

# TECNOLOGÍA mHEALTH PARA LA INNOVACIÓN DE LOS SERVICIOS DE CLÍNICAS EMPRESARIALES: MODELO DE APLICACIÓN EN EL MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

## **Elvis Moisés Martínez Pérez**

Ingeniero en Sistemas Informáticos. Docente Investigador Escuela de Ingeniería en Computación. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: [emmartinez@itca.edu.sv](mailto:emmartinez@itca.edu.sv)

## **Héctor Edmundo González Magaña**

Ingeniero en Sistemas Informáticos. Docente Escuela de Ingeniería en Computación. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: [hector.gonzalez@itca.edu.sv](mailto:hector.gonzalez@itca.edu.sv)

## **Carlos Edgardo López Grande**

Ingeniero en Sistemas Informáticos. Docente Investigador Escuela de Ingeniería Eléctrica. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: [carlos.lopez@itca.edu.sv](mailto:carlos.lopez@itca.edu.sv)

Recibido: 27/03/2019 - Aceptado: 09/04/2019

## Resumen

La salud de las personas cada día se ve beneficiada con diferentes descubrimientos ya sea científicos o tecnológicos; una de las áreas con más innovaciones es el de las aplicaciones móviles. Estas aplicaciones pueden ir evolucionando en función de los cambios y accesorios que los dispositivos móviles puedan tener; tenemos el caso de los smartwatch que permiten tomar pulsaciones del corazón, medir la cantidad de pasos dados durante el día o en un intervalo de tiempo determinado; con iguales funciones tenemos los celulares, con la ventaja que estos pueden ser adaptados a dispositivos con funcionalidades bien específicas para el ámbito de la salud. En esta línea tenemos el concepto de mHealth o la salud móvil, que hace un énfasis en el empleo de tecnología móvil para tratar la salud y el bienestar de las personas. El objetivo de esta investigación es desarrollar una aplicación móvil con metodología mHealth para la modernización y automatización de los servicios ofrecidos por Clínicas Empresariales. Por el tipo de proyecto realizado se ha implementado una metodología cuantitativa. Los lenguajes de programación utilizados como parte de la tecnología empleada en el desarrollo del proyecto están Java, HTML5, CSS3, JavaScript y PHP, auxiliados con los frameworks de Android Studio y CodeIgniter; como base de datos utilizada esta PostgreSQL. Los resultados obtenidos son un módulo para dispositivos móviles Android (cliente) y otro en formato Web multiplataforma para la administración de los registros.

## Palabras clave

Innovaciones tecnológicas, servicios de salud, automatización de servicios, mHealth.

## *mHEALTH TECHNOLOGY FOR THE INNOVATION OF COMPANY CLINICS SERVICES: APPLICATION MODEL AT MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES*

## Abstract

The health of people every day is benefited with different discoveries whether scientific or technological; one of the areas with more innovations is the mobile applications field. These applications may evolve depending on the changes and accessories that mobile devices may have; we have the case of smartwatch that allows you to take heart beats, measure the number of steps taken during the day or in a certain time interval; with the same functions we have cell phones, with the advantage that these can be adapted to devices with very specific functionalities for the field of health. In this line, we have the concept of mHealth or mobile health, which emphasizes the use of mobile technology to treat the health and well-being of people. The objective of this research is to develop a mobile application with mHealth methodology for the modernization and automation of the services offered by company clinics due to the type of project carried out, a quantitative methodology has been implemented. The programming languages used as part of the technology used in the development of the project are Java, HTML5, CSS3, JavaScript and PHP, supported by the frameworks of Android Studio and CodeIgniter; as database we

used PostgreSQL. The results obtained are a module for Android mobile devices (client) and a multiplatform Web format for the administration of records.

## Keywords

Technological innovations, health services, service automation, mHealth.

## Introducción

Una de las industrias con más avances en los últimos años es la de los dispositivos móviles, con la evolución de éstos y sus gadgets a lo que ahora conocemos como teléfonos inteligentes o Smartphones. Según Ashari “et al” [1] “Los gadgets de hoy en día se convierten en una de las necesidades más importantes de la vida humana. El uso de dispositivos no solo se convierte en una práctica generalizada entre los adultos, sino que la generación más joven también está expuesta a esta tecnología diversa”. La industria del software y hardware encontró en estos dispositivos un gran reto: lograr el funcionamiento y la comunicación de una forma rápida, flexible y que cumpla las necesidades del usuario [2].

La constante movilidad de las personas y la rápida propagación de dispositivos móviles, están obligando a empresas tanto públicas como privadas a adoptar nuevas estrategias portátiles. Podemos observar que, en las tiendas de aplicaciones móviles, tanto de Android como IOS, ofertan una enorme gama de Apps para diferentes rubros, en particular, la industria del cuidado de la salud es de las más demandadas.

Actualmente, muchos de los profesionales de la salud y pacientes utilizan sus Smartphone o tabletas para trabajar, así como para uso personal. Con el empleo de tecnologías mHealth los profesionales pueden optimizar sus operaciones, ofrecer un mejor servicio y mejorar la experiencia de los pacientes. La Escuela de Ingeniería en Computación en asocio con la Clínica Empresarial del Ministerio de Relaciones Exteriores, desarrolló en el año 2018 el proyecto de investigación aplicada: “Aplicación de tecnología mHealth para la modernización y automatización de los servicios de clínicas empresariales”, como una estrategia de optimización en el proceso de citas y generación de datos estadísticos para la toma de decisiones que ésta posee.

El principal resultado obtenido con el desarrollo de este proyecto, es el de proveer a la Clínica Empresarial una herramienta de software innovadora, en beneficio del personal y aplica para cualquier clínica empresarial que requiera implementar este proyecto.

## Desarrollo

El mundo de la salud no está al margen de los cambios de la tecnología, han ido surgiendo paralelos al concepto de “Web 2.0” el de “Salud 2.0” y como parte de ésta última el de mHealth. La eSalud (eHealth en su terminología en inglés) es el término con el que se define al conjunto de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) que, a modo de herramientas, se emplean en el entorno sanitario en materia de prevención, diagnóstico, tratamiento, seguimiento, así como en la gestión de la salud, ahorrando costes al sistema sanitario y mejorando la eficacia de éste [3].

Todas estas tecnologías que han ido surgiendo vinculadas a dispositivos móviles y que están de una u otra forma relacionadas con el ámbito de la salud tienen entidad propia que recibe el nombre de mHealth [4].

### Uso y aplicaciones de mHealth

#### a) Recopilación de datos de la salud

Actualmente se pueden rastrear enfermedades como la malaria, el SIDA y la tuberculosis a través de los dispositivos móviles, baratos y eficientes.

#### b) Suministrar información sobre salud

La mejor biblioteca médica está en la mano, en forma de un Smartphone. Existe la posibilidad de enviar fotos de radiografías o incluso de fluidos corporales, a través de herramientas como CellScope, un periférico para Smartphone.



Figura 1. Imagen de un dispositivo cellscope, utilizado para visualizar y examinar el conducto auditivo externo y el tímpano, similar a un otoscopio

### c) Monitoreo en tiempo real de los signos vitales de pacientes, entre otras variables

En países desarrollados, mHealth es útil para enfermedades crónicas con dispositivos como ViSi, aprobado en agosto de 2012 por la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE.UU. (FDA por sus siglas en inglés) para su uso en hospitales fuera de la UCI. Es razonable suponer que, en el futuro, se extenderá su uso a situaciones de salud en el hogar, en las regiones rurales, así como en los países no desarrollados.

La Clínica Empresarial asociada al proyecto de investigación pertenece al Ministerio de Relaciones Exteriores, ubicado en el Boulevard Cancillería y Calle El Pedregal, Ciudad Merliot. Surge como una prestación institucional en coordinación con el Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS).

El objetivo de esta clínica médica es brindar un servicio adicional al actual plan de prestaciones de salud que se ofrece a los empleados. Se caracteriza por el enfoque integral de los servicios médicos.



Figura 2. Ubicación de las instalaciones del Ministerio de Relaciones Exteriores

### Software para desarrollo de aplicación móvil y módulo administrativo

Como parte del desarrollo del proyecto, contamos con las siguientes herramientas utilizadas para lograr los objetivos planteados:

**Android Studio:** es la plataforma vigente que Google ofrece gratuitamente para realizar el desarrollo de Android. En la actualidad, Android Studio está disponible para Microsoft Windows, Mac OS X y GNU/Linux [5]. Sitio Web: <https://developer.android.com/studio/index.html>

**Firestore Cloud Messaging (FCM):** es una solución de mensajería multiplataforma que permite enviar mensajes de forma segura y gratuita. Con FCM se proporciona una conexión confiable y con un bajo consumo de batería entre el servidor y los dispositivos, lo que permite enviar y recibir

mensajes y notificaciones en Android, iOS y la Web sin costo. Sitio Web:

<https://firebase.google.com/docs/android/setup>

**Material design:** es una normativa de diseño enfocado en la visualización del sistema operativo Android, además en la Web y en cualquier plataforma. Fue desarrollado por Google y anunciado en la conferencia Google I/O celebrada el 25 de junio de 2014. Sitio Web: <https://material.io/design/>

Como una contraparte de la aplicación móvil para los usuarios, se desarrolló un módulo de administración Web para la clínica, implementando las siguientes herramientas:

**SERVIDOR APACHE:** el Proyecto de Servidor HTTP Apache es un esfuerzo para desarrollar y mantener un servidor HTTP de código abierto para sistemas operativos modernos, incluyendo UNIX y Windows.

Sitio Web: <https://httpd.apache.org/>

**PHP:** acrónimo recursivo de Hypertext Preprocessor. Preprocesador de Hipertexto. Es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo Web y que puede ser incrustado en HTML. Sitio Web: <http://php.net/downloads.php>

**CODEIGNITER:** es un framework para el desarrollo de aplicaciones en PHP, que utiliza MVC (Modelo-Vista-Controlador). Sitio Web: <https://codeigniter.com/>

**POSTGRESQL:** es un potente sistema de bases de datos relacionales de objetos de código abierto, con más de 30 años de desarrollo activo que ha ganado una sólida reputación de confiabilidad, solidez de características y rendimiento. Funciona muy bien con grandes cantidades de datos y una alta concurrencia de usuarios accediendo a la vez al sistema. Sitio Web: <https://www.postgresql.org/>

## Metodología de investigación

Como resultado del proceso de trabajo realizado durante el período de investigación 2018, se desarrollaron dos aplicaciones que trabajan en conjunto para administrar el proceso de citas de la clínica empresarial del Ministerio de Relaciones Exteriores, así como, el historial de consultas por paciente y de sus beneficiarios.

Para tal fin, la Escuela de Ingeniería en Computación de ITCA-FEPADE conformó un equipo de docentes investigadores, que contó con la ayuda de un grupo de estudiantes destacados previamente seleccionados de la carrera de Técnico en Ingeniería de Sistemas Informáticos, así como con la colaboración del

personal de la Clínica y de la Unidad de Tecnologías Informáticas y Telecomunicaciones UTIT del Ministerio. Según Hernández Sampieri [6] el método cuantitativo ha sido el más usado por ciencias como la física, química y biología. Por ende, es más propio para las ciencias llamadas “exactas o naturales”. Las fases empleadas en esta metodología son las que se describen a continuación:

### Primera Fase

La fase inicial consistió en la recolección de la información necesaria para determinar qué tecnologías simplificarían el desarrollo de la Aplicación en dos modalidades, móvil y Web. En esta fase, el equipo de trabajo de ITCA-FEPADE coordinaron esfuerzos con personal de la Clínica Empresarial y de UTIT para obtener todos los requerimientos funcionales del proyecto. Se capacitaron estudiantes destacados en las herramientas a utilizar.



Figura 3. Docente investigador Ing. Elvis Martínez impartiendo capacitación a estudiantes.

### Segunda Fase

En esta fase se llevó a cabo el trabajo de análisis y diseño del aplicativo así como la recopilación de datos; en esta parte el equipo de investigación estableció las herramientas óptimas para la programación de la App y del módulo Web.



Figura 4. Reunión de trabajo con el Ministerio de RR.EE. para toma de requerimientos.

### Tercera Fase

Consistió en el desarrollo y prueba del aplicativo móvil y Web. En esta etapa se procedió a realizar la codificación del aplicativo y su respectiva prueba en el móvil y en la Web.

### Cuarta Fase

Como última etapa tenemos la implementación; esta consistió en la preparación de todo el ambiente de producción en la Unidad de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones, UTIT. Se establecieron políticas de seguridad dentro del servidor donde estará alojada la aplicación Web.



Figura 5. Reunión de trabajo de ITCA-FEPADE y UTIT; configuración de servidor y aplicación móvil.

### Preparación del servidor

El sitio Web y la base de datos estarán alojados en un servidor CentOS, con base de datos PostgreSQL. Se eligió esta base de datos y servidor por recomendaciones de la Unidad de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones del Ministerio de Relaciones Exteriores. Los servicios que se instalaron en el servidor fueron los siguientes:

1. Apache Server 2.4.6
2. Lenguaje PHP 7.2
3. Servicio de base de datos PostgreSQL 9.6

## Resultados

### Descripción de la Aplicación Móvil

La aplicación desarrollada, integra toda la metodología antes expuesta. Se presenta en versión para Android. Dicha App puede funcionar con plan de datos móviles o red WiFi. La descripción de las pantallas del aplicativo son las siguientes.

**Pantalla de inicio de sesión:** permite identificar o registrar a los usuarios de la aplicación. Si es la primera vez que se usa deberá de presionar sobre el texto ¡Regístrate!



Figura 6. Pantalla de acceso a la aplicación por parte de los pacientes de la clínica.

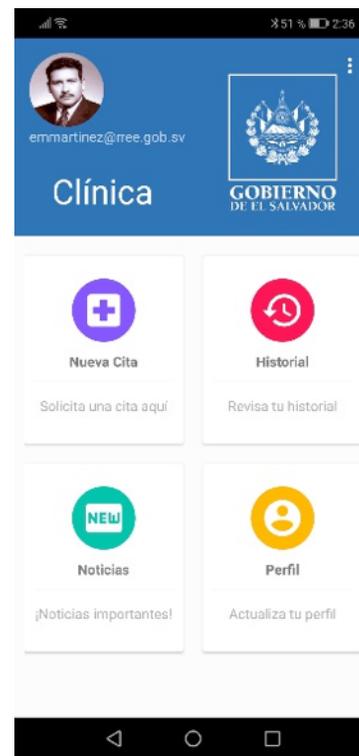


Figura 8. Pantalla de menú principal de la aplicación.

La opción **¡Regístrate!** permite la creación de un nuevo usuario dentro del sistema; con este usuario podrá realizar las citas médicas.



Figura 7. Pantalla de registro de usuario.

El **Menú Principal**, consta de 4 opciones fáciles de identificar y sobre todo amigables para el usuario.

**Nueva cita:** en esta opción los usuarios podrán reservar su cita médica. Los horarios en que se puede reservar consulta dependerán del tipo de servicio a requerir; ya sea consulta general, pediatría, consulta metabólica o control prenatal.



Figura 9. Pantalla de horarios para reserva de citas

**Historial:** esta opción es para consultar todas las citas que se han realizado durante todo el periodo que el empleado este activo en la institución. Dentro de esta opción también se pueden anular citas activas por parte del mismo paciente.

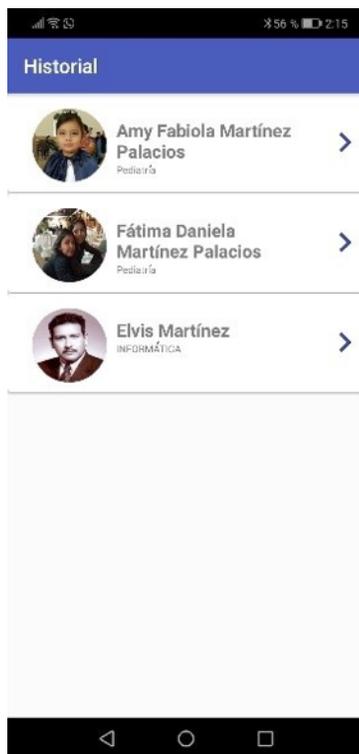


Figura 10. Pantalla principal de historial del paciente y sus beneficiarios.

**Noticias:** esta opción es para consultar las notificaciones enviadas por parte del administrador del sistema de la clínica empresarial para todos los usuarios. Estas alertas son mostradas en forma de aviso emergente que se elimina al presionar sobre él, para luego poderse revisar desde la aplicación.

**Perfil:** en esta opción el usuario podrá actualizar sus datos personales, así como el cambio de contraseña y el poder gestionar sus beneficiarios.

**Salir:** para cerrar sesión deberá de presionar sobre los tres puntos verticales que aparecen al lado superior derecho de la pantalla del menú principal y elegir la opción “Cerrar Sesión”.



Figura 11. Menú de opción para Cerrar Sesión.

## Descripción de la aplicación web

### Módulo Administrativo

El módulo de administración está desarrollado con el framework CodeIgniter. Dicho módulo será utilizado por la enfermera de la clínica empresarial encargada de la recepción de pacientes. La descripción de pantallas es la siguiente:

**Identificación de usuario:** pantalla que solicita las credenciales de acceso al sistema: Usuario y Contraseña.

**Menú de principal:** presenta las opciones de Cerrar Sesión, Configuración, Inicio, Usuarios, Citas, Médicos, Diagnóstico, Pacientes, Estadísticas y Notificaciones.



Figura 12. Menú principal del módulo.

**Horarios:** esta opción está dentro de Configuración. Permite gestionar los horarios disponibles para cada servicio que brinda la clínica: consulta general, pediatría, consulta metabólica o control de embarazo.

**Usuarios:** permite gestionar los registros de todos los pacientes y médicos que se han registrado en la aplicación o que el administrador ha adicionado desde el módulo Web.

**Citas:** en esta pantalla se pueden visualizar y gestionar las reservas de citas de los pacientes para la clínica en cualquiera de sus servicios prestados: general, metabólica, control prenatal y pediatría. Solo se visualizan las citas del día o del día inmediato. Para revisar citas atendidas en otros periodos usar la pantalla de historial.

**Historial de citas:** en esta pantalla se puede realizar la consulta de citas atendidas en días que no sean el actual o del siguiente. Sirve para futuras revisiones de casos atendidos por pacientes.

**Médicos:** permite la gestión de registros de los médicos que prestan sus servicios en la clínica empresarial.

**Diagnósticos:** son los causales por los que se registra una consulta, es decir, que son todos los tipos de síntomas que presenta el paciente al momento de la consulta.

**Pacientes:** permite la gestión de los registros de pacientes que posee la clínica empresarial.

**Estadísticas:** usada para obtener un resumen estadístico gráfico de todos los casos atendidos durante un periodo determinado de tiempo.

**Notificaciones:** permite registrar todas las alertas que se requieren enviar a los pacientes que tienen la aplicación móvil instalada en sus celulares. Dichas alertas son mostradas durante un periodo de vigencia. En el módulo Web siempre estarán visibles hasta que el administrador las elimine.

## Conclusiones

1. La App innovadora de software desarrollada, ha impactado positivamente la manera en que se gestionan las citas médicas dentro de la clínica empresarial del Ministerio de Relaciones Exteriores.
2. La herramienta tiene la capacidad de integrar dos módulos, App Android y módulo Web, que en conjunto optimizan los procesos de la clínica.
3. La App tiene las funcionalidades tanto en el aspecto de presentación dinámica y amigable al usuario final, como en el aspecto de la eficiencia en el almacenamiento y manejo de los registros de citas y consultas de los pacientes.
4. Se realizó un estudio de requerimientos para la selección de las herramientas óptimas del proyecto, estableciendo Android Studio para la parte móvil y CodeIgniter para la parte Web.
5. Se diseñó y programó un modelo informático con metodología mHealth en base a los requerimientos proporcionados por el personal de la Clínica Empresarial y la UTIT del Ministerio de Relaciones Exteriores.
6. Se configuró todo el ambiente de producción en colaboración con el personal de la UTIT y el grupo de trabajo del proyecto de investigación de ITCA-FEPADE, teniendo un servidor seguro y confiable para el resguardo de los datos y las aplicaciones.
7. El resultado de este proyecto de investigación contribuirá con las instituciones que lo implementen, dotándolas de una herramienta innovadora con metodología mHealth.
8. Docentes y estudiantes fortalecieron competencias técnicas e innovaron un proceso en el área de salud para la clínica empresarial, en beneficio de una institución de servicio público.

## Recomendaciones

- ✓ Aprovechar las funcionalidades ya desarrolladas y expandirlas de tal forma que los servicios administrados por la aplicación móvil y Web no solo se limiten a reserva de citas, sino también a otras áreas que puedan necesitar más controles: recetas de medicamentos, exámenes de laboratorio, entre otros.
- ✓ Los resultados de este proyecto abren las puertas a muchas ideas innovadoras que pueden ser aprovechadas para mejorar los servicios de atención no solo en clínicas sino también en hospitales.
- ✓ Se propone que este proyecto en el marco de la Proyección Social de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE pueda ser donado e implementado en cualquier clínica empresarial que lo requiera.

## Referencias

- [1] Z. M. Ashari, A. A. Ngadiman, N. F. Zainudin, y N. F. Jumaat, "The Relationship between Knowledge and Attitude towards Technology Gadget Usage with Students' Socio-Emotions Development", *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, vol. 12, núm. 7, pp. 152-163, nov. 2018.
- [2] J. D. Luján Castillo, *Android. Aprende desde cero a crear aplicaciones*, 1er. Edición. México: Alfaomega, 2015.
- [3] COM SALUD, "¿Qué es la eSalud? Definición y concepto | LaeSalud.com", *La eSalud*, Web de referencia en eHealth en español, 2016.
- [4] espais, "EspidiDoctor", 22-dic-2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.espidadoctor.com/que-es-la-mhealth/>. [Consultado: 18-ene-2018].
- [5] S. Ramón, P. F. de la Puente, Á. Vázquez, y J. A. Gómez, *Aprender a programar Android con 100 ejercicios prácticos*, 1er. Edición. México: Alfaomega, 2017.
- [6] F. C. Sampieri Roberto y Baptista Pilar, *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill, 2003.