabo una búsqueda conducida vía Web en diversas bases de datos de publicaciones médicas. Las bases de datos consultadas son las siguientes:

- SAGE Journals online⁶
- PubMed⁷
- Anales de Medicina⁸
- Springer⁹
- SeDiCI, repositorio institucional de la Universidad Nacional de La Plata¹⁰
- Sistemas de bibliotecas UNICEN¹¹
- Portal ACM, the guide to computing literature¹²
- BioMed Central, the Open Acces Publisher¹³

De las búsquedas en las anteriores bases de datos de publicaciones se obtuvieron no solo interesantes artículos, sino también referencias a múltiples journals en línea. Estos son algunos de los journals que se consultaron en búsqueda de información.

- Pediatrics, Journal of the American Academy of Pediatrics
- Diabetes Care, American Diabetes Association
- Clinical Diabetes, American Diabetes Association Journal
- Oxford Journals, Oxford University Press Journal

6 <http://online.sagepub.com/>

7 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

8 <http://www.analesdemedicina.com/>

9 <http://www.springer.com/>

10 <http://www.sedici.unlp.edu.ar>

11 <http://biblio.unicen.edu.ar/>

12 <http://portal.acm.org/portal.cfm>

13 <http://www.biomedcentral.com/>

- Stroke, American Heart Association Journal
- American Journal of Medical Quality
- Health Informatics Journal
- Journal of Aging and Health
- Home Health Care Management & Practice

Otros puntos de recopilación de datos fueron *Google Books* y *Google Code*. Realizando la búsqueda de libros que permitieran la visualización completa, de aquí se obtuvo un informe reciente, del año 2009 del *Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo*, que aportó datos interesantes sobre el nivel de introducción de la telefonía celular en relación a las edades y niveles de educación en los países del MERCOSUR [PNUD092], a la par de ser disparador para tomar contacto con base de datos de estadísticas y publicaciones que fueron inspeccionadas. Estas son:

- CEPAL, Comisión Económica para América Latina¹⁴
- CEPALSTAT, Estadísticas de América Latina y El Caribe¹⁵
- IDCR, The International Development Research Centre¹⁶
- Informaciones de estadísticas y datos de la OMS¹⁷

En *Google Code* fue realizada una búsqueda de proyectos similares al desarrollado en este trabajo. Se condujeron dos búsquedas bajo las palabras claves '*telemedicine*' y '*telehealth*', encontrando tres proyectos relacionados: *Moca*, *The National Telehealth Initiative* y *Google Health*.

Adicionalmente se consultó documentación técnica y en línea como soporte al desarrollo [POSTG09] [WAV01] [WAV04] [JOOM10] [SMS10] [JETM10] [JUDE09] [PAR10] [HYP99] [ECLIP10].

2.2 Estado del arte

En los textos analizados hay una coincidencia en cuanto a que la introducción de tecnologías en el ámbito de la salud conlleva ventajas en el seguimiento, control y diagnóstico de enfermedades. Se menciona la tecnología como un motor de cambio en los sistemas de cuidado de la salud que permitiría ahorrar costos mejorando la

¹⁴ <http://www.eclac.org/>

¹⁵ <http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegrada.asp>

¹⁶ <http://www.idrc.ca>

¹⁷ Organización Mundial de la Salud

asignación de recursos [YUS02]. Se mejora el acceso del público a los servicios de salud, a pesar de las distancias. A la par de que mejora la experiencia del médico más allá de las fronteras de su consultorio [ATT10.2].

Algunos autores señalan ciertas condiciones estructurales, que hacen beneficiosa la adopción de soluciones que permitan acercar la atención de profesionales capacitados a poblaciones a donde estos son escasos, ya sea por la distancia física de estas poblaciones o por las distancias económicas. Dentro de estas condiciones se encuentran por ejemplo, el gasto invertido en materia de administración en los centros de salud. El envejecimiento de la población, así como el carácter crónico de algunas enfermedades, junto con la posibilidad de brindar cuidados desde el hogar a los que las padecen, es otra de las condiciones que se mencionan en algunos trabajos.

Gran cantidad de artículos hallados se refieren a sistemas de telemedicina para el cuidado, monitoreo o educación para la salud, relacionados a la diabetes. En uno de estos artículos, *Slater* presenta una combinación de video juegos y glucómetro que tiene como objetivo fomentar el control de la enfermedad en los pacientes jóvenes [SLAT03], *GlucoBoy*¹⁸ es un sistema integrado que asiste a los pacientes y permite el trabajo en red.

Otra serie de trabajos se encuentran relacionados con las enfermedades cardíacas. *TEMPiS* [AUD08], *Telemedical Project for Integrative Stroke Care*, consiste en la instalación de salas de cuidado y prevención de accidentes cerebro-vasculares (ACV), distribución continua de educación médica con soporte de telemedicina para la consulta remota con profesionales los 7 días de la semana, las 24 horas. Este proyecto fue diseñado para mejorar la calidad del cuidado de pacientes con ACVs en zonas desprovistas de profesionales expertos. Por otra parte, *Viñals*, describe un estudio piloto de diagnóstico offline y exámenes cardíacos prenatales, con transmisión de información vía Internet y almacenamiento en servidores Web [ALS05]. *Dansky, et. al.* realizaron un estudio donde evalúan el impacto del telecuidado desde el hogar en la utilización de los servicios de salud y la mortalidad, para pacientes con falla cardiaca [DAN08], arribando a la conclusión de que aquellos pacientes dentro del grupo de telecuidado presentaron una disminución de los síntomas, respecto a aquellos que se encontraban en el grupo de control.

Otros estudios hacen referencia a telemedicina en el ámbito geriátrico, para el cuidado de los adultos mayores. *Brignell, et. al.* realizan una revisión de la literatura que promueve la utilización de tecnologías en la medicina geriátrica [BRI07]. Mientras que *Buckley, et. al.* Presentan una propuesta de entrenamiento interdisciplinario de enfermeras en tecnologías de telecuidado para adultos mayores en su hogar, con interacción de bioingenieros supervisores, que a su vez adquieran contacto con el trabajo real de cuidados en el hogar para poder mejorar las herramientas utilizadas [BUCK02].

Luego se encuentran algunos trabajos que integran el uso de teléfonos móviles para mejorar parámetros de otros grupos de enfermedades. Se encuentran por ejemplo trabajos para mejoras en el diagnóstico de la tuberculosis [COR09] mediante la captura

¹⁸ <http://www.glucoboy.com/>

y envío de imágenes de pacientes a los centros de diagnóstico. Otras experiencias cuentan sobre proyectos de telemedicina en el cuidado de niños y adolescentes asmáticos [SLAT03]. Telemedicina y cuidados intensivos es otro de los temas que se han hallado en la revisión de la literatura. Cummings *et. al.* presentan un trabajo donde se analizan cuestiones tecnológicas, clínicas, financieras, de implementación y trabajos futuros en este sentido [CUM07].

Bajo la categoría de casos reales, contemplando dentro de esta los proyectos que se encuentran en desarrollo o en uso, habíamos mencionado tres proyectos: *Moca*, *The National Telehealth Initiative* y *Google Health*.

Moca es un proyecto perteneciente a *Vodafone Americas Foundation*¹⁹, que está siendo desarrollado bajo una licencia BSD²⁰ y alojado en *Google Code*²¹. Se presenta también bajo el nombre de *SANA*. Ofrece una plataforma de telemedicina basada en *Android*²², sistema operativo orientado para dispositivos móviles. Esta plataforma permite el intercambio de información de audio, imágenes, texto y en próximas etapas video, a ser intercambiada entre enfermeras y profesionales médicos, en pos de la realización de diagnósticos a distancia.

*The National Telehealth Initiative*²³ es un proyecto impulsado por el Centro Nacional de Tele-cuidados (NthC) de la *Universidad de Manila en las Filipinas*, con soporte del Departamento de Salud y la Universidad de Filipinas. Tiene como objetivo acercar la experiencia profesional y el diagnóstico a las comunidades de bajos recursos. Está siendo desarrollado bajo la licencia GPL versión 3²⁴.

Google Health es una versión beta llevada adelante por *Google* con el objetivo de que los usuarios puedan registrar la información de su perfil de salud, importar informes de datos médicos personales, realizar búsquedas de profesionales y herramientas para administración de la salud (consulta en línea, comparativa de medicamentos, conferencias paciente-médico, entre otras).

En menor medida que los estudios referidos a sistemas propuestos, se encuentran los relacionados a la evaluación de estos sistemas en ambientes reales, considerando la satisfacción de los usuarios y resultados cuantitativos registrados [AND05]. Por lo general se encuentra en la bibliográfica indicaciones respecto a la falta de estudios de costo-beneficio [SPO04] de introducir tecnologías para cuidados remotos, así como también, escasa evidencia de pruebas de componentes que intervienen en los sistemas de tele-monitoreo [SCH10]. En este sentido, *Atteberry* presenta un informe publicado en Abril del 2009 en el journal “*Home Health Care Management and Practice*” [ATT08], donde se realiza una revisión de la literatura comprendida entre 1999 y 2007, comparando la calidad del cuidado de pacientes que reciben las visitas tradicionales al hogar, versus los pacientes que reciben telecuidados. *Bergmo* presenta otro trabajo de revisión, donde evalúa la calidad, validez y capacidad de generalización de las evaluaciones económicas

19 <http://www.sanamobile.org/>

20 <http://www.bsd.org/>

21 <http://code.google.com/p/moca/>

22 <http://www.android.com/>

23 <http://code.google.com/p/telehealth/>

24 <http://gplv3.fsf.org/>

realizadas en el área de la telemedicina [BER09]. Se evalúa el período 1990-2007, hallando 33 evaluaciones económicas donde se miden costos y resultados, señalando como conclusión que muchos de los estudios analizados no están en concordancia con técnicas de evaluación estándar. *Farberow, et. al.* proponen 5 áreas principales que deben ser tenidas en cuenta para potenciar los beneficios y la seguridad de los sistemas de telecuidado: efectividad en la administración de pacientes, resultados basados en la evidencia; regulación; costos y análisis de los mismos; y certificación para lograr credibilidad en este tipo de tecnologías [FAR08].

Otros aspectos que suelen evaluar en los artículos son cuestiones de seguridad en telemedicina. *Chousiadis* y *Pangalos* proponen un protocolo de autenticación para mejorar la seguridad de un sistema móvil y distribuido [CHO03]. Enfocan su trabajo en dos pilares principales: la seguridad de las comunicaciones y las políticas de control de acceso al sistema.

2.3. Tecnologías de la comunicación e información

De manera introductoria se analiza la evolución que han seguido las comunicaciones desde el telégrafo a la telefonía móvil **GSM**, luego de lo cual se presentan los principios de funcionamiento de la telefonía celular, el servicio de mensajes cortos **SMS** y un análisis de las características de los dispositivos móviles actuales y futuros, así como las soluciones informáticas de comunicación vía SMS (conocidas como Gateways).

2.3.1 Breve reseña de las telecomunicaciones

Durante la historia de las telecomunicaciones se pueden establecer hitos que han marcado la evolución de las formas y tecnologías de transmisión de datos.

En el año 1837 *Samuel F. B. Morse* inventa el telégrafo. *Emile Baudot* en 1874 inventa el multiplexor telegráfico, que permite que hasta seis máquinas telegráficas trasmitiesen simultáneamente por un solo cable, ampliando así la capacidad de transmisión de información [TOM96].

En 1876 un avance importante en cuanto al tipo de dato a transmitir se logra con la invención del teléfono y transmisión de voz por este medio, gracias a *Alexander Graham Bell*. Hasta este entonces la comunicación se realizaba a través de cableados, hasta que en 1887 *Heinrich Hertz* desarrolla el primer transmisor y antena rudimentaria.

La primera central telefónica fue diseñada por *Strower* en 1892. Y en 1894 *Guillermo Marconi*, logra la primera comunicación electrónica inalámbrica transmitiendo señales vía radio, y con los años logra ir aumentando la distancia de las transmisiones realizadas. Hacia finales de la *Primera Guerra Mundial*, se comienzan a comercializar comunicaciones de voz vía radio mediante un servicio instalado por AT&T.

Mientras que el primer servicio de telefonía móvil con conexión a la red de telefonía básica se produce en 1946 cuando AT&T instala en St. Louis un sistema que funcionaba mediante un transmisor con radio de alcance de 80km. Utilizando conmutación manual mediante un operador que enrutaba las llamadas desde la estación base. Con el tiempo evolucionan los equipos de FM (Frecuencia Modulada) y se automatiza el enrutamiento de las comunicaciones.

En 1960 se introducen los servicios de marcación directa y el servicio full-duplex. Mismo año en que surge el sistema **IMTS** (Improved Mobile Telephone System) donde se introduce la idea de celdas de servicio, basado en la instalación de un transmisor potente a gran altura, soportando 23 canales distribuidos entre 150 y 450 Mhz. En 1971 comienzan a realizarse pruebas con los sistemas **AMPS** (Advance Mobile Telephone System) y **ARTS** (American Radio Telephone System).

El éxito de los sistemas celulares toma lugar en el norte de Europa, en los países de Suecia, Noruega, Dinamarca y Finlandia, donde se establece un sistema móvil con gran cantidad de usuarios alrededor de 1981, haciendo uso de la estructura celular NMT (Nordic Mobile Telephony System). Este sistema es luego adoptado por otros países de Europa, como España en 1982.

La telefonía celular en Argentina se introduce en 1988 con la empresa Movicom y operaba bajo el sistema **AMPS**.

En lo que respecta a las historia de **GSM**, en 1982 se crea el grupo "Groupe Special Mobile" dentro del instituto **ETSI** (European Telecommunications Standards Institute). Este grupo es el creador del estándar, que se difunde ampliamente a nivel mundial y es adoptado en los siguientes años por varios países.

2.3.2 Estructura y funcionamiento de la telefonía móvil

La telefonía celular está basada en el concepto de reutilización de frecuencias [RAH93]. El espectro está limitado, existe una banda determinada de frecuencias que son asignadas a los operadores de la red de telefonía celular. Estas frecuencias deben distribuirse de modo de poder asignar una porción a cada comunicación o intercambio de datos que requiera establecerse. El estándar **GSM** combina diversas técnicas de reparto del espectro para establecimiento de las comunicaciones, a saber:

- **SDMA**: Space Division Multiple Access o acceso múltiple por división de espacio. Esta forma de reparto del espacio de frecuencias, como se verá a continuación, define la estructura de las redes GSM.
- **TDMA**: Time Division Multiple Access o acceso múltiple por división de tiempo. Separación por cortes o slots de tiempo para las distintas comunicaciones en emisión y recepción.
- **FDMA**: Frequency Division Multiple Access o acceso múltiple por división de frecuencias.
- **CDMA**: Code Division Multiple Access o acceso múltiple por división de

códigos.

La división de la superficie en células permite que se cubra la superficie en porciones de espacio a los cuales se asigna una cierta porción de frecuencias. Esto permite que las frecuencias asignadas en una célula puedan ser reutilizadas en otra celular alejada, ubicada a una distancia adecuada para que no se produzcan interferencias.

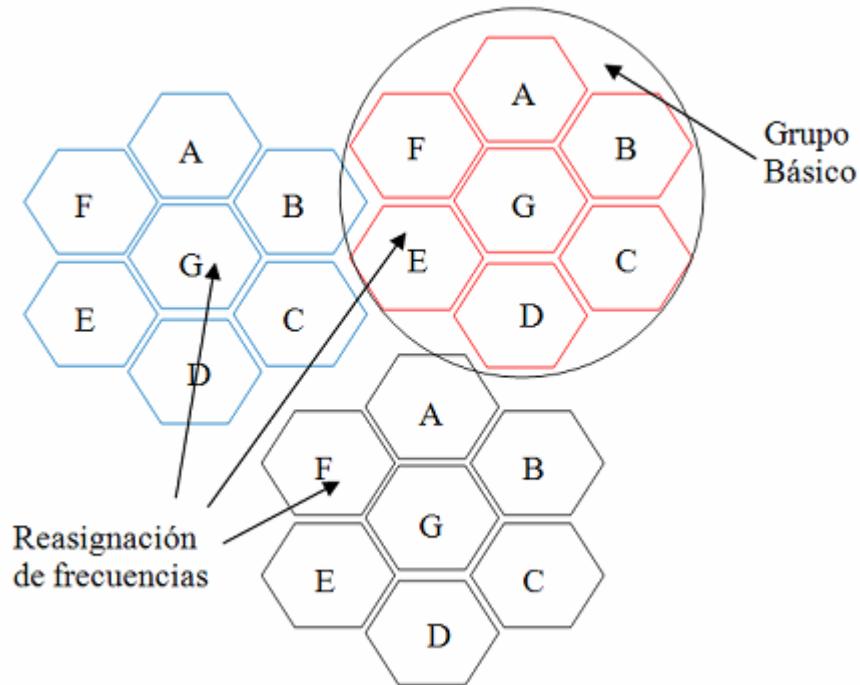


Ilustración 2: Estructura celular GSM

Las celdas como se observa en la ilustración 2, abarcan determinada área de cobertura y conforman un grupo básico, una célula en un grupo básico X puede utilizar la misma frecuencia que una en el grupo Z.

En la ilustración 3 se puede observar la estructura de la red GSM [BAV04].

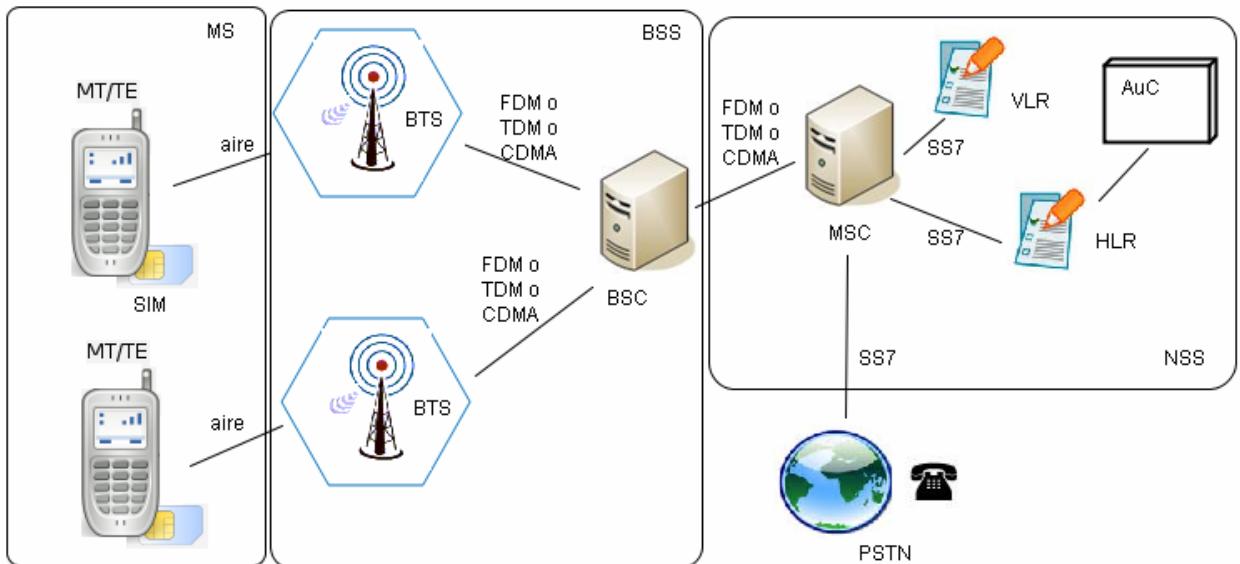


Ilustración 3: Estructura de la red GSM

Dentro de los grupos de componentes principales se encuentran:

- Estaciones móviles (MS o Mobile Station)
- Subsistema de Estación de Base (BSS o Base Station Subsystem)
- Subsistema de Red (NSS o Network Subsystem)

Las estaciones móviles abarcan los dispositivos **GSM** de los usuarios de la red, en todo momento una estación móvil se encuentra ubicada dentro de una célula determinada. En cada célula funciona un BSS. El subsistema BSS incluye una controlador de estación de base (BSC o Base Station Controller) y la estación base (BTS o Base Transceiver Station), también denominada transmisor-receptor. Los móviles establecen comunicación con la BS. La comunicación entre los móviles y las BS es full-duplex.

Full-duplex hace referencia al tipo de comunicación que se establece y se relaciona con la capacidad del medio físico de transmitir en uno u otro sentido, o bien en ambos. Así se puede distinguir tres grupos de comunicaciones:

- **Full-Duplex:** existen canales de envío y recepción simultáneos.
- **Half-Duplex:** se puede transmitir en ambos sentidos pero no de manera simultánea.
- **Simplex:** sólo se puede establecer comunicación en un sentido.

Continuando con la descripción de la red típica **GSM**, en cada BTS se asigna un canal de control y señalización para establecer las comunicaciones. Y dentro del

subsistema BSS un controlador BSC puede tener asociadas varias estación de base BTS.

Respecto a la forma de interacción entre el BSS y el NSS, los BSC están conectados a los MSC (Mobile Swiching Center o centros de conmutación móvil), mediante una línea dedicada. Los MSC son los encargados de administrar y establecer las conexiones necesarias para que las comunicaciones se logren.

La comunicación en BTS y BSC, así como la que se establece entre BSC y MSC, puede utilizar los siguientes tipos de acceso FDMA, TDMA o CDMA, presentados anteriormente.

Por su parte, la interacción entre el MSC y los registros de localización, tanto locales (HLR o Home Location Register) como de visitante (VLR o Visitor Location register), así como con la red pública de telefonía fija (PSTN o Public Switched Telephone Network) se realiza a través del protocolo de señalización SS7 (o Signaling System No. 7).

Puede representar esta arquitectura mediante un gráfico de capas observando las responsabilidades principales que le caben a los subsistemas.



Ilustración 4: Red GSM por capas

2.3.3 Servicio de Mensajes Cortos

SMS es un servicio de comunicación de mensajes de texto que permite comunicar teléfonos móviles y líneas fijas con móviles. Es uno de los medios de comunicación de datos más difundidos actualmente.

Previa a la inclusión de la mensajería de texto en el estándar **GSM** en 1985, el servicio se utilizaba en los dispositivos Pagers para comunicación de mensajes alfanuméricos.

La idea en los orígenes de la adopción del servicio de mensajería de texto bajo **GSM**, era aprovechar las optimizaciones que se impulsaban en la telefonía celular, utilizando el sistema establecido, para transportar mensajes en los canales de señalización que se usan para controlar el tráfico telefónico, insertando los mensajes en los cortos períodos de tiempo durante los cuales no se producen señales de control de tráfico. De esta manera se transmitía información por un canal no utilizado, aprovechando al máximo los recursos de la red.

Estas ideas que subyacen al servicio de mensajes cortos, son las que han impuesto un límite al tamaño de los mismos, de 140 caracteres o 160 caracteres de 7 bits.

La puesta en marcha de este servicio requirió que se introdujeran los Centros de Mensajes Cortos o SMSC (Short Message Service Center) en la estructura de la red. Estos centros se encargan de las siguientes tareas:

- Es un intermediario entre teléfonos móviles origen y destino.
- Recibe el SMS desde el móvil origen.
- Almacena el SMS si el destino no está disponible.
- Reenvía el SMS al móvil destino.
- Enruta los SMS y regula el proceso de envío.

Los mensajes intercambiados se pueden clasificar como terminados en el móvil (MT o Mobile Terminated) o originados en el móvil (MO o Mobile Originated), según terminen su transmisión o la comiencen en el dispositivo celular.

Al enviar un mensaje de tipo MO, el registro de base (HLR) donde el usuario está registrado verifica las condiciones del servicio, en centro de mensajes SMSC lo recibe y notifica al registro de visitante (VLR) para la facturación del servicio y reenvía el mensaje al SMSC destino, este envía una confirmación del estado del mensaje al SMSC origen y al usuario.

En el caso de un mensaje de tipo MT el SMSC que ha recibido el mensaje consulta el registro de visitante (VLR) del número destino, si está disponible el mensaje se envía al BSS, sino el mismo se guarda por un tiempo de vigencia determinado en las bases de datos del SMSC. Si está disponible el MSC (Message Switching Center) avisa al VLR quien a su vez, avisa al móvil del usuario y verifica en qué sección del BSS se encuentra ubicado, de modo de poder informar al MSC donde debe enviar el mensaje. Por último, una vez enviado el mensaje el MSC avisa al SMSC de modo que este pueda quitar de sus bases de datos el mensaje ya enviado.

2.3.4 Generaciones de dispositivos y prestación de servicios

Los teléfonos móviles han pasado por tres generaciones [TAN03.1], con tecnologías distintas:

1. Voz analógica.
2. Voz digital.
3. Voz y datos digitales.

Se presentarán estas generaciones y las características que las distinguen.

2.3.4.1 *Primera generación*

Durante las primeras décadas del siglo XX se usaban los radios teléfonos móviles para comunicaciones marítimas y militares. En 1946 se instala en St. Louis el primer sistema en autos, contaba con un transmisor grande colocado en lo alto de un edificio y un solo canal de envío y recepción. Para hablar el usuario oprimía un botón que habilitaba al transmisor y bloqueaba al receptor. Este tipo de sistema se conoció como Push To Talk u oprimir para hablar.

En 1960 se instalaba el sistema **IMTS** (Improved Mobile Telephony System o sistema de telefonía mejorado), contaba con un transmisor de 200 watts y tenía dos canales de transmisión, haciendo que ya no fuese necesario el botón a oprimir para establecer la comunicación. Este sistema manejaba 23 canales distribuidos entre las frecuencias 150 a 450 Mhz. Eran pocos canales, y esto hacía que hubiera tiempos largos de espera por parte de los usuarios para poder hablar, lo cual hacía a este sistema impráctico.

Luego, en 1982 surge **AMPS** (Advanced Mobile Telephony System o sistema de telefonía móvil avanzado). Desarrollado en los laboratorios Bell en Estados Unidos. En este tipo de sistemas las celdas eran de unos 10 a 20 Km. De diámetro. Se empleaban 832 canales dúplex, cada uno compuesto por dos canales simplex. Habiendo 832 canales de transmisión simplex entre los 824 a 849 Mhz. Y 832 canales de recepción simplex desde 869 a 894 Mhz. Cada canal de 30 Mhz. De ancho de banda. **AMPS** usa FDM (Frequency Division Multiplexing) para separación de canales.

Esta primera generación de teléfonos fue analógica y poseía una limitada capacidad de uso y establecimiento de comunicaciones.

2.3.4.2 *Segunda generación*

Esta generación es completamente digital, surge alrededor de 1990 y presenta una solución a la necesidad de poder manejar mayor cantidad de comunicaciones en un momento dado. Esta generación abarca varios protocolos o sistemas, desarrollados por distintas compañías u organizaciones y adoptados en ciertas áreas a nivel mundial.

Se diseña el sistema **D-AMPS**, con base en **AMPS**. Utiliza canales de 30MHz al igual que **AMPS**, y se diseñó de modo que pudiera coexistir con su antecesor.

Dependiendo del tipo de teléfono que estuviera en las celdas se determinaba si el canal de comunicación debía ser analógico o digital. Una nueva banda de frecuencias fue asignada a este sistema. Entre los 1850-1910 Mhz. Se establecían los canales ascendentes y los descendentes entre 1930-1990 MHz. En los móviles funcionando bajo **D-AMPS**, la señal de voz capturada se digitaliza y comprime en el teléfono mismo, de modo de reducir el número de bits a enviar.

D-AMPS es utilizado ampliamente en Estados Unidos y existe una versión modificada del sistema funcionando en Japón. Mientras que a nivel mundial el tipo de sistema móvil más difundido es **GSM**, el cual hemos explicado anteriormente.

Tanto **D-AMPS** como **GSM** son convencionales y utilizan FDM y TDM para dividir el espectro en canales de frecuencias y estos en ranuras de tiempo. Existe bajo esta segunda generación de teléfonos móviles un tercer sistema que funciona de forma muy distinta. **CDMA** (Code Division Multiple Access). En lugar de dividir el espectro en canales de frecuencias permite que cada estación transmita todo el tiempo a través de todo el espectro, usando codificaciones distintas para cada transmisión de modo de separar las transmisiones simultáneas.

2.3.4.3 *Tercera generación*

Ciertos cambios en la industria y en el consumo que los usuarios hacen de la telefonía celular, comenzaron a impulsar otras necesidades de servicios en las comunicaciones móviles. Comienza a haber mayor tráfico de datos que de voz, distintos tipos de industrias como la del entretenimiento, de cómputo, bancaria, están orientando sus servicios hacia el concepto de movilidad. Estos puntos vienen a ser satisfechos por la tercera generación de dispositivos celulares.

En 1992 la **ITU** (International Telecommunications Union) crea **IMT-2000** (International Mobile Communications), se previó que los países reservaran la banda de los 2GHz. De modo de poder tener portabilidad internacional. Esta iniciativa no ha sido muy exitosa hasta el momento. Los servicios que brinda incluyen transmisión de voz a alta velocidad, mensajería, intercambio de información multimedia y acceso Web. Se propulsó que los móviles que funcionarían sobre este sistema posean una sola tecnología. Dos alternativas principales surgieron, **W-CDMA** (CDMA de banda ancha) y **CDMA2000**.

W-CDMA fue impulsada por *Ericsson*, se ejecuta en una banda ancha de 5 MHz. Y es un sistema impulsado a su vez por la *Unión Europea*, quien lo denominó **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System). Soporta una tasa de datos que va desde 144 a 512 Kbps en áreas amplias y puede llegar a los 2 Mbps en área reducidas.

CDMA2000 fue impulsada por *Qualcomm*, utiliza también una banda ancha de 5 MHz. Es una extensión del sistema IS-95 (Interim Standard 95, conocido también como cmdaOne) que es un estándar elaborado también por *Qualcomm* para transmisión de voz y datos en móviles de segunda generación

Se esperaba que la tercera generación tenga un avance rápido, pero no ha tenido demasiado éxito. Algunas de las razones señaladas es el alto precio de las licencias que los operadores telefónicos deben pagar para poder realizar las transmisiones. Por otra parte las frecuencias y la manera de transmisión de datos de la tercera generación difieren de la segunda generación, cuyos sistemas están ampliamente difundidos a nivel mundial. Lo anterior implica que la transición en los móviles utilizados por parte de los usuarios, el desarrollo de nuevas bases tecnológica para los nuevos sistemas, y por otra parte, no existe compatibilidad con los teléfonos actuales que funcionan bajo el estándar **GSM**.

2.4. Tecnologías Web

Asociado a la historia de la evolución en telecomunicaciones se encuentra el desarrollo que han tenido las herramientas en línea, los portales de comunicación, las redes sociales y los sitios de Internet en general. Este desarrollo ha sido posible gracias a la existencia de Internet con su variedad de redes y protocolos que permiten el intercambio de datos entre distintos usuarios.

Los orígenes de Internet se ubican en 1969 cuando se establece ARPANET, conocida como la primera red de computadoras interconectadas. Esta red conectaba dos universidades en *Estados Unidos*, la Universidad *UCLA* y *Stanford*, a través de una línea telefónica conmutada. Unos años más tarde, en 1972 se realiza la primera demostración pública de ARPANET y en 1973 DARPA²⁵ impulsa la investigación de protocolos que permitieran la interconexión de redes heterogéneas. De aquí es que surgen los protocolos TCP (Transfer Control Protocol) e IP (Internet Protocol), que son hoy en día los mayormente utilizados para el tráfico de datos en Internet. Estos dos protocolos iniciales forman parte de lo que podría llamarse conjunto o familia de protocolos de Internet, dentro de los cuales se pueden encontrar FTP (File Transfer Protocol) para transferencia de archivos, HTTP (HyperText Transfer Protocol) para acceso a las páginas web, la alternativa para transmisiones seguras HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) para correo electrónico, entre otros.

HTTP fue desarrollado por W3C (World Wide Web Consortium) y por IETF (Internet Engineering Task Force). Su primera versión se describe en la RFC (Request For Comments) 2616²⁶, donde se definen la sintaxis y reglas que los componentes web deberían seguir para comunicarse. Es un protocolo orientado a transacciones pactadas entre cliente y servidor siguiendo un esquema pedido-respuesta. Los clientes, usualmente asociados a los navegadores web, originan las peticiones de recursos e información al servidor. Los recursos pueden incluir archivos de imágenes, de texto, el resultado de una consulta a una base de datos, etc. Cada interacción consiste en una solicitud ASCII (American Standard Code for Information Interchange), seguida por una respuesta tipo MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions).

25 Defense Advanced Research Projects Agency

26 <http://tools.ietf.org/html/rfc2616>

Adicionalmente a la evolución de la estructura y métodos de transmisión de datos por Internet, se ha producido una evolución de las herramientas y lenguajes de programación que pueden ser utilizados por los desarrolladores para generar aplicaciones en línea.

HTML (HyperText Markup Language) es el lenguaje mayormente difundido en la construcción de páginas web. Se trata de un lenguaje estructurado por marcas o tags a través de los cuales se definen los distintos elementos, como ser encabezados, enlaces a hojas de estilo CSS (Cascade Style Sheets), imágenes, texto, párrafos, tablas, encabezados, entre otros. Las páginas HTML pueden incluir scripts que alteran su ejecución y aportan dinamismo a las acciones que pueden realizarse por parte de los usuarios. Un script se define por ser un archivo que contiene un conjunto de órdenes a ser ejecutadas y son en la mayoría de las ocasiones de tipo interpretado. Uno de los lenguajes más populares de scripting es Javascript. Está orientado a objetos y se utiliza en gran medida para el desarrollo de interfaces de usuario más flexibles y usables, posee soporte extendido en todos los navegadores actuales, su sintaxis a estado influenciada por el lenguaje Java y se basa en definición de funciones. Las páginas HTML son interpretadas por los navegadores Web o browsers mostrando el resultado generado en pantalla. Mozilla Firefox, Internet Explorer, Google Chrome y Safari son algunos de los navegadores más conocidos en la actualidad. HTTP es el protocolo que permite la comunicación entre el navegador y los servidores en donde se alojan los contenidos, como comentábamos anteriormente.

Uno de los servicios que facilita la comunicación e ingreso de los usuarios a las páginas de su interés es DNS (Domain Name System) que brinda un sistema de nomenclatura para computadores, sitios Web o servicios conectados por una red. Su principal función es traducir a formatos legibles y entendibles por el humano, las direcciones IP de las máquinas en las que se ubican los recursos. La funcionalidad anterior está asociada a un concepto central dentro de Internet, URL (Uniform Resource Locator), es una cadena de caracteres estándar que permite la localización de recursos en la red. Existe una única URL para cada página.

En lo que respecta a los lenguajes de programación Web PHP²⁷, Java, .Net, Ruby, son algunos ejemplos de lenguajes utilizados.

2.4.1 La Web en la salud

Internet ha tenido una amplia difusión desde su creación, el número de usuarios de la red de redes aumenta considerablemente con el paso de los años. Esta situación se da a nivel mundial, sin ser Latinoamérica la excepción. En la ilustración 5 se observan los porcentajes de personas que poseen acceso a Internet, comparando los años 1996 y 2006²⁸.

27 www.php.net

28 Fuente Indicadores ODM y PNUD.

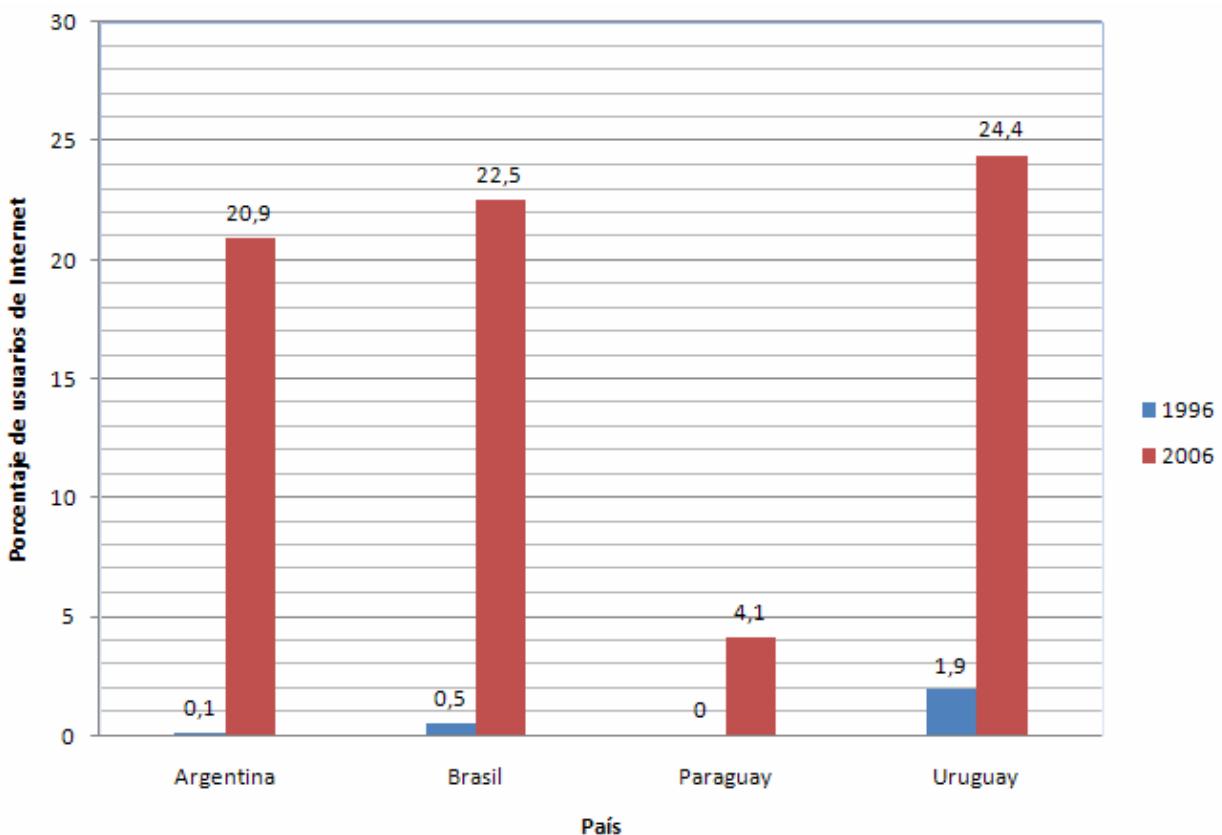


Ilustración 5: Porcentaje de personas con acceso a Internet por país

Hoy en día muchos hospitales cuentan con servicios en línea de información para sus pacientes, a través de portales donde se puede consultar información relativa a horarios, consultorios externos, consejos de salud, campañas de prevención, solicitar turnos en algunos casos, entre otros servicios. Tal es el caso del Hospital Italiano de Buenos Aires²⁹, el Hospital de Pediatría S.A.M.I.C Prof. Dr. Juan P. Garrahan³⁰ o el Hospital Municipal Ramón Santamarina de la ciudad de Tandil, Prov. de Buenos Aires³¹.

29 www.hospitalitaliano.org.ar

30 www.garrahan.gov.ar

31 www.hrsantamarina.org.ar

Capítulo 3

Trabajos relacionados

Las tecnologías de la comunicación e información han sido aplicadas en el ámbito de la salud, el derecho, la agronomía, entre otros. Es el objetivo de este capítulo mencionar algunas de esas experiencias, brindando un panorama de cómo están siendo aplicadas estas tecnologías a nivel mundial y en Latinoamérica en particular.

3.1 Trabajos en el campo de la medicina

Hemos seleccionado una experiencia en Latinoamérica y otra en el resto del mundo para presentarlas con más detalle. Resultan interesantes por el grado de difusión que han tenido y las problemáticas a las que aportan mejorando aspectos de la salud en sectores de la población con bajos o medios recursos económicos y poca accesibilidad a las tecnologías.

3.1.1 Experiencias en Latinoamérica

Se presentará la red de telemedicina que tiene montada el Hospital Pedátrico Garrahan en Argentina.

El Hospital de Pediatría "Prof. Dr. Juan P. Garrahan" está ubicado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, fue inaugurado en el año 1987 y se ha abocado desde sus comienzos a la resolución de problemas relativos a la salud infantil. Es una institución descentralizada, financiada desde múltiples fuentes, que a la par de la atención pediátrica, también se dedica a la formación de recursos que se desempeñan en el cuidado de la salud. Médicos, técnicos y enfermeros anualmente comparten etapas de aprendizaje y luego continúan vinculados mediante la *Oficina de Comunicación a Distancia* que brinda el hospital. Así mismo se desarrolla el *Programa de Referencia y Contrareferencia* para transmitir la experiencia del hospital hacia otras instituciones del interior del país.

A través del *Programa de Referencia y Contrareferencia* se concretan acciones para colaborar en el descenso de la morbilidad y la mortalidad infantil en todo el territorio de la República Argentina. Como se menciona en el marco conceptual del programa,

"...La intención es que los pacientes de cualquier lugar del país puedan tener una excelente atención primaria de su salud con posibilidades de consultas y derivaciones adecuadas a los niveles de mayor complejidad y al mismo tiempo un acceso próximo a su lugar de residencia donde puedan continuar un control y asistencia adecuada, así como para recibir cuidados intensivos especializados para patologías que exigen un tratamiento inmediato o a breve plazo..."

La *Fundación Garrahan*³² aporta los recursos iniciales necesarios para que los centros de salud de las provincias suscriptos al programa puedan adquirir el equipamiento necesario y capacitar sus recursos. Se han instalado 10 oficinas de comunicación a distancia en provincias, dentro de las cuales se encuentran Jujuy, Chaco, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero, Formosa, Misiones, Santa Fe, La Rioja, Mendoza, Chubut, Neuquén, Río Negro, Tierra del Fuego y Buenos Aires.

En cada oficina se encuentran instalados equipos que permiten realizar la teleconsulta a distancia, permitiendo el diagnóstico remoto de los pacientes, mediante la colaboración integral de los profesionales. De acuerdo a la accesibilidad a las tecnologías del lugar, el programa prevé la recolección e intercambio de datos vía telefax y vía teleconferencia en los lugares que sea posible.

De esta manera se brinda agilidad en el proceso de diagnóstico, una oportunidad para el intercambio de conocimientos y el logro de tratamientos efectivos. Por otra parte la descentralización de la atención permite el descongestionamiento de la sede central del hospital y evita traslados no necesarios de paciente desde el interior, con las ventajas económicas y afectivas que conlleva para los niños y sus familiares.

3.1.2 Experiencias a nivel mundial

Como ejemplo de desarrollos en telemedicina a nivel mundial se describirá el proyecto TEMPiS en Bavaria, Alemania [AUD08].

TEMPiS³³ es un proyecto de telemedicina para cuidado integral de pacientes que han sufrido accidentes cerebro-vasculares. El objetivo es poder brindar los cuidados de profesionales especializados en zonas no urbanas. Para lograrlo dos centros especializados y 12 hospitales de Alemania del este se han unido para desarrollar en conjunto esta red de atención.

El sistema instalado consiste en una red de transmisión digital con video conferencia y mecanismos de transmisión de imágenes de tomografías computadas y resonancias magnéticas cerebrales de alta velocidad, por encima de los 2Mb / segundo. Cada hospital conectado a la red provee la asistencia de los pacientes a través de un equipo profesional capacitado que pueden consultar los dos centros principales para interconsulta las 24 hs. del día.

Desde el año 2003 más de 3000 teleconsultas han sido llevadas a cabo y se estima que alrededor de 5000 pacientes son tratados por año. De estos pacientes solo el 5% de ellos es efectivamente trasladado a los centros de mayor complejidad para un análisis exhaustivo de su condición.

En el marco de este proyecto se realizaron estudios comparando la calidad del

32 www.fundaciongarrahan.org.ar

33 www.tempis.de

tratamiento de pacientes en los hospitales de las comunas conectados a la red, contra la calidad del tratamiento en otros hospitales que no cuentan con el servicio de teleconsulta y monitoreo. Arribando a la conclusión de que la implementación de esta red de telemedicina, con servicio de guardia las 24 hs. y la capacitación continua del personal pueden traer beneficios a largo plazo en el cuidado de pacientes con accidentes cerebro-vasculares.

3.2 Aplicaciones de la tecnología a otras áreas

Además del campo de la salud, existen otras áreas donde las TIC juegan un papel importante, permitiendo mejoras en los procesos. Presentamos aquí tres casos de experiencias en Argentina.

3.2.1 Sistema de estacionamiento en la ciudad de La Plata

La Lic. Alejandra Sturzenegger presentó en la 38º JAIIO (Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa), un trabajo relativo a la organización del sistema de estacionamiento en la ciudad de La Plata, Argentina. [STUR09].

Se menciona la introducción de mensajería móvil e Internet en un nuevo sistema de organización del tránsito. Por una parte este sistema prevé la compra anticipada de créditos de estacionamiento que se van consumiendo con el envío de mensajes de texto, conviviendo con la compra de crédito tradicional para quienes no cuenten con un teléfono celular.

El nuevo sistema de regulación del estacionamiento reemplaza desde el año 2009 al anterior sistema, permitiendo solucionar el caos de tránsito en la ciudad y mejorar los controles de facturación.

La idea, implementación y difusión de este sistema estuvo a cargo del Municipio de la ciudad de La Plata, con colaboración de la empresa Pampa System S.R.L. para la colocación del soporte de hardware y tecnológico necesario. La arquitectura de la solución abarca la telefonía móvil con un diseño orientado a servicios e involucra la utilización de Microsoft .Net para el desarrollo, con Microsoft SQL Server como motor de base de datos.

3.2.2 USINA Municipal de la ciudad de Tandil

Actualmente se están utilizando en la USINA de la ciudad de Tandil, Provincia de Buenos Aires, un nuevo sistema de consulta para los clientes donde pueden realizar reclamos por falta de suministro, consultas de deudas, reclamos por alumbrado público [USI10].

El sistema funciona por medio del envío de mensajes de texto con formato predeterminado a un número telefónico celular provisto por la USINA.

3.2.3 Las TIC y la agronomía

Desde la provincia de Santa Fé, la Asociación Cultural para el Desarrollo Integral describe un sistema que se sirve del uso de las TIC para la administración de cultivos.

FruTIC [STA10], es el nombre de este sistema, nombre abreviado de la Cooperación Técnico No Reembolsable ATN/ME 10481-AR. Asociación de Citricultores de Concordia, INTA, ACDI.

Mediante este sistema se prevé el logro de un conjunto de objetivos que permitirían a la región citrícola del Río Uruguay, mejorar la competitividad de sus Pymes en el mercado internacional.

Se realizan seguimientos semanales de ciertas variedades de frutas registrando datos como el estado general de la planta, la presencia de plagas, el color de los frutos, entre otros. Existen personas encargadas de recorrer los campos e ingresar esta información vía Web o a través de teléfonos celulares inteligentes con Windows Mobile sobre los que corren aplicativos realizados en JAVA. Datos que son almacenados en un repositorio central para su posterior consulta optimizada para los distintos tipos de usuarios que la requieran. Adicionalmente el sistema soporta un servicio de alertas e información meteorológica que permite a los productores y administradores de los campos anticiparse a los cambios climáticos y tomar las acciones necesarias para proteger la producción.

Capítulo 4

Solución propuesta

Se presentará en este capítulo la arquitectura general y aspectos de diseño de la plataforma que permite implementar el sistema de monitoreo.

En primer lugar se menciona la metodología utilizada durante el diseño de la aplicación, para luego abordar la arquitectura diseñada. Se presentan las tecnologías elegidas, para luego detallar los tres nodos principales que componen la solución.

4.1 Metodología de desarrollo

Durante el desarrollo se han tomado técnicas, conceptos y prácticas de metodologías conocidas. No tomando una única base, sino siguiendo un modelo de ciclo de desarrollo e incorporando prácticas de diversas fuentes.

Se ha seguido un modelo de desarrollo incremental [BOE88] utilizando estrategias y técnicas tomadas de **UML** (Unified Modeling Language) [UML10] y ASML (A System Modeling Language) para lograr la comprensión del sistema y la definición tanto de los requerimientos funcionales como no funcionales. A la par de que se fueron utilizando un subconjunto de los diagramas propuestos por **UML** para confeccionar la documentación de los aspectos estáticos y dinámicos del sistema.

La ilustración 6 presenta las etapas seguidas durante el desarrollo.

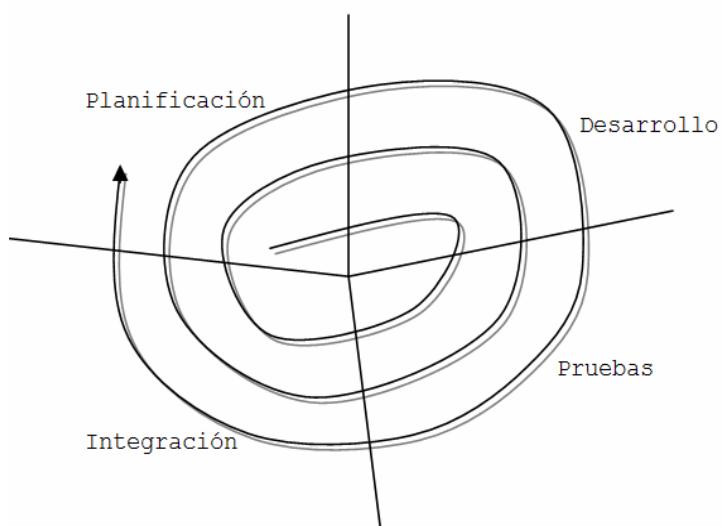


Ilustración 6: Fases durante el desarrollo

Se fue avanzando de manera gradual. En la etapa de planificación se delimitaron los componentes o funcionalidades que se abordarían durante la etapa de desarrollo. Estas funcionalidades luego fueron testeadas en la fase de pruebas para ser posteriormente integradas a las ya implementadas. Luego de analizado y delimitado el problema a abordar, el tipo de mediciones sobre el que se realizaría el monitoreo y ciertas características deseables del sistema (como la seguridad y la disponibilidad), se generó una lista de eventos que pueden tomar lugar en el sistema y afectarlo, que se detalla en la tabla 1.

Evento	Proceso	Entrada	Salida
Un usuario se registra en la aplicación	Registrar usuario en base de datos	Datos del usuario y tipo del mismo	Nuevo usuario
Un usuario actualiza sus datos	Actualizar datos en la base	Nuevos datos	Usuario modificado
Un usuario se autentica en la aplicación	Abrir nueva sesión de usuario y recuperar su información	Datos de autenticación, nombre y contraseña	Sesión de usuario
Un paciente envía un SMS con una medición	Procesar y almacenar medición	Mensaje de texto	Medición registrada
Un médico registra una campaña	Procesar y almacenar campaña	Datos de la campaña	Campaña registrada
Un médico registra una novedad	Procesar, almacenar y notificar novedad	Datos de la novedad	La novedad se distribuye
Un médico selecciona un paciente desde la interfaz	Obtener mediciones del paciente y presentarlas	Datos del médico y del paciente	Listado de mediciones
Un médico selecciona la opción de gráficas	Obtener datos de mediciones y generar gráficas	Datos del médico y del paciente	Gráficas de mediciones
Un médico requiere responder a un paciente	Mostrar formulario de respuesta	Datos del médico	-
Se envía una respuesta vía web	Almacenar y notificar respuesta	Datos del médico, paciente y respuesta	Mensaje enviado al paciente
Un médico selecciona un paciente para monitorear	Procesar asociación y almacenar en base	Datos del paciente, el médico y el tipo de medición	Confirmación de la operación
Un administrador inserta un nuevo tipo de medición	Validar los datos y almacenarlos en base	Categoría, tipo y parámetros de la nueva medición	Nuevo tipo almacenado y utilizable
Un usuario se asocia a una campaña	Enlazar el usuario a los suscriptores	Datos del usuario y la campaña	Nuevo suscriptor registrado
Un usuario se desasocia de una campaña	Desenlazar el usuario de la lista de suscriptores	Datos del usuario y la campaña	Confirmación de la operación
Un usuario solicita soporte	Desplegar sección de ayuda según perfil	Datos del usuario y tipo	Página de ayuda

Tabla 1: Lista de eventos del sistema

Estos eventos permitieron una primera visualización del sistema en acción. De

aquí se derivaron los requerimientos funcionales. Por otra parte, de las características deseables se derivaron los requerimientos no funcionales [BASS03].

Los requerimientos no funcionales definidos fueron los siguientes.

- Seguridad

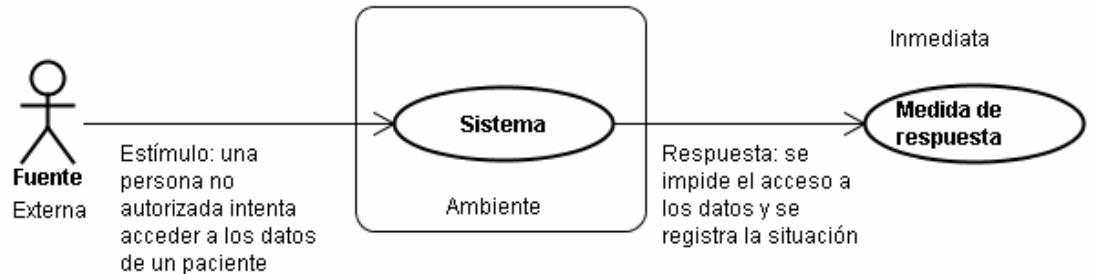


Ilustración 7: Requerimientos no funcionales: Seguridad

Se demuestra el escenario deseable de seguridad del sistema en la ilustración 7. Se debe impedir el acceso a los datos privados de los pacientes así como a las mediciones enviadas por este, a toda persona no autorizada.

- Modificabilidad

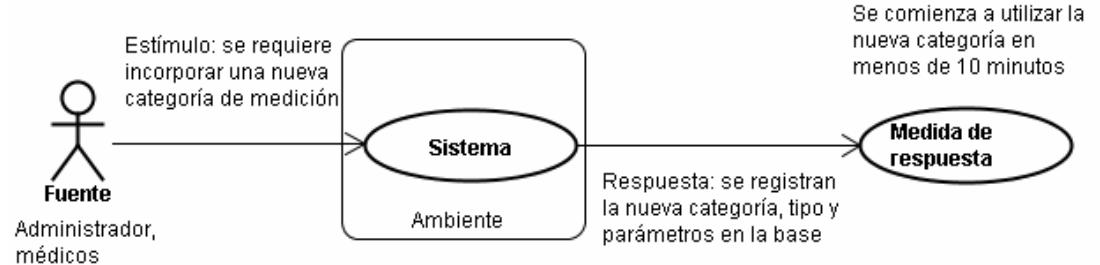


Ilustración 8: Requerimientos no funcionales: Modificabilidad

En la ilustración 8 se presenta el escenario de modificabilidad deseado. Se deben diseñar mecanismos de modo de poder incorporar nuevas categorías de medición para monitorear cualquier enfermedad o función vital que se requiera.

- Disponibilidad

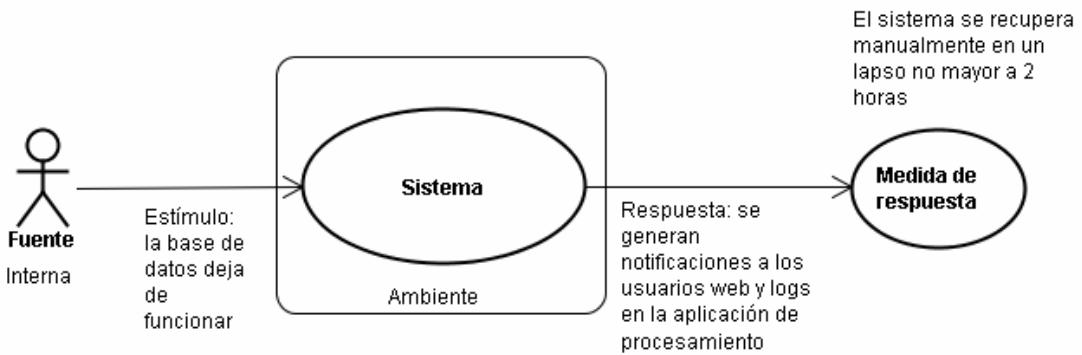


Ilustración 9: Requerimientos no funcionales: Disponibilidad

Como se demuestra en el escenario de disponibilidad, en la ilustración 9, el sistema debe estar disponible dentro de plazos considerables ante una falla de la base de datos, informando de esta situación a los técnicos y usuarios.

Una vez establecidos los requerimientos se procedió a diseñar la arquitectura inicial. Durante esta etapa se tomaron como soporte diagramas de componentes de UML. El desarrollo se dividió por nodos. Durante el desarrollo de cada nodo se hicieron prototipos iniciales que se integraron para evaluar su funcionamiento en conjunto. Una vez realizadas estas pruebas de funcionamiento individual y de integración de los nodos se procedió a profundizar el desarrollo de cada uno en particular.

Una vez finalizada la implementación de todas las funcionalidades de un nodo se realizaron pruebas de componente integrando las funcionalidades desarrolladas.

En la última etapa se realizaron pruebas de integración y de regresión, para finalizar con el reajuste de los documentos que venían elaborándose y la generación de documentación adicional extraída del código fuente.

Las herramientas de soporte que se utilizaron durante el desarrollo incluyen entornos de desarrollo [ECLIP10], compiladores [MIN09], herramientas de generación automática de código, herramientas de diagramado UML [JUDE09], de parsing y producción de documentación estructurada [ECL09] [DOX07] [GRA10], de video [WINK06], de administración [PGAD10] [HYP99].

4.2 Arquitectura general

Se verá a través del siguiente diagrama de despliegue, mostrado en la ilustración 10, la arquitectura diseñada.

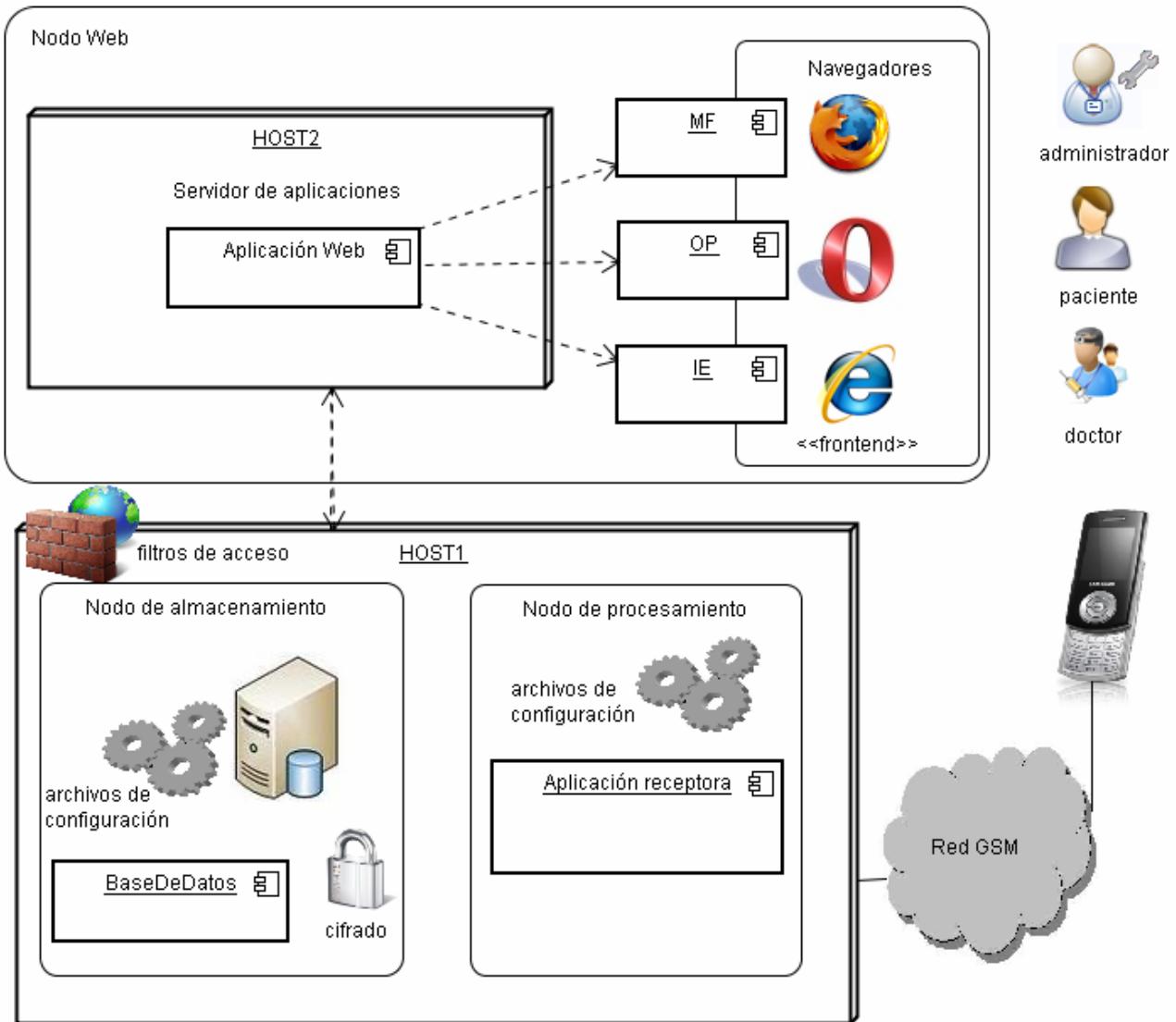


Ilustración 10: Arquitectura general

Como se mencionó al comienzo de este capítulo, se ha pensado esta plataforma como la colaboración de un conjunto de tres nodos o subsistemas. Esto tiene dos causas principales: la modularidad del sistema y las tecnologías involucradas en cada nodo.

En cuanto a la modularidad, si bien en esta etapa no se ha desarrollado en profundidad, es posible definir interfaces entre los nodos de modo de hacer posible el reemplazo de tecnologías sin mayores dificultades. Al separar el desarrollo en tres nodos que concentran cada uno la recepción y envío, el almacenamiento y la visualización Web, respectivamente, se aíslan las características específicas de cada parte principal del sistema.

En lo que respecta a tecnologías involucradas, se verá mas adelante que difieren considerablemente entre los nodos, por lo que mantenerlos separados es una decisión de desarrollo basada en la escalabilidad de esta plataforma y en la disponibilidad, ya que ante fallas en un componente el mismo puede ser reemplazado por otro que respete la interfaz de interacción ejecutando los procesos esperados.

Existen tres nodos principales:

- Nodo de almacenamiento
- Nodo de procesamiento
- Nodo Web

En estos tres nodos se distribuyen las responsabilidades del sistema [ESC10] de modo que el nodo de procesamiento es el encargado de interactuar con un dispositivo módem **GSM** que recibirá y enviará los mensajes de texto, procesar los datos recibidos y almacenarlos. Mientras que el nodo de almacenamiento asegura la persistencia y disponibilidad de los datos, y el nodo Web presenta la interfaz del sistema con el profesional y brinda la funcionalidad para registro de campañas y novedades junto con el envío de respuestas para el paciente.

Existen archivos de configuración tanto en el nodo de procesamiento para flexibilizar parámetros de inicialización y de conexión, así como en el nodo de base de datos para configurar parámetros relativos a la seguridad, modo de conexión y performance de la base. La red **GSM** es la que permite el transporte de los datos del paciente hacia el sistema. Un módem estará funcionando bajo un número telefónico para la recepción de los datos.

Para finalizar la descripción de la arquitectura global se presentan dos diagramas de actividades, describiendo las acciones que toman lugar en el nodo de procesamiento desde que un paciente envía una medición hasta que la misma se valida y almacena, como se observa en la ilustración 11. Y describiendo las acciones que toman lugar cuando un profesional ingresa a la interfaz Web para responder a un paciente, como se observa en la ilustración 12.

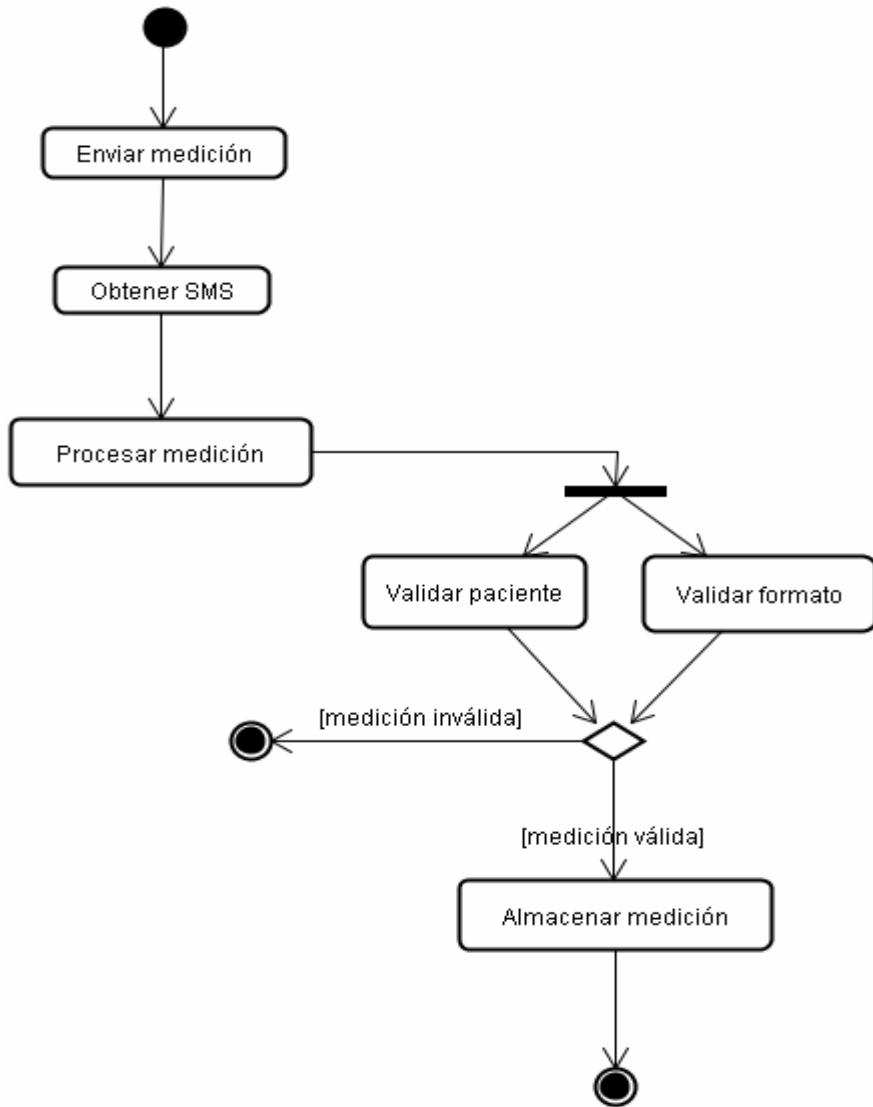


Ilustración 11: Visualización de una medición por parte del médico



Ilustración 12: Visualización de una medición por parte del médico

Cuando un paciente envía su medición y la misma arriba al módem, utilizando la interfaz de comunicación se consultan los datos cargados en el mensaje (celular remitente y texto contenido), datos con los cuales se construye un objeto **SMS** a ser manipulado internamente. El contenido de texto y el número telefónico del remitente son las bases para procesar la medición. Se pasa por un filtro de validación de estos datos, controlando que el paciente sea un paciente registrado y que el formato de la medición recibida concuerde con la definición registrada para el tipo de medición. Si los datos son correctos procede a almacenarse la información.

Cuando el médico ingresa a la aplicación y selecciona el listado de pacientes tendrá la opción de ingresar a ver los detalles de uno en particular y sus mediciones. Desde allí existe la opción de responder al paciente a través de un formulario que se verá más adelante en esta sección. Una vez que el médico ingresa su respuesta la misma es almacenada en la base, activándose desde allí mecanismos de notificación a la aplicación de procesamiento quien procesa la respuesta y la envía al paciente mediante indicaciones al módem **GSM**.

4.3 Selección de tecnologías

En esta sección se mencionarán por grupos las tecnologías utilizadas, justificando

su selección y mencionando las alternativas evaluadas. Se mencionaran librerías, lenguajes, interfaces de programación, componentes de terceros, herramientas.

Se presentan las tecnologías bajo los grupos:

- Tecnologías móviles: utilizadas para la recepción y envío de mensajería de texto.
- Tecnologías de almacenamiento: involucradas en el nodo de almacenamiento.
- Tecnologías de procesamiento: utilizadas para el desarrollo del nodo de procesamiento.
- Tecnologías Web: utilizadas en el desarrollo de la interfaz Web.

4.3.1 *Tecnologías móviles*

Como se mencionó en la sección anterior, una de las cuestiones a resolver con estas tecnologías es la captura de los datos enviados por dispositivos móviles. Para resolver esto básicamente existen dos conjuntos de soluciones: una de ellas es utilizar un módem GSM y la otra es el uso de un Gateway o servicio de software que permita el envío y recepción de mensajes.

En el caso del uso de un módem GSM, existen varias alternativas para la comunicación dependiendo del nivel de acceso.

En el nivel más bajo se tiene la comunicación serial vía el protocolo RS-232. Si bien con la programación en este nivel se pueden lograr buenos desempeños en cuanto a velocidad de proceso, las estimaciones de volumen de datos a procesar indican que no es necesario recurrir a este nivel de programación. Además a este nivel la programación es dependiente del dispositivo, con lo cual se hace necesario desarrollar controladores para cada nuevo dispositivo.

En un nivel intermedio se tienen los comandos AT que pueden ser utilizados por el módulo encargado de comunicarse con el módem, estos comandos se envían al módem a través de un protocolo provisto por el sistema operativo para todos los módems AT compatibles, por lo tanto elimina la dependencia del dispositivo.

En un nivel superior se encuentran las funciones API provistas por el fabricante del módem. Típicamente estas funciones proveen acceso a características avanzadas del módem no disponible vía comandos AT o muy difíciles de implementar vía la comunicación serial.

Específicamente, al comenzar el proyecto de tesis se contaba con un Módem GSM modelo *Fastrack Supreme 20 GPRS/EDGE* [WAV01] fabricado por la empresa Wavecom. Este módem contaba con una suite de desarrollo OpenAT [WAV02] [WAV03] y un

conjunto de herramientas de diagnóstico y conectividad. Principalmente interesante resultó la API (Application Programm Interface) [WAV04] ofrecida para interacción y configuración del módem, denominada ADL (Application Development Layer), así como el entorno de desarrollo ofrecido M2M Studio.

El módem *Fastrack Supreme 20* ofrece [WAV05]:

- Conectividad GSM/GPRS para aplicaciones máquina a máquina.
- Interfaz de socket expansible.
- Funcionamiento en las bandas de 850/900/1800/1900 Mhz.

Este componente es el que se utiliza como interfaz para la recepción y envío de mensajes de texto. Si bien este tipo de módem poseen una velocidad de transmisión limitada en aproximadamente de 6 a 10 **SMS** por minuto, se decidió su utilización ya que permitía cumplir con los objetivos de funcionamiento inicial que se propusieron para el sistema, brindando la funcionalidad de envío y recepción contando con una tarjeta **SIM** de cualquier compañía. A la par de que brinda las funcionalidades necesarias, no se presentaban restricciones en su uso, se contó con este componente desde un principio durante las primeras etapas de desarrollo y pruebas, sin costos.

Las alternativas para recepción y envío de mensajes de texto incluían la utilización de un Gateway SMS como Clickatell³⁴, BulkSMS³⁵ o Kannel³⁶. Pero ello implicaba costos adicionales de envío y recepción de mensajes de texto, ya que la mayoría del software o servicios de Gateway SMS son comerciales. Dentro de las alternativas mencionadas, las dos iniciales lo son; mientras que por su parte Kannel es una alternativa código abierto que cuenta con la desventaja de no ser multiplataforma y funcionar únicamente bajo entornos Linux.

Si bien la alternativa de utilizar un Gateway SMS es interesante en lo que respecta a la difusión de novedades de campañas de salud, ya que permite una mayor velocidad de difusión y entrega de mensajes de texto, se observa que utilizar un gateway externo implica que los datos sensibles y privados de los pacientes estuviesen circulando por un servidor externo, lo cual introduce un sector extra de vulnerabilidad en el procesamiento. Probablemente en el futuro se contemplen estándares de privacidad de datos médicos en estos Gateways, lo que propiciará su uso por parte de sistemas basados en la plataforma que se propone en este trabajo.

4.3.2 Tecnologías de almacenamiento

Las bases de datos, junto con los sistemas de administración de las mismas brindan una forma de representar persistentemente hechos y relaciones de la vida real, brindando la base tecnológica necesaria para almacenamiento histórico de información y manipulación de datos. Principalmente el modelo de bases de dato relacional es

34 <http://www.clickatell.com/>

35 <http://www.bulksms.com>

36 <http://www.kannel.org>

poderoso en conjunto con el lenguaje de consulta estandarizado (SQL).

En la plataforma desarrollada se propone utilizar el DBMS (Database Management System) **PostgreSQL** [POST99] para manejar la persistencia de los datos.

PostgreSQL ofrece, entre otras, las siguientes características:

- Múltiple plataforma (Windows, Linux, UNIX)
- Interfaces de programación nativas para múltiples lenguajes (C, C++, Java, .Net, Ruby, ODBC, entre otros)
- Escalabilidad
- Amplio soporte y documentación

A la par de las características anteriores, se seleccionó este manejador de base de datos debido a que es software libre y cuenta con una característica interesante de notificaciones asincrónicas que permite la comunicación con aplicaciones externas mediante un mecanismo de suscripciones y notificaciones.

Este mecanismo involucra una serie de componentes que se demuestran en la ilustración 13, construida en base a la documentación **PostgreSQL** [POSTG09].

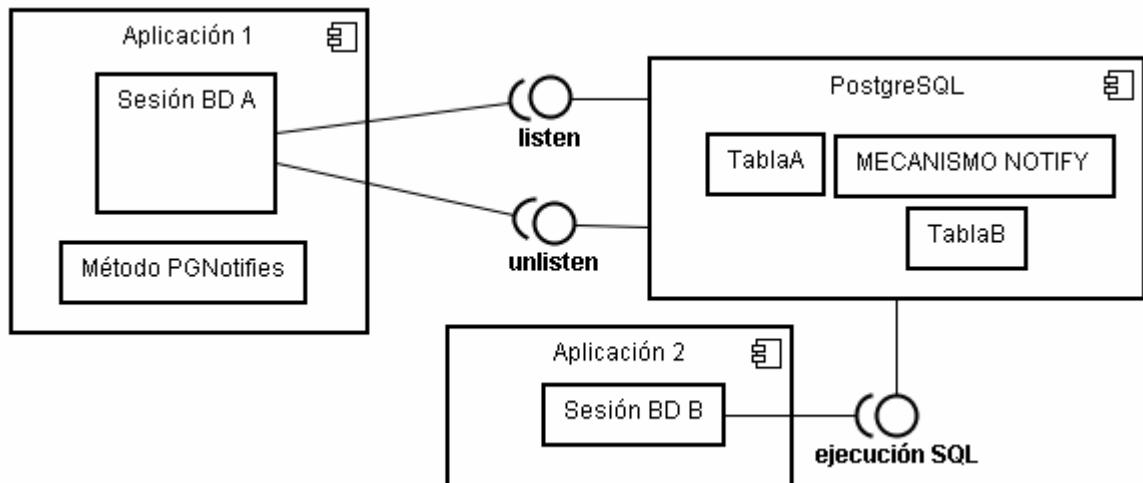


Ilustración 13: Componentes que intervienen en las notificaciones asincrónicas

Se brindan interfaces para que las aplicaciones externas puedan registrar su interés en los cambios que se ejecuten en ciertas tablas del sistema. Así como también den de baja esa suscripción en caso de dejar de estar interesadas. Por su parte en la lógica de la base y del manejador se incluye un mecanismo de notificación que permite ejecutar reglas y alertas ante inserciones, modificaciones o bajas de una tabla. Estas alertas son recogidas por las aplicaciones externas que hayan hecho uso de las llamadas a *LISTEN*, a través del método *PGNotifies*.

Este esquema ha ocupado un lugar clave en la distribución automática de respuestas y campañas de salud dentro del sistema de monitoreo, como se detallará en las próximas secciones.

La alternativa evaluada fue MySQL, que también es software libre, posee un amplio soporte y documentación, es multiplataforma y escalable. Pero PostgreSQL por su parte ofrece mayor variedad en las APIs de programación nativas para distintos lenguajes, así como este mecanismo de notificaciones mencionado que no está presente en MySQL. Por otra parte a favor de PostgreSQL se tomó en cuenta que MySQL ha sido adquirida por Oracle³⁷ en Abril del 2009³⁸ y se está desarrollando bajo una licencia dual desde entonces.

4.3.3 Tecnologías de procesamiento

Al comienzo del proyecto se utilizó C++ y componentes asociados como lenguaje de base para el desarrollo del nodo de procesamiento. Luego, por razones que se comentan en el Anexo I, se re-implementa este nodo con el lenguaje **JAVA**.

En resumen las razones para este cambio en la tecnología utilizada para el nodo de procesamiento incluyen la compra de la empresa Wavecom (fabricante del módem utilizado) por parte de Sierra Wireless, lo que generó una reestructuración del soporte y del acceso a las herramientas e interfaces que acompañaban al módem utilizado. Otra de las razones incluye el descubrimiento de la librería SMSLib [SMS10] para envío y recepción de **SMS**, detallada más adelante.

En el anexo mencionado se encontrará una explicación más profunda de las razones para reimplementar así como también la descripción del componente versión C++, pruebas y diagramas relacionados.

Retomando un punto anterior, **SMSLib** es la librería que se utilizó para la comunicación, configuración e inicialización del módem. Es una interfaz de programación para enviar y recibir mensajes **SMS** a través del uso de un módem GSM o un teléfono móvil **GSM** que soporte modalidad **AT**. La versión utilizada es la v3.4.6, está implementada en Java aunque también se ofrece en su sitio una versión para .NET. Permite trabajar con múltiples gateways al mismo tiempo, aceptando dos modalidades de recepción (sincrónica y asincrónica), así como también encriptación de mensajes entrantes y salientes.

Los aspectos de configuración del nodo se manejaron con librerías **JDOM** [JDO09] que es una herramienta basada en Java para acceder, manipular y generar archivos XML³⁹. **JDOM** es distribuido bajo una licencia estilo Apache.

PostgreJDBC [PJD09] es el recurso utilizado para conexión con la base de datos y ejecución de consultas, siendo la interfaz con el nodo de almacenamiento. PostgreJDBC

37 <http://www.oracle.com/index.html>

38 <http://es.wikipedia.org/wiki/MySQL>

39 eXtensible Markup Language

es un driver de conexión que permite a las aplicaciones Java conectarse con base de datos Postgre. Provee una implementación de la especificación JDBC 3⁴⁰ con algunos agregados específicos para PostgreSQL y es distribuido bajo la licencia BSD⁴¹.

4.3.3.1 Validación de datos

Uno de los puntos claves en el procesamiento es la validación del formato de las mediciones recibidas, más adelante se mencionará cómo se realiza esta validación. Por el momento se puede decir que se ha utilizado la librería **REGEXP** del paquete de útiles estándar de Java.

En lo que respecta a los registros de auditoria y logs de ejecución se utiliza **LOG4J**⁴². Biblioteca implementada en Java que ofrece servicios de registro de trazas, configurable en granularidad y en destinos de los registros. Se distribuye bajo la licencia de software Apache versión 2.0.

4.3.4 Tecnologías web

Se utilizó como framework de desarrollo el manejador de contenidos Joomla. Dentro de las razones por las cuales se selección Joomla se pueden mencionar las siguientes:

- Extensibilidad y gran variedad de componentes
- Buen soporte para diseño y modificación de interfaces
- Gran y activa comunidad de desarrollo
- Manejo integrado de usuarios y lenguajes
- Puede ser instalado en múltiples plataformas soportando PHP y MySQL
- Rapidez de aprendizaje con buen soporte de entrenamiento
- Buen soporte de desarrollo y documentación

Alternativamente se había evaluado como alternativa la utilización de XGAP [UNI06] junto con WGAP [FER09]. Pero se encontró la dificultad de que estas herramientas cuentan actualmente con poca documentación haciendo que la instalación y uso fuera difícil. Ante estas razones y teniendo en cuenta los futuros trabajos o modificaciones del sistema actual que pudieran surgir, se decidió optar por una herramienta con mejor soporte de documentación y comunidad de desarrollo activa.

Javascript y **JQuery** [JQUE10] se utilizaron para las validaciones, paginación y ordenamiento en la interfaz.

40 <http://java.sun.com/products/jdbc/download.html>

41 <http://www.bsd.org/>

42 <http://logging.apache.org/log4j/1.2/>

Para comunicar la aplicación Web con la base de datos se utiliza ADODb [ADO08]. ADODb es una librería de abstracción de base de datos para PHP y Python, se distribuye bajo una licencia dual BSD y LGPL⁴³. Esta librería soporta numerosas bases de datos incluyendo PostgreSQL, MySQL, Sybase, Oracle, Firebird, entre otras.

43 <http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html>

Capítulo 5

Herramienta desarrollada

En este capítulo se describirá la estructura de clases y el funcionamiento de los componentes instanciados a partir de la arquitectura inicial, para los casos de control y difusión de información relativa a Diabetes e Hipertensión Arterial.

5.1 Componente de procesamiento

La aplicación de procesamiento es la encargada de recibir los mensajes enviados por los pacientes, procesarlos, validarlos y almacenarlos, en caso de ser correctos.

Esta aplicación por otra parte, posee componentes que ejecutan el monitoreo de las respuestas por parte de los médicos y las novedades registradas para las campañas de salud, haciendo uso del mecanismo de notificaciones asincrónicas de **PostgreSQL** introducido anteriormente.

Respecto a los demás componentes con los que tiene comunicación se indica que tiene interfaces de comunicación definidas por una parte con el módem, y por otra parte con la base de datos, de cara a los pacientes en el primero de los casos y de cara al sistema internamente en el segundo.

La aplicación de procesamiento está organizada en los paquetes detallados en la ilustración 14.

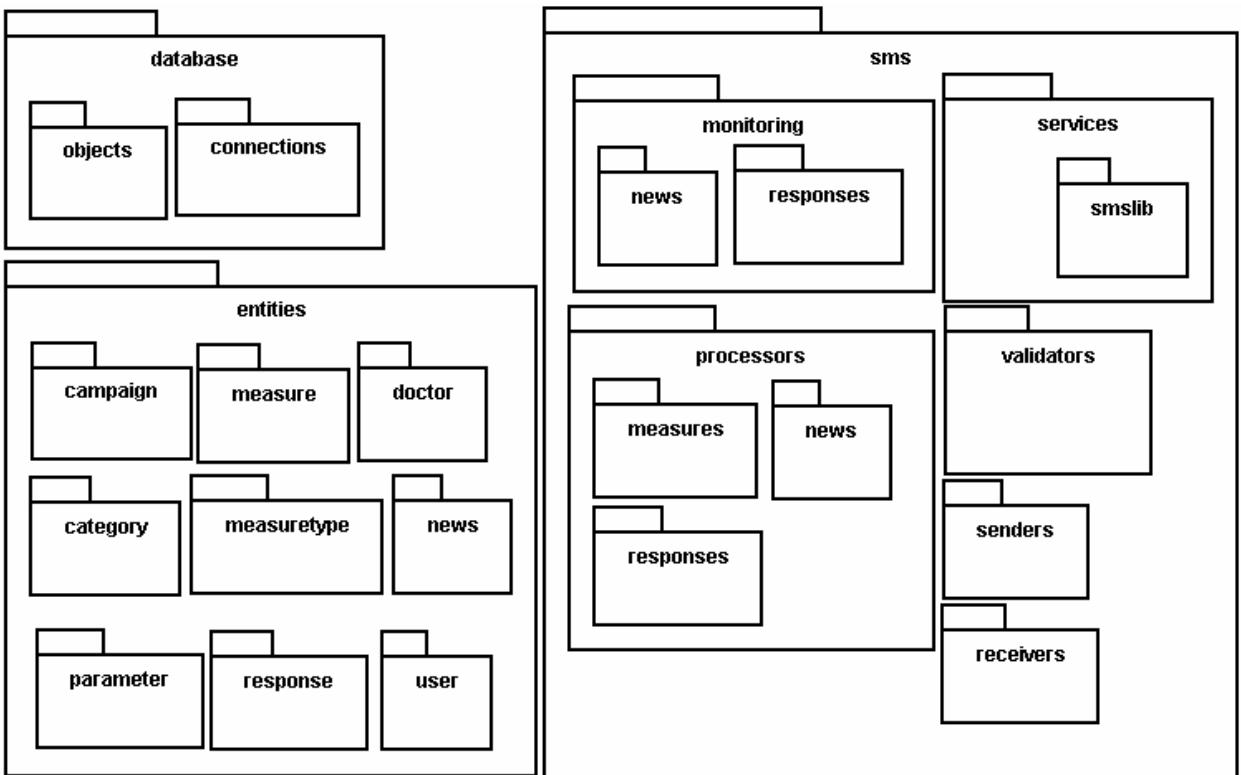


Ilustración 14: Paquetes de clase de procesamiento

Por una parte en el paquete *database* se encuentran los objetos de acceso a la base de datos (representando a cada una de las tablas) y las clases que permiten manejar las conexiones.

En el paquete *entities* se encuentra el mapeo a objetos del lenguaje de las entidades de la base de datos.

Mientras que en el paquete *sms* se concentran las principales clases agrupadas según realicen procesamiento, monitoreo, validaciones o sean las encargadas de interactuar con el módem para el envío y recepción de mensajes SMS.

5.1.1 Procesamiento de las mediciones

Ante la recepción de una medición el procesamiento se realiza de la manera detallada en la ilustración 15.

Precondiciones: se ha inicializado el receptor de mensajes y se ha realizado una comunicación exitosa con el Modem GSM, luego de esto ha arribado un mensaje al modem contenido una medición a ser procesada.

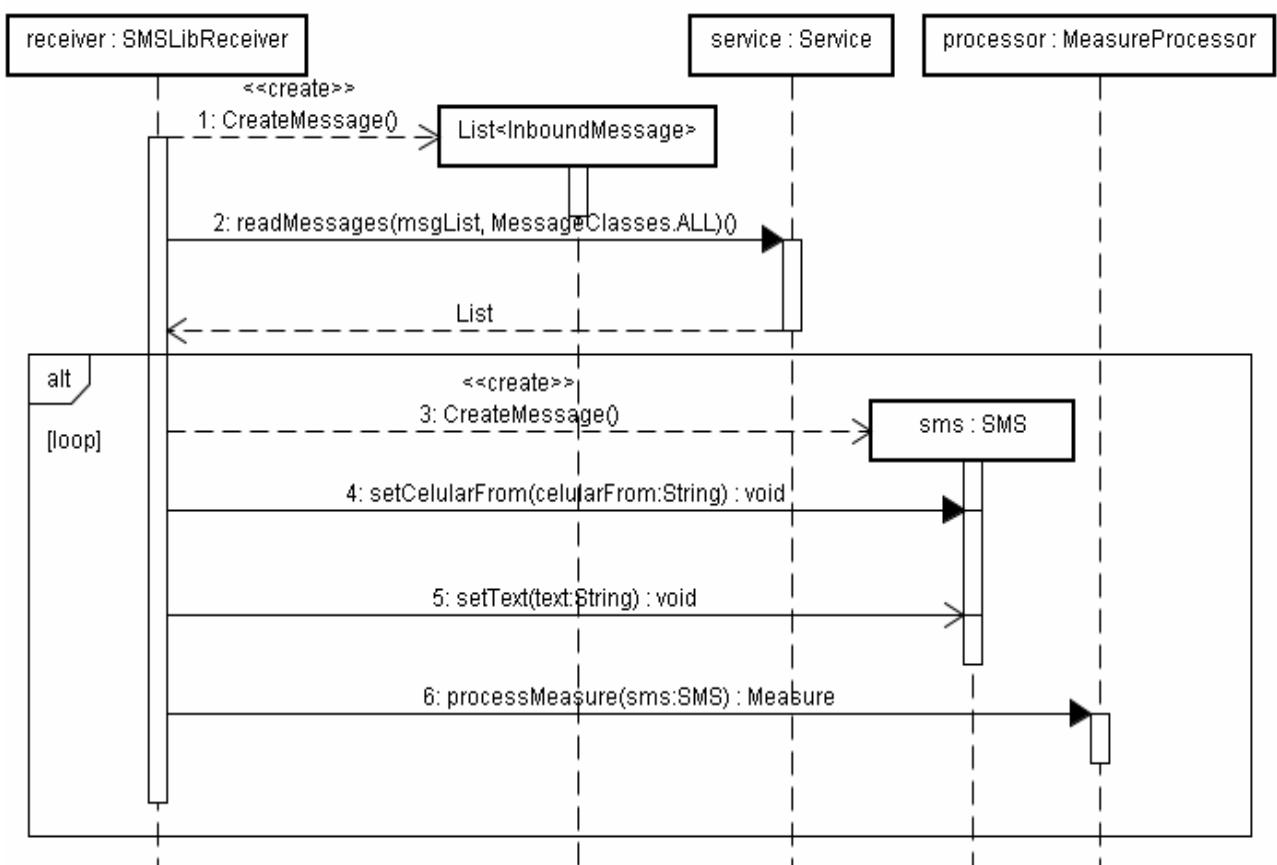


Ilustración 15: Recepción de una medición

Cuando un mensaje de texto es enviado por un paciente el mismo se irá almacenando en la tarjeta **SIM** ubicada en el módem. La clase receptora cada cierto tiempo realiza una consulta de la bandeja de entrada, para esto hace uso de la librería **SMSLib** solicitando al servicio de conexión que lea los mensajes entrantes y devuelva una lista de ellos. Una vez obtenidos, si hay algún mensaje en dicha lista, se comienza a iterar por la misma, mapeando sus datos en un objeto **SMS** (celular remitente y texto contenido) y enviando a procesar el objeto **SMS**.

Precondiciones: se ha recibido una medición a través del modem GSM, sus datos se han volcado en una instancia de SMS y requieren ser procesados.

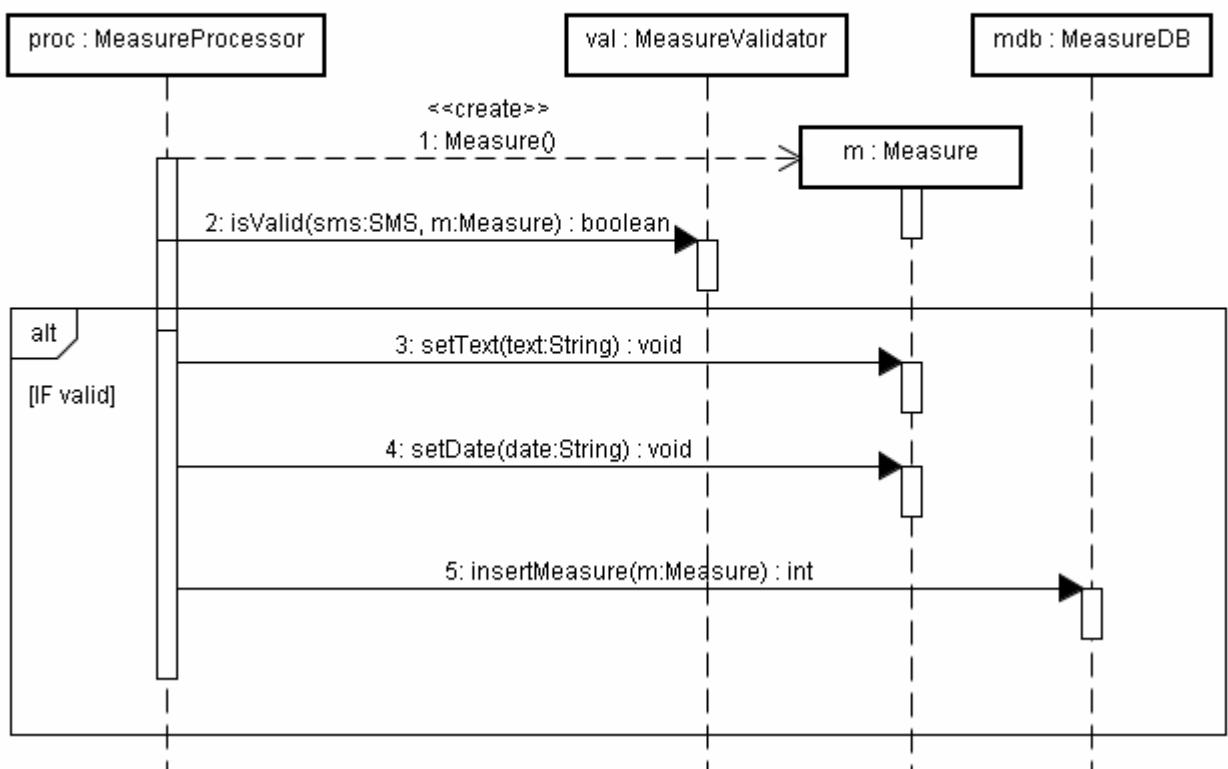


Ilustración 16: Procesamiento de una medición

Como se muestra en la ilustración 16, cuando arriba un objeto SMS a ser procesado, se crea un objeto medición con valores por defecto, este objeto junto con el SMS recibido por parámetro se validan y en caso de ser correcta la medición se colocan los datos en la misma junto con el timestamp del momento en que se está recibiendo y se envía a insertar en la base.

5.1.2 Procesamiento de novedades

Se presentan diagramas de secuencia ilustrando el funcionamiento de la aplicación en lo que respecta al procesamiento de las novedades, en la ilustración 17.

Precondiciones: se ha registrado una novedad en la base de datos

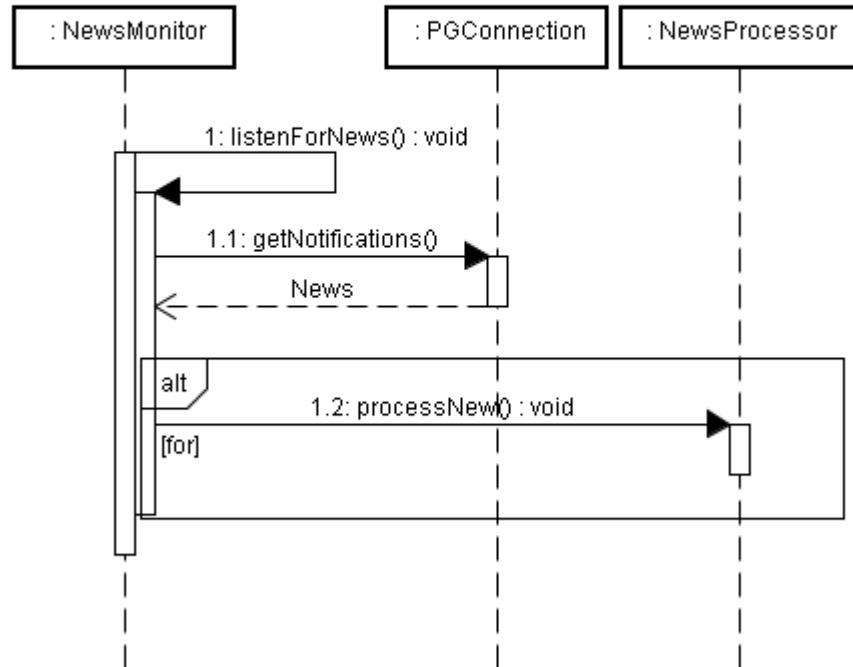


Ilustración 17: Monitoreo de novedades

Cuando una novedad se registra en la base, la clase *NewsMonitor* está atenta a esta situación. Por medio de conexión a la base recoge las notificaciones a las que se suscribió, por cada una de las notificaciones recibidas realiza una llamada al procesador de novedades alertándolo de la situación.

Precondiciones: se ha escuchado una novedad registrada en la base de datos y la misma requiere ser procesada.

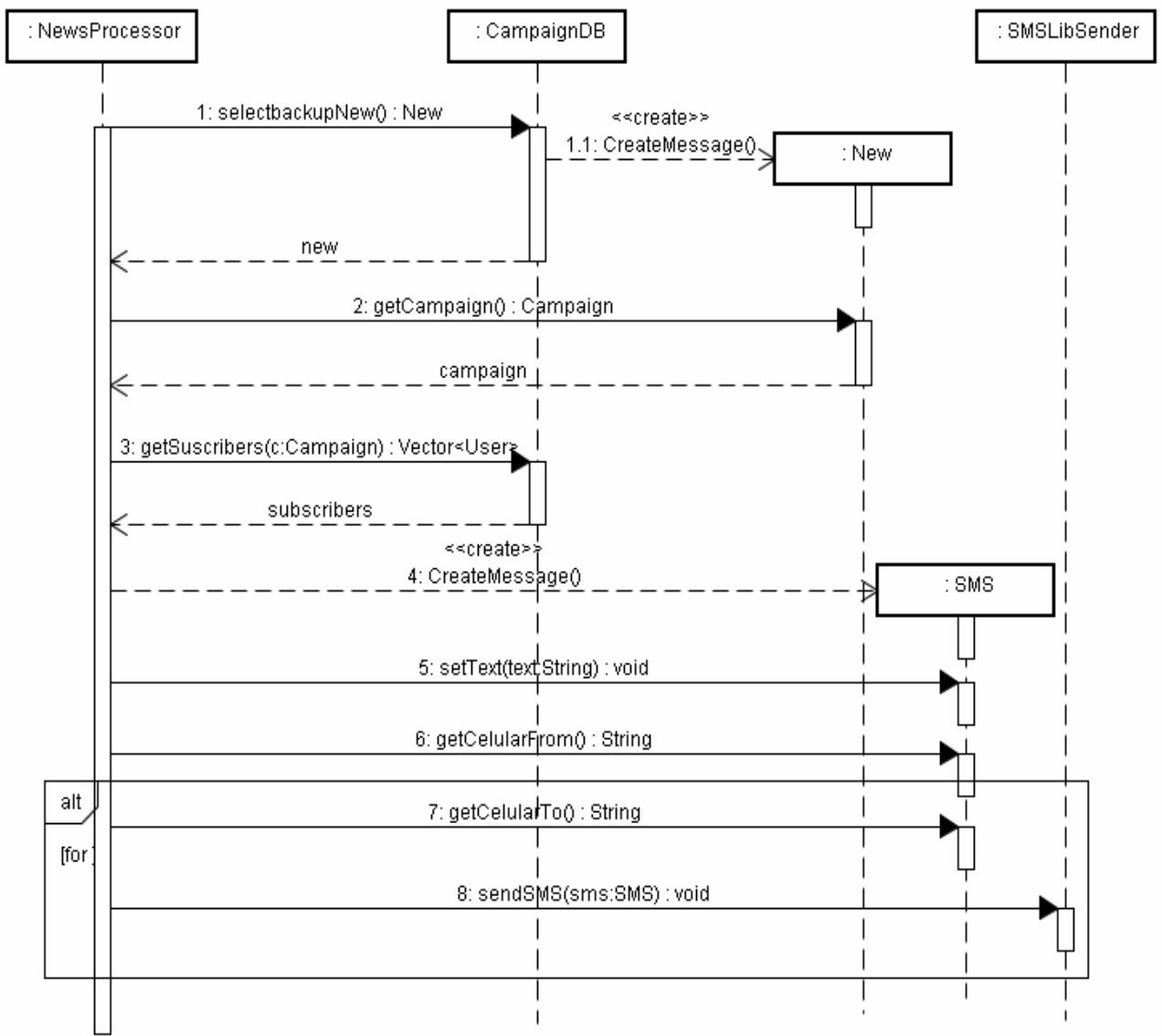


Ilustración 18: Procesamiento de novedades

Como se muestra en la ilustración 18, cuando el procesador recibe una indicación para procesar la novedad selecciona una tupla de las tablas de novedades backup, crea un objeto *New* que lo represente y obtiene todos los usuarios suscriptos a la campaña padre de la novedad registrada. Con los datos de contenido de la novedad crea un objeto *SMS* y va obteniendo los números telefónicos de cada uno de los suscriptos haciendo uso del Sender para el envío de los mensajes **SMS**.

5.1.3 Procesamiento de respuestas

El procesamiento de las respuestas se realiza de modo similar al presentado para las novedades.

5.2 Componente de almacenamiento

El componente de base de datos es el encargado del almacenamiento de la información registrada en el sistema referido a las mediciones enviadas por los pacientes, las respuestas recibidas por los mismos de parte de los médicos, como así también las campañas de salud que se incorporen junto con sus novedades.

Se encuentran definidos índices secundarios sobre algunos campos no claves sobre los que se accede a los datos como el índice *medicion_tipo_medicion_indice* creado sobre la entidad *medición* para acceso por tipo de medición. Por otra parte, las tablas *campania_novedad* y *medicion_respuesta* poseen definidas reglas para ejecutar las acciones necesarias de notificación ante inserciones, ello permite el monitoreo de estas tablas desde la aplicación Java de procesamiento.

A la par de la estructura de la base de datos se han definido rutinas y configuraciones que hacen al mantenimiento, performance y seguridad de la misma desde el administrador de base de datos, al igual que se prevén rutinas de ajustes periódicos que deben ser realizadas sobre la base para mantener el nivel de performance.

En el diagrama de entidad y relación, mostrado en la ilustración 19, se puede observar la estructura de la base de datos.

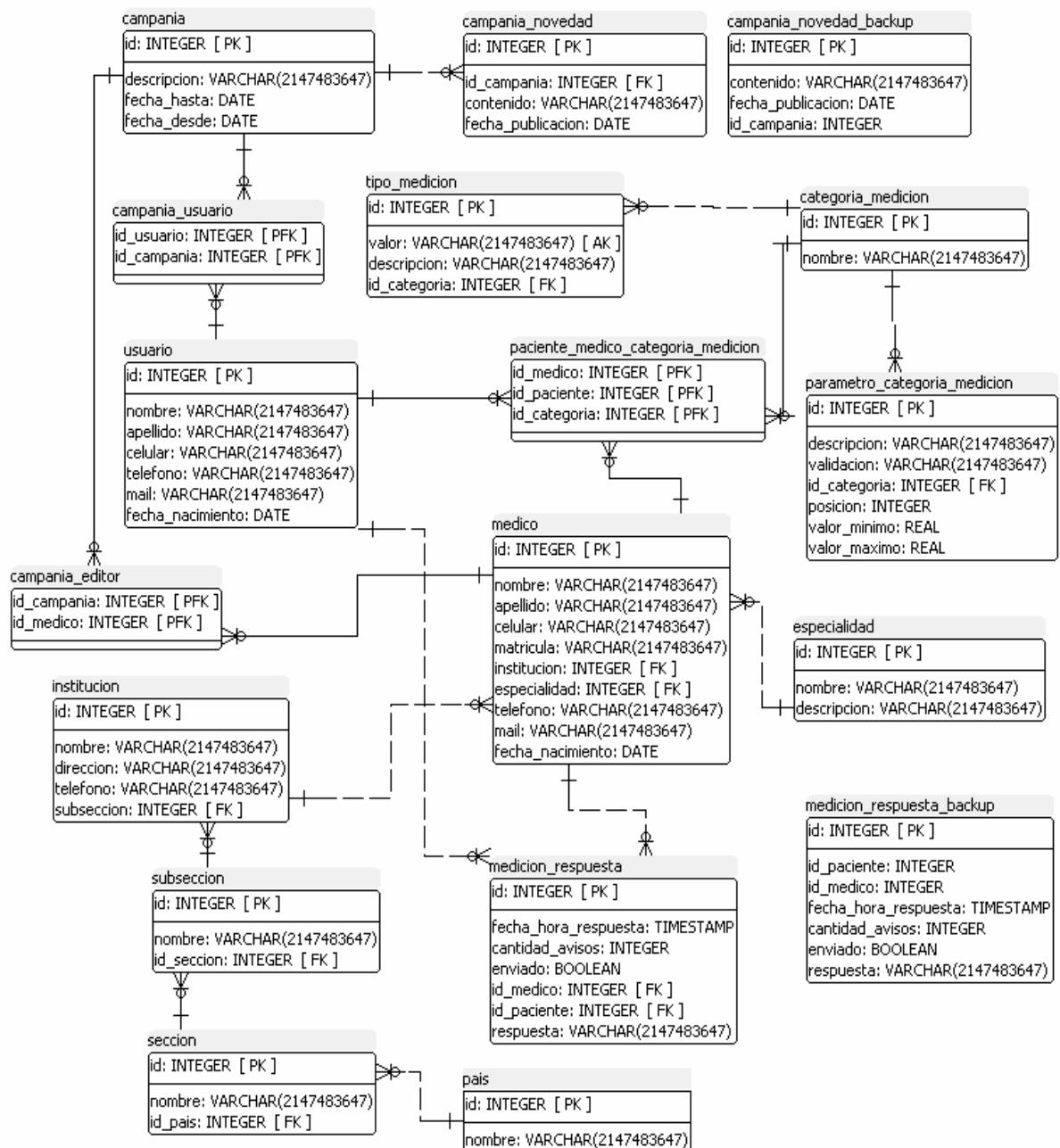


Ilustración 19: Diagrama de Entidades y Relaciones. Base de datos

Se pueden clasificar las tablas agrupándolas por el objetivo que cumplen a saber:

- registro de mediciones
- registro de respuesta
- registro de usuarios
- registro de campañas y novedades

Registro de mediciones

Para poder almacenar las mediciones se requiere una estructura flexible que permita en el futuro ingresar nuevos valores de tipos de medición para otras clases de condiciones de salud monitoreadas. A su vez se requiere ofrecer una estructura de validación, de modo de conocer qué parámetros son necesarios en cada tipo de medición y cómo debe determinarse si los mismos son o no correctos.

Por lo anterior se diseñaron las tablas categoria_medicion, tipo_medicion y parametro_categoria_medicion.

La tabla de categorías, exemplificada en la tabla 2, permite registrar grupos generales de condiciones a ser monitoreadas, por ejemplo bajo las condiciones sobre las que se trabajaron se verá que nos encontramos con las siguientes tuplas en dicha tabla:

Id	nombre
1	GLUCOSA
2	PRESION

Tabla 2: Categorías actuales de medición

En la tabla de tipos de mediciones, como la mostrada en la tabla 3, se almacenan las codificaciones que se hayan generado según la categoría. Esta tabla permite corroborar que las mediciones recibidas estén dentro de las codificaciones previamente establecidas en el sistema. Los valores almacenados aquí, establecen un parámetro de comunicación entre los tres componentes principales (de procesamiento, de almacenamiento, Web) así como entre los actores del sistema. La codificación que se ha establecido en los casos concretos de presión arterial y diabetes se observa en la tabla 3.

id	id_categoria	Valor	descripción
1	1	GAD	GLUCOSA antes del desayuno
2	2	PM	PRESION tomada por la mañana
3	2	PT	PRESION tomada por la tarde
4	2	PN	PRESION tomada por la noche
5	1	GDD	GLUCOSA después del desayuno
6	1	GAA	GLUCOSA antes del almuerzo
7	1	GDA	GLUCOSA después del almuerzo
8	1	GAM	GLUCOSA antes de la merienda
9	1	GDM	GLUCOSA después de la merienda
10	1	GAC	GLUCOSA antes de la cena
11	1	GDC	GLUCOSA después de la cena

Tabla 3: Tipos de mediciones

Para la glucosa se establecen ocho tipos de mediciones codificadas de acuerdo al momento de día en relación a las cuatro comidas principales. Para la presión arterial se establecen tres tipos de acuerdo al rango del día en que se tomen.

Por su parte cada categoría de medición, exemplificada en la tabla 4, requiere ciertos parámetros, que son los almacenados en la tabla *parametro_categoria_medicion*. Veamos el caso de la categoría GLUCOSA.

id	id_categoria	Descripcion	validacion	posicion	valor_minimo	valor_maximo
1	1	tipo	[a-zA-Z]*	0	0	0
2	1	valor	[0-9]*	1	0	500

Tabla 4: Parámetros para mediciones de Glucosa

Las mediciones de glucosa recibidas deben tener dos parámetros. El primero de ellos debe ser el tipo de la medición y debe estar compuesto por caracteres de la 'a' a la 'z'. El segundo de los parámetros es un valor en el rango de 0 a 500 y debe ser un valor numérico descrito por la expresión regular '[0..9]*'.

Registro de respuestas

Las respuestas se almacenan en la tabla *medicion_respuesta*. Conteniendo el identificador del médico que la generó, el identificador del paciente al que está dirigida y el texto de la respuesta. Adicionalmente se registran la fecha y hora en que se almacenó en la base de datos, junto con la cantidad de avisos que se han intentado realizar al paciente más un indicador de si la misma ha sido o no enviada.

Registro de usuarios

Se almacena información adicional de los usuario de tipo médico y pacientes (que son considerados como usuarios en general) en las tablas *usuario* y *medico*.

Del médico se registran además los datos de la institución a la que pertenece, la especialidad y su matrícula.

Ambos, pacientes y médicos están asociados entre sí de acuerdo a la categoría de medición que un médico X esté monitoreando para un paciente Y. Esta información se registra en la tabla *paciente_medico_categoria_medicion*.

Registro de campañas y novedades

Las campañas de salud se registran en la tabla *campania*, junto con una descripción y las fechas de comienzo y fin de las mismas.

Las novedades de las mismas se registran en la tabla *campania_novedad*. Tabla que es monitoreada desde la aplicación de procesamiento y registra un contenido de campaña más la fecha en que se agregó en la base de datos.

Las campañas poseen usuarios asociados a las mismas, interesados en recibir las novedades que se vayan registrando (*campania_usuario*) y editores, personas autorizadas a registrar novedades en una cierta campaña (*campania_editor*).

Notificaciones asincrónicas

Esta particularidad se aprovechó para implementar la sección de alta de novedades para las campañas de salud y registro de las respuestas por parte de los profesionales hacia los pacientes monitoreados.

Una alternativa previa a conocer este mecanismo había sido la espera activa con consulta (POLLING) a la base de datos cada un período X, de manera de monitorear si efectivamente se había registrado algún cambio en la información de las tablas involucradas. Esta alternativa tenía la desventaja del uso innecesario de recursos y tiempo de ejecución en el servidor de base y la aplicación de procesamiento, cuando quizás no se hubiese registrado ninguna novedad o respuesta. Por su parte el mecanismo asincrónico de notificaciones evita este desperdicio de estos recursos, si bien agrega lógica extra en la composición de la base de datos.

Hablando del caso concreto implementado se presenta la secuencia de acciones sucesivas ante el registro de una nueva novedad o respuesta en la ilustración 20.

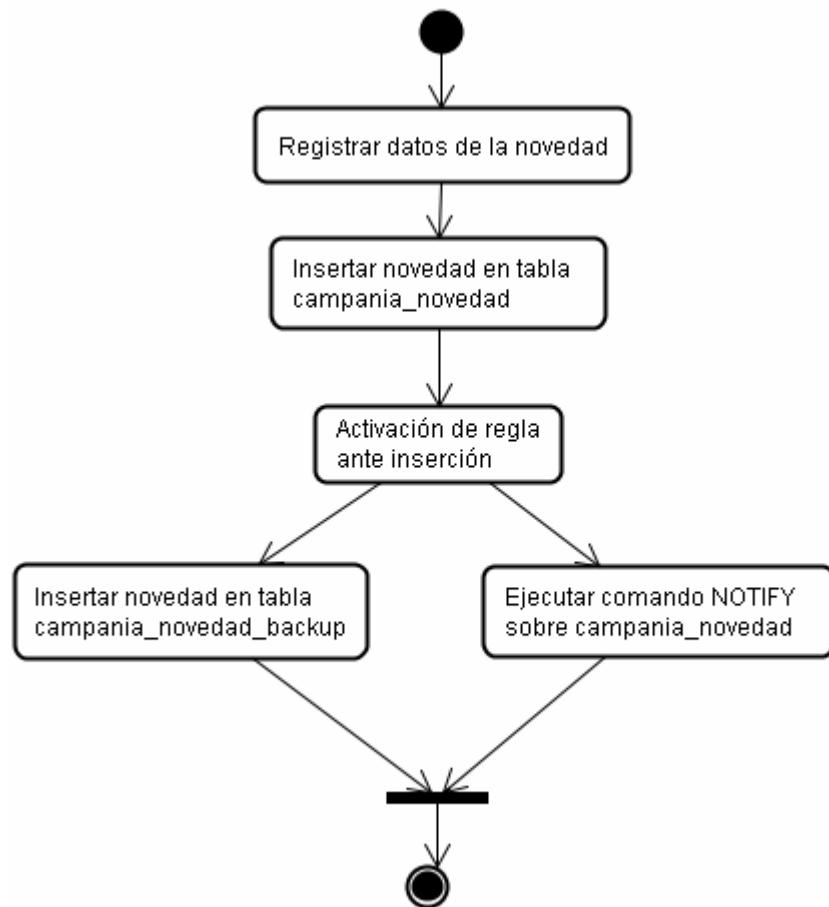


Ilustración 20: Inserción de una novedad

Ante la inserción de una nueva respuesta se activa la siguiente regla, la cual genera que se inserte un nuevo registro en la tabla de backup de novedades y se ejecute el mecanismo de notificación.

```

CREATE OR REPLACE RULE comunicar_novedad_reglas AS
  ON INSERT TO campania_novedad DO ( INSERT INTO campania_novedad_backup (id, contenido,
  fecha_publicacion, id_campania)
  VALUES (new.id, new.contenido, new.fecha_publicacion, new.id_campania);

  NOTIFY campania_novedad;
);

```

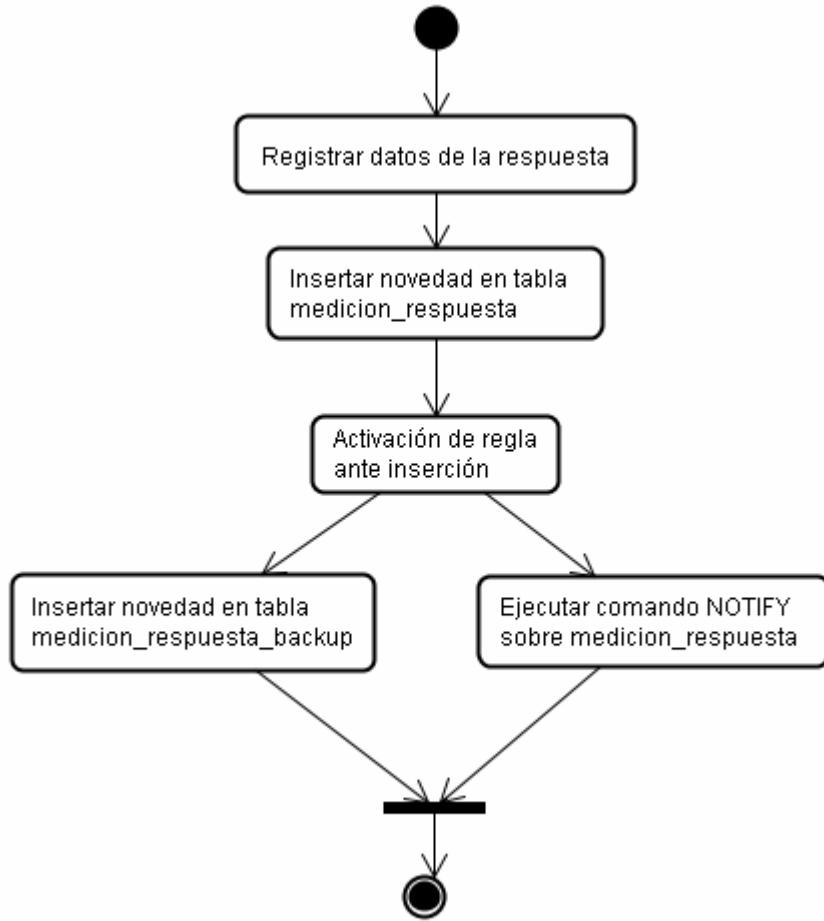


Ilustración 21: Inserción de una respuesta

En la ilustración 21 se observan las actividades ante la inserción de una respuesta. Un paciente ha recibido una respuesta por parte del médico desde la interfaz Web, la misma se almacena en la base de datos en la tabla *medicion_respuesta*. Ante la inserción se activa la siguiente regla registrada en la tabla mencionada.

```

CREATE OR REPLACE RULE comunicar_respuesta_regla AS ON INSERT TO medicion_respuesta DO ( INSERT INTO
medicion_respuesta_backup (id, id_paciente, id_medico, fecha_hora_respuesta, cantidad_avisos, enviado,
respuesta)
VALUES (new.id, new.id_paciente, new.id_medico, new.fecha_hora_respuesta, new.cantidad_avisos, new.enviado,
new.respuesta);

NOTIFY medicion_respuesta;
);

```

Esto ocasiona la inserción de un registro en la tabla de backup de respuestas y la activación del mecanismo de notificación.

Usuarios

Para seguridad de acceso se han creado tres tipos de usuarios y han establecido diferentes conjuntos de privilegios para cada uno de ellos.

Por una parte al usuario *smsadmin* le ha sido asignada la propiedad de todos los objetos de la base de datos. Este usuario representa los administradores y tiene todo tipo de privilegios.

El usuario *usuario_web* posee privilegios de inserción, actualización, consulta y borrado de las tablas relativas a campañas de salud y sus novedades, usuarios y las relativas a mediciones junto con sus respuestas.

El usuario *usuario_procesamiento* posee privilegios de consulta de todas las tablas, permiso de borrado para las tablas de backup y permiso para las cuatro operaciones básicas (inserción, borrado, consulta, actualización) para las tablas relativas a mediciones.

5.3 Aplicación Web

Para construir la aplicación Web se ha implementado una librería SMS dentro de las librerías de base de Joomla. Se estructura en un conjunto de paquetes que se describen en la tabla 5.

Paquete	Descripción
conf	Contiene configuración de urls y flujo de la aplicación
database	Clases de conexión y acceso a la base de datos
objects	Clases entidades principales
resources	Recursos utilizados. Gráficos, librerías php, imágenes, librerías javascript
subsystems	Subsistemas básicos y API de generación para gráficas
view	Archivos HTML de la interfaz

Tabla 5: Paquetes de la librería Joomla

La aplicación Web posee su implementación en PHP de las clases de conexión y acceso a la base de datos, así como las clases que representan a las entidades de la base. Además de estas clases que poseen una estructura similar a la explicada para el caso de la aplicación de procesamiento, se encuentran desarrollados tres subsistemas.

- Subsistema Paciente:

Provee acceso y funcionalidad relativa a los pacientes, listados de mediciones, envío de nuevas mediciones, listados de respuestas recibidas.

- Subsistema Doctor:

Provee la funcionalidad necesaria para los usuarios tipo médico, actualización de información, listado de pacientes, listado de mediciones, obtención de especialidades e instituciones, asociación de nuevos pacientes a monitorear, envío de respuestas, generación de gráficas.

- Subsistema Campañas:

Encapsula las funcionalidades relativas a las campañas y a las novedades de las mismas. Asociación y desasociación, administración de campañas, listados de campañas y novedades.

A través de estos subsistemas se tiene acceso a los métodos que generan listados y gráficas para la construcción de la interfaz Web. Son accedidos desde las páginas HTML que definen las vistas (paquete view).

Se desarrolló un componente para generación de gráficos utilizando la API LibChart. Se contempla la generación de gráficos de barra, de línea y de torta. La estructura de clases de este componente se presenta en la ilustración 22.

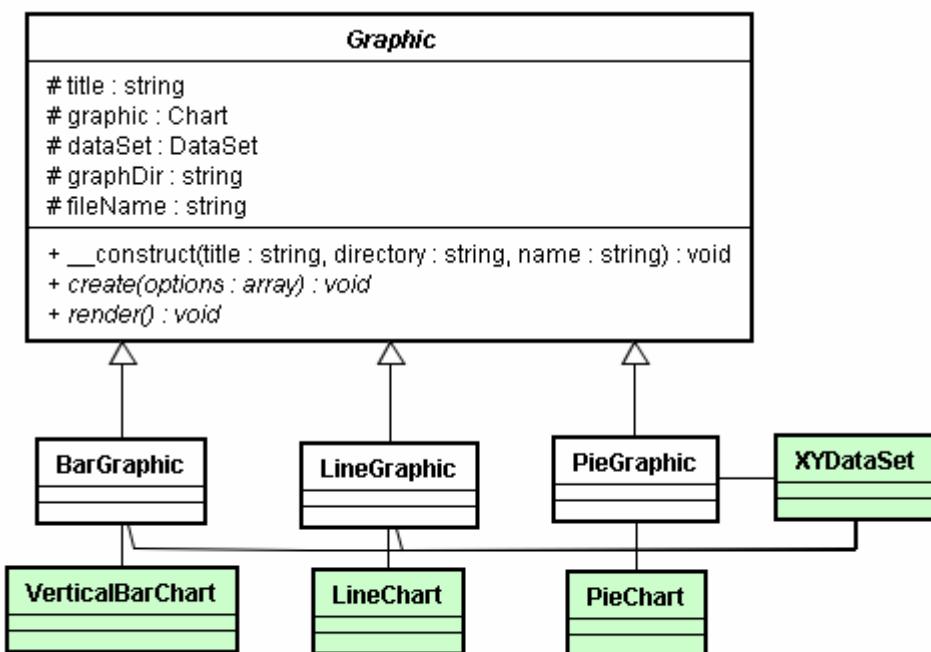


Ilustración 22: Clases que intervienen en la generación de gráficas

La clase abstracta *Graphic* determina los métodos *create* y *render* que deben ser implementados por las clases hijas (*BarGraphic*, *LineGraphic* y *PieGraphic*) según la forma en que requieran crearse y renderizarse los tipos de gráficos. Se señalan en color verde

las clases que se utilizan de la librería *LibChart*.

Interfaz

En el paquete view mencionado se encuentran los archivos HTML que construyen la interfaz. Están organizados en cuatro subpaquetes (campaign, doctor, patients y general).

En el grupo de páginas generales se encuentran las páginas de ayuda para médicos y pacientes, junto con las páginas de bienvenida al sistema.

En el grupo de páginas de campañas se ubican las que presentan el listado de campañas general, las que permiten asociarse y desasociarse, junto con las páginas de administración para creación, borrado e inserción de novedades.

Id	Descripción	Desde	Hasta	
1	Campaña de prevención de la gripe A	2010-09-22	2010-06-21	

Navigation buttons: back, forward, first, last, page 1/1, and a dropdown for page selection.

Ilustración 23: Listado de campañas

En la ilustración 23, se observa el listado de campañas registradas cuya fecha de finalización es mayor o igual al día actual. El usuario puede ordenar la tabla por cualquiera de los campos. La tabla se encuentra paginada. Y en el caso de la figura anterior, donde se observa el listado de campañas para los usuarios de tipo médico, encontramos un enlace por fila hacia la administración de cada campaña.

En la ilustración 24, se observa cómo un usuario puede asociarse o desasociarse de una campaña.



Asociarse a una campaña

Id	Descripción	Desde	Hasta			
1	Campaña de prevención de la gripe A	2010-09-22	2010-06-21			

Ilustración 24: Asociarse a una campaña

Nuevamente se puede realizar el ordenamiento por cualquiera de las columnas. Se encuentran dos enlaces en la fila de cada campaña, el primero de ellos (imagen con lápiz) permite asociarse, el segundo (lápis con cruz) permite desasociarse. En el caso que se observa el usuario está asociado a la campaña. Esto puede deducirse del ícono celeste de chequeo que se encuentra en la fila de la campaña correspondiente a prevención de la gripe A.

Continuando con la interfaz, el grupo de páginas del médico se encuentran los listados de mediciones, de pacientes monitoreados, formularios para envío de respuestas, páginas de detalles y gráficas de mediciones, más la página de actualización de datos personales.

En la ilustración 25 se observa el listado de pacientes monitoreados.

[Ver pacientes monitoreados.](#)

Id	Nombre	Apellido	Celular	Mail	
64	Paciente	Paciente	229315658110	minuevomail@hotmail.com	
	1/1		5		

Ilustración 25: Listado de pacientes monitoreados

Presionando en el número de id del paciente se puede acceder al detalle de sus datos y observar bajo qué tipo de mediciones se está monitoreando. En cada fila nos encontramos enlaces para ver las gráficas de las mediciones recibidas (primer ícono), enviar una respuesta al paciente (segundo ícono) y dejar de monitorear al paciente (tercer ícono).

Un ejemplo de los detalles de un paciente se presenta en la ilustración 26.

[Detalles del paciente](#)

Paciente:	Paciente Paciente
Fecha de nacimiento:	0200-06-05
Celular:	229315658110
Teléfono:	123456
Mail:	minuevomail@hotmail.com
Medición monitoreada:	1 - GLUCOSA 2 - PRESION

Ilustración 26: Detalles de un paciente

Cuando se selecciona el enlace para ver las gráficas del paciente nos encontramos con diferentes tipos de gráficas de acuerdo a la medición bajo la cual se está realizando el monitoreo y a si el paciente está siendo controlado bajo una, dos o más categorías de medición, como se observa en la ilustración 27.

Mediciones recibidas

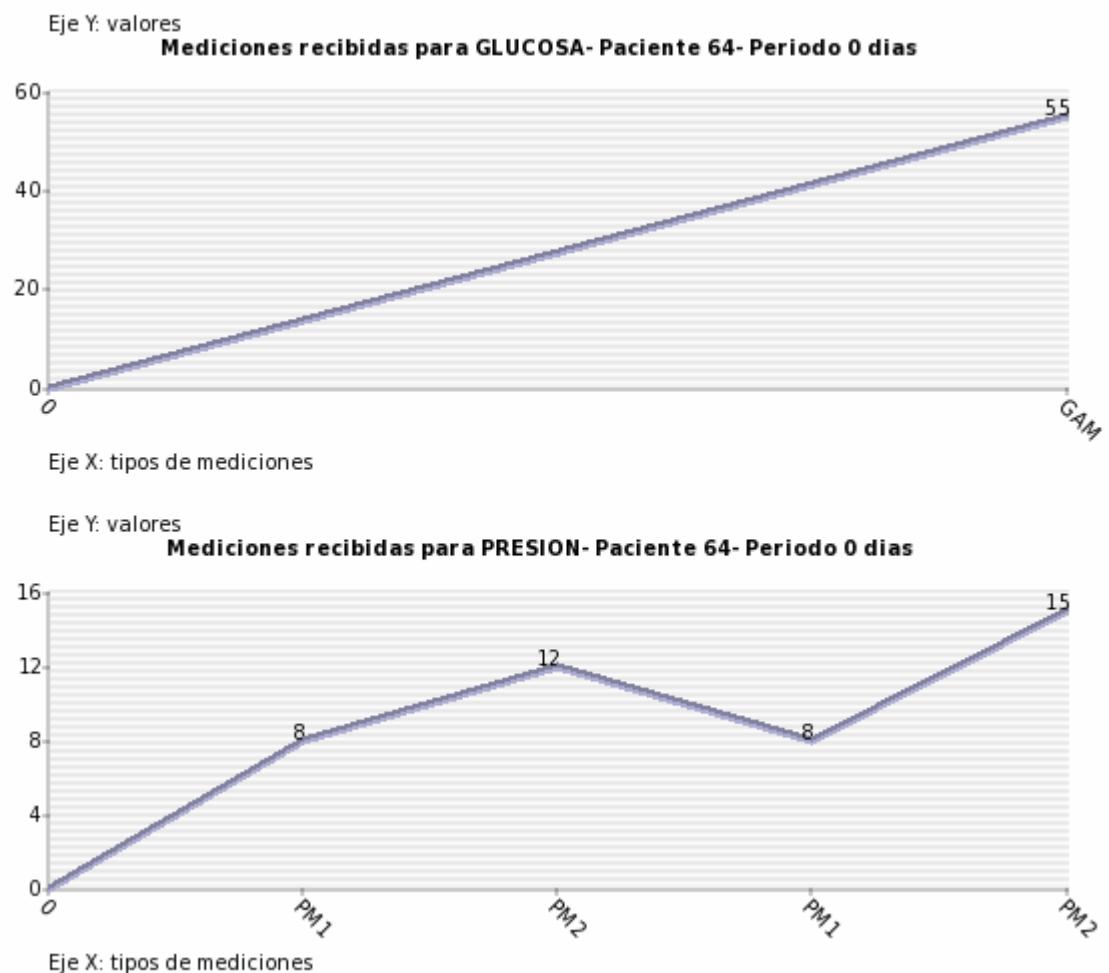


Ilustración 27: Gráficos de mediciones 1

En este caso se está realizando un control de valores de glucosa y de presión al mismo tiempo. Los gráficos de líneas corresponden al corriente días y presentan las mediciones que se recibieron desde las 00 hs. del día actual hasta la hora de la consulta. Las mediciones se muestran según código de referencia de envío.

En el caso del primero de los gráficos se ha recibido una medición de glucosa antes

de la merienda (GAM) con valor 55.

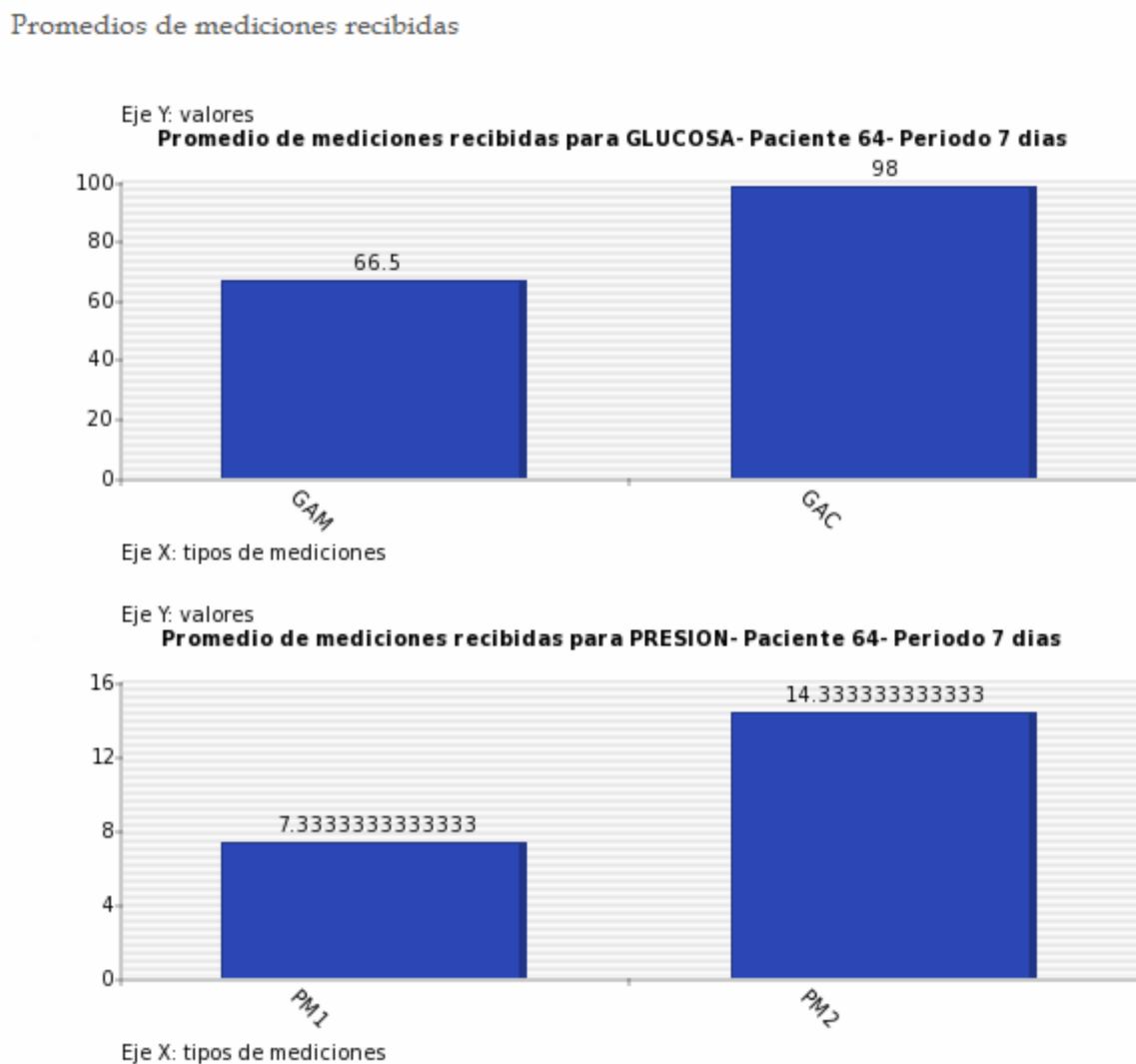


Ilustración 28: Gráficos de mediciones 2

En los gráficos de barras de la ilustración 28 se ven los promedios de mediciones recibidas tanto para glucosa como para presión arterial en el período de siete (7) días previos al actual.

Por último en el grupo de páginas del paciente se tienen los listados de mediciones enviadas, de respuestas recibidas, formularios para envío de mediciones, página de actualización de datos.

Enviar medición

Tipo:

Valor:

**Ingrese el texto completo. Ej: GAD 78

Fecha de envío: 2010-08-02 03:08

Enviar

Ilustración 29: Enviar medición

Se observa el formulario de envío de mediciones, en la ilustración 29, y el listado de respuestas recibidas que pueden visualizar los pacientes.

El paciente posee la opción de registrar sus mediciones vía Web completando el formulario que se muestra en la figura anterior. Se ingresa el tipo de medición y el contenido textual de la misma, bajo iguales condiciones que el caso en que se envía vía telefónica.

Los pacientes pueden visualizar por medio de la aplicación Web las respuestas que el médico les ha enviado. El listado puede ordenarse por cualquiera de los campos para mayor facilidad en la identificación de las respuestas.

5.4 Usuarios del sistema y roles

Se describen los usuarios del sistema y las acciones que cada uno de ellos puede ejecutar sobre el mismo.

5.4.1 Pacientes

Un paciente debe en primer lugar autenticarse en la aplicación Web de modo de poder ingresar. En caso de no estar registrado los pacientes pueden darse de alta en el sistema a través del uso de un formulario de registración donde ingresaran sus datos personales y de contacto para poder verificar su identidad. En la ilustración 30 se presentan los casos de uso en los que participa este tipo de usuario.

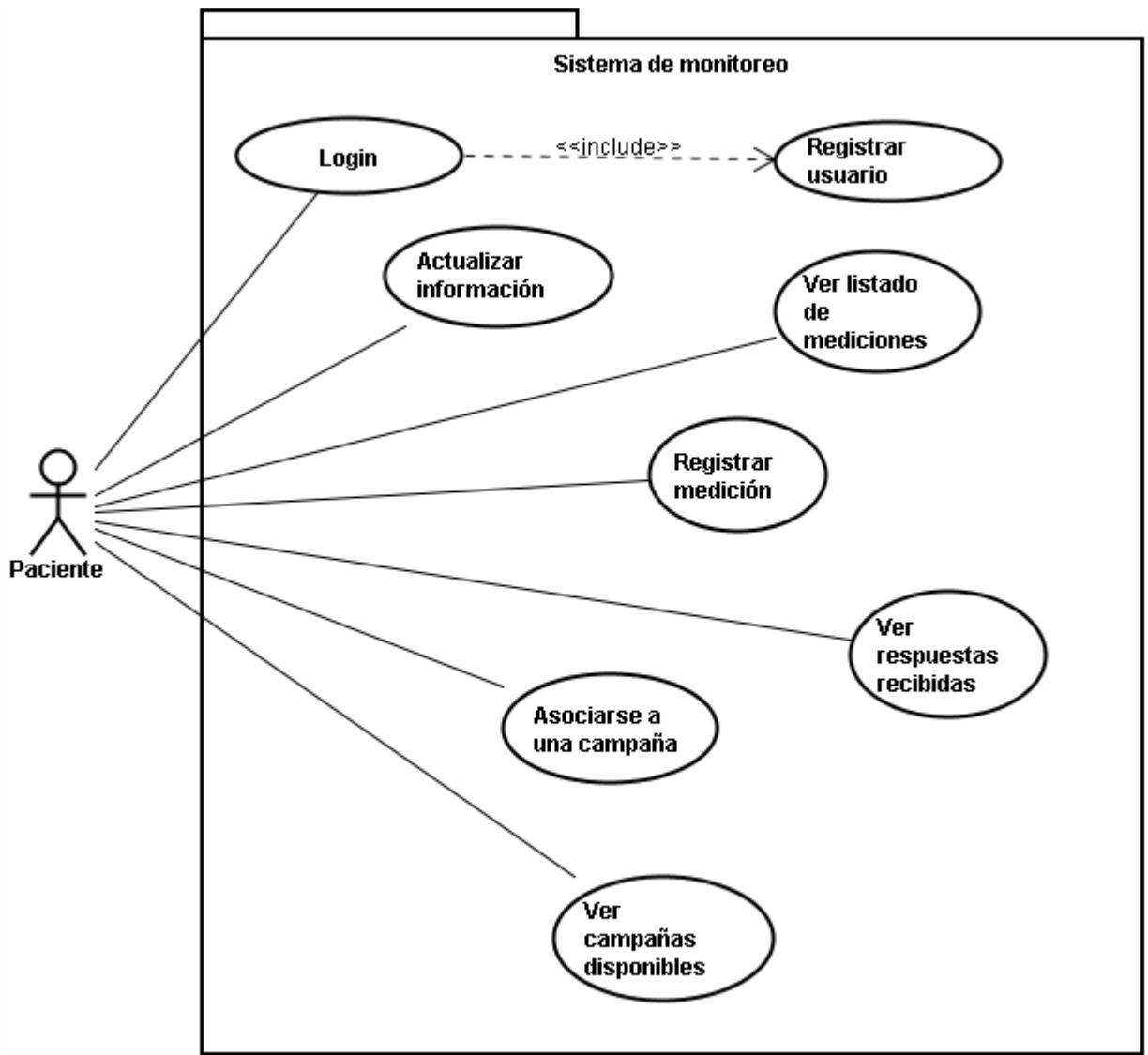


Ilustración 30: Diagrama de casos de uso. Usuario paciente.

Una vez autenticados pueden actualizar sus datos personales, ver el listado de mediciones enviadas, registrar una nueva medición, ver las respuestas que han recibido por parte de los médicos, así como también ver las campañas disponibles y asociarse a ellas.

Adicionalmente el caso de uso '*Registrar medición*' posee su versión móvil a través del envío vía telefónica de los datos.

5.4.2 Médicos

Los usuarios médicos pasan por un filtro de registro al igual que los pacientes, con opciones de registro para nuevos usuarios, como se observa en la ilustración 31.

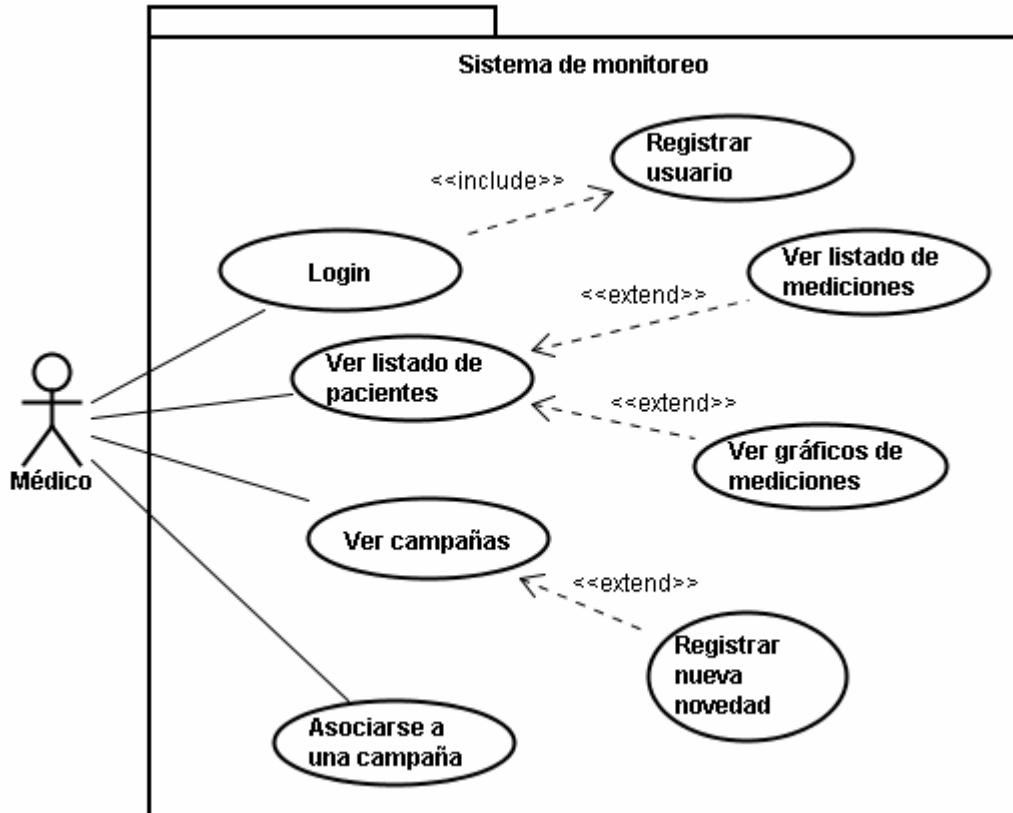


Ilustración 31: Diagrama de casos de uso. Usuario médico

Ingresados en el sistema puede ver el listado de pacientes que están monitoreando, seleccionar uno en particular para seguimiento de sus mediciones y gráficas. Pueden asociarse a las campañas, además registrar nuevas campañas así como novedades.

5.4.3 Administradores

Al contar con varios componentes interactuando en la aplicación, los usuarios administradores poseen un papel en cada uno de ellos. Por una parte en el sistema de monitoreo vía interfaz Web de administración pueden dar de alta nuevos contenidos, administrar los usuarios que ingresen a la aplicación y sus perfiles. En la aplicación de procesamiento pueden dar lectura a los registros de auditoria y tomar métricas de ejecución. Dentro del área de almacenamiento son los encargados de dar de alta nuevos formatos y categorías de mediciones.

Vemos en la ilustración 32, un resumen de los casos de uso en los que figura este actor del sistema.

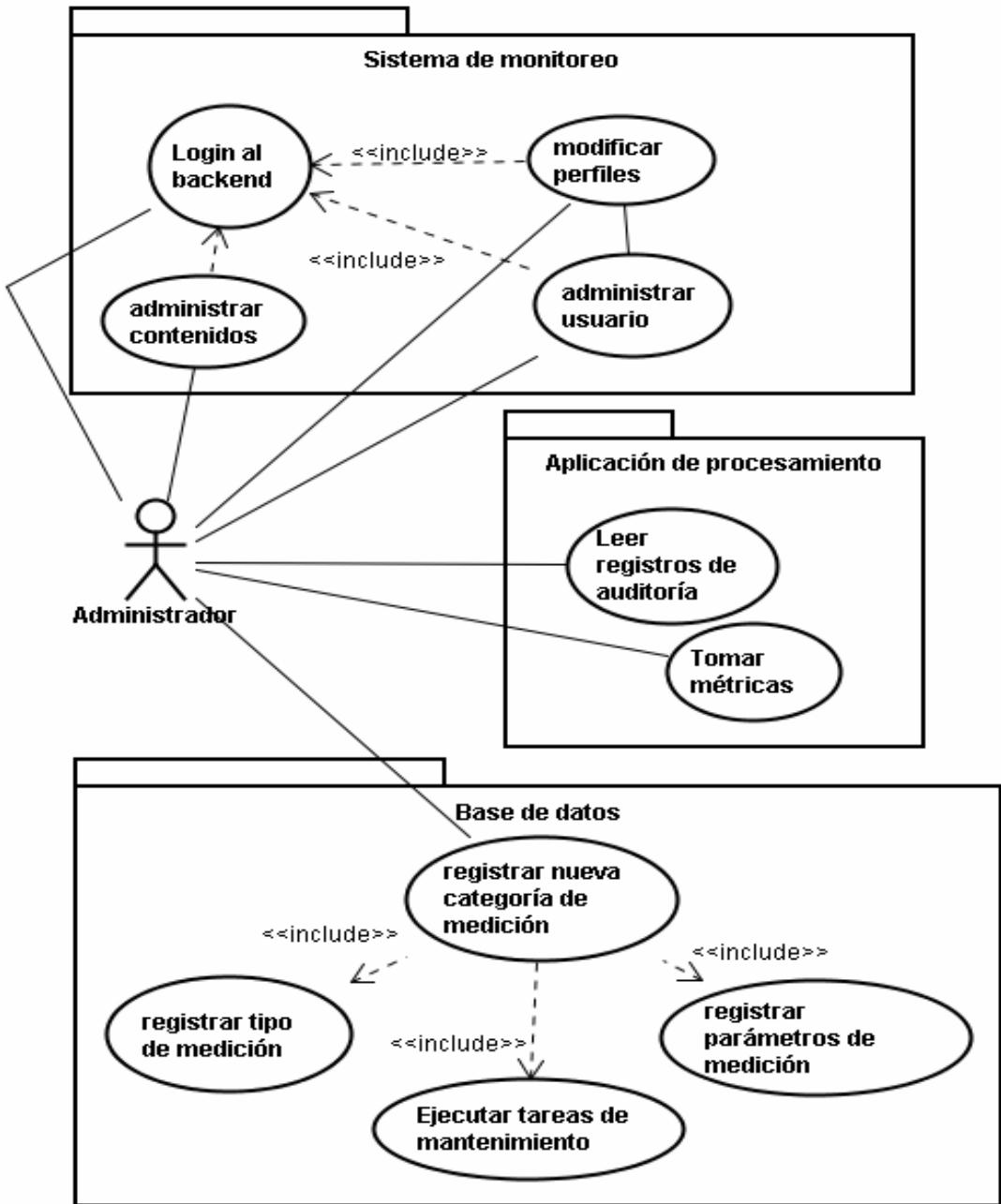


Ilustración 32: Diagrama de casos de uso. Usuario administrador.

Capítulo 6

Resultados experimentales

Los resultados de este trabajo se dividen en resultados técnicos de la evaluación del sistema y resultados de la utilización del sistema en un ámbito médico.

Al momento de la redacción de esta tesis se está gestionando la utilización de este sistema como prueba piloto en un ámbito real para monitorear pacientes diabéticos.

Se presenta la batería de tests a la que se sometió el sistema junto con las métricas que se tomaron de los tiempos de ejecución en el nodo de procesamiento.

6.1 Descripción de pruebas unitarias y de componentes

El framework de testing JUnit [JUN10] se utilizó para la generación de casos de test. JUnit es software de código abierto (licencia IBM's Common Public License version 0.5⁴⁴) que permite la construcción y ejecución repetible de casos de test.

JUnit provee métodos '*assertions*' para comparación de resultados esperados, los mismos se usaron en el cuerpo de los casos de test implementados. Por medio del uso del Test Runner gráfico se analizaron las salidas de cada caso durante la etapa de pruebas unitarias o de componente [SOM053].

Por otra parte, las pruebas de interfaces [SOM052] de las unidades dentro del nodo de procesamiento se realizaron mediante un seguimiento de los registros de auditoria por la interfaz de programación, utilizando el servicio Web ofrecido por la compañía telefónica Personal⁴⁵ para envío de mensajes de texto con mediciones de prueba.

Se evaluaron en las pruebas anteriores las siguientes condiciones, obteniendo los resultados señalados en la tabla 6.

⁴⁴ <http://www.ibm.com/developerworksopensource/>

⁴⁵ <http://sms.personal.com.ar/Mensajes/msn.htm>

Número	Medición	Remitente	Resultado
1	GAD98989	registrado	Formato inválido. No se almacena.
2	GAD 98	registrado	Formato y remitente válido. Se almacena.
3	GAD 98	no registrado	Formato válido, remitente no. No se almacena.
4	HJK__	registrado	Formato inválido. No se almacena.
5	GAD	registrado	Faltan parámetros. No se almacena.
6	PM 8	registrado	Faltan parámetros. No se almacena.
7	PM 8 14	registrado	Formato válido. Se almacena.
8	PM 8 16	no registrado	Formato válido, remitente no. No se almacena.

Tabla 6: Casos de test de componente de procesamiento

La aplicación Web se evaluó a través de técnicas de testing de caja cerrada, utilizando el punto de vista del usuario para evaluar la funcionalidad y comparándola con los requerimientos inicialmente establecidos. Se realizaron pruebas de integración de componentes [SOM051] evaluando la interacción de nodos de procesamiento, almacenamiento y Web entre sí.

6.2 Pruebas del sistema

Durante la etapa de pruebas del sistema general se evaluaron los flujos principales de acciones que pueden darse, realizando un análisis desde el punto de vista de la interfaz Web y del comportamiento interno de los componentes.

Se evaluaron los flujos de acción del sistema detallados en la tabla 7.

Caso	Descripción	Resultado
1	Envío de medición válida	Procesamiento, almacenamiento y visualización correcta
2	Envió medición inválida	Procesamiento pero validación con errores. No se almacena la medición. Se registran logs de error
3	Registro de nueva campaña	Almacenamiento correcto
4	Registro de novedad	Almacenamiento correcto, activación del nodo de procesamiento, distribución a los asociados
5	Eliminación de novedad	Base de datos actualizada
6	Eliminación de campaña	Base de datos actualizada
7	Envío de respuesta	Almacenamiento correcto, activación del nodo de procesamiento, envío de respuesta vía telefónica al paciente
8	Registro de medición Web	Validación y almacenamiento correcto
9	Asociarse a una campaña	Almacenamiento actualizado, se comienzan a recibir nuevas novedades a partir de ese momento
10	Desasociarse de una campaña	Almacenamiento actualizado, se dejan de recibir novedades

Tabla 7: Flujos de acciones probados

Por otra parte se hicieron pruebas para chequear los escenarios de calidad para los requerimientos no funcionales detallados en el capítulo 4.

Respecto a la disponibilidad de los datos se evaluaron los siguientes escenarios:

- La conexión con la base de datos se pierde durante una sesión Web.
- La conexión con la base se pierde durante la recepción de una medición.

En los casos mencionados la aplicación muestra mensajes de error en la interfaz Web y registrar trazas de error en la aplicación de procesamiento.

Para la verificación de la seguridad se realizaron los siguientes intentos de acceso no autorizado al sistema:

- Acceso con usuario inválido.
- Envío de medición desde un equipo no registrado.
- Caducidad de una sesión Web e intento de acceso a los contenidos.
- Ingreso de imagen captcha inválido durante la registración.
- Alteración de la URL de acceso a la aplicación.

El acceso con usuario inválido a la interfaz Web no es posible por el esquema de autenticación que se implementa. Al enviar una medición desde un dispositivo no registrado la misma se toma como inválida. Si la sesión caduca el usuario ya no puede ver los contenidos, debe autenticarse nuevamente. Si el captcha no es ingresado no se avanza en la registración. Si la URL se altera, el componente de control de acceso Joomla utilizado bloquea la página mostrando un error 404.

Para asegurar la modificabilidad se realizó el ingreso de una nueva codificación de medición al sistema de la manera detallada en la tabla 8.

Categoría	Temperatura corporal
Tipos de medición	TM – Temperatura por la mañana TT – Temperatura por la tarde TN – Temperatura por la noche
Parámetros	Tipo – [a-zA-Z]* Valor – [0-9]*.[0-9]*

Tabla 8: Nueva medición introducida

La medición se inserta sin problemas por el administrador de base de datos, al intentar enviar una medición con un paciente registrado y con formato válido ("TM 35") se almacena sin inconvenientes en la base y desde la interfaz Web los médicos pueden comenzar a asociar a los pacientes para monitorearlos.

6.3 Métricas de ejecución

Se realizaron pruebas de rendimiento del sistema de modo de tener un registro de los tiempos aproximados que toma ejecutar el procesamiento de una medición, el monitoreo y envío de una respuesta, el monitoreo y envío de novedades.

Para el análisis y recolección de métricas se utilizó **JETM** [JETM10] Java Execution Time and Measurement Library. **JETM** es una biblioteca libre liberada bajo una licencia tipo BSD, diseñada para monitorear la performance de una aplicación y detectar posibles fallas. A través de breves modificaciones en el código a evaluar permite detectar

el tiempo consumido (máximo, mínimo y promedio) en ejecutar fragmentos de código señalados.

Se contemplaron los siguientes casos de prueba:

- Procesamiento de una medición recibida.
- Procesamiento de una respuesta a enviar.
- Procesamiento de una novedad a difundir.

Para utilizar la librería se deben ejecutar una serie de pasos y breves modificaciones en el código a evaluar. En primer lugar definir los puntos a medir dentro del código fuente mediante la creación de un objeto monitor que estará enlazado a ese código. Se requiere definir una llamada al método de recolección de datos encapsulando el fragmento a monitorear. Luego simplemente se corre el código y se visualizan los resultados.

Las clases en las que se han incorporado los puntos monitores son *MeasureProcessor*, *NewsProcessor* y *ResponseProcessor*.

Como ejemplo de las declaraciones necesarias requeridas para tomar las métricas se muestra el siguiente fragmento de código tomado de la clase *MeasureProcessor*.

```
public Measure processMeasure(SMS sms) {
    // testing times code DECLARACION DE PUNTO MONITOR
    EtmPoint point = etmMonitor
        .createPoint("MeasureProcessor::processMeasure");

    try {
        Measure m = null;
        // we build a measure object and insert it in database later
        m = new Measure();
        // we check if the measure is correctly formed
        boolean valid = validator.isValid(sms, m);
        if (valid) { procesamiento.... }

        return m; //RECOLECCIÓN DE MÉTRICAS
    }finally {    point.collect(); } }
```

Podemos ver en el fragmento anterior los puntos marcados como 'Punto Monitor' y 'Recolección de Métricas' relacionados a lo que mencionábamos anteriormente.

Luego de programar el ambiente para ejecutar *JETM* se realizaron las pruebas en siete oportunidades, cuatro de ellas consecutivas. Las restantes luego de una modificación en el código para mejorar los tiempos que se venían observando.

Las cuatro primeras ejecuciones arrojaron resultados mayores a las últimas.

Veremos los resultados que se obtuvieron en las siete ejecuciones realizadas y luego explicaremos por qué sucede esta diferencia en los tiempos.

Cada corrida de prueba implica 202 ejecuciones consecutivas del método *processMeasure* en la clase *MeasureProcessor*, y 51 ejecuciones consecutivas de los métodos *processNew* y *processResponse*, de las clases *NewsProcessor* y *ResponseProcessor* respectivamente.

A continuación, en la tabla 9, los tiempos mínimos de ejecución registrados para los tres casos monitoreados.

Mínimo tiempo registrado (milisegundos)			
	Procesamiento		
Corrida	Medición	Novedades	Respuestas
1	0,956	340,125	2,628
2	0,947	325,211	2,632
3	0,954	341,918	2,515
4	0,98	403,928	2,475
5	0,995	3,798	2,536
6	1,003	4,306	2,445
7	1,009	3,818	2,551

Tabla 9: Métricas. Tiempos mínimos.

En la tabla 10 se presentan los tiempos máximos registrados.

Máximo tiempo registrado (milisegundos)			
	Procesamiento		
Corrida	Medición	Novedades	Respuestas
1	9,368	928,469	154,951
2	11,255	963,916	91,113
3	9,367	738,352	74,885
4	269,599	768,463	80,467
5	68,699	55,296	67,544
6	146,425	29,698	64,218
7	42,684	30,867	64,132

Tabla 10: Métricas. Tiempos máximos.

Luego de las primeras cuatro ejecuciones donde se observaron tiempo altos de procesamiento en lo que respecta a las novedades se hizo una reformulación del método donde se obtiene la novedad a difundir de modo de no ejecutar la construcción

de la campaña a la que pertenece, ya que se contaba con ese dato externamente. Esto mejoró los tiempos como se observan en las tablas de resultados.

Se presentan estos resultados de manera gráfica. En todas ellas el tiempo se mide en milisegundos sobre el eje Y, mientras que en el eje X se numeran los casos de prueba ejecutados.

En las gráficas de las ilustraciones 33 y 34, se observan los tiempos mínimos y máximos de procesamiento registrados ante una medición recibida. Para estas pruebas se utilizó la medición “GAD 7” con formato válido enviada por un paciente registrado.

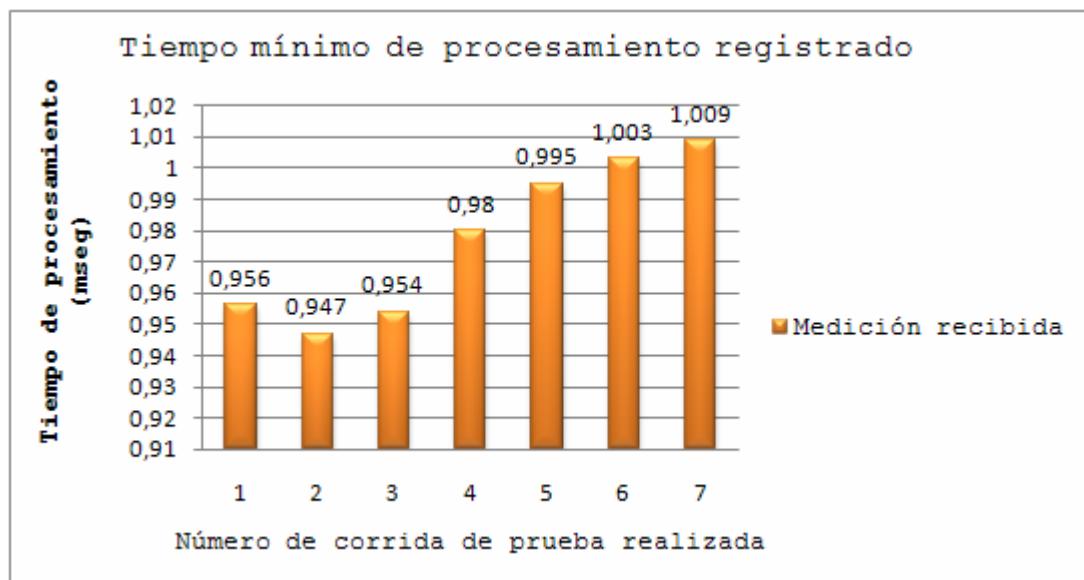


Ilustración 33: Métricas medición recibida. Mínimos.

Los valores anteriores se encuentran estables dentro del rango de los 0,9-1.10 milisegundos.

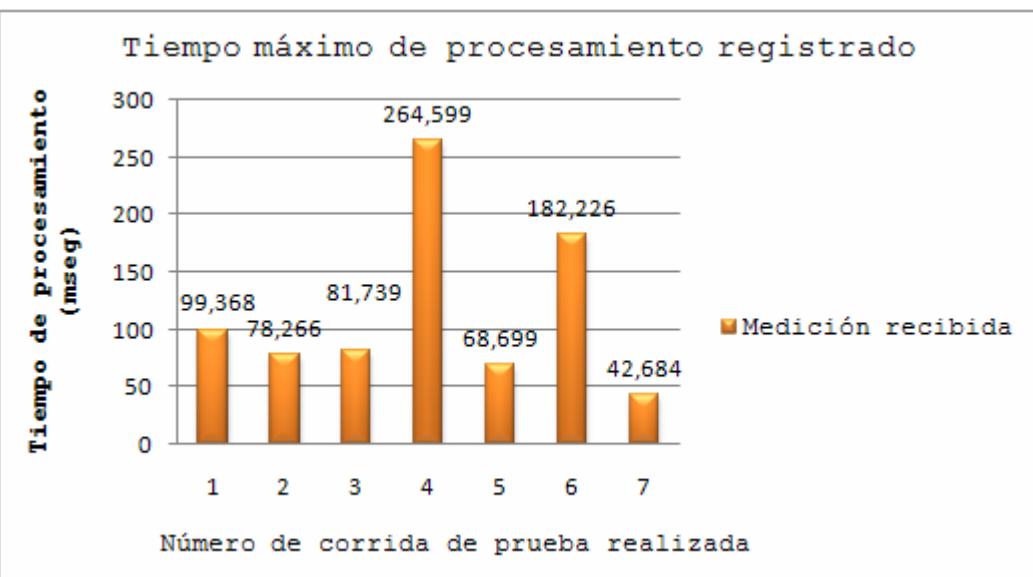


Ilustración 34: Métricas medición recibida. Máximos.

Dentro de los tiempos máximos se encuentra mayor variación en el rango, con un pico de 264.599 milisegundos. Esto puede llegar a deberse a los tiempos de acceso a la base de datos o bien a la carga del sistema por el uso de otras aplicaciones.

En las ilustraciones 35 y 36, se observa el caso de procesamiento de las novedades, caso donde intervienen las mejoras, lo que se refleja a continuación.

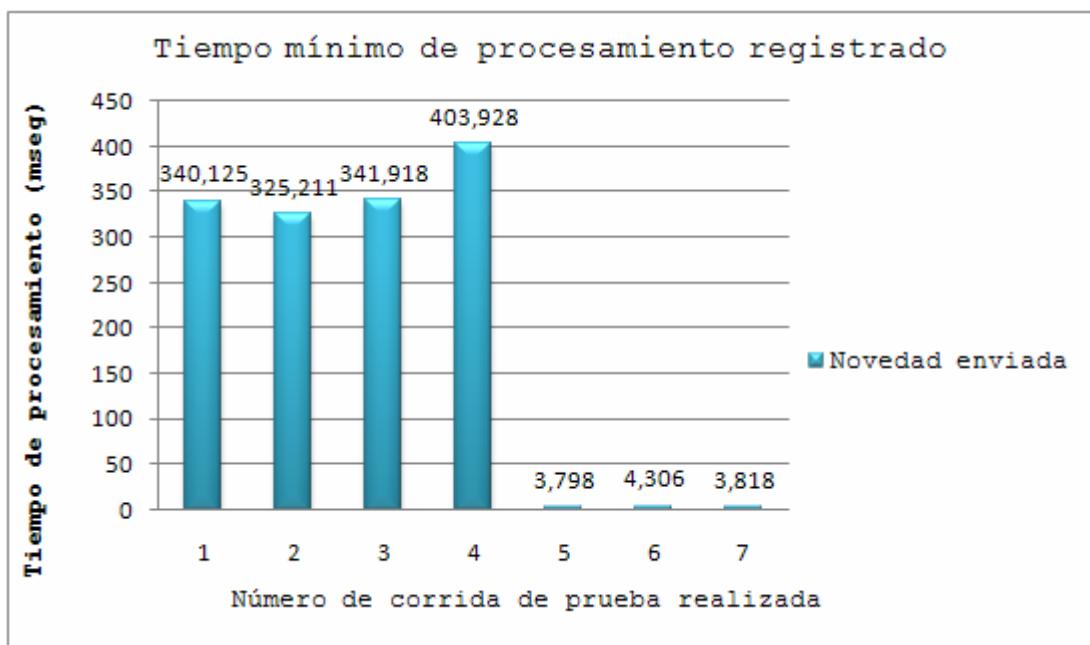


Ilustración 35: Métricas novedad procesada. Mínimos.

Tanto en la gráfica de la ilustración 35, como en la de la ilustración 36, se observan las variaciones de los tiempos de ejecución luego de la cuarta corrida de pruebas.

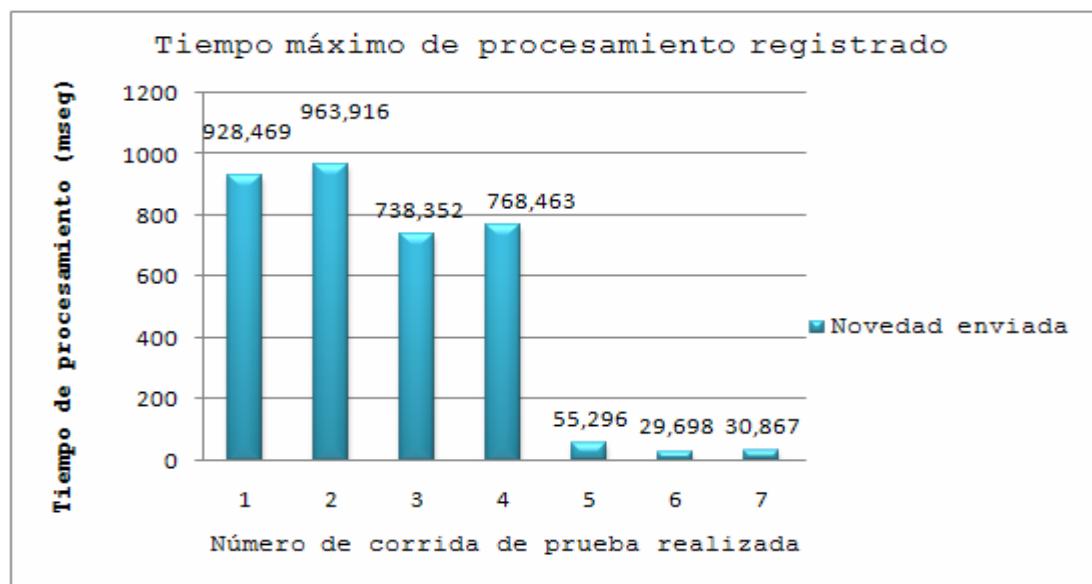


Ilustración 36: Métricas novedad procesada. Máximos.

Por su parte en las ilustraciones 37 y 38, se observan los tiempos de procesamiento de una respuesta enviada hacia un paciente.

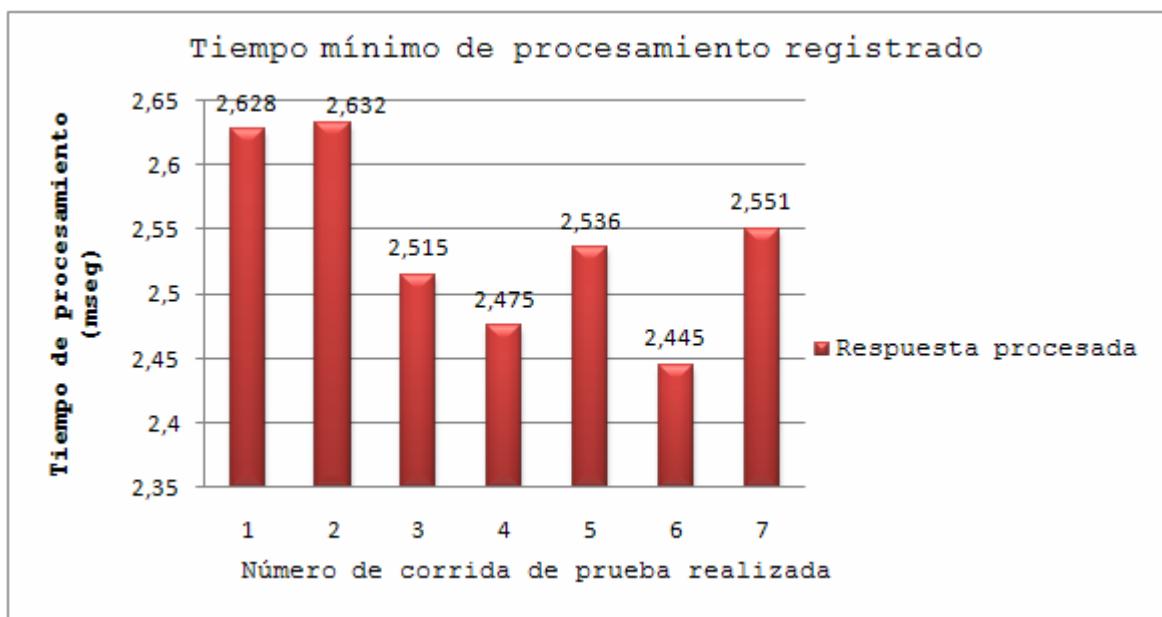


Ilustración 37: Métricas respuesta procesada. Mínimos.

Como se muestra en la ilustración 37, los tiempos mínimos se observan estables en el rango de 2.35-2.65 milisegundos.

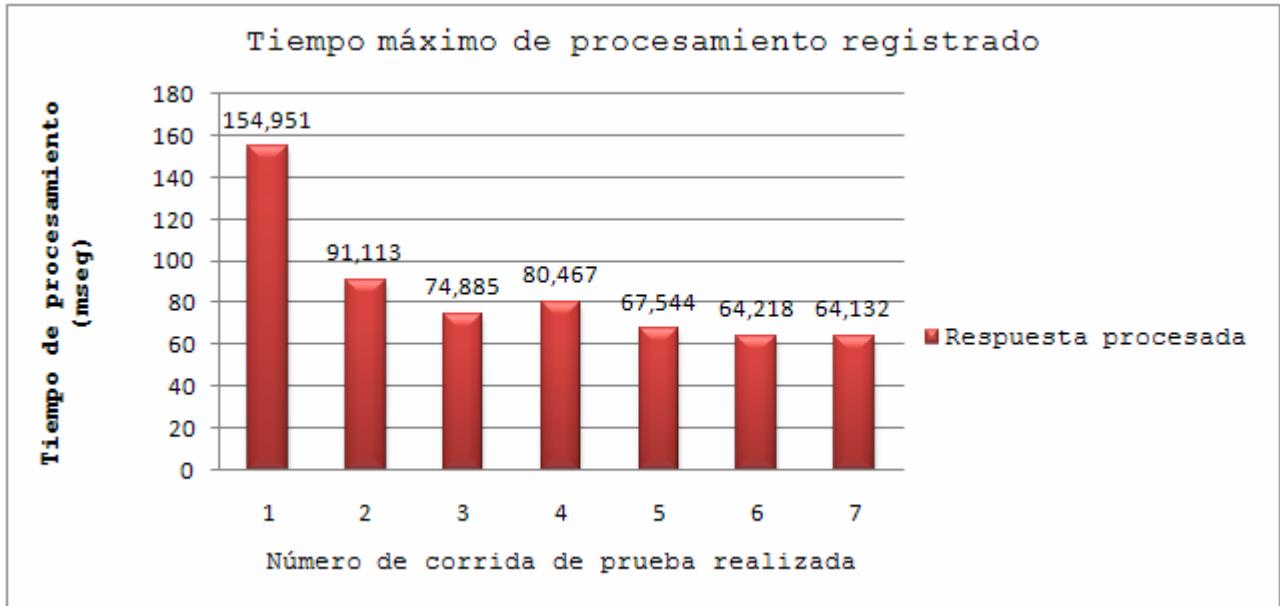


Ilustración 38: Métricas respuesta procesada. Máximos.

Como se muestra en la gráfica de la ilustración 38, en los máximos de observa un pico de 154.951 milisegundos, mientras que los demás valores registrados rondan valores aproximados.

6.4 Conclusiones de los resultados obtenidos

Se han diseñado las pruebas de componentes, de integración y del sistema de modo de poder evaluar que el sistema cumpla con los requerimientos iniciales, tanto funcionales como no funcionales, así como el desempeño de la aplicación en los tiempos de procesamiento.

Se han realizado los ajustes necesarios durante las pruebas del sistema y se han solucionado los defectos que se fueron encontrando.

Se considera haber abarcado situaciones que comprometen la seguridad del sistema así como la modificabilidad con la introducción de nuevas codificaciones para posibles futuras mediciones.

Se considera que el sistema podría ser sometido en futuros trabajos a pruebas más rigurosas, así como a otras situaciones que comprometan la disponibilidad, como por ejemplo situaciones de pérdidas de datos en el servidor Web, de fallas en el nodo de

procesamiento, de dificultades en la señal en la red **GSM**, etc.

Al ser un sistema de integración de tecnologías y componentes donde intervienen varias líneas de comunicación (Web-base de datos, base de datos-procesamiento, procesamiento-dispositivo **GSM**, dispositivo GSM- red), los puntos de falla o de vulnerabilidades son mayores que si el sistema funcionase sobre un host físico y estuviera implementado con un lenguaje en particular, librerías e interfaces de ese lenguaje.

En lo que respecta a las métricas de ejecución las mismas han sido tomadas bajo condiciones de funcionamiento normal, a saber mediciones bien formadas, con pacientes registrados; novedades a ser difundidas con una lista pequeña de pacientes asociados y con texto bien formado sin caracteres extraños. Puede resultar interesante la evaluación de métricas bajo condiciones anormales y ambientes de alta carga.

Capítulo 7

Conclusiones y discusión

En este capítulo se presentarán las conclusiones elaboradas, algunas ventajas y desventajas que posee el sistema y finalmente los trabajos futuros que puedan surgir como extensiones o complementos del presente a fin de seguir profundizando este tipo de soluciones.

7.1 Conclusiones

Se ha resumido el estado del arte del área, en lo que respecta al uso de las TIC en el sector de la salud, aportando una solución al monitoreo y prevención de dos de las enfermedades más difundidas a nivel mundial en el mundo actual. Se considera que el sistema de monitoreo desarrollado puede mejorar considerablemente la calidad de atención de pacientes, sobre todo de aquellos que viven en sectores alejados de los centros de salud o que por cuestiones económicas, laborales o por impedimentos físicos, les es costoso el traslado.

Además de ofrecer el acceso a la información del paciente de modo inmediato e independientemente del lugar físico en el que se encuentre el profesional, este sistema puede obrar como una gran base de datos que se vaya construyendo con el tiempo de uso y constituya una fuente de datos de los cuales puedan derivarse estadísticas respecto a las enfermedades monitoreadas.

Se propone el mecanismo de difusión de información para prevención primaria de enfermedades, vía telefonía celular, como un punto a ser investigado en mayor profundidad. El uso de este tipo de tecnologías y la llegada que poseen a la población debe tenerse en cuenta como una potente forma de comunicación, sobre todo con los sectores más jóvenes de la población. Puede llegar a ser una vía adicional a las usuales, para difusión de campañas de salud para prevención de accidentes, consejos de salud sexual, difusión de cursos y charlas, entre otros.

Se espera que este trabajo logre ser la base de trabajos futuros en el área de la telemedicina, logrando la expansión de las funcionalidades y en post del uso de este tipo de soluciones en un entorno real.

7.2 Ventajas y limitaciones del sistema

La arquitectura diseñada contempla integración de diversas tecnologías, pero se ha mantenido sencilla de modo que pueda servir de base para quienes deseen adicionar funcionalidades o servicios más complejos. Se ha logrado cumplir con requisitos de calidad que abarcan la seguridad del sistema, la disponibilidad y la modificabilidad del mismo. Respecto a la seguridad se han contemplado mecanismos para proteger las conexiones al repositorio central de almacenamiento y los canales de comunicación entre los componentes principales. Se considera que podrían reforzarse estos mecanismos con algunos de los mencionados en el capítulo 4 donde se comentaba la solución propuesta, quizá en futuros trabajos pueda hacerse una revisión de la arquitectura de seguridad y privacidad poniendo el foco en mejorarla en este sentido. En el trabajo actual se pretendió abordar aspectos de base, proponiendo una arquitectura funcional y que cumpliera objetivos, recortando los límites del sistema tomando lo anterior en cuenta, debido a que las facetas a abarcar en este tipo de sistemas podrían ser múltiples y variadas.

Por otra parte se tiene que las tecnologías seleccionadas son de código abierto y poseen una comunidad de desarrollo grande que las soporta, así como repositorios de documentación, foros, guías para el desarrollador, entre otras herramientas de utilidad. No solo se ha buscado que la integración sea amena, sino que también, se ha generado buena documentación para que las extensiones que se realicen sobre este sistema tengan el soporte de contar con la ventaja que significa abordar un sistema bien documentado.

Respecto al uso del sistema, se han generado guías e incorporado secciones de ayuda a los usuarios. Esto permite que la instalación y puesta en marcha del sistema en un entorno real esté sustentado por estos documentos.

El código y toda la documentación se encuentran bajo la licencia GPL versión 3. Ventaja para quienes estén interesados en la utilización de esta herramienta, para incorporarla en un consultorio, hospital. O para adaptarla y reutilizar las funcionalidades desarrolladas para fines relaciones a los que se persiguen en este trabajo.

En lo que respecta a las campañas de salud, puede llegar a darse que el volumen de interesados en una campaña y los contenidos que se vayan generando en ella, crezca considerablemente si el sistema fuera aplicado por ejemplo en un hospital público de una ciudad. Esto podría representar un problema en la arquitectura concreta implementada, debido a la tasa de entrega que el módem **GSM** soporta. El hecho de tener que difundir a gran cantidad de usuarios las novedades podría ser un cuello de botella en el sistema. Se podría mejorar este aspecto realizando una evaluación de otros mecanismos para envío y recepción de mensajes de texto.

Como se mencionó anteriormente, una de las cuestiones críticas en este tipo de sistemas es la usabilidad por parte de los pacientes a través del teléfono celular. Si bien se ha tratado de mantener la forma de enviar un mensaje lo mas simple posible, quedan cuestiones por resolver que caen en el ámbito de estudio “Interface Humano-

Computadora". En uno de los trabajos futuros que se mencionan en la siguiente sección se propone automatizar el proceso de envío a través de la incorporación de tecnología en los dispositivos de captura.

7.3 Trabajos futuros

La extensión del nodo de procesamiento se identifica como uno de los posibles trabajos a desarrollar sobre esta arquitectura. Un sistema de reglas que agregue inteligencia a la validación de mediciones entrantes permitiendo detectar condiciones anormales automáticamente. Un valor de glucosa fuera de rango, la evolución de un conjunto de valores en un período, la correlación de valores de diversos tipos de mediciones para soporte al diagnóstico que realice el profesional, podrían ser algunas de las funciones que este subsistema de reglas llevara acabo. Se muestra gráficamente cómo interactuaría con los componentes actuales en la ilustración 39.

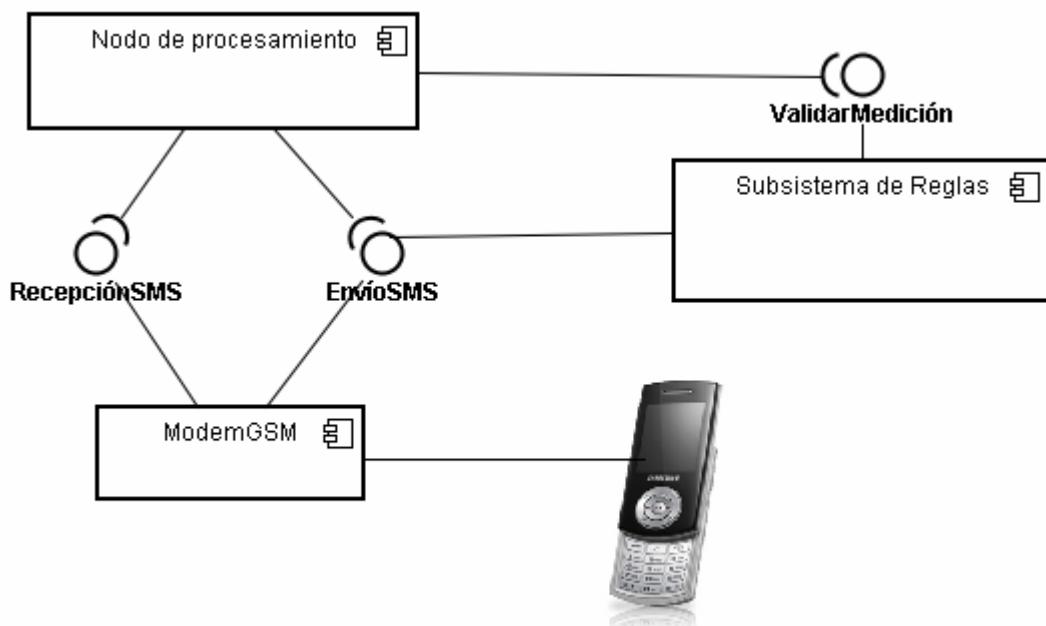


Ilustración 39: Subsistema de reglas

Otra posible extensión es la incorporación de procesamiento de imágenes en el sistema. A través de la recepción de mensajes MMS se podría dar soporte a otro tipo de monitoreo remoto con esta misma arquitectura, adicionando el servicio de consulta médica a distancia, donde a través de la recepción de imágenes se puedan realizar consultas con profesionales capacitados en un área.

Un trabajo que podría aportar datos valiosos es la construcción, conducción y

evaluación de un estudio de aplicabilidad del sistema a mayor escala, continuando con la prueba piloto realizada. Coordinando con hospitales o clínicas que estén interesados en participar del estudio. Se requeriría de un grupo de profesionales y pacientes dispuestos a utilizar el sistema. Durante un período se pondría en marcha el sistema, se recogerían periódicamente las trazas de auditoria y de métricas de ejecución, sometiéndolas a revisiones para determinar el funcionamiento del sistema y su performance. Debería recolectarse información sobre la experiencia de los usuarios en el uso del sistema, qué les resultó cómodo, qué utilidad le asignan al sistema, qué parámetros debieran mejorarse en su opinión. Este estudio de satisfacción de los usuarios sería valioso para realizar los ajustes y modificaciones que se detecten.

En relación a la falta de estudios y análisis comparativos de la aplicación de tecnología en el cuidado remoto y análisis de costo-beneficio o de calidad de los cuidados brindados, se piensa como un posible futuro trabajo la elaboración y validación de un modelo matemático con diseño de medidas estadísticas aplicables y generalizable a otros casos, que permita realizar este tipo de evaluaciones y pueda usarse como marco de trabajo para conducir análisis de validez.

Por otra parte podría pensarse en el desarrollo de un sistema para diversos entornos operativos celulares que ofrezca una interfaz de acceso de las mediciones y asociación a las campañas. Esta aplicación correría en el celular del paciente y brindaría funcionalidades para ingreso de nuevas mediciones, visualización de respuestas históricas desde el móvil, visualización y asociación a campañas de salud vía celular. A su vez se ofrecería una interfaz en el celular del médico para que pueda realizar el mismo seguimiento que realiza vía Web, desde su celular. Algunas de estas aplicaciones se ejemplifican en la ilustración 40.

En lo referido al envío de la información, se ha estudiado la posibilidad de utilizar dispositivos de captura con tecnología inalámbrica, (por ejemplo, glucómetros con tecnología bluetooth) que puedan programarse para transmitir las mediciones a un dispositivo de envío de información. Este último dispositivo puede ser un teléfono celular corriendo una aplicación o una computadora personal ubicada dentro del alcance inalámbrico del dispositivo. La extensión de este trabajo agregando esta posiblidad permitiría la automatización del proceso de envío de información por parte del paciente.



Ilustración 40: Aplicativos para móviles

Se han incorporado dos anexos (Anexo II y Anexo III) que ofrecen una guía de preparación del ambiente de desarrollo para poder comenzar a trabajar con el sistema, y documentación en detalle del mismo. Se incorporan diagramas UML de documentación estructural y dinámica del sistema para comprenderlo mejor.

Bibliografía

[AAT10]: American Telemedicine Association, "Asociación Americana de Telemedicina", 2010, <http://www.americantelemed.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3333>. Documento WWW.

[ADO08]: John Lim, "ADODb Database Abstraction Library for PHP (and Python)", 2008, <http://adodb.sourceforge.net/>. Documento WWW.

[ALS05]: F. VIN ALS, L. MANDUJANO, G. VARGAS and A. GIULIANO, "Prenatal diagnosis of congenital heart disease using four-dimensional spatio-temporal image correlation (STIC) telemedicine via an Internet link: a pilot study", 2005 , Ultrasound Obstet Gynecol, DOI: 10.1002/uog.1796, <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/109856235/PDFSTART>

[AND05]: Hege K Andreassen, Maria M Bujnowska-Fedak, Catherine E Chronaki, Roxana C Dumitru, Iveta Pudule, Silvina Santana, Henning Voss, and Rolf Wynn, "Commentary: Patient-Centered Health Information Technology", 2005 , American Journal of Medical Quality, DOI: 10.1177/1062860605275994, <http://ajm.sagepub.com>

[AND10]: Peter Anderson, Cary Cooper, Eva Jane Llopis, en nombre del Consejo para la Agenda Global de Enfermedades y Afecciones Crónicas, "La carga incalculable de la epidemia de enfermedades no contagiosas", 2010 , DiabetesVoice, Volúmen 55, Número 1, <http://www.diabetesvoice.org>

[ATT08]: Greg Atteberry, "The Effects of Telehomecare on Quality and Agency Revenue: A Literature Review", 2008, Home Health Care Management & Practice, DOI: 10.1177/1084822308322652, <http://hhc.sagepub.com/cgi/content/abstract/21/3/188>

[ATT10.2]: American Telemedicine Association, "What Is Telemedicine & Telehealth?", 2010 , http://www.americantelemed.org/files/public/abouttelemedicine/What_Is_Telemedicine.pdf

[AUD08]: Heinrich J. Audebert, Kathrin Schultes, Viola Tietz, Peter U. Heuschmann, Ulrich Bogdahn, Roman L. Haberl, Johannes Schenkel and Writing Committee for the Telemedical Project for Integrative Stroke Care (TEMPiS), "Long-Term Effects of Specialized Stroke Care With Telemedicine Support in Community Hospitals on Behalf of the Telemedical Project for Integrative Stroke Care (TEMPiS)", 2008 , Stroke, Journal of the American Heart Association, DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.529255, <http://stroke.ahajournals.org/cgi/content/full/40/3/902>

[BASS03]: Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman, "Software Architecture in Practice", Second Edition, 2003, ISBN 0-321-15495-9, 560

[BAV04] : Bava, José Alberto, "Telemedicina sobre móvil IP" , Tesina, 2004. Universidad Nacional de La Plata, <http://www.sedici.unlp.edu.ar>.

[BER09]: Trine S Bergmo, "Can economic evaluation in telemedicine be trusted? A systematic review of the literature", 2009, Cost Effectiveness and Resource Allocation, doi:10.1186/1478-7547-7-18, Editorial BioMed Central Ltd., <http://www.resource-allocation.com/content/7/1/18>

[BOE88]: Barry W. Boehm, "A Spiral Model of Software Development and Enhancement", 1988, doi:10.1109/2.59, Editorial IEEE, <http://www.cs.umd.edu/class/spring2003/cmsc838p/Process/spiral.pdf>

[BRI07]: MICHAEL BRIGNELL1, RICHARD WOOTTON2, LEN GRAY3, "The application of

"telemedicine to geriatric medicine", 2007, doi:10.1093/ageing/afm045 , Editorial Oxford University Press, Editor British Geriatrics Society, <http://ageing.oxfordjournals.org/cgi/content/short/36/4/369>

[BUCK02]: Kathleen M. Buckley, Binh Q. Tran, Cheryl M. Prandoni and Helene M. Clark, "Training Future Providers in Home Care and Telehealth Technologies: A Collaborative Effort between Nursing and Biomedical Engineering", 2002, Home Health Care Management & Practice, DOI: 10.1177/108482230201400508, Editorial SAGE, <http://hhc.sagepub.com/cgi/content/abstract/14/5/362>

[CEPAL09.1]: Comisión Económica para América Latina y El Caribe. División de Estadísticas y Proyecciones económicas, "Anuario estadístico de America Latina y El Caribe.", 2009, Editorial CEPAL, ECLAC, Tabla 1,1,7. Tasa de natalidad, por quinquenios, http://websie.eclac.cl/anuario_estadistico/anuario_2009/esp/default.asp

[CEPAL09.2]: Comisión Económica para América Latina y El Caribe. División de Estadísticas y Proyecciones económicas, "Anuario estadístico de America Latina y El Caribe.", 2009, Editorial CEPAL, ECLAC, Tabla 1,1,10 Esperanza de vida al nacer según sexo, por quinquenios, http://websie.eclac.cl/anuario_estadistico/anuario_2009/esp/default.asp

[CHET07]: Rhonda Chetney, "Using Telehealth to Avoid Urgent Care and Hospitalization", 2007, Home Health Care Management & Practice, Editorial SAGE, DOI: 10.1177/1084822307306645, <http://hhc.sagepub.com/cgi/content/abstract/20/2/154>

[CHO02]: C. Chousiadis, I. K. Mavridis and G. I. Pangalos, "An authentication architecture for healthcare information systems", 2002, Health Informatics Journal, DOI: 10.1177/146045820200800406, Editorial SAGE, <http://jhi.sagepub.com/cgi/content/abstract/8/4/199>

[CHO03]: C. Chousiadis and G. Pangalos, "Implementing Authentication (LAP) and Monitoring in Healthcare Information Systems", 2003, Health Informatics Journal, DOI: 10.1177/1460458203009002002, Editorial SAGE, <http://jhi.sagepub.com/cgi/content/abstract/9/2/79>

[COL00]: K. Collins, P. Nicolson and I. Bowns, "Patient satisfaction in telemedicine", 2000, Health Informatics Journal, Editorial SAGE, DOI: 10.1177/146045820000600205, <http://jhi.sagepub.com/cgi/content/abstract/6/2/81>

[COM10]: Víctor F. Commendatore, María A. Linari, Guillermo Dieuzeide, Mabel Ferraro, Silvia Lapertosa, Félix Puchulu, Jorge Waitman, Ana Lía Cagide, Alicia Elbert, Patricia Evangelista, Graciela Fuente, Mirta Gheggi, Daniel Giorgini, Astrid Libman, Gabriel Lijteroff, Carlos López, Blanca Ozuna, Jorge Prez, Miriam Tonietti, Mercedes Traversa, José E. Costa Gil., "Automonitoreo y Monitoreo de Glucosa y Cetonas en la persona con diabetes", 2010, <http://www.diabetes.org.ar/docs/DocumentodeOpinionesyRecomendacionesMoniteo.pdf>

[COR09]: Zimic M, Coronel J, Gilman RH, Luna CG, Curioso WH, Moore DA., "Can the power of mobile phones be used to improve tuberculosis diagnosis in developing countries?", 2009 , Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, doi:10.1016/j.trstmh.2008.10.015, Páginas 638—640

[CUM07]: Joseph Cummings, Cathleen Krsek, Kathy Vermoch and Karl Matuszewski, "Intensive Care Unit Telemedicine: Review and Consensus Recommendations", 2007, Revista: American Journal of Medical Quality, DOI: 10.1177/1062860607302777,

<http://ajm.sagepub.com/cgi/content/abstract/22/4/239>

[DAN08]: Kathryn H. Dansky, Joseph Vasey and Kathryn Bowles, "Impact of Telehealth on Clinical Outcomes in Patients With Heart Failure", 2008, Clinical Nursing Research, Editorial SAGE, DOI: 10.1177/1054773808320837, <http://cnr.sagepub.com/cgi/content/abstract/17/3/182>

[DINU]: V. Dinusha , Dr. S.M.K.D. Arunatileka, Dr. K.R.P. Chapman, G.P. Seneviratne, S. Saatviga, D. Wijethilake, S.Y.Y.D. Wickramasinghe, "Enhancing e-Health using M-Communication in a Developing Country", Documento WWW, <http://www.ehealthonline.org>

[DOX07]: Dimitri van Heesch, Doxygen User Manual, 2007. Documento WWW. www.doxygen.org.

[ECL09]: Eclox Community, "Eclox, a simple doxygen frontend plug-in for eclipse.", 2009. Documentación WWW. <http://home.gna.org/eclox/>

[ECLIP10]: The Eclipse Foundation, Eclipse Project, 2010. Documentación WWW. <http://www.eclipse.org/>

[ESC08]: Escobar, P.; Del Fresno, M.; Massa, J.; Santiago, M., "Aplicaciones telemédicas inteligentes basadas en telefonía móvil", 2008 , 8º Simposio de Informática en Salud (37º JAII), ISSN: 1850-2822.

[ESC10]: Escobar, Pedro; Massa, José María; Rodeker, Barbara Martina, "Guías de desarrollo para la construcción de un sistema demonitoreo Web de pacientes", 2010 , 9º Simposio de Informática en Salud (39º JAII), ISSN: 1853-1881.

[FAR08]: Bonne Farberow, Valerie Hatton, Cindy Leenknecht, Lee R. Goldberg, Carlton A. Hornung and Bernardo Reyes, "Caveat Emptor: The Need for Evidence, Regulation, and Certification of Home Telehealth Systems for the Management of Chronic Conditions", 2008 , American Journal of Medical Quality, DOI: 10.1177/1062860608315123, Editorial SAGE, <http://ajm.sagepub.com/cgi/content/abstract/23/3/208>

[FER09] : Mariano Fernández, WGAP. Manual e informe de tesis, 2009, Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro de la Prov. de Buenos Aires.

[GAR09]: Patricia J García, Javier H Vargas, Patricia Caballero N Javier Calle V and Angela M Bayer, "An e-health driven laboratory information system to support HIV treatment in Peru: E-quity for laboratory personnel, health providers and people living with HIV", 2009 , BMC Medical Informatics and Decision Making, Editorial BioMed Central Ltd., doi:10.1186/1472-6947-9-50, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2797768/pdf/1472-6947-9-50.pdf>

[GOM06]: Marco A. Gómez-Martín, "Java desde C++", 2006. Documentación WWW. <http://gaia.fdi.ucm.es/people/marcoa/development/JavaDesdeC.pdf>.

[GRA10]: Arif Bilgin, John Ellson, Emden Gansner, Yifan Hu, Stephen North, Graphviz - Graph Visualization Software, 2010, Documentación técnica. <http://www.graphviz.org/Documentation.php>.

[HYP99]: Hilgraeve, Hyperterminal Private Edition Web Site, 1999. Documentación técnica. <http://www.hilgraeve.com/>

[JDO09]: JDOM Community, "JDOM Project Home", 2009. Documentación técnica, <http://www.jdom.org/>

[JETM10]: Comunidad de desarrollo, Java™ Execution Time Measurement Library. Documentation, 2010. Documentación técnica. <http://jetm.void.fm/doc.html>

[JOOM10]: Comunidad de desarrollo, Joomla! Official Documentation, 2010. Documentación técnica. <http://docs.joomla.org/>

[JQUE10]: Comunidad de desarrollo, JQuery Documentation, 2010. Documentación técnica. http://docs.jquery.com/Main_Page

[JUDE09]: JUDE Community, Documentación Técnica JUDE , 2009. Documentación técnica. <http://jude.change-vision.com>

[JUN10]: JUnit Community, JUnit Testing Framework, 2010. Documentación técnica. <http://www.junit.org/>

[MIN09]: MinGW Organization, Minimalist GNU for Windows Tools, 2009- Documentación técnica. <http://www.mingw.org/>

[OUEY07]: Yue Ouyang, Shanghong Li, Xiupeng Chen, and Guixia Kang, Investigation and Implementation of the Advanced Wireless Medical Registration Solution in China, 2007, ISBN 978-3-540-73332-4, Páginas 267–273. DOI 10.1007/978-3-540-73333-1.

[PAR10]: , Documentación oficial SQL Power Architect, 2010. Documentación técnica. <http://www.sqlpower.ca>

[PGAD10]: Comunidad pgadmin.org , pgAdmin PostgreSQL Tool. Documentation., 2010. <http://www.pgadmin.org/docs/>

[PJD09]: Dave Cramer , Kris Jurka, Oliver Jowett, "Postgre JDBC Driver Site", 2009, <http://jdbc.postgresql.org/>

[PNUD091]: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, Informe sobre desarrollo humano para Mercosur 2009-2010. Innovar para incluir: jóvenes y desarrollo humano., 2009, ISBN 978-987-599-151-4, Páginas 27-28.

[PNUD092]: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, Informe sobre desarrollo humano para Mercosur 2009-2010. Innovar para incluir: jóvenes y desarrollo humano., 2009, ISBN 978-987-599-151-4, Páginas 19, 220.

[POST99]: El equipo de desarrollo de PostgreSQL, Tutorial de PostgreSQL, 1999, Thomas Lockhart. Documentación técnica. <http://sdi.bcn.cl/desarrollo/doctos/PostgreSQL%20-%20Tutorial.pdf>

[POSTG09]: The PostgreSQL Global Development Group, PostgreSQL 8.4.4 Documentation, 2009. <http://www.postgresql.org/docs/8.4/interactive/index.html>

[PRO10] : Programa de Prevención, Diagnóstico y Tratamiento del Paciente Diabético, 2010. Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires. <http://www.diabetes.org.ar/docs/leyes/PRODIABA.pdf>

[RAH93]: M. Rahnema, "Overview of the GSM system and protocol architecture", 1993 , , Communications Magazine, IEEE, Páginas 92-100. ISSN 0163-6804.

[RAM06]: Birgit Rami. Christian Popow. Werner Horn .Thomas Waldhoer. Edith Schober, "Telemedical support to improve glycemic control in adolescentswith type 1 diabetes mellitus", 2006 , European Journal of Pediatrics, Páginas 701-705, Editorial Springer Berlin / Heidelberg, DOI 10.1007/s00431-006-0156-6, <http://www.springerlink.com/content/3112841q2t080850/>

[SCH10]: Silke Schmidt, Prof. Dr. phil., Andreas Schuchert, Prof. Dr. med., Thomas Krieg, Dipl-Psych., and Michael Oeff, Prof. Dr. med., "Home Telemonitoring in Patients With Chronic Heart Failure A Chance to Improve Patient Care?", 2010 , Dtsch Arztebl Int 2010, Páginas 131–138, DOI: 10.3238/arztebl.2010.0131,
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2840250/pdf/Dtsch_Arztebl_Int-107-0131.pdf

[SLAT03]: Susan G. Slater and Rhonda Chetney, "Using Telehealth Technology to Manage Wound Care and Asthma Patients at Sentara Home Care Services, Chesapeake, Virginia ", 2003, Home Health Care Management & Practice, Editorial SAGE, DOI: 10.1177/1084822302239309, <http://hhc.sagepub.com>

[SMS10]: Comunidad - smslib.org, Documentation / SMSLib v3.4.6, 10. Documentación técnica. <http://smslib.org/doc/>

[SOM051]: IAN Sommerville, "Ingeniería del Software" , 2005, ISBN 84-7829-074-5, Páginas 495-497

[SOM052]: IAN Sommerville, "Ingeniería del Software" , 2005, ISBN 84-7829-074-5, Páginas 502-504

[SOM053]: IAN Sommerville, "Ingeniería del Software" , 2005, ISBN 84-7829-074-5, Páginas 501-502

[SPO04]: S. Andrew Spooner, Edward M. Gotlieb and the Steering Committee on Clinical Information Technology and Committee on Medical Liability, "Telemedicine: Pediatric Applications", 2004 , Revista: Pediatrics, Páginas e639-e643. Editor American Academy of Pediatrics, DOI: 10.1542/peds.113.6.e639.

[STA10]: Adriana Stabluum, Silvina Franco, Sivia Ibarrola, Sergio Milera, Sergio Garrán, Ricardo Mika, Santiago Marnetto., "FruTIC: Sistema interactivo que permite un manejo integrado del cultivo cítrico", A.C.D.I. Asocioación Cultural para el Desarrollo Integral, Santa Fé, Argentina. ISSN: 1852-4850. 39º JAIIO (Jornadas de Informática e Investigación Operativa).

[STUR09]: Lic. Alejandra Sturzenegger, "Nuevo sistema de estacionamiento en la ciudad de La Plata", 2009 , 38º JAIIO - Simposio de Informática en el Estado (SIE 2009), Páginas 1-10.

[TAN03.1]: Andrew S. Tanenbaum, "Redes de computadoras", 2003, 2, Cuarta edición, ISBN 970-26-0162-2, Páginas 153-166. Editorial PEARSON EDUCACIÓN.

[TOM96]: Wayne Tomasi, Gloria Mata Hernández, Virgilio García Bisogno, Birgilio Gonzales Pozo. "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas", 1996. Prentice Hall. ISBN 9688806749.

[TSS08.1]: Telefónica S.A., "LAS TIC Y EL SECTOR SALUD EN LATINOAMÉRICA", 2008,

Cap. 5, ISBN 978-84-08-07757-2, Páginas 253-265. Editorial Ariel, S.A.

[TSS08.2]: Telefónica S.A., LAS TIC Y EL SECTOR SALUD EN LATINOAMÉRICA, 2008, , , , ISBN 978-84-08-07757-2, Páginas 15-18, 83, 98-100, 113. Editorial Ariel, S.A.

[TSS08.3]: Telefónica S.A., LAS TIC Y EL SECTOR SALUD EN LATINOAMÉRICA, 2008, , , , ISBN 978-84-08-07757-2, Páginas 13, 28, 45, 63-64, 134-136. Editorial Ariel, S.A.

[UML10]: UNICEN. Cátedra Metodologías de Software I, "Información de cátedra sobre UML. Universidad Nacional del Centro.", 2010, <http://metodologias.alumnos.exa.unicen.edu.ar>. Documentación técnica.

[UNI06]: UNICEN, Manual de Referencia XGAP 2,0,0. Documentación técnica.
<http://www.unicen.edu.ar/c/xgap/XGAP-Manual-de-Referencia.pdf>

[USI10]: Usina Popular y Municipal de Tandil Sociedad de Economía Mixta. Tandil, Buenos Aires, Argentina, "Sistema de soporte al cliente. USINA, Tandil.", 2010,
http://www.usinatandil.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=164&Itemid=7

[WAV01]: Wavecom, Fastrack SupremeUser Guide, 2008, Documentación técnica.

[WAV02]: Wavecom, AT Commands Interface Guide for Open AT® Firmware v7.2, 2008, Documentación técnica.

[WAV03]: Wavecom, Fastrack Supreme Wireless CPU® Development Kit, 2008, Documentación técnica.

[WAV04]: Wavecom, ADL User Guide forOpen AT® OS v6.21, 2009, Documentación técnica.

[WAV05]: Wavecom, Fastrack SupremeUser Guide, 2008. Documentación técnica.

[WHO10]: Diabetes Programme, "World Health Organization. Country and regional data.", 2010,
http://www.who.int/diabetes/facts/world_figures/en/index.html. Documentación Web.

[WINK06]: Bent Møller Madsen, Linda Worthington & Satish Kumar. S, Wink User Guide, 2006.
<http://www.debugmode.com>.

[YUS02]: Khairuddin Yusof, Karen Hong Beng Neoh, MS Health, Muhammad Arif bin Hashim, MBA Health and Ishak Ibrahim, "Role of Teleconsultation in Moving the Healthcare System Forward", 2002, Asia-Pacific Journal of Public Health, DOI: 10.1177/101053950201400107, Editorial SAGE, <http://aph.sagepub.com/cgi/content/abstract/14/1/29>

Anexo I

Alternativa de implementación C++

En este anexo será presentada la implementación inicialmente realizada del componente central de procesamiento del sistema, la misma se realizó utilizando el lenguaje C++.

Previamente a tomar la decisión de cambiar el lenguaje de base se evaluaron otras alternativas que permitieran no perder el trabajo que se había realizado en la versión C++, estas alternativas incluían:

- Utilización de JNI:

Java Native Interface provee un mecanismo para que las aplicaciones Java puedan llamar métodos en C/C++ y viceversa [GOM06].

- Comunicación de aplicaciones:

Arquitecturas de integración / comunicación de procesos y aplicaciones como CORBA⁴⁶, DEE⁴⁷, OLE⁴⁸.

Si bien estas opciones llevarían a una arquitectura funcionalmente correcta que cumpliría con los requerimientos planteados, los aspectos referidos a la portabilidad, mantenibilidad, performance y extensión del sistema en futuros trabajos se veían comprometidos. Por su parte la interfaz nativa de Java requería que se construyeran dos componentes separados y un mecanismo de comunicación por creación de una máquina virtual inicializando los cargadores de clases de manera manual. Por otra parte la segunda de las opciones con uso de CORBA, DEE u OLE implicaba la utilización de complejos mecanismos que no tenía justificación o ventaja alguna más que lograr la integración.

Desde los comienzos del proyecto de tesis, en la etapa de diseño de la aplicación se contó con un módem GSM modelo Fastrack Supreme 20 GPRS/EDGE⁴⁹ adquirido por (ver quien adquirió) con fines de investigación. Este hardware era fabricado por la empresa Wavecom⁵⁰, en su momento proveedor líder en tecnologías relacionadas con las comunicaciones máquina a máquina (M2M). El módem contaba con un conjunto de

⁴⁶ Common Object Request Broker Architecture

⁴⁷ Dynamic Data Exchange

⁴⁸ Object Linking and Embedding

⁴⁹ <http://www.m2mconnectivity.com.au/brands/sierra-wireless/legacy/fastrack-supreme-20>

⁵⁰ <http://en.wikipedia.org/wiki/Wavecom>

herramientas de software desarrolladas que conformaban el Open AT® Software Development Kit. Este kit podía descargarse libremente desde el sitio de Wavecom.

Dentro de las herramientas del kit se contaba con un IDE (Integrated Development Environment) o entorno de desarrollo especializado para el manejo de la familia de productos del módem denominado M2M Developer Studio, basado en Eclipse. Se presentaban a su vez con una colección de plugins para manejo del sistema operativo del módem que ofrecen funcionalidades adicionales como manejo de comunicaciones IP y control de esquemas de seguridad. Dentro de ellos se encuentran los siguientes:

- **C-GPS Plugin**, para integración de funcionalidades GPS con las CPU Wireless GPRS / GSM fabricadas.
- **Lua Plug-In**, lenguaje de programación avanzado, ofrecido como complemento a la interfaz ADL basada en C, que se mencionará más adelante.
- **Internet Plug-In**, para facilitar el desarrollo de aplicaciones trabajando en red.
- **Security Plug-in**, como alternativa del manejo de seguridad ante SSL, proveyendo seguridad a la comunicación entre las aplicaciones backend y la unidad de proceso del módem.

A la par del entorno de desarrollo M2M y del conjunto de plugins, la empresa ofrecía una API (Application Programm Interface) denominada ADL e integrada con el entorno M2M, a través de la cual se podían manipular características especiales del sistema operativo del módem. ADL o Application Development Layer proveía una capa de abstracción para manejo y ejecución de comandos AT necesarios para el control de flags, inicialización y funcionamiento, facilitando el desarrollo de aplicaciones wireless embebidas.

Comenzaron a probarse dicho conjunto de herramientas y se hizo una revisión de la documentación existente, encontrándolas poderosas desde el punto de vista de la documentación con la que contaba y de las funciones descriptas en dicha documentación, como el manejo integrado de los componentes desde el entorno de desarrollo, adicionando la administración del hardware utilizado, junto con la posibilidad de desarrollo de aplicaciones en dos modalidades (con ejecución desde un host en comunicación con el módem y ejecución directa desde el módem). Como contraparte en la práctica se notaba inestabilidad en los componentes usados, sobre todo en el entorno de desarrollo, cuya primera versión fue lanzada a fines del 2008. Las herramientas fueron evolucionando en las subsecuentes liberaciones. Como consecuencia se decide comenzar a desarrollar en lenguaje C++ ya que este lenguaje es el lenguaje de base de las librerías ofrecidas por Wavecom.

La elección de este lenguaje , por otra parte, traía ventajas en lo que respecta a la

comunicación con la base de datos, debido a que se había decidido utilizar Postgres⁵¹ como administrador de base de datos y la comunidad de Postgre ofrece una librería nativa en C++⁵² (LIBPQ) para manejo de conexiones y ejecución de consultas.

Avanzado el desarrollo, la empresa Wavecom es adquirida por la empresa canadiense Sierra Wireless⁵³, se produce una transformación organizacional surgiendo otras políticas respecto a la administración de los accesorios de hardware y software que acompañaban a sus productos. Se produce una re-estructuración donde se decide restringir al público en general la descarga de sus herramientas así como también los accesos a los foros de desarrollo, restringiendo el acceso para ciertos países y por períodos de tiempo.

El hecho de que las descargas comenzaran a condicionarse, junto con la dificultad para el acceso a los foros de desarrolladores y de consultas, sumado a algunas inestabilidades que persistían en los componentes, condujeron a la decisión del cambio en el lenguaje y tecnologías que se venían aplicando, relacionadas a él. Considerando además, que este trabajo de tesis puede llegar a ser el punto de partida de otros trabajos similares o bien de extensiones del mismo trabajo, como las que han sido propuestas en la sección de trabajos futuros.

En los párrafos anteriores hemos introducido la razón del por qué se decidió reimplementar el nodo de procesamiento. Hecho esto, se procederá en el resto del anexo a describir esta primera versión de implementación realizada en C++, de modo de que aquellos interesados en utilizarla puedan hacerlo. Más aun debido al nivel de desarrollo alcanzado de pruebas unitarias, de componentes y de cargas realizadas y documentadas, así como controles de la performance en el uso de memoria y optimizaciones del código.

Presentaremos un breve resumen, junto con una sección de las librerías y componentes externos utilizada, para finalizar con la descripción general de la arquitectura y diagramas principales de la misma.

Resumen

Se desarrollaron componentes en C++ para el manejo de la persistencia de datos, como de la recepción, procesamiento, y envío de mensajes de texto. Se desarrollaron componentes auxiliares de listados, medición de tiempos de ejecución y registros de auditoria del sistema.

En lo que respecta a la etapa de pruebas del sistema se desarrollaron una batería de test individuales por clase, asociados a templates de casos de prueba contemplando los posibles escenarios, entradas y salidas de cada uno de los métodos de las clases. Se

51 www.postgresql.org

52 <http://www.postgresql.org/docs/8.4/interactive/libpq.html>

53 http://www.sierrawireless.com/en/Newsroom/newsreleases/2009/03-02-sierra_wireless_completes_acquisition_wavecom.aspx

programaron tests de carga para cada clase y se realizó un monitoreo del consumo de memoria en tiempo de ejecución.

Previa a la etapa de pruebas del sistema se realizó un relevamiento de herramientas de soporte existentes para el lenguaje. El detalle se describe en la sección de tecnologías utilizadas.

Adicionalmente a lo anterior, se previeron tareas de mantenimiento externas para la aplicación, que incluían rotación de logs y tareas batchs de reinicio automáticos de componentes.

Tecnología utilizada

Para lograr las funcionalidades requeridas, de recepción, procesamiento, validación y envío de mediciones, se utilizaron componentes externos.

Como marco de desarrollo se utilizó el entorno Eclipse, con el kit de para desarrolladores C++ (CDT, C/C++ Development Tooling)⁵⁴.

Para la comunicación con la base de datos, generación y ejecución de consultas se utilizó la librería LIBPQ mencionada anteriormente. Esta librería ofrece clases que encapsulan los objetos de conexiones a la base de datos junto con parámetros de inicialización requeridos. Se uso un esquema de seguridad con autenticación para conectarse al servidor y consultas parametrizadas.

En lo que respecta a la inicialización y configuración de la aplicación de procesamiento, se debía proveer una manera de almacenar independientemente al código compilado, los parámetros de usuario, contraseña, dirección IP del host de base de datos y demás parámetros necesarios, como por ejemplo la ubicación de los archivos de registro de auditorias. Para ello se utilizó la librería TinyXML⁵⁵ para manipulación de datos y estructuras XML (EXtensible Markup Language)⁵⁶.

En las etapas de recepción, desglose y validación de las mediciones enviadas por los pacientes se utilizó la librería de manejo de expresiones regulares RegExp. Librería enlazable en tiempo de ejecución que funciona sobre la base de caracteres ASCII, ofreciendo soporte para caracteres UNICODE.

En lo que respecta a la etapa de pruebas se realizó un relevamiento de herramientas, que se presenta en la tabla 11.

⁵⁴ <http://eclipse.org/cdt/>

⁵⁵ <http://www.grinninglizard.com/tinyxml/>

⁵⁶ http://www.w3schools.com/XML/xml_whatIs.asp

Herramienta	Licencia	Descripción	Plataforma	Fabricante / Autor	Lenguaje
PCLint	Comercial	Provee chequeo estático y revisión de código	Microsoft Windows, MS-DOS, and OS/2	Gimpel Software	C / C++
CPPCheck	GPL	Herramienta de análisis de código	Independiente	Daniel Marjamäki	C / C++
Memory Validator	Comercial	Detector de errores y pérdidas de memoria	Windows	Software Verification Solution	C / C++
Parasoft C++test	Comercial	Provee creación de testing unitarios automatizados, chequeo estático y revisión de código.	Independiente	Parasoft Corporation	C / C++
CppTest	GPL	Framework de testing unitario	Independiente	Niklas Lundell	C++
CppUnit	LGPL	Framework de testing unitario basado en Junit	BeOS, MacOS, Windows, Linux.	Eric Sommerlade	C++

Tabla 11: Herramientas de testing

Se demuestran herramientas tanto para generación de casos de test como para control estático de código. La fuente principal desde donde se recolectó información para producir esta comparativa es el sitio de la organización 'Open Source Testing'⁵⁷, que poseen un portal creado en el año 2003 donde ofrecen listados y descripciones de herramientas de testing de código abierto disponibles.

Del listado anterior se seleccionó Cppcheck⁵⁸ como componente para chequeo estático de código. Luego de la configuración en el ambiente de trabajo como plugin del entorno de desarrollo Eclipse, este componente se puede customizar para la búsqueda de ciertos patrones de errores u olvidos frecuentes en el desarrollo de aplicaciones en C++, siendo sobre todo útil en la detección de errores de manejo de memoria, que conforman uno de los tipos de errores frecuentemente cometidos en los desarrollos basados en este lenguaje. Algunas de las opciones que este plugin nos permite contemplar incluyen chequeos de límites en arreglos, funciones deprecated, pérdidas de memoria, posibles divisiones por cero, etc.

Los casos de test se generaron de forma unitaria teniendo en cuenta cada método desarrollado y las signaturas de los mismos, determinando planillas de cálculo con la descripción de los mismos.

El monitoreo de memoria en tiempo de ejecución se realizó generando test de carga para las clases, corriendo estos test y observando la carga del sistema a través del administrador de tareas del sistema operativo.

57 <http://opensourcetesting.org>

58 http://sourceforge.net/apps/mediawiki/cppcheck/index.php?title=Main_Page

Como ejemplo de los tests de carga realizados tenemos la sección de código a continuación.

```
int mainConexionDB(int argc, char* argv[]){
    for (int i = 0; i < 500; i++) {
        CDB_TestCase();
        CDB_TestCase2();
        CDB_TestCase3();
        CDB_TestCase4();
        CDB_TestCase5();
    }
    return 0;
}
```

Como se puede ver, se evalúan métodos de test de forma repetida en gran cantidad de ejecuciones consecutivas.

En lo respectivo a los controles de memoria se realizó un seguimiento del consumo en kilobytes de memoria, hasta observar que el mismo se estabilizó durante los tests de carga, luego de las etapas de ajustes.

Este proyecto se enmarca como el resto del desarrollo realizado bajo la licencia General Public License (GPL) versión 3, estando alojado en Google Code⁵⁹.

Arquitectura implementada

Se desarrollaron tres componentes principales, que son los relacionados con el manejo de persistencia, el conjunto de clases para representación interna de los objetos y el paquete de clases SMS. Este último, en el cual se concentra la funcionalidad de recepción, desglose, validación, chequeos automáticos, monitoreo de respuestas y novedades de las campañas.

Se cuenta con un componente de persistencia formado por las clases del paquete *basededatos*, representando las conexiones, el pool de conexiones y los diversos objetos de acceso a datos (DAO, Database Access Object). Por otra parte encontramos la representación en objetos en lenguaje C++ de las entidades de base de datos, las que a su vez concentran las funcionalidades relaciones a pacientes, médicos, campañas, novedades de las mismas, así como respuestas de parte del médico.

⁵⁹ <http://code.google.com/p/smstesis/>

Anexo II

Guía de instalación

El software desarrollado se ha colocado bajo la licencia GPLv3 como se mencionó en otros apartados, de modo que pueda ser utilizado por las personas interesadas en continuar su desarrollo, o servirse de sus servicios.

Sucede que en muchas ocasiones encontramos un software de código abierto, atractivo en la funcionalidad que ofrece pero con escasa documentación, poco soporte a desarrollo o bien suele ocurrir que existe una pequeña comunidad para su mantenimiento y mejora.

Debido a que la documentación en sus diversos matices, ya sea para el desarrollador o para el usuario final, es una palanca para dar a conocer un sistema y un factor de influencia en el éxito de uso y difusión, se decide incluir este presente anexo donde se ofrecen guías de instalación y documentación del sistema desarrollado, como así también indicaciones de uso.

Este anexo es un complemento al trabajo y el mismo será parte de la sección de documentación, preguntas frecuentes e información de uso en el servidor donde se encuentran alojados los componentes.

Si bien quizá se excedan los fines investigativos o de resolución del problema tratado, se reconoce que la capacidad de aprender que un sistema ofrece es un aspecto transversal al mismo, aspecto que se vuelve relevante una vez que un sistema se encuentra en producción y comienza su fase de mantenimiento.

Este anexo también encuentra su justificación en proveer un acceso amigable a aquellos grupos involucrados en proyectos de telemedicina, ya sea para tomar como base este sistema o para comprender su estructura y lógica de modo de poder reutilizarlas en nuevos desarrollos.

Introducción

Se describirán cuestiones relativas a la preparación de los ambientes de desarrollo, tratando por separado las cuatro principales unidades implementadas, nodo de procesamiento (en sus dos variantes Java y C++), nodo de almacenamiento y entorno de las aplicaciones Web.

Se describirán cuestiones de despliegue e instalación en entornos de producción del sistema final. Finalizando el anexo con un sección de documentación en texto estructurado y UML, de las arquitectura y flujos de ejecución de los nodos mencionados.

Preparación inicial de entorno

Se mencionan herramientas que deben ser instaladas y opciones de configuración necesarias, señalando sitios de descarga requeridos.

Nodo de procesamiento. Versión Java.

Entorno de desarrollo

Para poder comenzar a desarrollar sobre la versión Java implementada se debe descargar Eclipse Galileo o superior desde el sitio <http://www.eclipse.org/galileo/>. Descomprimirlo en una carpeta local.

Máquina virtual

Tener instalado en el sistema operativo la máquina virtual de Java versión 1.6 o superior desde <http://www.java.com>.

Código fuente

Descargar el código fuente Java desde la URL presente en <http://code.google.com/p/smstesis/source/checkout>, sitio de Google Code donde se encuentra alojado el sistema. El código que se utiliza para el proyecto Java es el que se encuentra bajo el directorio *SMSJava*. Se debe crear un proyecto Java con dicho código en nuestro entorno Eclipse.

Librerías necesarias

Descargar las siguientes librerías e instalar en el entorno de desarrollo o máquina virtual. Para aquellas librerías que se indique instalar en el entorno, se debe copiar la librería en cuestión en el builpath del workspace con el que se trabaje, que preparamos en el paso anterior.

Postgre JDBC

Ingresar a <http://jdbc.postgresql.org>. En la sección 'Download' descargar la versión *JDBC4* que trabaja con versiones 1.6x de *Java*. Instalar en el buildpath del proyecto.

SMSLib

Estas librerías son las que nos permiten el envío y recepción de mensajes de texto a través de la manipulación del módem

Ingresar al sitio <http://smslib.org/> y seguir las instrucciones presentes en la sección 'Download' del menú. Se debe descargar la versión *SMSLib* para Java.

Esta librería requiere de la instalación de componentes adicionales, los cuales se encuentran mencionados en URL <http://smslib.org/doc/installation/>. Algunas de estas librerías deben ser instaladas en el directorio donde se encuentra la máquina virtual que estemos utilizando y otras deben estar presentes en el buildpath del proyecto.

JDOM

Para el acceso a los archivos XML y su manipulación se utiliza *JDOM*. Se debe descarga desde <http://www.jdom.org/> y colocar tanto en el buildpath.

LOG4J

Descargar *Log4J* versión 1.2.x desde <http://logging.apache.org/log4j/1.2/download.html>. Instalar en el buildpath del proyecto.

La configuración de los loggers utilizados puede modificarse desde el archivo *log4j.properties* presente en el proyecto bajo el directorio /src.

Existen tres categorías de loggers utilizados a demás del logger root por defecto. Logger de eventos relacionados a la inicialización y configuración del sistema, logger que registra eventos de base de datos y el logger para registro de eventos bajo el paquete de clases *sms*.

Veamos un ejemplo de configuración de uno de estos loggers, donde se ha utilizado una política de rotación por tamaño.

```
# Set log configurations parameters for configuration events and classes
log4j.logger.config=DEBUG, config
log4j.appenders.config=org.apache.log4j.DailyRollingFileAppender
log4j.appenders.config.File=c:\\SMSHealthMonitoringLOGS\\SMSConfig.log
log4j.appenders.config.MaxFileSize=500KB
log4j.appenders.config.layout=org.apache.log4j.PatternLayout
log4j.appenders.config.MaxBackupIndex=80
log4j.appenders.config.layout.ConversionPattern=%d{ISO8601} %-4r [%t] %-5p %c %x - %m%n
```

JETM

Para control de tiempos de ejecución se utiliza *JETM* (Java™ Execution Time Measurement Library). Se debe descargar desde <http://jetm.void.fm/> y configurar en el buildpath.

JUnit

Para poder correr y compilar los casos de test presentes en cada paquete junto a cada una de las clases se requiere tener instalado *Junit*. Este framework puede descargarse desde <http://www.junit.org/>. Debiendo incluir en el entorno y el buildpath la librería. Actualmente se trabaja con la versión 4.8.2 de la misma.

Builpath del proyecto

Se pueden observar las librerías utilizadas que deben ser configuradas en el buildpath del proyecto, en la ilustración 41.

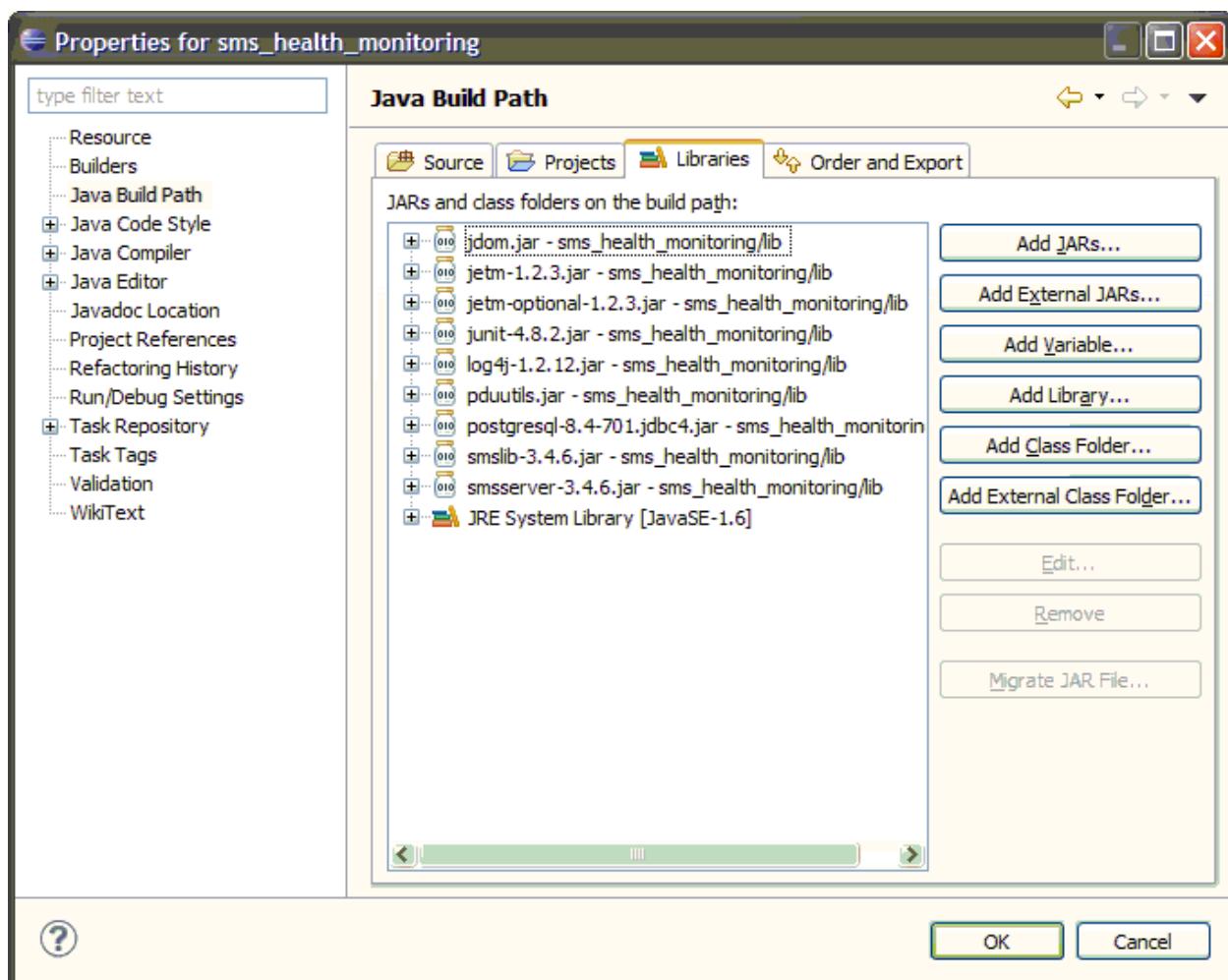


Ilustración 41: Builpath del proyecto

De modo que al finalizar de instalar las librerías deberemos asegurarnos de tener

configurado el buildpath de nuestro proyecto de la siguiente manera.

Librerías en la JVM

La máquina virtual con la que estemos trabajando debe poseer los archivos mostrados en la ilustración 42, en la carpeta de librerías externas.

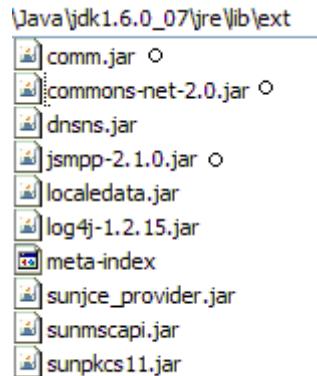


Ilustración 42: Librerías JDK

Nodo de procesamiento. Versión C++.

Se describen las herramientas necesarias para poder trabajar con la versión C++ del componente de procesamiento.

Entorno de desarrollo

Descargar el entorno para desarrolladores C/C++ de Eclipse desde <http://eclipse.org/cdt/> e instalar.

Código fuente

Descargar desde el SVN cuyos datos figuran en Google Code <https://code.google.com/p/smstesis/source/checkout>, el código dentro del directorio *SMSCPP*.

Compilador

Puede utilizarse el compilador deseado para C++. En este caso se utilizó MinGW (Minimalist GNU for Windows) que puede obtenerse desde <http://www.mingw.org/> y debe ser configurado en el entorno para poder ser utilizado.

Librerías utilizadas

Se nombran las librerías que se requieren. Las mismas pueden descargarse desde el SVN mencionado en el punto anterior, bajo el directorio *SMSCPP/libs*.

REEXP

Incluir en el buildpath el archivo *libregexp.a* para manejo de expresiones regulares.

Winsock

Esta librería es utilizada para el manejo de comunicaciones entre la base de datos y los sockets del sistema operativo. A través de las funciones de esta librería se escuchan eventos de notificaciones asincrónicas de Postgre. Se trabaja esta librería en conjunto con la siguiente.⁶⁰ Agregar esta librería al buildpath.

LibPQ

Librería ofrecida por *Postgre* para manipulación y acceso a la base de datos. Viene con la distribución de Postgre que instalemos y debe configurarse en el buildpath del proyecto. Se deben incluir tanto el archivo *libpq.dll* como el archivo *libpq.lib*.

TinyXML

Utilizada para el manejo de expresiones regulares. Se debe incluir el fuente de la librería junto con el proyecto. Veremos que al descarga el código fuente del SVN encontraremos el directorio *SMSCPP/src/tinyxml/* que contiene los fuentes del proyecto descargados desde <http://sourceforge.net/projects/tinyxml/>.

Configuraciones

Configurar en el archivo */src/config/config.xml* los diversos parámetros según se requiera. Se listan los parámetros configurables dentro del archivo mencionado y su significado en la tabla 12.

Sección	Parámetro	Descripción
database	user	Usuario de conexión a la base de datos
database	password	Password de conexión
database	name	Nombre de la base de datos
database	host	Host donde se aloja la base
database	hostaddress	Dirección IP del host
database	port	Puerto de conexión al servidor
database	max_connections	Máxima cantidad de conexiones
database	url	URL de conexión
database	driver	Driver a usar para la conexión
módem	id	Identificador del módem
módem	model	Modelo del módem usado

60 <http://en.wikipedia.org/wiki/Winsock>

módem	manufacturer	Fabricante
módem	port	Puerto COM al que se conectará
módem	baudRate	Tasa de baudios del módem
módem	SMSC	Centro de mensajes para el número telefónico utilizado
módem	simPin	PIN de la SIM utilizada
tester	test_medicion_ON	Bandera de test para las mediciones
tester	test_respuesta_ON	Bandera de test para las respuestas
tester	test_novedad_ON	Bandera de test para las novedades
tester	test_medicion_file	Archivo de test para las mediciones
tester	test_respuesta_file	Archivo de test para las respuestas
tester	test_novedad_file	Archivo de test para las novedades

Tabla 12: Parámetros de configuración

Dentro de los parámetros observamos parámetros de conexión a la base de datos, algunos cuyo significado es simple de entender y otros más relativos a la arquitectura diseñada, como la URL de conexión que está determinada por el formato utilizado por JDBC para las conexiones a base de datos, puede verse un ejemplo en el archivo de configuración en SVN. Luego tenemos los parámetros relativos a la descripción del módem utilizado, dentro de los cuales observamos parámetros relativos a la SIM que se esté utilizando y al centro de servicio de mensajes de texto. Este último dependiente de la compañía de telefonía móvil a la que estemos subscripto (el mismo puede consultarse llamando al servicio al cliente y suele estar configurado en el dispositivo móvil que estemos utilizando). Por último, los parámetro configurables de tester se refieren a las pruebas de tiempos de ejecución realizadas y los archivos donde queremos que se vuelquen los datos obtenidos en el caso de la versión C++ (Para la versión Java se configuran en el archivo JetmTest.java).

Builpath del proyecto

A continuación en la ilustración 43 se muestra cómo deben quedar configuradas las opciones de build del proyecto desde *Eclipse*.

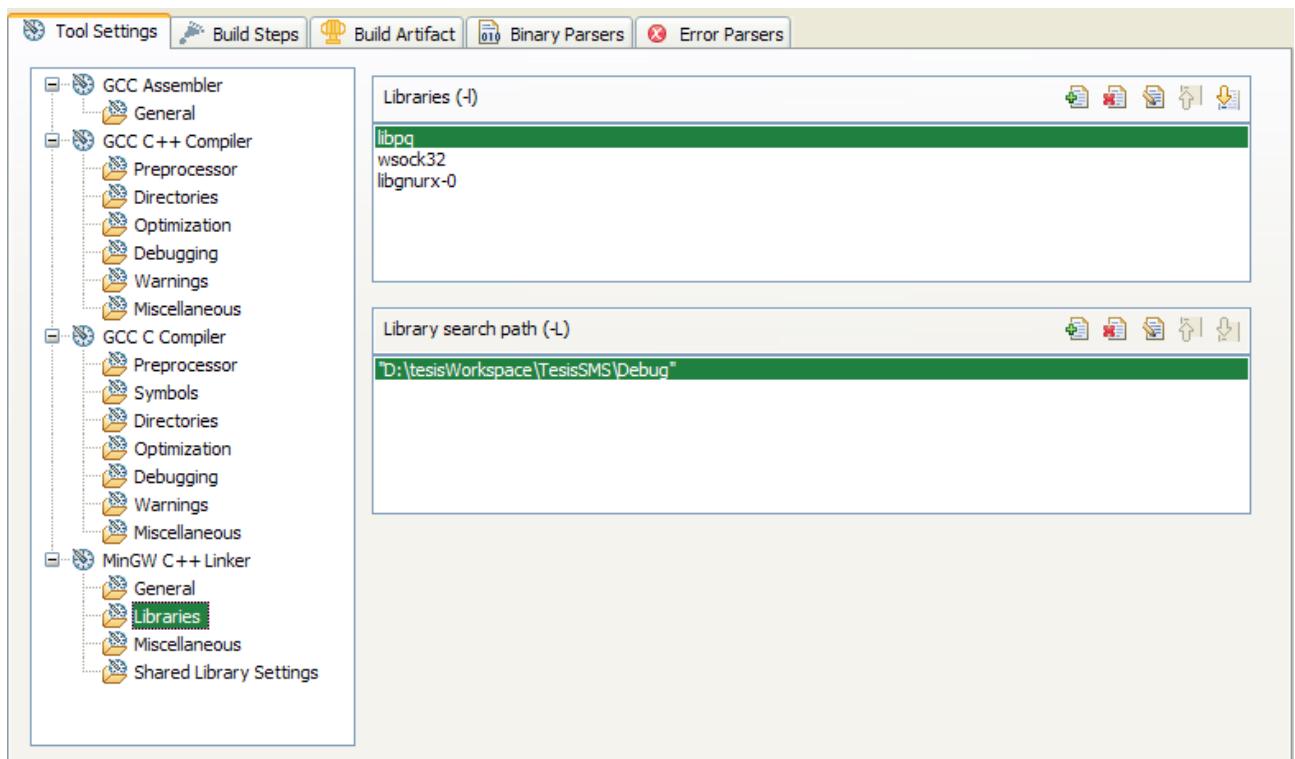


Ilustración 43: Librerías en el workspace

Deben configurarse las librerías junto con la ruta para ubicarlas así como también los directorios de los archivos a incluir que se necesitan.

Nodo de almacenamiento

Se requiere instalar la versión 8.4 de Postgre que puede descargarse desde <http://www.postgresql.org/download/>.

Luego de instalar Postgre debe ejecutarse el script de creación y carga inicial de la base de datos descargándolo desde el SVN del proyecto mencionado anteriormente. Buscar el script de carga bajo el directorio */basededatos*.

Una vez creada la base de datos debemos configurar el acceso y conexión a la misma desde el proyecto Java o C++ cuyo entorno hayamos preparado.

Desde ambas versiones debe configurarse el acceso a la base en el archivo */src/config/config.xml*, teniendo en cuenta el usuario, las contraseña, puerto de conexión del servidor e IP del mismo, entre otros datos.

Aplicación WEB

Se describen los componentes necesarios para realizar la instalación de la aplicación web. Se describirán los componentes individuales, su configuración y los contenidos que deben ser creados dentro de la instalación a realizar.

Luego de esta descripción en detalles de cada componente se explica una segunda

opción de instalación del entorno Web donde no se detallan los componentes sino que se migra directamente el sitio.

Servidor

Instalar algún servidor Web Apache con soporte para PHP5 donde pueda correr el manejador de contenidos Joomla. Debe contarse con una base de datos MySQL junto con el servidor.

En el caso del proyecto en particular se instaló XAMPP debido a su capacidad de rápida configuración y a que integra en una instalación PHP, MySQL y Apache. Se puede descargar XAMPP desde <http://www.apachefriends.org/es/xampp.html>.

Joomla

Instalar Joomla 1.5.x, descargando desde <http://www.joomla.org/>. Debe darse un nombre acorde al nuevo sitio a crear, no instalar los contenidos de ejemplo ya que crearemos nuestra propia estructura de contenidos.

Módulos Joomla

Deben quedar desactivados todos los módulos excepto *Footer*, *Login* y *Menú*. Los mismos se administran desde la opción del menú 'Extensiones/Administrador de módulos'.

Secciones Joomla

Crear las secciones mostradas en la tabla 13.

Sección	Descripción
Home	Dejar sección Home default
Sección médica	Contenidos relativos a los médicos
Sección pacientes	Contenidos para los pacientes
Sección general	Contenidos del público en general

Tabla 13: Secciones aplicación web

Se pueden crear manualmente o revisando y ejecutando sobre la base de datos MySQL correspondiente a la instalación de Joomla, el script presente en el directorio /SMSJoomla/contenidos.

Categorías Joomla

Crear las categorías mostradas en la tabla 14.

Categoría	Sección
Bienvenida	Home
Página inicial	Sección general
Campañas listado	Sección general
Campañas registración	Sección general
Administración de campañas	Sección médica
Listado de mediciones	Sección médica
Administrar mediciones	Sección médica
Datos personales	Sección médica
Procesamientos	Sección médica
Novedades	Sección médica
Listado de mediciones	Sección pacientes
Administrar mediciones	Sección pacientes
Datos personales	Sección pacientes
Procesamientos	Sección pacientes

Tabla 14: Categorías Joomla

Se pueden crear manualmente o revisando y ejecutando sobre la base de datos MySQL correspondiente a la instalación de Joomla, el script presente en el directorio /SMSJoomla/contenidos.

Artículos Joomla

Crear los artículos que se mencionan en la planilla de cálculo *articulos.xls* dentro del directorio /SMSJoomla/contenidos/articulos/.

Se pueden crear manualmente o revisando y ejecutando sobre la base de datos MySQL correspondiente a la instalación de Joomla, el script presente en el directorio /SMSJoomla/contenidos.

Menú Joomla

Deben quedar creados dos menús ingresando a la opción 'Menús/ Administrador de menús', como se observa en la ilustración 44.

#		Título	Tipo
1	<input type="radio"/>	Menú	mainmenu
2	<input type="radio"/>	Menú	menuregistrado

Ilustración 44: Menús aplicación Web

Un menú corresponde a usuarios no registrados y el otro menú a los usuarios registrados, médicos y pacientes.

Ingresando al menú registrado se deben crear los ítems detallados en la tabla 15.

Título	Tipo	Artículo enlazado
Página inicial	Artículos » Artículo	Página inicial de médico
Página inicial	Artículos » Artículo	Página inicial de paciente
.	separator	
Listado de mediciones	Artículos » Artículo	Listado mediciones médico
Administrar mediciones	Artículos » Categoría	Sección médica / Administrar mediciones
Listado de mediciones	Artículos » Artículo	Listado mediciones paciente
Administrar mediciones	Artículos » Categoría	Sección pacientes / Administrar mediciones
.	separator	
Listado de campañas	Artículos » Artículo	Listado para médicos
Listado de campañas	Artículos » Artículo	Listado para pacientes
Asociarse a una campaña	Artículos » Artículo	Artículo para asociarse
Administrar campañas	Artículos » Categoría	Sección médica / Administración de campañas
.	separator	
.	separator	
Actualizar información	Artículos » Artículo	Actualizar información médico
Actualizar datos	Artículos » Artículo	Actualizar información paciente
Ayuda	Artículos » Artículo	Ayuda médico
Ayuda	Artículos » Artículo	Ayuda paciente

Tabla 15: Artículos Joomla

Configuración Joomla

Dentro del Panel de control sección 'Configuración global' se deben colocar las siguientes configuraciones de parámetros. Las que no se mencionan es porque no cambian respecto a los valores por defecto al realizar la instalación.

Dentro de las configuraciones globales de la solapa 'Configuración del sitio', deben configurarse los valores detallados en las ilustraciones 45 y 46.

Configuración del sitio	
Sitio desactivado	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí
Mensaje para sitio web desactivado	El sitio está desactivado por tareas de mantenimiento Por favor, vuelva más tarde.
Nombre del sitio web	Sistema de monitoreo
Editor WYSIWYG predeterminado:	Editor - No Editor
Cantidad de ítems por página en las listas:	20
Tamaño del envío de la subscripción	10
Correo electrónico para la subscripción	Correo electrónico del autor

Ilustración 45: Configuración Joomla 1

Parámetros de metadatos	
Meta descripción global	Joomla! – el motor de portales dinámicos y sistema de administración de contenidos
Meta palabras clave globales	joomla, Joomla
Mostrar etiqueta meta de título	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Sí
Mostrar etiqueta meta de autor	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Sí

Ilustración 46: Configuración Joomla 2

Dentro de la sección de configuraciones globales, solapa 'Sistema' deben quedar configurados los valores mostrados en las ilustraciones 47 y 48.

Configuración de usuario

Permitir registro de nuevos usuarios	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Sí
Nivel de acceso predeterminado	Registrado
Activación de cuenta para los usuarios nuevos	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí
Parámetros para los Usuarios de la portada	<input type="radio"/> Ocultar <input checked="" type="radio"/> Mostrar

Ilustración 47: Configuración usuario Joomla

Configuración de Sesión

Duración de la sesión	260	minutos
Manejo de la sesión	Base de datos	

Ilustración 48: Configuración sesión Joomla

Dentro de la solapa 'Servidor' deben configurarse los datos requeridos para el servidor, por ejemplo localmente se ha trabajado con los datos detallados en la ilustración 49.

Configuración de correo

Programa de correo	Servidor SMTP
Dirección del remitente	barbararodeker@gmail.com
Nombre del remitente	Sistema de monitoreo
Ruta para Sendmail	/usr/sbin/sendmail
Autenticacion SMTP	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Sí
Seguridad SMTP	Ninguna
Puerto SMTP	465
Usuario SMTP	barbararodeker@gmail.com
Contraseña SMTP	*****
Servidor SMTP	ssl://smtp.gmail.com:465

Ilustración 49: Configuración SMTP Joomla

Extensiones Joomla

Se describen los componentes, módulos, temas y lenguajes que deben instalarse.

Template

Descargar e instalar el template *JuliaDynamic* desde <http://www.joomla.it/template/elenco-template/4075-juliadynamic.html>.

Este template ha sido customizado, por lo cual debe descargarse desde el SVN el directorio /SMSJoomla/extensiones/template/julia y colocar el contenido de esta carpeta sobre el contenido del directorio donde se haya instalado el template en nuestra instalación de Joomla, previa descompresión.

Código Joomla modificado

Descargar las clases config.php y factory.php desde SMSJoomla/extensiones/code y copiarlas en la ruta de instalación de Joomla directorio libraries/joomla.

Lenguaje

Descargar e instalar el pack de lenguaje español, tanto para la sección administrativa como para el front-end de la aplicación.

El pack de idioma puede descargarse desde el SVN bajo el directorio /SMSJoomla/extensiones/lenguaje/. Allí encontraremos dos paquetes de idioma uno para cada sección.

Una vez instalados los paquetes de lenguaje español, debe copiar el archivo es-ES.com_alpharegistration.ini en la ruta de instalación de Joomla bajo el directorio \Joomla\language, debido a que contiene customizaciones para la plantilla de registración de usuarios (previamente debe haberse instalado el componente de registración alpha detallado más adelante).

Módulo PHP

Para poder insertar PHP en los artículos se debe instalar el módulo DirectPHP, descargándolo desde /SMSJoomla/extensiones/php o bien desde <http://extensions.joomla.org/extensions/edition/custom-code-in-content/4470>.

Una vez incluido en Joomla se debe activar el componente desde el menú de 'Extensiones/Administrador de Plugins', donde encontraremos el plugin bajo el nombre *DirectPHP*.

Componente de registracióñ Alpha

Para poder customizar la registración de los usuarios se utiliza el componente de registración Alpha que puede descargarse desde <http://www.alphaplug.com/downloads.html?func=FileInfo&id=22> o bien desde /SMSJoomla/extensões/registro.

Del directorio SVN /SMSJoomla/extensões/registro tomar el archivo default.php y colocarlo en el directorio de instalación de Joomla com_alpharegistration/views/register/tmp.

Las configuraciones de este componente son mostradas en las ilustraciones 50 y 51.

The screenshot shows the 'AlphaRegistration' configuration page. At the top right are 'Save' and 'Cancel' buttons. Below the title is a 'Configuration' section with tabs: General, Steps, reCaptcha, AlphaUserPoints, and Security. The 'General' tab is selected. It contains the following settings:

Enabled	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes
Show Page Title	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Page Class Suffix	alpha
Itemid (Optional)	[Empty Input Field]
Enabled Notice Language	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes
Retype e-mail	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
E-mail as username	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Load jQuery Validation	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes
Password strength	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes
Purge table users	Disabled

Ilustración 50: Registración Joomla 1

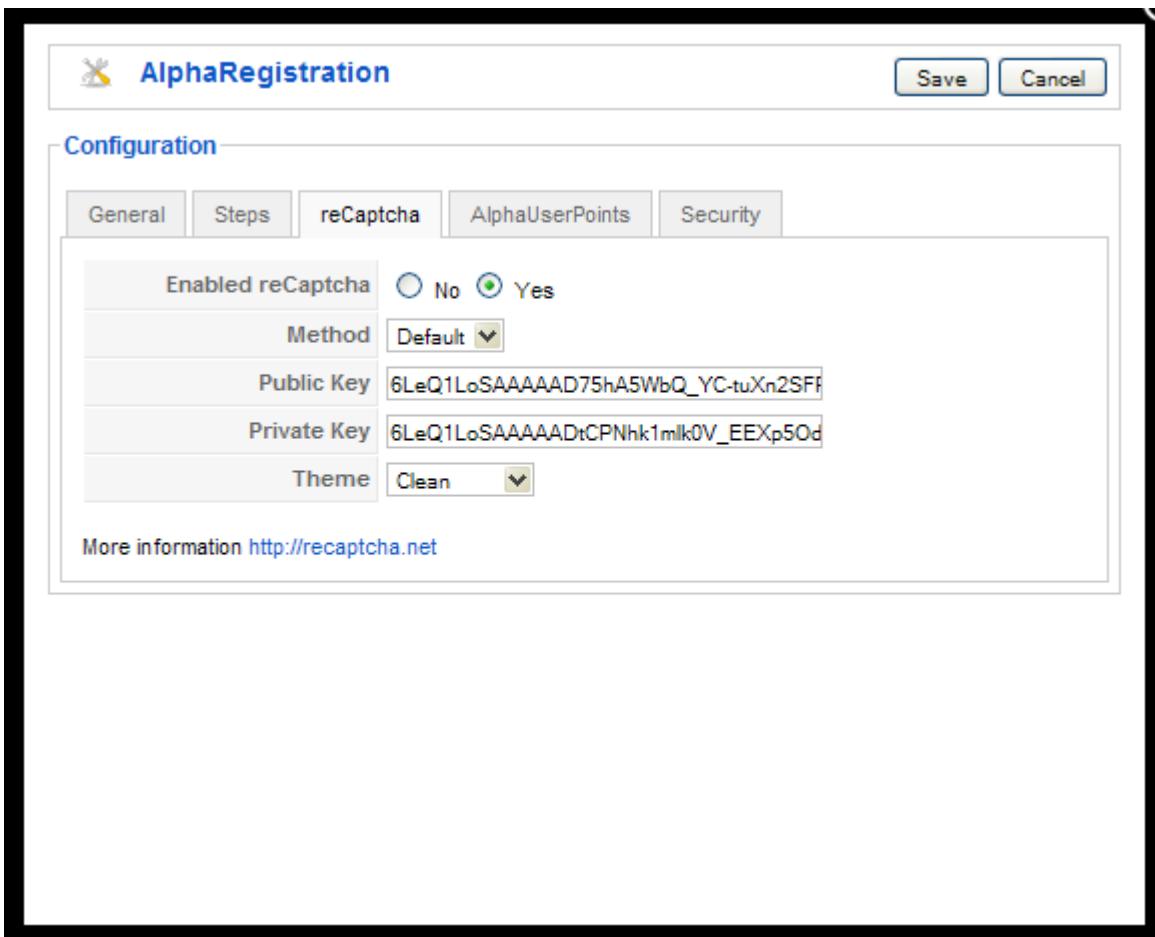


Ilustración 51: Registración Joomla 2

Como puntos importantes se detalla que el sufijo de la clase debe ser *alpha* de modo de tomar los estilos necesarios. El código configurado para las claves públicas y privadas debe obtenerse registrando el sitio en <http://recaptcha.net> de modo de poder utilizar el servicio.

Control de acceso

Para poder crear grupos de usuarios se utilizó el componente NoixACL que puede descargarse desde <http://extensions.joomla.org/extensions/access-a-security/backend-a-full-access-control/7010>.

Posterior a la instalación deben crearse los grupos *paciente* y *medico* con los permisos necesarios por ítem del menú y por artículo. Esto se realiza desde la opción del menú 'Componentes/Access Control'. Se detallan los valores en las siguientes figuras.

Primero deben crearse los grupos de usuarios marcados en la ilustración 52.

Filter:

Num	<input type="checkbox"/>	
1	<input type="checkbox"/>	Public Frontend
2	<input type="checkbox"/>	Registered
3	<input type="checkbox"/>	Author
4	<input type="checkbox"/>	Editor
5	<input type="checkbox"/>	Publisher
6	<input type="checkbox"/>	medico
7	<input type="checkbox"/>	paciente
8	<input type="checkbox"/>	Public Backend
9	<input type="checkbox"/>	Manager
10	<input type="checkbox"/>	Administrator
11	<input type="checkbox"/>	Super Administrator
12	<input type="checkbox"/>	SMSAdmin

Ilustración 52: Usuarios del backend

Luego se determinan los niveles de acceso, como se detallan en la ilustración 53.

Manage Groups			<u>Manage Levels</u>		Manage Users		Adapters		About	
			Filter: <input type="text"/>		Go	Reset				
Num	<input type="checkbox"/>									
1	<input type="checkbox"/>	Medico								
2	<input type="checkbox"/>	Paciente								
3	<input type="checkbox"/>	Public								
4	<input type="checkbox"/>	Registered								
5	<input type="checkbox"/>	Special								

Ilustración 53: Control de acceso Joomla

Para por último establecer los permisos por grupos de usuarios. Previo a lo cual deben habilitarse los adaptadores desde la solapa 'Adapters'.

Ingresando a la solapa 'Manage Groups' vamos seleccionando los grupos *medico* y *paciente* y le asignamos los permisos para los contenidos e ítems del menú que pertenezcan a las secciones y categorías a las cuales puedan acceder.