



PLATAFORMA DE GEOLOCALIZACIÓN DE CENTROS DE SALUD CON TECNOLOGÍA MÓVIL IMPLEMENTANDO EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN HL7

(Health care center's geolocation framework implementing hl7 communication
protocol using mobile phone technology)

Recibido: 07/10/2010 Aceptado: 14/12/2010

Jaime Soto

Universidad del Zulia, Venezuela

jaimesur@yahoo.com

RESUMEN

En este artículo se presenta una plataforma de geolocalización encargada de localizar centros de salud. La plataforma incluye: el protocolo de comunicaciones Health Level Seven (HL7), tecnología de telefonía móvil y sistemas de posicionamiento global (GPS). El sistema calcula la distancia y localización de los centros de salud con respecto a la ubicación geográfica de un usuario móvil. Se construyó una Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) estructurada en tres capas: presentación, lógica de negocios y repositorio de data geográfica. Estas capas se implementaron a través de una aplicación cliente en un teléfono móvil (Java ME), una aplicación empresarial (EJB) que corre en un Servidor de Aplicaciones (GlassFish) en internet, un manejador de base de datos relacional (PostgreSQL) y una librería de gestión de data espacial (PostGis). Los resultados de tiempos de respuesta (rango de segundos) y la precisión de las distancias calculadas (rango en metros) obtenidos se encontraron dentro de los criterios de calidad establecidos.

Palabras clave: Geolocalización, GPS, HL7, Java ME, EJB, PostGis.

ABSTRACT

This article presents a geolocation framework used to locate health care centers within a certain range of distance. The framework includes the communicating protocol Health Level Seven (HL7), mobile telephone technology and global positioning system (GPS). The system calculates distance and center's location in relation to the geographic position of a mobile telephone petitioner. A Service Oriented Architecture (SOA) was constructed in three tiers: presentation, business logic and center's geographic data repository. These tiers were implemented thru: a mobile telephone client (Java ME), an enterprise application (EJB) running in a Application Server (GlassFish) in Internet, a relational database management system (PostgreSQL) and an spatial database extension (PostGis). Response Time (range of seconds) and distance calculations accuracy (range of meters) resulted within the quality criteria established.

Keywords: Geolocation, GPS, HL7, Java ME, EJB, PostGis.



INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la tecnología móvil, al igual que el resto de las tecnologías computacionales, permiten la posibilidad de crear nuevos sistemas de información para satisfacer innumerables necesidades del ser humano.

Los objetivos de la investigación se centraron en el desarrollo y evaluación del rendimiento de una plataforma de geolocalización de centros de salud como propuesta de un servicio público eficiente y de bajo costo.

Se estudiaron los requerimientos del usuario, los componentes y tecnologías que conforman la plataforma, y se realizó un análisis y diseño del modelo de la misma. Posteriormente se construyó la plataforma en base a las especificaciones que surgieron de los requerimientos, se ejecutaron las pruebas de funcionamiento y se verificó el rendimiento de la plataforma. Finalmente se discutieron los resultados obtenidos.

ASPECTOS TEÓRICOS

TECNOLOGÍA MÓVIL DE TERCERA GENERACIÓN

Para construir la plataforma se utilizó tecnología móvil de 3ra generación. El principal objetivo [1] de la telefonía de 3ra generación es proporcionar comunicaciones personales universales.

Éstas [2] permiten realizar llamadas telefónicas de alta velocidad y una conexión permanente a internet para recibir correos electrónicos al instante, m sica, videos y fotografías digitales de manera casi inmediata, así como acceso a recursos a través de conexiones HTTP.

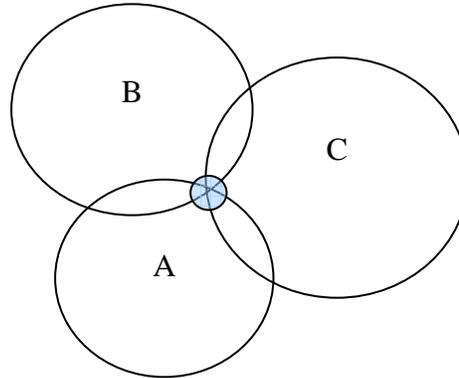
MÉTODOS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Para [3] realizar la localización individualizada de los terminales móviles se necesita disponer de la información adecuada que permita localizar los terminales uno a uno con un alto grado de confianza.

Esta información se puede obtener por medio de diversas técnicas y métodos, bien a partir de los terminales o bien a partir de los nodos de la red de acceso radio. Uno de los métodos más utilizados para la ubicación del terminal es el Método de Posicionamiento Global.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) [1] se basa en el principio de trilateración. En un plano, si se conoce la distancia desde tres puntos, se puede conocer exactamente en qué lugar nos encontramos (intersección de los tres puntos). En la Figura 1 se muestra el concepto.

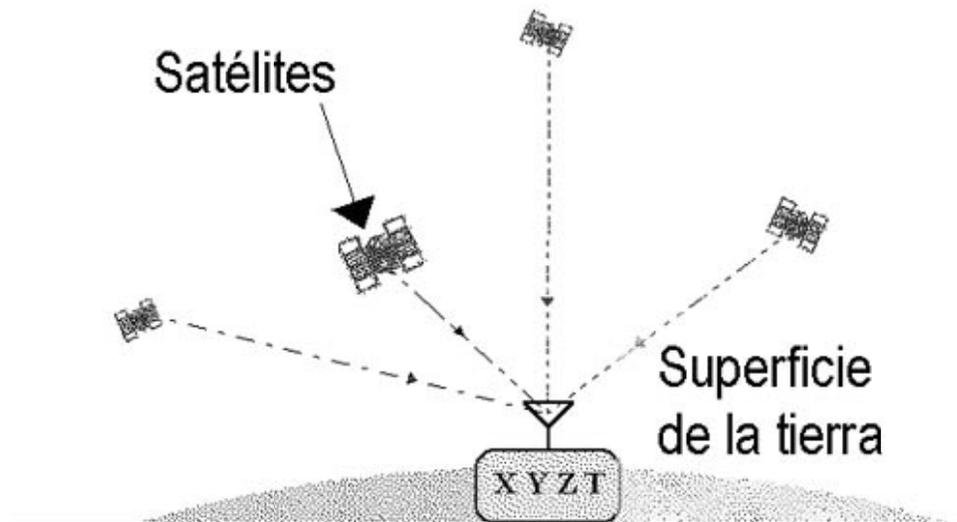
Figura 1. Trilateración en dos dimensiones



Fuente: Forouzan (2007).

El método de trilateración [4] puede encontrar la posición sobre la tierra (coordenadas de latitud y longitud) si se conoce la distancia desde tres satélites y se sabe la posición de cada satélite. La posición de cada satélite puede ser calculada por un receptor GPS (utilizando el camino predeterminado de los satélites) (véase figura 2).

Figura 2. Cálculo de posición con GPS



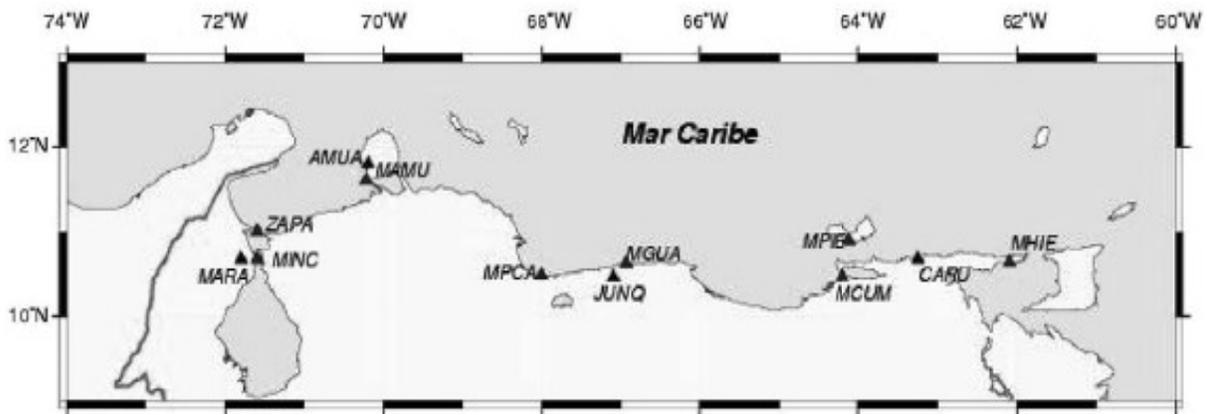
Fuente: Barzanallana (2010).

SISTEMAS DE REFERENCIA GEOGRÁFICA

Entre los sistemas de coordenadas más utilizados se encuentra el Sistema Universal Transversal Mercator (UTM) [5] diseñado para el uso mundial, y cubre casi toda la superficie terrestre, tanto en el sentido de la latitud como de la longitud.

Siguiendo la dirección Oeste-Este (dirección de rotación terrestre) a partir de este meridiano, se han dividido los 360° de longitud terrestre en 60 partes iguales, llamadas zonas o husos. En Venezuela dichas zonas se encuentran repartidas de la forma siguiente: Zona Nro. 20 entre los 60° y los 66° de longitud, Zona Nro. 19 entre los 66° y los 72° de longitud; y Zona Nro. 18 entre los 72° y los 78° de longitud (véase figura 3).

Figura 3. Mapa de Venezuela con Zona 19N UTM



Fuente: elaboración propia

En Venezuela se utiliza el datum del Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur (SIRGAS), del cual forma parte la Red Geodésica Venezolana (REGVEN). Un datum de referencia (modelo matemático) es una superficie constante y conocida utilizada para describir la localización de puntos sobre la tierra.

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN HL7

Fundada en 1987, la Health Level Seven, Inc. [6] es una organización sin fines de lucro acreditada por el Instituto Nacional Americano para Estándares (ANSI, American National Standards Institute) para el desarrollo de estándares y proveer un marco exhaustivo y estándares relacionados con el intercambio, integración y recepción de información electrónica de salud que soporta la práctica clínica y la gestión, entrega y evaluación de servicios de salud.

El término Nivel 7 [7] se refiere al más alto de los niveles del modelo de Sistemas de Interconexión Abiertos (OSI, Open Systems Interconnection) de la Organización Internacional de Estándares (ISO, International Standards Organization). HL7 se encuentra en el nivel 7, dónde se definen los datos a ser intercambiados, el tiempo de dichos intercambios, y la comunicación de determinados mensajes de error específicos de las aplicaciones que participan del intercambio (véase tabla 1).

Tabla 1. Modelo OSI y HL7

#	Nivel OSI	Protocolos
7	Aplicación	HTTP, HL7
6	Presentación	Reglas de codificación HL7
5	Sesión	
4	Transporte	TCP/IP
3	Red	
2	Enlace de datos	Ethernet
1	Físico	

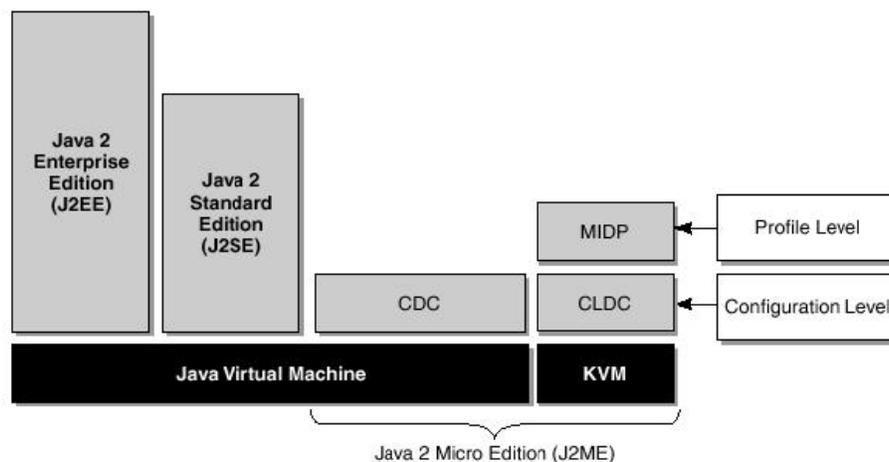
Fuente: elaboración propia

ARQUITECTURA JAVA

Al lenguaje Java se le llamó inicialmente Oak [8] pero se le renombró Java en 1995. Sorpresivamente, internet no fue el objetivo original de Java. La motivación principal, en cambio, fue la necesidad de un lenguaje que fuera independiente de la plataforma y que pudiera emplearse para crear un software que estuviera incrustado en varios dispositivos electrónicos para uso del consumidor, como: tostadoras, hornos microondas y controles remotos.

Java ha evolucionado a tal punto que actualmente se le considera una arquitectura con la cual es posible crear desde aplicaciones para dispositivos móviles hasta aplicaciones empresariales complejas, tanto para redes de área local como para internet (véase figura 4).

Figura 4. Arquitectura Java



Fuente: Oracle Technology Network (2010).



Dentro de esta arquitectura se encuentra Java ME [9], el acrónimo de Java 2 Micro Edition. Esta versión de Java está orientada a los dispositivos pequeños con capacidades limitadas con respecto a un PC, como son: los teléfonos móviles, los PDAs, los sistemas embebidos, entre otros.

Debido a que los dispositivos móviles tienen una potencia de cálculo baja e interfaces de usuario pobres, se necesita una versión específica de Java destinada a estos dispositivos, ya que el resto de versiones de Java, J2SE o J2EE (Java Enterprise Edition), no encajan dentro de este esquema.

Java ME es, por tanto, una versión reducida de J2 EE. Las aplicaciones Java ME desarrolladas bajo especificación del Perfil de Información Móvil del Dispositivo (MIDP, Mobile Information Device Profile) se denominan MIDlets. El perfil es un grupo específico de APIs desde el punto de vista del dispositivo. Los MIDlets son empaquetados en archivos con extensión jar y un archivo descriptor con extensión jad.

Java ME ofrece el API JSR-179 de localización que permite el desarrollo de aplicaciones que generan información sobre la ubicación geográfica y orientación del dispositivo. Permite el acceso a bases de datos con mapas almacenados en el terminal móvil. Define interfaces estándar para trabajar con metodologías de posicionamiento como GPS.

Java ME [10] tiene también capacidad para el soporte de servicios web y análisis de datos XML a través de la adaptación de APIs implementadas en Java EE, pero no con todas las funcionalidades. La especificación que maneja el soporte de servicios web es la JSR-172, que permite el manejo del flujo de datos XML y la comunicación con el servicio web.

Para las aplicaciones de escritorio o distribuidas, que requieren componentes distribuidos o que funcionen del lado del Servidor, Java EE ofrece la especificación EJB (Enterprise Java Beans). Los componentes EJB permiten el desarrollo de aplicaciones de varias capas mejorando el rendimiento del sistema y eliminando los "famosos" clientes gordos.

Esta arquitectura abrió el camino a la creación del Modelo Vista-Controlador, en el cual del lado del cliente solamente se presenta la información, y del lado del servidor se realizan la casi totalidad de operaciones y funciones de cálculo.

SERVICIOS WEB

Los servicios web [11] proporcionan una forma de intercambiar datos entre aplicaciones y servidores. Para facilitar esta comunicación, los servicios web utilizan internet para enviar mensajes compuestos por datos XML entre un consumidor (la aplicación que usa los datos) y un proveedor (el servidor que contiene los datos).

Los servicios web no son una tecnología o una plataforma   nica. De hecho, hay una mezcla de varios protocolos, lenguajes y formatos. Una de las características de los servicios web es que normalmente realizan sólo una función.

Por eso suelen ser muy fáciles de probar. La API JAX-WS [9] es la principal tecnología que ofrece soporte para servicios web en la plataforma Java EE basado en tecnología servlet y en EJB.

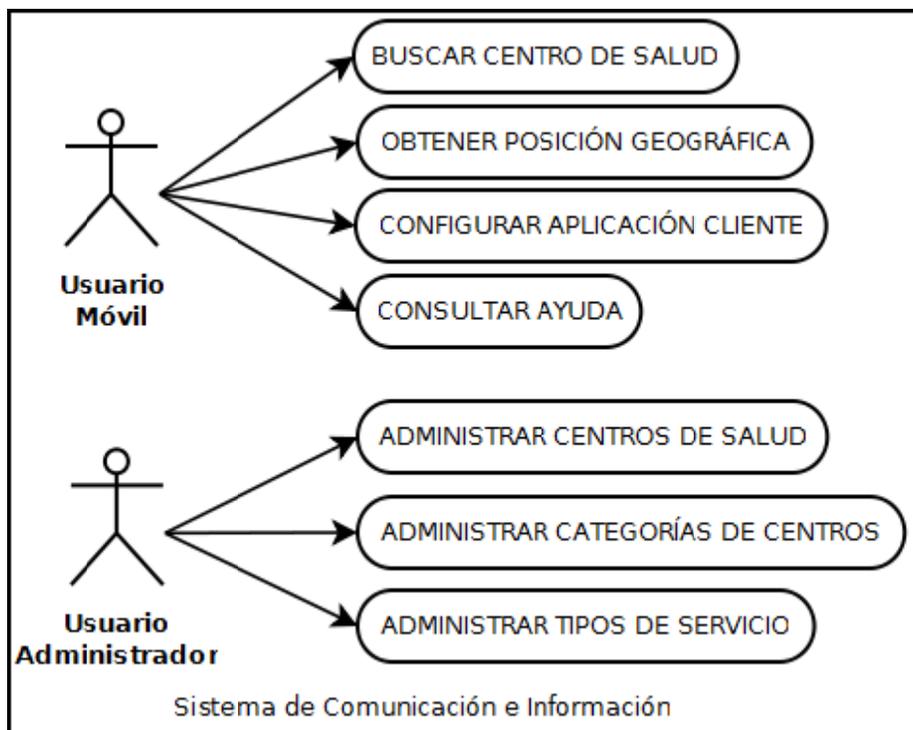
DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA

CASOS DE USO

Los requerimientos definieron los casos de uso de los actores de la plataforma: el usuario móvil (cualquier persona que disponga de un dispositivo móvil compatible Java ME) y el usuario administrador web (acceso restringido).

El usuario móvil realiza cuatro (4) operaciones: Búsqueda de centros de salud, ubicación geográfica, configuración de la aplicación móvil y solicitud de ayuda. El usuario web accede a las operaciones de mantenimiento de la base de datos que contiene los centros de salud, categorías y servicios prestados por estos (véase figura 5).

Figura 5. Casos de Uso



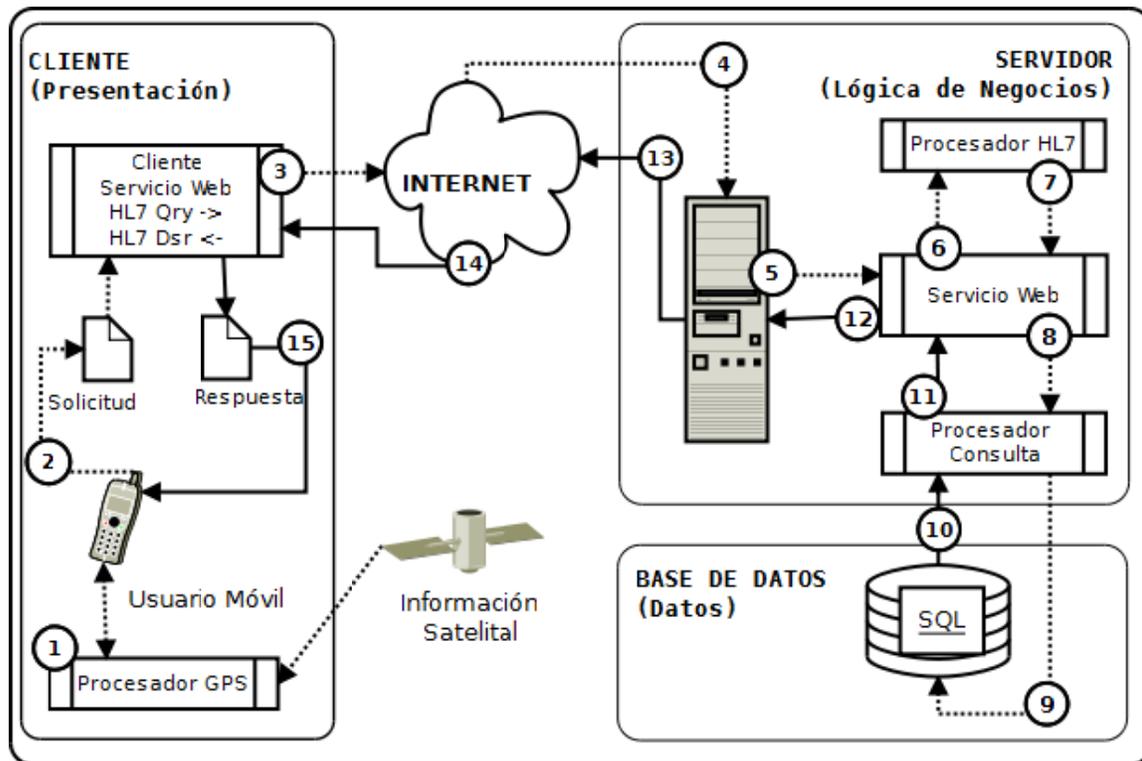
Fuente: elaboración propia

Para realizar estas operaciones, el usuario requiere de un dispositivo móvil (compatible con Java ME) con un GPS-Integrado, el servicio de localización, una aplicación cliente desarrollada en Java ME y acceso a internet.

ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA

La plataforma está basada en un modelo de Arquitectura Orientada a Servicios (SOA, Service Oriented Architecture). Esta arquitectura se construyó con base en un modelo de tres (3) capas: Cliente, Servidor y Datos (véase figura 6). El cliente es una aplicación Java ME (archivos jar y jad) que corre en el teléfono móvil.

Figura 6. Arquitectura SOA



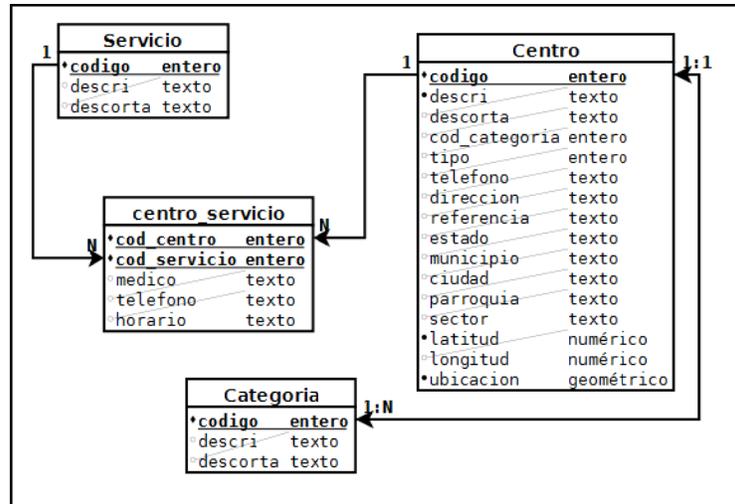
Fuente: elaboración propia

La capa de lógica de negocios se implementó a través de tres (3) componentes EJB sin estado (servicio web, despachador y buscador) en un servidor de aplicaciones GlassFish que corrió en el Servidor del Instituto de Cálculo Aplicado (ICA) en postgrado de ingeniería de la Universidad del Zulia.

La capa de datos que contiene la información de los centros de salud se almacenó en el mismo servidor del ICA en una base de datos PostgreSQL; y se incluyó la librería PostGis para el manejo de data espacial de ubicación geográfica y los cálculos de distancia entre el usuario y los centros de salud.

La base de datos se estructuró en cuatro (4) tablas que contienen toda la información de los centros de salud, categorías y servicios prestados por estos. En la figura 7 se muestra el diagrama Entidad-Relación del modelo de datos.

Figura 7. Diagrama Entidad-Relación de la Base Datos de la Plataforma



Fuente: elaboración propia

INTERFAZ DE COMUNICACIÓN

La aplicación del lado del cliente solicita información en base a los parámetros que se almacenaron en la configuración del móvil (Almacenamiento RMS) y las opciones de consulta.

En caso de obtener una respuesta válida, se obtiene un listado de centros de salud (nombre centro, distancia, ubicación geográfica, puntos de referencia, entre otros), que se encuentran dentro del radio de cobertura especificado. El intercambio de información entre el dispositivo móvil y el servidor es síncrono y se realiza a través de los mensajes QRY_Q01 y DSR_Q01 del protocolo HL7 (véase tabla 2).

Tabla 2. Estructura Mensajes HL7 QRY y DSR

Tipo	Estructura Mensaje
QRY_Q01 Solicitud (Cliente)	MSH Cabecera mensaje QRD Definición consulta [QRF] Filtro consulta [DSC] Puntero de continuación
DSR_Q01 Respuesta (Servidor)	MSH Cabecera mensaje MSA Mensaje de verificación [ERR] Mensaje de error [QAK] Verificación de consulta QRD Definición de consulta [QRF] Filtro de consulta { DSP } Datos para desplegar [DSC] Puntero de continuación

Fuente: elaboración propia

Antes de realizar una consulta el usuario móvil debe obtener su ubicación geográfica (latitud y longitud) a través del GPS. A partir de ese momento puede realizar tres tipos de consulta: General, Categoría y Servicios. La consulta general requiere únicamente la especificación del radio de cobertura que desea el usuario (entre 500 mts y 50 km).

Para la consulta por categoría, además del radio de cobertura, el usuario selecciona un tipo de centro (hospital, clínica, ambulatorio, entre otros). En el caso de consulta por servicio, el usuario selecciona un servicio o especialidad (traumatología, cardiología, pediatría, ginecología, rayos X, entre otros).

La aplicación Java ME construye un mensaje QRY_Q01 en formato XML, lo envía a través un cliente de servicio web por una conexión HTTP al servidor en internet. El mensaje QRY_Q01 contiene los parámetros de consulta en el segmento QRF (tipo consulta, longitud, latitud, radio de cobertura, categoría de centro, servicio o especialidad). En la figura 8 se muestra una porción del mensaje QRY_Q01.

Figura 8. Mensaje de consulta QRY_Q01

```
<QRD.7><CQ.1>10</CQ.1></QRD.7>
</QRD>
<QRF>
  <QRF.1>1</QRF.1>
  <QRF.1>-71.626352397267</QRF.1>
  <QRF.1>10.674364</QRF.1>
  <QRF.1>5000.0</QRF.1>
  <QRF.1>1</QRF.1>
  <QRF.1>1</QRF.1>
</QRF>
</QRY_Q01>
```

Fuente: elaboración propia

Del lado del servidor en internet se encuentra una aplicación desplegada en un contenedor EJB (GlassFish) esperando solicitudes de los usuarios. La aplicación EJB está compuesta por tres componentes EJB sin estado:

1.-Servicio web: se encarga de recibir y procesar el mensaje QRY_Q01 a través de la interfaz de programación HAPI HL7. Construye y devuelve el mensaje DSR_Q01 con el listado de centros de salud.

2.-Despachador: recibe los parámetros del servicio web, selecciona el tipo de consulta y pasa los parámetros al componente buscador. Recibe los resultados de este y los entrega al servicio web.

3.-Buscador: recibe del despachador el tipo de consulta, construye de manera dinámica una sentencia SQL, se conecta a la base de datos, ejecuta la consulta parametrizada, obtiene la lista de centros de salud dentro del radio de cobertura y los devuelve al despachador.

En la figura 9 se muestra una porción del mensaje de respuesta DSR_Q01. El segmento DSP contiene los datos del centro de salud. Cada segmento DSP contiene un dato relacionado con un centro y para cada centro se utilizan 11 segmentos DSP.

Figura 9. Mensaje de respuesta DSR_Q01

```

<QRD.7><CQ.1>1</CQ.1></QRD.7>
</QRD>
| <DSP><DSP.3>1007</DSP.3></DSP>
  <DSP><DSP.3>Hospital Universitario de Maracaibo</DSP.3></DSP>
  <DSP><DSP.3>432.7167294737722</DSP.3></DSP>
  <DSP><DSP.3>Hospital</DSP.3></DSP>
  <DSP><DSP.3>Público</DSP.3></DSP>
  <DSP><DSP.3>AV. Goajira con Av. Cecilio Acosta</DSP.3></DSP>
  <DSP><DSP.3>Frente a Facultad de Ing. de LUZ</DSP.3></DSP>
  <DSP><DSP.3>0261-444.44.44</DSP.3></DSP>
  <DSP><DSP.3>SI</DSP.3></DSP>
  <DSP><DSP.3>Paraíso</DSP.3></DSP>
  <DSP><DSP.3>Chiquinquirá</DSP.3></DSP>
</DSR_Q01>

```

Fuente: elaboración propia

Este mensaje es recibido por el cliente de servicio web de la aplicación móvil que procesa el mensaje DSR_Q01 en formato XML, extrae los datos, construye el listado y lo despliega en la pantalla del teléfono móvil. En la figura 10 se presenta el listado de centros de salud de una consulta en la pantalla del teléfono móvil.

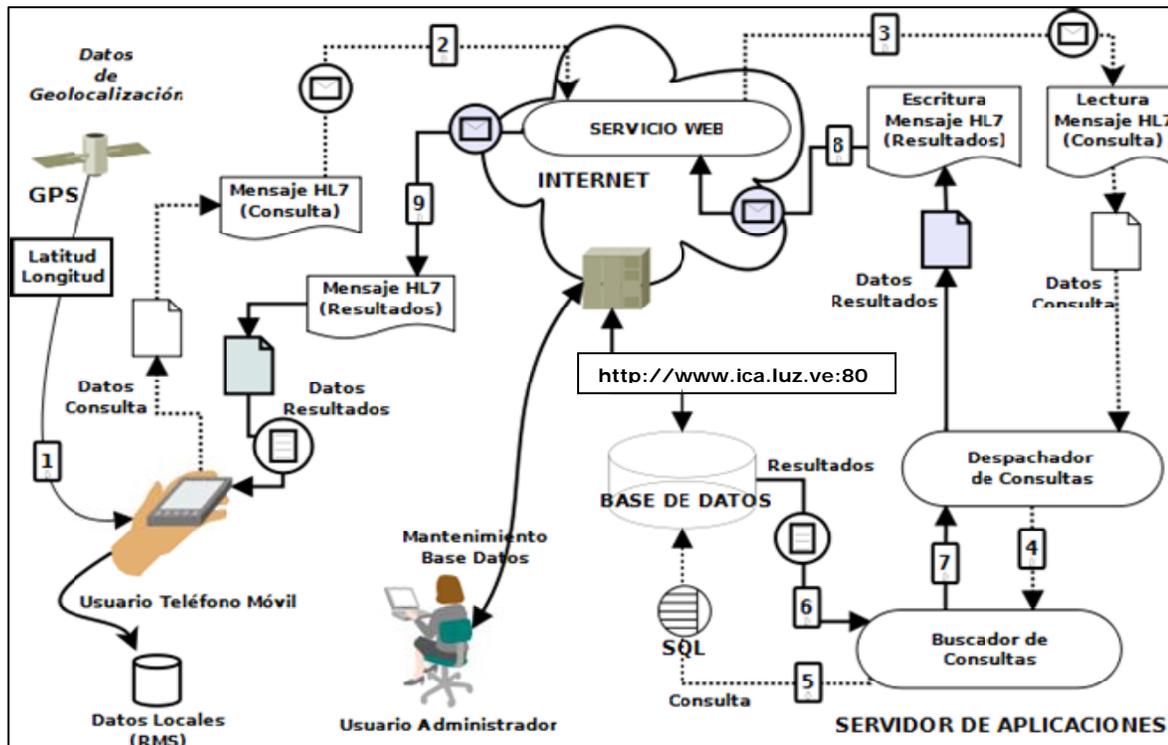
Figura 10. Resultados de una consulta en el teléfono móvil



Fuente: elaboración propia

En la figura 11 se muestra el proceso completo de intercambio de información desde la solicitud del usuario hasta el despliegue del listado de centros de salud (los que se encontraban en el radio de cobertura) en la pantalla del móvil.

Figura 11. Plataforma de Geolocalización de Centros de Salud



Fuente: elaboración propia

VALIDACIÓN DE LA PLATAFORMA

La validación de la plataforma se realizó a través de un conjunto de pruebas. Para lograr este propósito se tomaron como base los casos de uso y los procesos internos, transparentes al usuario, para diseñar un conjunto de casos de prueba que abordan aspectos como: funcionamiento de los componentes de la plataforma que pertenecen a la aplicación que se ejecuta en el teléfono móvil, la aplicación del lado del servidor (EJB) y todos los procesos de comunicación entre estos.

Las pruebas finales se centraron en el cálculo y registro de las coordenadas geográficas de los centros de salud piloto, los tiempos de sincronización del GPS del móvil, los tiempos de ubicación geográfica del usuario, los tiempos de solicitud/respuesta de las consultas para obtener el listado de centros de salud más cercanos al usuario y las distancias de separación entre estos.

Se seleccionó un conjunto de 27 centros de salud piloto distribuidos en el área urbana de la ciudad de Maracaibo. Se procedió al cálculo y registro de las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de cada centro de salud. Estas se almacenaron en la base de datos. Un procedimiento almacenado (Store Procedure) en la tabla de centros se encargó de actualizar el campo de tipo geométrico ubicación que se utiliza para el cálculo de distancia entre usuario y centros.

Después de obtener el listado completo de coordenadas, se utilizó la aplicación Google Earth para marcar los centros de salud piloto localizados por la plataforma (véase figura 12) y tener un sistema de referencia. Con esta información cargada en la base de datos, se procedió a realizar las 36 consultas desde cuatro (4) puntos diferentes de la ciudad para obtener los listados de los centros más cercanos a esos puntos.

Figura 12. Centros de salud localizados por la Plataforma



Fuente: elaboración propia

RESULTADOS

En la tabla 3 se presentan los resultados promedio de diferencias en ubicaciones y distancias usuario-centros de salud; así como los tiempos requeridos para las operaciones de ubicación y consulta. Estos resultados se derivan del promedio de todos los resultados obtenidos por la plataforma tanto en ubicación como en consulta.

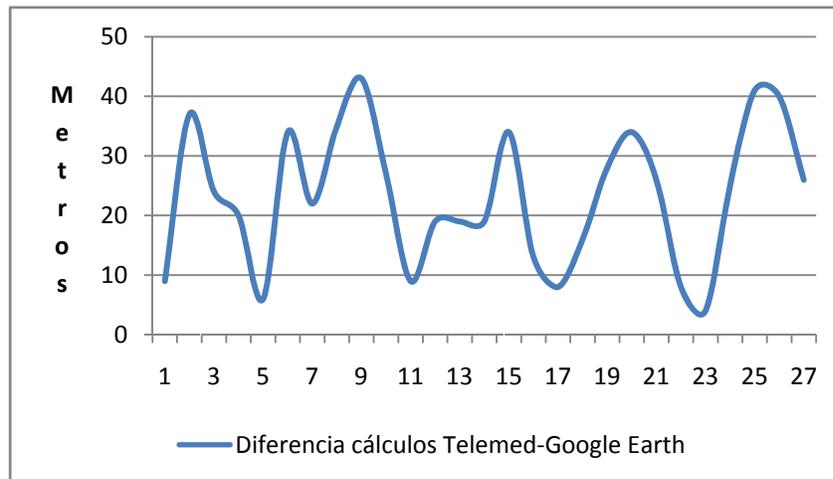
Tabla 3. Rendimiento de la Plataforma

	Descripción	Valor
	Ubicación coordenadas geográficas Diferencia de distancia entre puntos calculados por la plataforma y aproximados por Google Earth	23 mts
	Distancia de las consultas Diferencia entre los puntos de la plataforma y los de Google Earth	24 mts
	Tiempo de sincronización GPS-Integrado	47 seg
	Tiempo de lectura GPS (ubicación) Dispositivo sincronizado	4 seg
	Tiempo de lectura GPS (consultas) Dispositivo sincronizado	7 seg
	Tiempo de procesamiento Cálculo Dist. + SQL + Parsing XML	3 seg
	Tiempo de transferencia internet (solicitud/respuesta)	12 seg
	Tiempo total promedio por consulta GPS + Procesamiento + Transmisión	22 seg

Fuente: elaboración propia

En la figura 13 se muestra la diferencia absoluta en metros de la ubicación geográfica de cada centro calculada por la plataforma y la posición aproximada marcada en Google Earth (véase tabla 4).

Figura 13. Diferencias de ubicación de los centros entre la Plataforma y Google Earth



Fuente: elaboración propia

En la figura 14 se muestra la ubicación del Hospital Universitario de Maracaibo, calculada por la plataforma (amarilla) y la ubicación marcada en un mapa Google Earth en el lugar aproximado donde se calculó la posición (rojo).

En la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos durante la fase de consultas desde los cuatro puntos piloto. Seguidamente las figuras 15 y 16 muestran las imágenes de dos consultas realizadas con la plataforma, una desde el ICA y otra desde la Plaza 18 de Octubre. Los resultados obtenidos se encuentran dentro los requerimientos establecidos al inicio de la investigación.

Figura 14. Diferencias en la ubicación entre la Plataforma y Google Earth



Fuente: elaboración propia



Tabla 4. Resultados de ubicación de centros de salud con la Plataforma y Google Earth

Cod.	Centro de Salud	Longitud/Latitud Telemed	Longitud/Latitud Google Earth	Dif. mts	Tiempo	
					S	U
1000	C.C. La Estrella	-71.614186/10.679442	-71.614103/10.679466	9	N/A	6
1001	Sede AME Zulia	-71.613731/10.680655	-71.614073/10.680640	37	66	3
1002	C.M.M. Ernesto Guevara	-71.613331/10.690466	-71.613110/10.690489	24	N/A	12
1003	C.D.I. 18 de Octubre	-71.613312/10.702054	-71.613151/10.701974	20	N/A	3
1004	Nueva Clínica D'Empaire	-71.625632/10.695177	-71.625611/ 10.695125	6	N/A	2
1005	Hospital Clínico	-71.626009/10.687033	-71.626232/10.686814	34	51	4
1006	CMM Simón Rodríguez	-71.629215/10.690458	-71.629026/10.690397	22	N/A	3
1007	Hospital Universitario	-71.628654/10.671898	-71.628968/10.671869	35	57	6
1008	Clínica Paraíso	-71.616487/10.683241	-71.616096/10.683296	43	163	4
1009	Clínica Bahsas	-71.610049/10.697012	-71.610142/10.696794	27	41	3
1010	Inst. Int Cardiovascular	-71.632026/10.675557	-71.632001/10.675478	9	47	3
1011	Centro Médico Izot	-71.621039/10.672736	-71.620945/10.672589	19	13	2
1012	Instituto Médico Mujer	-71.608391/10.683355	-71.608465/10.683203	19	28	5
1013	Hospital Coromoto	-71.596499/10.676899	-71.596365/10.676795	19	61	3
1014	Hospital Central	-71.604971/10.642279	-71.605280/10.642247	34	35	3
1015	Hospital de Niños	-71.609750/10.647310	-71.609654/10.647241	13	N/A	2
1016	Clínica Falcón	-71.608099/10.656373	-71.608172/10.656376	8	25	3
1017	Policlínica Maracaibo	-71.610796/10.671430	-71.610914/10.671513	16	N/A	4
1018	C.M. Occidente	-71.609133/10.667006	-71.609286/10.666805	28	N/A	3
1019	Pol. D'Empaire vieja	-71.617092/10.663500	-71.617391/10.663389	34	N/A	7
1020	C. Médico Indio Mara	-71.632421/10.666534	-71.632196/10.666617	26	N/A	11
1021	Clínica Sagrada Familia	-71.658049/10.663573	-71.657977/10.663590	8	N/A	2
1022	Clínica 4 Agosto	-71.655703/10.674120	71.655683/10.674097	4	N/A	2
1023	C. Clínico Los Olivos	-71.654044/10.673016	-71.654105/10.673237	25	23	3
1024	Hospital Dr. Adolfo Pons	-71.622140/10.717055	-71.621873/10.716797	41	37	4
1025	Hospital Militar	-71.623814/10.711700	-71.623463/10.711803	40	14	2
1026	Ambulat. Monte Claro	-71.613481/10.699753	-71.613651/10.699917	26	51	6
PROMEDIO (Diferencia entre Telemed y Google Earth)				23	47	4

Fuente: elaboración propia

Nota: Cod.=Código centro de salud Dif=Diferencia en metros, Tiempo S=Sincronización del receptor GPS del teléfono móvil, Tiempo U=Localización de las coordenadas de ubicación del usuario.

Tabla 5. Resultados de consultas realizadas con de la plataforma

#	T	S	C	Radio	Cent	Dist	Latitud	Longitud	GPS	Proceso	Trans	Total									
1	1			500 mts	1007	432									10,674824	-71,626037	17	6	13	36	
2	1			1 Km	1007	399	1011	601	1010	646					10,674576	-71,626206	13	2	8	23	
3	1			10 kms	1007	403	1011	600	1010	649	1020	1.127	1005	1.374	10,674622	-71,626177	14	2	6	22	
4	2		1	5 kms	1007	408	1005	1.372	1013	3.258	1015	3.568	1025	4.112	10,674638	-71,626157	14	2	13	29	
5	2		2	5 kms	1011	599	1020	1.130	1000	1.414	1008	1.423	1001	1.515	10,674654	-71,626161	11	3	8	22	
6	2		5	10 kms	1006	1.781	1002	2.244							10,674663	-71,626159	17	4	10	31	
7	3	1		1 km	1007	517	1010	614	1011	694					10,676023	-71,626436	16	3	11	30	
8	3	9		5 kms	1007	403	1020	1.126	1005	1.362	1008	1.432	1019	1.562	10,674738	-71,626341	14	2	9	25	
9	3	13		10 kms	1007	393	1011	604	1005	1.384	1000	1.428	1008	1.439	10,674537	-71,626249	17	3	12	32	
10	1			500 mts	1009	36	1026	449							10,697117	-71,610363	2	3	10	15	
11	1			1 Km	1009	46	1026	437	1003	623	1002	810			10,697196	-71,610432	6	2	15	23	
12	1			10 kms	1009	24	1026	458	1003	639	1002	814	1012	1.541	10,697151	-71,610228	2	3	9	14	
13	2		1	5 kms	1005	2.059	1025	2.193	1024	2.561	1013	2.700	1007	3.448	10,697150	-71,610232	2	3	16	21	
14	2		2	5 kms	1009	27	1008	1.684	1004	1.697	1001	1.865	1000	2.007	10,697148	-71,610264	6	3	15	24	
15	2		5	10 kms	1002	819	1006	2.204							10,697222	-71,610289	5	3	23	31	
16	3	1		1 km	1009	31	1003	633							10,697172	-71,610292	7	2	15	24	
17	3	9		5 kms	1012	1.539	1008	1.682	1004	1.697	1005	2.055	1025	2.192	10,697129	-71,610265	6	3	15	24	
18	3	13		10 kms	1008	1.675	1000	1.997	1005	2.053	1025	2.201	1024	2.571	10,697049	-71,610229	1	3	10	14	
19	1			500 mts S/I											10,721190	-71,631119	1	2	12	15	
20	1			1 Km S/I											10,722831	-71,632663	5	2	16	23	
21	1			10 kms	1024	1.145	1025	1.356	1003	2.920	1004	2.946	1026	3.097	10,721080	-71,631779	1	3	11	15	
22	2		1	5 kms	1024	1.145	1025	1.355	1005	3.823					10,721079	-71,631770	1	3	12	16	
23	2		2	5 kms	1004	2.951	1009	3.568	1008	4.515	1000	4.895	1000	4.999	10,721165	-71,631618	16	2	9	27	
24	2		5	10 kms	1006	3.402	1002	3.947							10,721077	-71,631789	1	2	13	16	
25	3	1		1 km	1024	1.146	1025	1.355							10,721064	-71,631790	3	2	13	18	
26	3	9		5 kms	1025	1.358	1004	2.950	1005	3.827	1008	4.515	1012	4.903	10,721117	-71,631755	3	2	10	15	
27	3	13		10 kms	1024	1.101	1025	1.324	1005	3.814	1008	4.493	1000	4.978	10,721064	-71,631341	3	3	12	18	
28	1			500 mts	1023	98	1022	316							10,672702	-71,653199	6	2	9	17	
29	1			1 Km	1023	98	1022	316							10,672702	-71,653199	6	2	11	19	
30	1			10 kms	1023	98	1022	316	1021	1.142	1010	2.340	1020	2.376	10,672702	-71,653199	2	2	15	19	
31	2		1	5 kms	1007	2.690	1005	3.374							10,672702	-71,653199	2	2	13	17	
32	2		2	5 kms	1023	98	1022	316	1021	1.142	1020	2.376	1011	3.522	10,672702	-71,653199	2	2	8	12	
33	2		5	10 kms	1006	3.281	1002	4.789							10,672702	-71,653199	1	2	11	14	
34	3	1		1 km	1023	98									10,672702	-71,653199	7	3	7	17	
35	3	9		5 kms	1022	316	1021	1.142	1020	2.376	1007	2.690	1005	3.374	10,672702	-71,653199	2	2	14	18	
36	3	13		10 kms	1007	2.690	1005	3.374	1011	3.522	1008	4.187	1000	4.338	10,672702	-71,653199	2	2	10	14	
Nota: #=Consulta T=Tipo de consulta S=Servicio C=Categoría Cent=Centro Dist=Distancia																	Promedio	7	3	12	21

Fuente: elaboración propia

Figura 15. Resultados de consulta desde el Instituto de Cálculo Aplicado



Fuente: elaboración propia

Figura 16. Resultados de consulta desde la Plaza 18 de Octubre

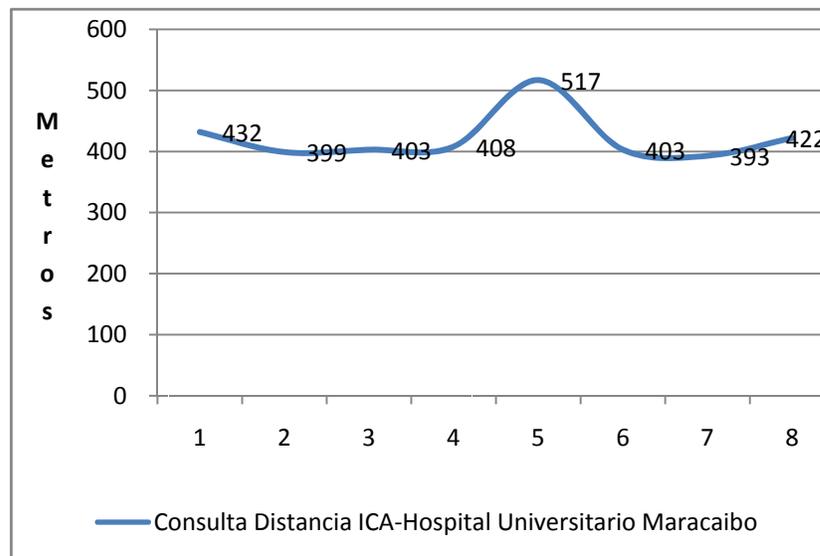


Fuente: elaboración propia

En la figura 17 se muestran los resultados de siete (7) consultas realizadas desde el Instituto de Cálculo Aplicado en las que el Hospital Universitario quedó seleccionado; es decir, dentro del radio de cobertura especificado en las consultas. Todas estas consultas fueron realizadas desde el mismo punto (variación inferior a 1 metro).

Se puede observar la variación de las distancias. Estas diferencias resultan por diversas razones que de manera aislada o en conjunto afectan el cálculo (sincronización de los relojes de los satélites, ligero desplazamiento de la órbita de uno de los satélites, ruidos e interferencias, inyección de error del Departamento de Defensa de los EE.UU, entre otros). Sin embargo, la diferencia resultante no afecta la calidad de la información ya que lo que se requiere es la ubicación aproximada del centro de salud.

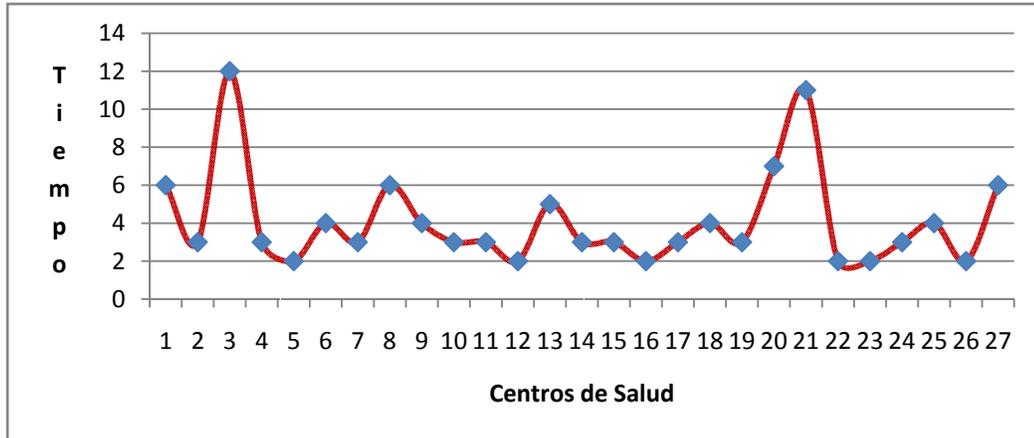
Figura 17. Distancias obtenidas en las consultas desde el ICA al Hospital Universitario



Fuente: elaboración propia

La aplicación móvil requirió de un tiempo promedio de sincronización de la señal de los satélites de 47 segundos. Una vez sincronizado el dispositivo GPS, el tiempo promedio de cálculo de la ubicación del usuario fue de 4 segundos. En la figura 18 se muestra los tiempos de cálculo de ubicación geográfica de los 27 centros piloto. Se puede observar que fuera de dos (2) picos, el tiempo de cálculo se mantuvo relativamente constante en un rango entre 2 a 6 segundos.

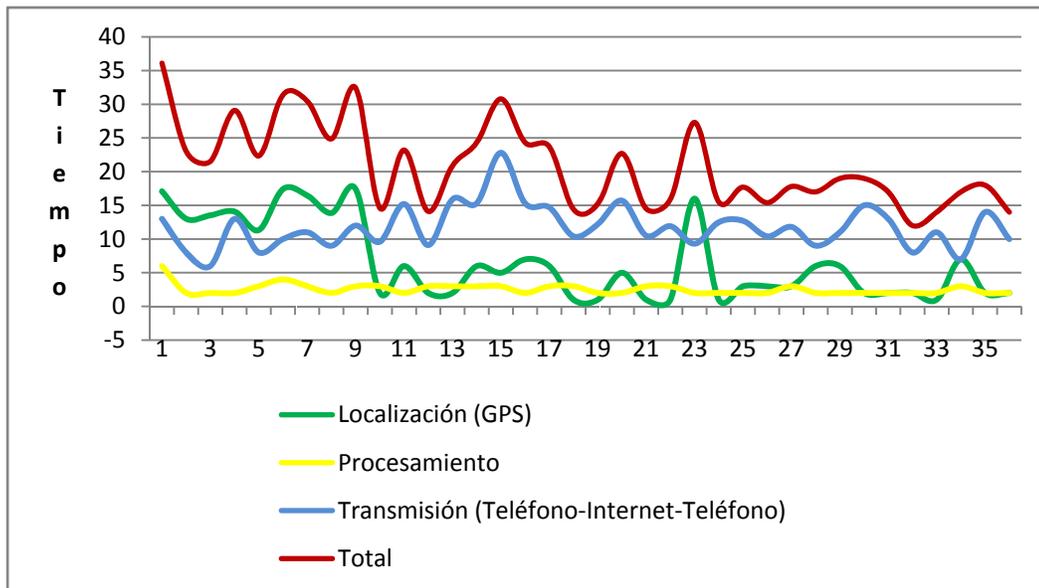
Figura 18. Tiempo de ubicación geográfica de los centros de salud.



Fuente: elaboración propia

En la figura 19 se muestran los tiempos requeridos para la ubicación del usuario (verde), transmisión de solicitud/respuesta a través de internet (celeste), procesamiento (amarillo) y tiempo total (rojo). El tiempo promedio total por consulta fue de 22 segundos (dentro de las especificaciones de calidad establecidas).

Figura 19. Tiempo de ubicación geográfica de los centros de salud



Fuente: elaboración propia



Se puede notar que la curva desciende hacia valores más óptimos (tiempos menores). La razón del descenso es que los primeros nueve (9) valores pertenecen a las consultas realizadas desde el ICA. Éstas se realizaron al interno del edificio; por lo tanto, dada la naturaleza de la señal GPS, requirió de mayor tiempo (verde) y afectó el tiempo de consulta desde ese punto.

CONCLUSIONES

1. Los resultados de ubicación geográfica, consultas de distancias a centros de salud y tiempos de respuesta; se encuentran dentro el nivel de rendimiento especificado al inicio del trabajo para un servicio de geolocalización de este tipo (diferencias de distancia inferiores a 100 metros y tiempos de respuesta inferiores a los 60 segundos). La herramienta Google Earth demostró ser muy útil como sistema de referencia.

2. Se presentó un porcentaje mínimo de resultados fuera de lo especificado dada la naturaleza de la señal GPS, en cuanto a cálculo de distancias y tiempos se refiere. Varias son las fuentes que pudieron introducir errores: la inyección de error introducida por el Departamento de Defensa de EE.UU, la información transmitida por señales radio, obstrucciones locales antes de llegar al receptor y desviación ligera de los satélites de las órbitas predichas.

3. La lectura del GPS, como previsto, se dificultó y falló de manera constante cuando la actividad se realizaba al interno de estructuras físicas. Sin embargo, las primeras pruebas se realizaron dentro del edificio donde funciona el ICA, obteniéndose tiempos de lectura promedio del orden de los 17 segundos, que para ser GPS, no son desdeñables. También se logró la lectura de las coordenadas geográficas al interno de la cúpula del Centro Comercial Sambil con un promedio de 5 segundos.

4. La tecnología Java (ME y EE) demostró ser una herramienta válida para la construcción e implementación de la plataforma de geolocalización, permitió el desarrollo, pruebas y evaluación de la plataforma de manera integral y efectiva.

5. La selección de una arquitectura SOA para la transmisión y recepción de mensajería HL7 fue tecnológica y estratégicamente válida. Tecnológicamente, la independencia de las aplicaciones cliente y servidor, permitió un desarrollo rápido y desacoplado.

En cuanto a estrategia se refiere, este tipo de soluciones permite que cualquier desarrollador pueda implementar una interfaz para acceder a la información de centros de salud que se encuentra en el servidor (proveedor) desarrollando su propio cliente (consumidor) con cualquier tecnología móvil. Lo único que requiere es el archivo WSDL con las especificaciones del servicio web y la estructura de los mensajes HL7. La librería HAPI de HL7 cumplió su trabajo de manera efectiva.



6. El Servidor GlassFish se integró de manera efectiva y transparente con el Servidor PostgreSQL para una alta prestación en cuanto al costo computacional y de consulta a la base de datos; requiriendo un promedio de 3 segundos por consulta.

7. La conjunción de una infraestructura hardware de bajo costo, la integración de componentes software, la mayoría de software libre, el costo de los servicios telefónicos actuales, el precio asequible de un teléfono móvil de alta prestación (Nokia N78) y una aplicación versátil y compacta, permitieron la creación de una plataforma de comunicación confiable y rápida implementando el protocolo HL7 para ofrecer un servicio público de localización de centros de salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Forouzan, B. (2007). Transmisión de datos y redes de comunicación. 4ta. Edición. España. McGraw Hill.
- [2] Conesa, P. y Huidobro, J. (2006). Tecnologías Avanzadas de Telecomunicaciones. España. Thonsom Editores.
- [3] Roldán, D. (2005). Comunicaciones inalámbricas. México. AlfaOmega Grupo Editor S.A.
- [4] Barzanallana, R. (2010). Asignatura Informática aplicada al Trabajo Social. Guía de Estudios. Documento en línea. Disponible en: <http://www.um.es/docencia/barzana/IATS/lats08.html>. Consulta: 21/06/ 2010.
- [5] Reyes, J. y Casas, V. (2010). Guía de Estudio Sistema de Posicionamiento Global. Venezuela. Editorial de la Facultad de Ingeniería de Universidad Central de Venezuela.
- [6] Health Level Seven Inc. (2007). HL7 Additional Information Specification Implementation Guide. Release 3.0 Based on HL7 CDA Standard Release 2.0. Documento en línea. Disponible en: http://www.hl7.org/Library/Committees/ca/CDAR2AIS0000R030_ImplementationGuide_Draft.pdf Consulta: 11/11/2009.
- [7] Asociación Civil HL7 Argentina (2009). Introducción al mundo de los estándares. Curso HL7 abierto a la comunidad iberoamericana. Edición de abril de 2009. Documento en línea. Disponible en: http://www.telemedicina.buap.mx/Archivos/Estandar_3.pdf Consulta: 28/03/ 2010.
- [8] Schildt, H. (2007). Fundamentos de Java. 3ra Edición. México. McGraw Hill.
- [9] Oracle Technology Network (2010). Java ME Technical Documentation. Documento en línea. Disponible en: <http://download-l1nw.oracle.com/javame/> Consulta: 05/08/2010.



[10] Rincón, A. (2008). Implementación de un sistema para la administración de servicios web en telefonía móvil a través de la plataforma J2ME. Trabajo de Grado. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Pamplona. Colombia.

[11] Zakas, N. (2007). Profesional Ajax. España. Ediciones Anaya.