

Universidad Autónoma de Baja California
Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño



Modelo de personalización para sistemas de salud móvil

TESIS

que para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA

Julián Adrián Garibaldi Beltrán

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Mabel Vázquez Briseño

Ensenada, Baja California, México

Diciembre de 2013

Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño

Unidad Ensenada

**Modelo de personalización para sistemas de salud
personalizados**


TESIS

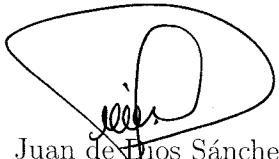
que para obtener el grado de maestría en ingeniería presenta:

Julián Adrián Garibaldi Beltrán

Aprobada por:


Dra. Mabel Vázquez Briseño
Directora de Tesis


Dr. Juan Ivan Nieto Hipólito
Miembro del comité


Dr. Juan de Dios Sánchez López
Miembro del comité

Ensenada, Baja California México, Diciembre de 2013.

RESUMEN de la Tesis de **Julián Adrián Garibaldi Beltrán**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN INGENIERÍA.
Ensenada, Baja California, México, Diciembre de 2013.

Modelo de personalización para sistemas de salud móvil

Resumen aprobado por:


Dra. Mabel Vázquez Briseño
Directora de Tesis

La salud móvil ha incrementado sus áreas de aplicación con el despliegue a gran escala de los dispositivos móviles, que se han convertido en parte fundamental de la vida diaria de la sociedad actual. El estilo de vida de esta sociedad, ha incrementado la prevalencia de enfermedades crónicas, es así como han surgido los sistemas de salud móvil (SSMs), que son sistemas que sirven de soporte al sector salud, pues impulsan cambios en el comportamiento de los usuarios. Además le permite a médicos y usuarios estar en contacto sin importar las barreras geográficas. Considerando que las necesidades varían de un individuo a otro, en este trabajo de investigación se propone un modelo de personalización para los sistemas de salud móvil.

Este trabajo de investigación inicia con la definición de las enfermedades crónicas de mayor recurrencia en la población mundial, para esto se realizó una revisión bibliográfica además de realizar visitas a médicos para saber a cuales enfermedades crónicas se orientaría el modelo propuesto. Así mismo de las reuniones con los médicos se pudo conocer cuáles son los elementos físicos que se utilizan en el tratamiento y seguimiento

de las enfermedades crónicas elegidas. Como resultado de estas actividades se pudo definir que las enfermedades crónicas de mayor prevalencia en la población mundial son obesidad, diabetes y las enfermedades cardiovasculares (*ECV*), y que pacientes y médicos utilizan como elementos físicos básculas, glucómetros y monitores de frecuencia cardiaca, respectivamente, para el seguimiento y tratamiento de cada enfermedad.

Por otra parte se definieron las tecnologías de comunicación inalámbrica (*TCIs*), más utilizadas en los SSMs, resultando Bluetooth y WSN IEEE 802.15.4 como las TCIs utilizadas con mayor frecuencia en estos sistemas. Debido a que ambas tecnologías se utilizan para realizar la transferencia de información desde los elementos físicos a los dispositivos móviles, se realizó un análisis de estas tecnologías que consistió su comparación, considerando parámetros previamente establecidos. Dicha comparación se realizó en escenarios donde posiblemente se utilizarían los SSMs. Del análisis realizado, Bluetooth se comportó mejor que la tecnología WSN IEEE 802.15.4, por lo que fue elegida como la tecnología adecuada para integrarse al modelo de personalización.

El modelo de personalización se compone de tres bloques funcionales: *i) Captura de datos, ii) Lectura y medición y iii) Visualización de información*. Se muestran también los casos de uso, aplicando el modelo de personalización a las enfermedades crónicas descritas anteriormente.

Por último se realizó una evaluación del modelo con usuarios potenciales: niños, adultos y personal de salud. Para esta actividad se utilizaron herramientas de evaluación ya establecidas: Cuestionarios SUS (System Usability Scale) y TAM (Technological Acceptance Model), con resultados satisfactorios, mayormente del personal de salud.

Palabras Clave: sistemas de salud móvil, personalización, Bluetooth, WSN IEEE 802.15.4, enfermedades crónicas.

Dedicatoria

A Dios, Ese Ser, que una vez más me ha permitido *hacer la prueba* y comprobar Su bondad.

A mis padres, por el apoyo que me brindaron en todo los sentidos: antes, durante y – estoy seguro – después de este proceso; les debo todo, tendría que hacer un libro y no terminaría de agradecerle a *mis gigantes*.

A mi hermana mayor, quien también formó parte importante de esta etapa de mi vida, a fin de cuentas, no podemos estar ni juntos ni separados.

A mi hermana menor, que hace que yo dé cada paso con cuidado, porque aún sin ver hacia atrás, siento sus pasos detrás de mi.

A mi novia, quien al igual que mi familia, me ha brindado su apoyo incondicional, su comprensión y su amor, aún en la distancia, gracias por esperarme.

Gracias por comprender los “*tengo que colgar...*”, “*estoy ocupado...*”, “*tengo tarea...*”, seguro estoy que no los ponían más triste que a mi.

Agradecimientos

A esas personas con quien compartí alegrías, preocupaciones, tristezas y todos esos sentimientos que hicieron que se formara una sólida amistad que no terminará aquí.

A mis compañeros del laboratorio de Telemática, que ya somos “como de la familia”, por sus consejos, regaños (*sobre todo*) y por los buenos momentos que compartimos.

A los compañeros del MYDCI, por las frías noches que pasabamos estudiando, resolviendo problemas o metiendonos en más problemas.

A mi familia de Tijuana, por su amabilidad y por los buenos momentos que pasamos en cada visita, a mi familia de Guasave, por hacer de las vacaciones algo mucho mejor.

A mis amigos, que a pesar de la distancia se mantienen cerca.

A todas las personas que durante estos casi 30 meses, de una u otra manera han hecho que la estancia aquí sea mas agradable.

No doy nombres porque haría una extensa lista recordando tantas experiencias, además no hace falta poner los nombres ya que esos recuerdos perduraran por siempre en nuestras memorias.

Agradezco a mi directora de tesis, la Dra. Mabel Vázquez Briseño por plantear las directrices de este proyecto de investigación, pero sobre todo, por la paciencia que me tuvo durante este tiempo.

Al Dr. Juan Ivan Nieto Hipólito, por haberme aceptado desde el verano científico, y por el apoyo recibido de su parte, desde que llegué a esta ciudad y hasta la fecha.

Al Dr. Juan de Dios Sanchez López, por sus consejos y el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

A la UABC por *adoptarme*, y al pueblo de México, que con sus contribuciones gestionadas por el CONACYT, me apoyó economicamente durante este tiempo.

A todos ellos, ¡GRACIAS!

Índice General

Resumen	iii
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice General	vii
Índice de Tablas	x
Índice de figuras	xi
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes	4
1.2 Planteamiento del problema	5
1.2.1 Preguntas de investigación	6
1.3 Objetivos	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Metodología	8
1.5 Contenido del documento	10

2	Trabajo Relacionado	11
2.1	Descripción de las TCIs	11
2.2	Sistemas de salud móvil	15
2.3	Resumen del capítulo	21
3	Enfermedades Crónicas	22
3.1	Selección de enfermedades crónicas.	22
3.1.1	Obesidad	23
3.1.2	Diabetes	24
3.1.3	Enfermedades cardiovasculares	26
3.2	Conclusiones del capítulo	27
4	Análisis de las TCIs	29
4.1	Definición de las TCIs.	30
4.1.1	Parámetros de evaluación	31
4.1.2	Materiales utilizados para la evaluación	32
4.1.3	Descripción de las transmisiones de datos	33
4.1.4	Descripción de escenarios	34
4.2	Resultados del análisis	39
4.2.1	Paquetes perdidos	40
4.2.2	Paquetes retransmitidos	42
4.2.3	Tiempo de Transmisión	43
4.3	Conclusiones del capítulo	45
5	Modelo de personalización para SSMs	47
5.1	Objetivo	47
5.1.1	Taxonomía de los SSMs	48

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	ix
5.2 Descripción	50
5.2.1 Actores	50
5.2.2 Bloques	53
5.3 Casos de uso	56
5.3.1 Obesidad	56
5.3.2 Diabetes	57
5.3.3 ECV	58
5.4 Conclusiones del capítulo	58
6 Evaluación del modelo	60
6.1 Evaluación	60
6.1.1 Descripción del escenario de evaluación	61
6.2 Resultados de la evaluación	63
6.3 Conclusiones del capítulo	70
7 Conclusiones y trabajo futuro	72
7.1 Conclusiones	72
7.2 Trabajo futuro	75
7.3 Publicaciones	76
Bibliografía	78

Índice de Tablas

1.1	Tecnologías de comunicación inalámbrica.	4
5.1	Datos requeridos de acuerdo a la enfermedad padecida.	54
7.1	Resultados de la evaluación del modelo.	75

Índice de figuras

1.1	Arquitectura general de los SSMs.	2
1.2	Metodología seguida en la investigación.	8
2.1	Tecnologías de comunicación inalámbrica.	12
3.1	Prevalencia de obesidad en adultos mayores de 20 años, 2008.	24
3.2	Tasa de mortalidad por ECVs y Diabetes por cada 100,000 mujeres, 2008. 25	
3.3	Tasa de mortalidad por ECVs y Diabetes por cada 100,000 hombres, 2008. 26	
4.1	Escenario controlado.	35
4.2	Escenario real - Casa de asistencia geriátrica.	36
4.3	Escenario real - Patio de la escuela primaria.	37
4.4	Escenario real - Salón de clases de la escuela primaria.	38
4.5	Escenario controlado - Paquetes perdidos.	40
4.6	Escenarios reales - Paquetes perdidos.	41
4.7	Escenario controlado - Paquetes retransmitidos.	42
4.8	Escenarios reales - Paquetes retransmitidos.	43
4.9	Escenario controlado - Tiempo de Transmisión.	44
4.10	Escenarios reales - Tiempo de Transmisión.	45

5.1	Taxonomía de los SSMS.	49
5.2	Modelo de personalización para SSMS.	51
5.3	Diagrama de la aplicación móvil para el médico.	53
5.4	Diagrama de la aplicación móvil para el paciente.	55
5.5	Modelo de personalización orientado a Obesidad (<i>Lectura y medición</i>).	56
5.6	Modelo de personalización orientado a Diabetes (<i>Lectura y medición</i>).	57
5.7	Modelo de personalización orientado a ECV (<i>Lectura y medición</i>).	58
6.1	Pantallas principales de las aplicaciones desarrolladas A.-) Aplicación que recibe datos desde el elemento físico. B.-) Aplicación para lectura/escritura de datos personales.	63
6.2	Edad de los niños participantes y frecuencia de uso de los dispositivos móviles.	64
6.3	Edad de los adultos participantes y frecuencia de uso de los dispositivos móviles.	66
6.4	Edad de los médicos participantes y frecuencia de uso de los dispositivos móviles.	68
6.5	Respuestas a la pregunta ¿Utilizaría este sistema?.	70

Capítulo 1

Introducción

Salud móvil (*del inglés mHealth*), es el uso de redes móviles como GSM¹, GPRS², 3G³, LTE⁴, entre otras, para transmitir datos y tener acceso a diferentes servicios de salud en línea. Por lo general, el acceso a esta información se realiza a través de dispositivos como teléfonos móviles, teléfonos inteligentes (*smartphones*), computadoras portátiles o alguna computadora personal en tableta (*tablet*), para comunicarse con elementos físicos, como sensores o instrumentos médicos [1]. La integración de estos dispositivos y redes móviles permite la creación de sistemas de salud móvil (*SSMs*), cuya arquitectura se describe en la figura 1.1, de donde se destacan los siguientes componentes:

- Usuario: Paciente o médico que interactúa con el SSM.
- Dispositivo de adquisición de datos: Generalmente un sensor que mide ciertos parámetros relacionados con la salud del paciente.

¹Siglas de: Global System for Mobile communications - Sistema global para las comunicaciones móviles.

²Siglas de: General Packet Radio Service - Servicio general de paquetes vía radio.

³Referente a: Third Generation - Tercera generación de telefonía móvil.

⁴Siglas de: Long Term Evolution - Evolución de la tecnología 3G.

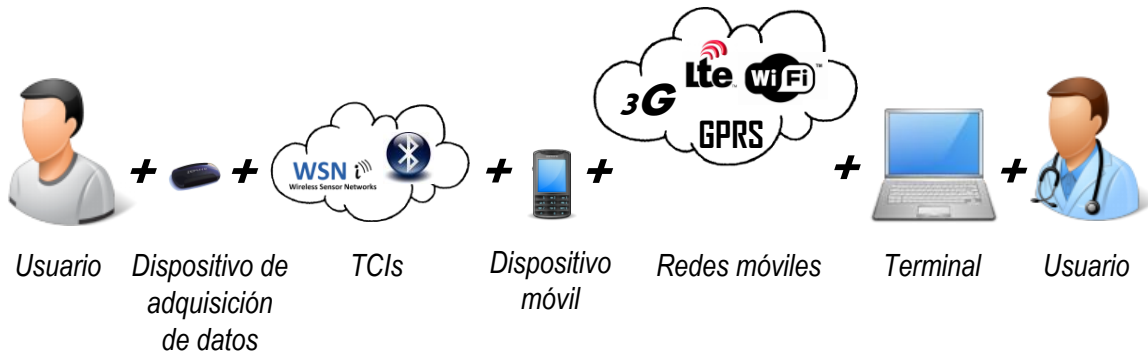


Figura 1.1: Arquitectura general de los SSMs.

- TCI: Tecnología de comunicación inalámbrica mediante la cual, los datos se transmiten desde el dispositivo de adquisición de datos, hasta el dispositivo móvil.
- Dispositivo móvil: *Smartphone* o *tablet* del usuario que contiene una aplicación que controla la recepción y transmisión de datos a través de las redes móviles.
- Redes móviles: Medio de transmisión de datos desde el dispositivo móvil hasta la terminal del personal de salud, estas redes pueden ser 3G, LTE, GSM, GPRS, Wi - Fi, entre otras.
- Terminal: Dispositivo del médico (*Smartphone*, *Tablet*, *Laptop* o *PC de escritorio*), desde el cual se pueden monitorizar los datos que se reciben por parte del usuario.

La Fundación de las Naciones Unidas (*United Nations Foundation*) y la Fundación Vodafone [1], realizaron un listado de las mayores áreas de aplicación de los sistemas de salud móvil en países desarrollados, como se muestra a continuación:

- Educación y conocimiento.
- Obtención remota de datos.

- Monitorización remota.
- Comunicación y seguimiento del personal de salud.
- Seguimiento de enfermedades y brotes epidémicos.
- Diagnóstico y apoyo en el tratamiento de enfermedades.

En el listado presentado anteriormente, se puede observar cómo la salud móvil va más allá del uso de dispositivos móviles en las instituciones de salud. La salud móvil se basa en la comunicación inalámbrica. Esta se realiza entre dos o más dispositivos, aún cuando los extremos de la comunicación (*emisor/receptor*), no se encuentran unidos por algún medio de propagación físico, sino que la comunicación se realiza mediante la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio; de tal manera que los dispositivos físicos consisten sólo en las terminales que cuentan con una antena receptora de dicha señal.

Existen diversas tecnologías que hacen uso de la comunicación inalámbrica (*Tecnologías de comunicación inalámbrica - TCIs*), algunas de estas se muestran en la tabla 1.1.

Las necesidades de los usuarios de los sistemas de salud móvil varían debido a diversos factores cómo la enfermedad que padecen, sexo, edad, estilo de vida, condición social, entre otras cosas, por estos motivos es necesaria la personalización de los sistemas de salud móvil [2].

El trabajo de investigación aquí presentado, describe un modelo para la personalización de los sistemas de salud móvil, considerando una taxonomía previamente elaborada, la tecnología propuesta por el modelo se basa en una comparación realizada en diversos escenarios, de manera que, dicho modelo apoya al médico en el seguimiento y tratamiento personalizado de pacientes con enfermedades crónicas.

Tabla 1.1: Tecnologías de comunicación inalámbrica.

Acrónimo	Nombre	Estándar
Wi - Fi	Wi - Fi	IEEE ⁴ 802.11
Bluetooth	Bluetooth	IEEE 802.15.1
UWB	Ultra - Wideband	IEEE 802.15.3
WSN	Wireless Sensor Networks	IEEE 802.15.4
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	IEEE 802.16
NFC	Near Field Communication	ISO ⁵ 14443

En este capítulo se describen los antecedentes, el planteamiento del problema, los objetivos y la metodología seguida para la realización de este trabajo de investigación.

1.1 Antecedentes

Actualmente el sobrepeso, las dietas insalubres, la inactividad física, la privación del sueño y el estrés, junto con el envejecimiento de la población contribuyen al incremento en la prevalencia de enfermedades crónicas. El aumento de los riesgos de salud y enfermedades crónicas relacionados con el estilo de vida, junto con los recursos limitados de los sistemas de salud, impulsan a que se fomenten medidas de prevención de enfermedades centradas en el ciudadano, así como nuevos modelos de atención para el

⁴Siglas de: Institute of Electrical and Electronics Engineers - Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.

⁵Siglas de: International Organization for Standardization - Organización internacional de estandarización.

manejo de enfermedades crónicas [3].

Las enfermedades crónicas son de larga duración y por lo general de progresión lenta. Entre las enfermedades crónicas con mayor incidencia se encuentran las enfermedades cardíacas, los infartos, el cáncer, las enfermedades respiratorias y la diabetes, siendo las principales causas de mortalidad en el mundo, provocando el 63% de las muertes. En 2008, 36 millones de personas murieron de una enfermedad crónica, de las cuales la mitad era de sexo femenino y el 29% era de menos de 60 años de edad [4].

1.2 Planteamiento del problema

La adopción de los SSMs se ha llevado a cabo en varios escenarios, sirviendo de respuesta a la necesidad de la individualización de soluciones de salud de cada paciente, participando tanto en la prevención, como en el seguimiento de las enfermedades crónicas, permitiendo mejorar la calidad de vida del paciente, a costos razonables, gracias a las innovaciones tecnológicas [3].

El despliegue de diversos dispositivos móviles ha avanzado a grandes pasos [5]. El uso de etiquetas de identificación por radiofrecuencia *RFID*, la tecnología Bluetooth, así como las redes de sensores basadas en el estándar IEEE 802.15.4, y diversos dispositivos móviles como *tablets* o *smartphones*, han tenido gran influencia para el desarrollo de nuevas tecnologías de salud.

Considerando esta situación, se puede ver cómo el uso de cierta tecnología en los SSMs, está en relación con las funcionalidades con las que cuentan los dispositivos, sin importar el desempeño que pueda tener dicha tecnología cuando se utilice en el sistema. Por esta razón y considerando la necesidad de personalización de los SSMs descrita en [2], el trabajo de investigación aquí presentado, propone un modelo de personalización para SSMs, específicamente para monitorización de personas con enfermedades

crónicas.

El modelo descrito se basa entre otras cosas, en un análisis de las TCIs más comunes en los SSMs, considerando ciertos parámetros y situaciones descritos posteriormente para personalizar los SSMs, facilitando así a los encargados de salud, la monitorización personalizada de pacientes que padecen estas enfermedades.

1.2.1 Preguntas de investigación

Este trabajo fue preparado para responder las siguientes preguntas de investigación, cuyas respuestas serán expuestas en los siguientes capítulos:

- ¿Cuáles son las TCIs más utilizadas para la comunicación entre elementos físicos y dispositivos móviles en SSMs?
- ¿Cuáles son las enfermedades crónicas de mayor incidencia en la población mundial?
- ¿Qué elementos físicos intervienen en los SSMs para enfermedades crónicas?
- ¿Qué parámetros se deben considerar para evaluar las TCIs?
- ¿Cual TCI se comporta mejor en escenarios reales?
- ¿Cómo realizar un modelo de personalización para SSMs?
- ¿Cual es el grado de aceptación del modelo de personalización para SSMs, por parte del usuario?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

El principal objetivo de este trabajo de investigación puede resumirse de la siguiente manera:

Analizar diferentes TCIs para diseñar y evaluar un modelo de personalización para SSMs orientados a la monitorización de personas con enfermedades crónicas.

1.3.2 Objetivos específicos

Con el fin de cumplir con el objetivo general, se consideraron cada uno de los siguientes objetivos específicos:

- Definir las TCIs que intervienen en los SSMs para enfermedades crónicas.
- Definir las enfermedades crónicas a las que se orienta el modelo de personalización.
- Definir los elementos físicos que intervienen en los SSMs para enfermedades crónicas.
- Definir los parámetros de evaluación para las TCIs.
- Analizar las TCIs más utilizadas en los SSMs.
- Realizar un modelo de personalización para SSMs con las tecnologías evaluadas, orientado a la monitorización de personas con enfermedades crónicas.
- Evaluar el grado de aceptación del modelo de personalización para SSMs, por parte de los usuarios.

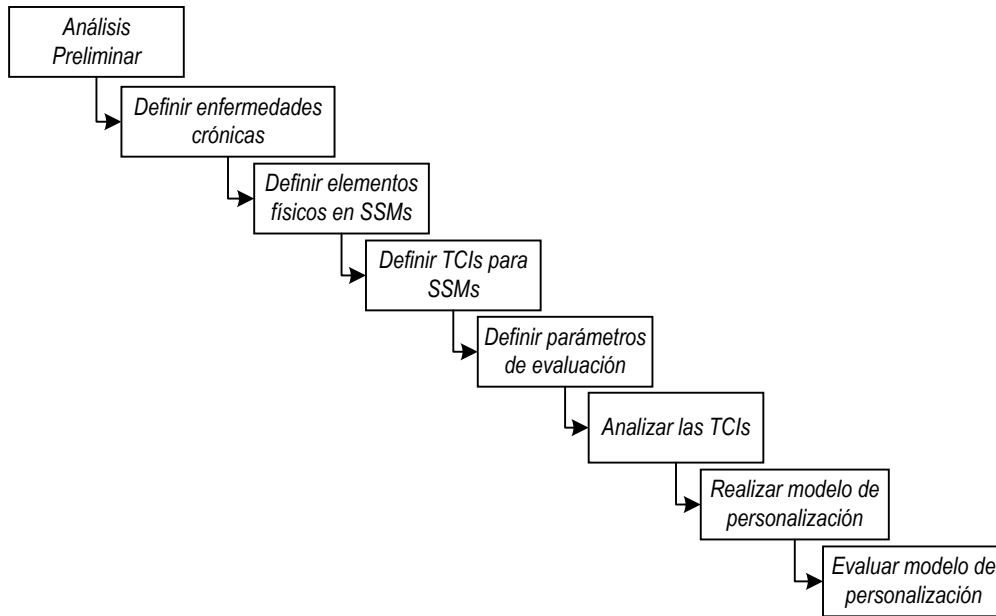


Figura 1.2: Metodología seguida en la investigación.

1.4 Metodología

Para cumplir con el objetivo de este trabajo de investigación, se partió de lo particular a lo general, utilizando el método de inducción, es decir, desde conceptos básicos como salud móvil y TCIs, a partir de la definición de enfermedades crónicas más comunes así como elementos físicos y TCIs que integran los sistemas de salud, para continuar con el análisis de las TCIs utilizadas en los SSMS y la elaboración de un modelo de personalización para estos sistemas, finalizando con una evaluación del grado de aceptación del modelo por parte de los usuarios, como se muestra en la figura 1.2; a continuación se describe de manera específica cada actividad:

- *Análisis preliminar.* Para iniciar con este trabajo de investigación fue necesario una revisión literaria, con la finalidad de identificar los trabajos previos relacionados con la propuesta aquí descrita. Con esta revisión bibliográfica se pudo

conocer la situación actual de los SSMs y de las TCIs, directrices que marcarían el rumbo de esta investigación.

- *Definir las enfermedades crónicas a las que se orienta el modelo de personalización.* Para ello fue necesario reunirse con personal de salud para que proporcionara información, además dicha información fue comparada con la información bibliográfica de diversas bases de datos.
- *Definir cuáles son los elementos físicos que intervienen en los SSMs para enfermedades crónicas.* Esta actividad se realizó, de igual manera con apoyo del personal de salud, a través de diversas entrevistas para identificar las herramientas (*elementos físicos*) que utilizan de manera tradicional para tratar a pacientes con enfermedades crónicas.
- *Definir las TCIs que intervienen en los SSMs para enfermedades crónicas.* Para realizar esta actividad fue necesario consultar la bibliografía existente además de reunirse con el personal de salud para identificar las TCIs que utilizan los SSMs.
- *Definir parámetros de evaluación para las TCIs.* Actividad que permitió establecer las bases para el análisis de las TCIs.
- *Analizar las TCIs más utilizadas en los SSMs.* Esta actividad permitió analizar el comportamiento de las TCIs en diferentes escenarios de aplicación, y de esta manera elegir la más adecuada para su integración en el modelo de personalización.
- *Realizar un modelo de personalización para SSMs, orientado a la monitorización de pacientes con enfermedades crónicas, utilizando las tecnologías evaluadas.* Una

vez realizado el análisis de las tecnologías más utilizadas en los SSMs, se procedió a la elaboración del modelo de personalización para SSMs.

- *Evaluar el grado de aceptación del modelo de personalización para SSMs, por parte de los usuarios.* Con el fin de conocer las reacciones de los usuarios al utilizar el modelo implementado en ambientes reales, se emplearon diversas herramientas de evaluación que permitieron conocer el grado de aceptación y usabilidad del modelo propuesto.

1.5 Contenido del documento

Este documento está estructurado de la siguiente manera; en este capítulo se presenta una introducción al trabajo de investigación aquí descrito; el capítulo 2 presenta los trabajos relacionados; el capítulo 3 describe las enfermedades crónicas a las que se orienta el modelo de personalización, por otra parte, el capítulo 4 describe los resultados del análisis de las TCIs más utilizadas en los SSMs, mientras que en el capítulo 5 se pueden ver la descripción y los componentes del modelo de personalización presentado; en el capítulo 6 se muestran los resultados del grado de aceptación y usabilidad que tuvieron los usuarios del modelo, finalizando con el capítulo 7, donde se presentan las conclusiones y trabajo futuro de la investigación realizada.

Capítulo 2

Trabajo Relacionado

El campo de la salud móvil es un campo relativamente nuevo [6], aún así se pueden encontrar diversos trabajos realizados a nivel mundial en sus diferentes áreas. Este trabajo de investigación se orienta específicamente a un área de la salud móvil que ha sobresalido: la salud móvil para la monitorización remota. A continuación se presenta el trabajo relacionado, iniciando por la descripción de las TCIs, posteriormente se describen algunos sistemas de salud móvil que se relacionan con cada una de las tecnologías descritas.

2.1 Descripción de las TCIs

Como herramientas de apoyo para la salud móvil se han utilizado diversas TCIs, específicamente, las tecnologías de corto alcance; en la gráfica de la figura 2.1, extraída de [7], se puede ver la diferencia entre las TCIs de corto y largo alcance: Bluetooth, IEEE 802.15.4 (*presentada en la imagen como ZigBee*) y NFC, son las tecnologías de más corto alcance y de menor tasa de transferencia de datos, útiles para los SSMS (*por la velocidad de transferencia de datos*), ya que en este tipo de sistemas, no se requieren

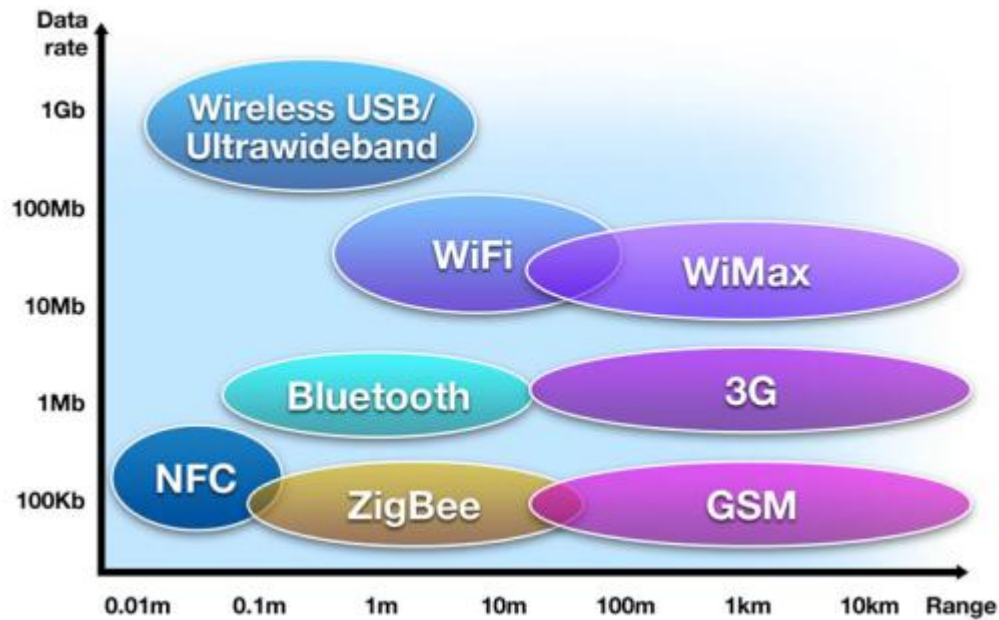


Figura 2.1: Tecnologías de comunicación inalámbrica.

grandes velocidades para la transmisión de datos.

A continuación se describen las especificaciones de las TCIs de corto alcance, pertenecientes al grupo de las LR-WPAN (*del inglés Low-Rate Wireless Personal Area Network*).

Bluetooth

Basada en el estándar IEEE 802.15.1 [8], es una TCI que consiste en un sistema de radio inalámbrico, diseñada para reemplazar los cables de dispositivos electrónicos fijos y/o móviles; su rango de aplicaciones se encuentra en redes de área personal inalámbricas (*del inglés wireless personal area networks - WPAN*).

Las características de esta tecnología son: robustez, bajo consumo de energía y bajo costo [9]. Bluetooth opera en la banda de frecuencia libre de 2.4 GHz, conocida por sus siglas en inglés como ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), utiliza el espectro

esparcido por salto de frecuencia (*del inglés Frequency Hopping Spread Spectrum o FHSS*) con 79 canales y 1 MHz de ancho de banda, soporta dos topologías; la primera conocida como *piconet*, pequeña red Bluetooth que soporta hasta siete dispositivos conocidos como *slaves* y un dispositivo que coordina la transmisión de datos llamado *master*; por otra parte se conoce como *scatternet* a la topología de red Bluetooth que se compone de dos o más *piconets* .

WSN IEEE 802.15.4

Las WSN basadas en el estándar IEEE 802.15.4 [10], llamadas WSN IEEE 802.15.4 en lo adelante, son redes de bajo consumo de energía que operan a 10 metros (ms.) de distancia, sus características son auto organización, multisalto, soporta topologías de malla y estrella con hasta 65,536 dispositivos conectados a la misma red.

Los diferentes tipos de dispositivos que participan en esta red son dos, el primero conocido como dispositivo con funciones completas (*del inglés full-function device o FFD*) que puede funcionar como *coordinator*; el segundo que funciona como *end device* es llamado RFD (*Reduced Function Device*) o dispositivo de funciones reducida . Esta tecnología utiliza el espectro esparcido por secuencia directa (*conocido en inglés cómo direct sequence spread spectrum o DSSS*) con 16 canales y un ancho de banda de 2 MHz.

NFC

Del inglés *Near Field Communication*, traducido como comunicación de campo cercano. Consiste en la integración de la telefonía móvil con la identificación por radiofrecuencia, proporcionando una comunicación intuitiva, simple y segura entre dispositivos electrónicos.

Trabaja a una distancia entre 5 - 10 cm., a una frecuencia de 13.56 MHz y transfiere datos a velocidades de hasta 424 Kbits/seg. Fue deliberadamente diseñada para que fuese compatible con las etiquetas RFID que operan en dicha banda (*International Organization for Standardization - ISO 14443*) [11]. La tecnología NFC funciona con dos elementos:

- El iniciador (*initiator*) como su nombre indica es el que inicia y controla el intercambio de información.
- El objetivo (*target*) es el dispositivo que responde a la petición del iniciador.

Existen dos modos de operación en un sistema NFC: *el modo pasivo y el modo activo*. En el modo pasivo, solamente uno de los dispositivos genera el campo de radiofrecuencia de corto alcance, proporcionando energía a una etiqueta que estaba inactiva, permitiendo que se pueda leer o escribir datos en su memoria. En el modo activo, ambos dispositivos generan su propio campo de radiofrecuencia para enviar los datos, reconociéndose automáticamente.

La tecnología NFC, tiene dos características que la distingue de la tecnología RFID permitiendo que:

- Un dispositivo NFC pueda funcionar como iniciador u objetivo.
- Dos dispositivos NFC se reconozcan automáticamente sólo con acercarse a una pequeña distancia [11].

Existen otras tecnologías de comunicación inalámbrica, pero para este trabajo de investigación, sólo las descritas anteriormente fueron relevantes.

2.2 Sistemas de salud móvil

En la bibliografía se ha podido encontrar que los SSMS cada vez más se utilizan como herramienta de apoyo para tratamiento y seguimiento de distintas enfermedades; a continuación se describen diversos SSMS, así como las TCIs que utilizan, enfermedades a las que se orientan, elementos físicos (*o dispositivos*) utilizados, así como las ventajas y desventajas que presentan.

Sistema para monitorización remota de pacientes con diabetes [12].

- *Funcionamiento:* Utiliza un glucómetro digital comercial con capacidad de transmisión vía Bluetooth y un baumanómetro con las mismas características de transmisión. Además de utilizar una aplicación para teléfonos móviles con sistema operativo Android y con conexión Bluetooth. La aplicación capta los valores de glucosa y presión arterial, provenientes de los dispositivos de medición. Estos valores se almacenan localmente y se envían automáticamente a través de la red de telefonía móvil a una base de datos central para ser utilizados por las demás aplicaciones.

Utiliza el manejador de bases de datos MySQL para almacenar toda la información del sistema. Además de contar con un centro de monitorización que cuenta con una aplicación web desde la que se podrá estar consultando en tiempo real los valores medidos y transmitidos desde el entorno del paciente. Se muestran alertas si se visualizan valores fuera de rango, además de tener un registro de valores histórico. En cualquier momento el médico a cargo de un paciente puede consultar los valores históricos.

El médico recibirá también alertas cuando algún valor exceda los límites considerados normales de glucosa y presión arterial. Además, el médico puede a través de

la aplicación enviar recomendaciones o prescribir medicamentos o dosis específicas al paciente cuando lo considere pertinente, mismas que pueden ser vistas por el paciente en su aplicación móvil. Toda la información enviada por el médico es registrada en la base de datos a fin de conservar evidencia de la misma.

- *TCIs que utiliza:* Bluetooth, Wi - Fi.
- *Dispositivos utilizados:* Glucómetro y baumanómetro, ambos con Bluetooth habilitado, smartphone con sistema operativo Android y Bluetooth habilitado, equipo de cómputo que funciona como servidor para la información del paciente.
- *Enfermedad a la que se orienta:* Diabetes y Enfermedades cardiovasculares (ECV).
- *Ventajas:* Asistencia médica, monitorización en tiempo real y registro histórico de las mediciones.
- *Desventajas:* No se capturan los datos personales del usuario, dependiente de la conexión a la red Wi - Fi.

SapoFitness [13].

- *Funcionamiento:* Consiste en una aplicación móvil que requiere que el usuario capture información sobre las comidas que ingiere, el ejercicio que realiza, así como su peso, edad y estatura. Esos datos forman el registro personal de salud (*del inglés personal health record - PHR*) y se envían a un servidor remoto a través de las redes de telefonía móvil o Wi - Fi. El PHR del usuario permite determinar su estado nutricional que incluye IMC (*Índice de Masa Corporal*), consumo diario de calorías y necesidades energéticas.

Con el fin de mantener al usuario motivado a perder peso, la aplicación permite compartir los logros realizados en las redes sociales cómo Facebook o Twitter,

entre otras. Si se registra un notorio aumento de calorías, el sistema alerta al usuario para que considere lo que come o las actividades físicas que realiza.

- *TICs que utiliza:* Redes móviles, Wi - Fi.
- *Dispositivos utilizados:* Smartphone.
- *Enfermedad a la que se orienta:* Obesidad.
- *Ventajas:* Interfaz amigable para el usuario, se centra en la motivación del usuario para realizar actividades físicas y comer saludablemente, además de compartir los logros alcanzados en las redes sociales; se realizaron evaluaciones de este sistema con resultados satisfactorios.
- *Desventajas:* El resultado de la medición, las comidas consumidas, ejercicios - realizados y toda la información necesaria debe capturarse de manera manual por el usuario, lo cual la hace vulnerable a errores de captura. La información y las recomendaciones que da el sistema se basan en el consumo calórico y no en un diagnóstico médico personalizado.

iCare [14]

- *Funcionamiento:* Es un sistema orientado a adultos mayores en el que los datos de electrocardiograma y presión sanguínea son adquiridos por los dispositivos de adquisición de datos que porta el paciente. Además se compone de un dispositivo GPS¹ que envía datos de la ubicación del usuario junto con los datos de electrocardiograma y presión sanguínea, a un dispositivo móvil utilizando Bluetooth, para que el personal de salud pueda mantener monitorizados a adultos mayores.

¹Siglas de: Global Positioning System - Sistema de posicionamiento global

Los datos son enviados a internet donde el personal de salud y los familiares del adulto mayor pueden tener información actualizada sobre la enfermedad del paciente.

- *TICs utilizadas:* Bluetooth, y redes móviles GSM.
- *Dispositivos utilizados:* Un dispositivo de adquisición de datos de electrocardiograma y otro de presión sanguínea, además de un GPS y un dispositivo móvil (*smartphone*) con Bluetooth habilitado,
- *Enfermedad a la que se orienta:* ECV.
- *Ventajas:* Monitorización personalizada en tiempo real sobre el ECG y presión sanguínea del paciente.
- *Desventajas:* Dependiente de la conexión a internet.

Sistema de salud móvil para seguimiento de pacientes con neumonía [15].

- *Funcionamiento:* Su principal función es la identificación de los pacientes, quienes portan un brazalete o un collar que tiene una etiqueta NFC con sus datos; el médico cuenta con una aplicación con la cual, si se diagnostica a un paciente con neumonía, lo identifica (*escaneando la etiqueta NFC con su dispositivo móvil*) y esta notificación se envía, a través de las redes móviles, a un grupo móvil de especialistas para que acudan a la ubicación del paciente.

Una vez que el personal de salud acude a la ubicación del paciente, se realizan estudios específicos para iniciar el tratamiento de las personas previamente identificadas.

- *TICs que utiliza:* NFC y redes de telefonía móvil.

- *Dispositivos utilizados:* Dispositivo móvil que funciona como lector/escritor de etiquetas NFC y que además cuenta con una aplicación móvil necesaria para el funcionamiento del sistema.
- *Enfermedad a la que se orienta:* Neumonía.
- *Ventajas:* Identificación del paciente automatizada, precisión en la ubicación del paciente para su tratamiento.
- *Desventajas:* El paciente tiene que asistir al lugar donde se encuentra el médico, ya que este último, es quien tiene el lector de etiquetas NFC para escanearle la etiqueta, el seguimiento y tratamiento es presencial.

inSERT [16]

- *Funcionamiento:* Auxilia al médico en el seguimiento de pacientes con deterioro motriz; se utiliza un poster compuesto por etiquetas NFC, al que se le denomina poster inteligente, dicho poster muestra al usuario un cuestionario con preguntas relacionadas con actividades motrices y diferentes respuestas como el grado de dificultad que tuvo para realizar una tarea específica.

Para el funcionamiento del sistema, el usuario debe hacer contacto con su smartphone *con NFC habilitado*, en la pregunta que quiere responder ya que cada elemento del poster (preguntas, respuestas, etc.) tiene una etiqueta NFC asociada que guarda información específica, posteriormente el usuario elige la respuesta, después haciendo contacto en otra etiqueta NFC, se la envía al médico a través del Wi - Fi.

La información se almacena en un servidor de información hospitalaria, donde posteriormente, el personal de salud puede revisar la información de cada paciente.

- *TICs que utiliza:* NFC y Wi - Fi.
- *Dispositivos utilizados:* Smartphones con NFC y Wi - Fi habilitados y una computadora a la que se le denomina servidor de información hospitalaria, por proveer información da cada paciente, al personal de salud.
- *Enfermedad a la que se orienta:* Deterioro motriz.
- *Ventajas:* Seguimiento personalizado del deterioro motriz del paciente, fácil e intuitivo.
- *Desventajas:* En situaciones extremas de esta enfermedad, el usuario ni siquiera podrá sujetar el dispositivo móvil con sus manos, además depende de la conexión a internet para enviar los registros al médico.

COPD24 [17]

- *Funcionamiento:* Permite una monitorización continua 24/7. Este sistema le provee información al paciente acerca de su estado de salud y además de la calidad del aire en el lugar en el que se encuentra, permitiendo que los pacientes tomen decisiones sobre su enfermedad; se basa en una red de área corporal donde los registros adquiridos de los sensores se envían al smartphone o tablet del paciente, a través de Bluetooth, y estos registros a su vez, se envían al personal de salud utilizando redes como Wi - Fi y 3G, permitiendo al médico realizar un diagnóstico sobre la evolución de la enfermedad del paciente.
- *TICs utilizadas:* Bluetooth, Wi - Fi y redes móviles 3G.
- *Dispositivos utilizados:* Un dispositivo de adquisición de datos de electrocardiograma, un dispositivo que monitoriza la respiración y un GPS, así como un dis-

positivo móvil (*smartphone*) con Bluetooth habilitado,

- *Enfermedad a la que se orienta:* Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
- *Ventajas:* Monitorización médica personalizada en tiempo real, sobre el estado de salud del paciente y la calidad del aire en el lugar en el que se encuentre.
- *Desventajas:* Dependiente de la conexión a internet.

2.3 Resumen del capítulo

Las tecnologías aquí descritas son TCIs de corto alcance y de baja tasa de transferencia de datos (*LR-WPAN*), ya que con estas características pueden operar en los SSMs.

Se presentaron diversos SSMs que están orientados a tratar enfermedades crónicas, considerando su funcionamiento, las TCIs y dispositivos utilizados, así como la enfermedad a la que se orienta cada SSM, además de las ventajas y desventajas de cada uno, visto desde la perspectiva de la personalización.

En el siguiente capítulo se presentan los resultados de la primera parte de este trabajo de investigación describiendo las enfermedades crónicas a las que se orienta el modelo de personalización para SSMs.

Capítulo 3

Enfermedades Crónicas

El modelo de personalización para SSMs de monitorización aquí descrito se orienta a personas que padecen alguna enfermedad crónica. Para saber con precisión a que enfermedades crónicas se debía orientar el modelo, se realizaron diversas actividades descritas en este capítulo.

3.1 Selección de enfermedades crónicas.

La Organización Mundial de la Salud (*OMS*) [4], afirma que en la actualidad existen diversas enfermedades crónicas que atacan fuertemente a la población mundial; con el modelo aquí descrito se pretende apoyar a los médicos en la monitorización de pacientes con enfermedades crónicas; considerando esta situación, se realizó una investigación con el personal de salud, con el fin de conocer cuál o cuáles son las enfermedades crónicas donde, quien las padece, requiere mayor atención en la monitorización de sus signos vitales. La investigación consistió en diversas reuniones con el personal de salud donde se les cuestionó acerca de las enfermedades crónicas.

Como resultado de la investigación, se concluyó que a pesar de que hay gran diver-

sidad de enfermedades crónicas, existen tres que están muy relacionadas por la manera en la que se realiza su tratamiento y las causas que las provocan; estas enfermedades son: obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares (*ECV*).

Esta información pudo confirmarse con un reporte expedido por el Banco Interamericano de Desarrollo [18], donde se señala que estas enfermedades se encuentran entre las principales causas de muerte en el continente Americano, específicamente en Latinoamérica y la región del Caribe. Dichas enfermedades se definen en las siguientes subsecciones.

3.1.1 Obesidad

Definida por la Organización mundial de la Salud, como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud [19].

De las entrevistas con el personal médico, resultó que a los pacientes, una vez que se les diagnostica obesidad, se les crea un plan de alimentación y ejercicios, el elemento físico que requiere la persona con obesidad para realizar las mediciones necesarias para el tratamiento de su enfermedad, es una báscula.

Para combatir la obesidad, se han realizado diversos trabajos entre los cuales se encuentra el que se describe en [13], que consiste en una aplicación móvil con una interfaz amigable, con posibilidades de compartir los logros del usuario en sus redes sociales. Sin embargo, ni los datos que el usuario ingresa a la aplicación, ni las recomendaciones que esta hace, son verificadas por un médico. Además, el funcionamiento de la aplicación no es personalizado.

La obesidad aparte de ser grave por sí sola, es una enfermedad que si no se trata a tiempo puede provocar diabetes y enfermedades cardiovasculares. Esta información pudo comprobarse con la Norma Oficial Mexicana para el tratamiento integral del

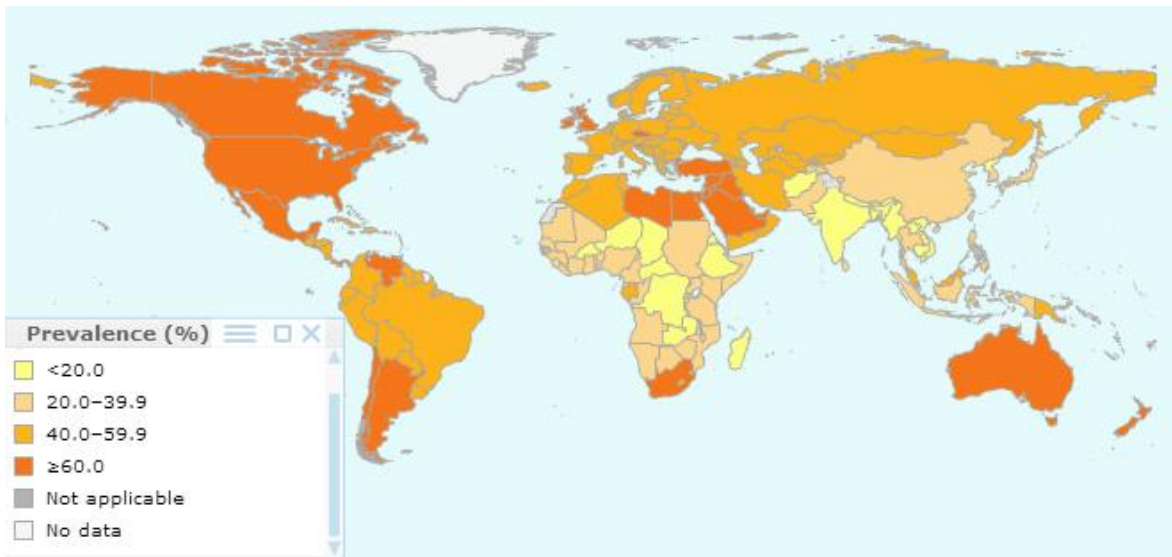


Figura 3.1: Prevalencia de obesidad en adultos mayores de 20 años, 2008.

sobrepeso y la obesidad [20].

De acuerdo con datos estadísticos de la OMS, en la figura 3.1, extraída de [21], se puede observar cómo el continente Americano cuenta con los índices más altos de obesidad (*índice de masa corporal mayor a 30*) para ambos sexos, específicamente la región de América del Norte.

3.1.2 Diabetes

Es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce [22].

El personal médico señaló que cuando el paciente presenta niveles altos de glucosa ($<25 \text{ mg/dl}$ - *miligramos por decilitros*), se inicia un tratamiento que requiere 3 mediciones (*1 antes de cada comida*). Además el médico requiere los datos del paciente al menos una vez por semana, utilizando un glucómetro, información con la que coincide

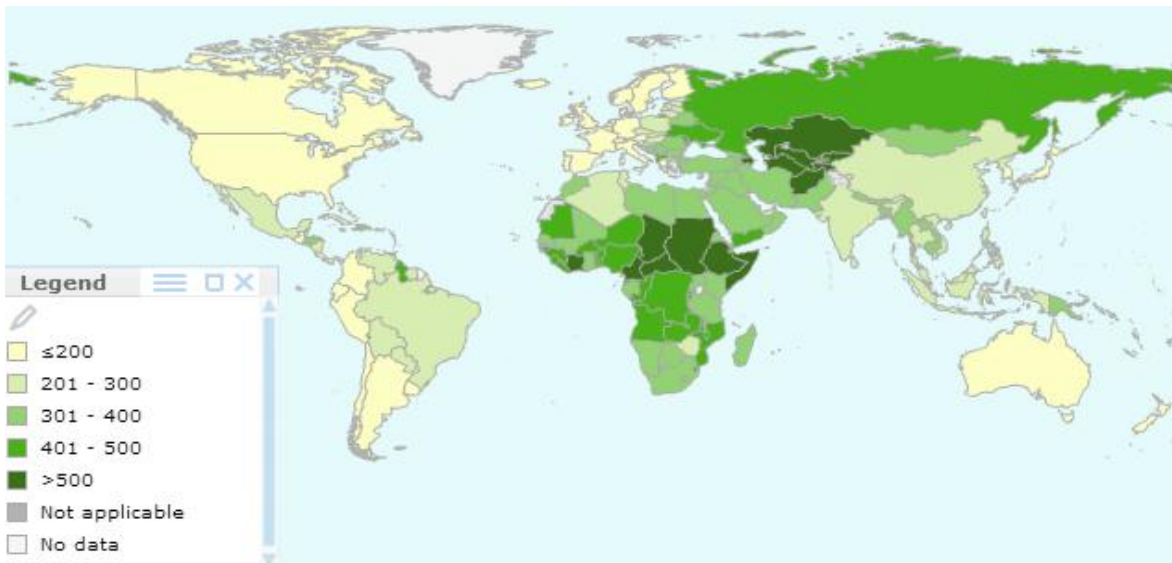


Figura 3.2: Tasa de mortalidad por ECVs y Diabetes por cada 100,000 mujeres, 2008.

la Norma Oficial Mexicana para la prevención y tratamiento de la diabetes [23].

En [12], se muestra un sistema para monitorización remota de pacientes con diabetes, que permite a los usuarios tener los registros de sus niveles de glucosa y almacenarlos en una base de datos remota, desde donde el médico puede monitorizar los datos del paciente; permitiendo asistencia médica remota, monitorización en tiempo real y registro histórico de las mediciones, aunque no permite capturar los datos personales del usuario y es dependiente de la conexión a la red Wi - Fi, lo cual puede ocasionar problemas si el usuario requiere realizar una medición y no se encuentra dentro del área de cobertura de la red.

Extraída de la base de datos estadísticos de la OMS, las figuras 3.2 y 3.3, extraídas de [24], muestran la tasa de mortalidad causada por la diabetes, en relación a la edad de quien la padece; en esas gráficas se puede observar cómo los países africanos y asiáticos en su mayoría tienen la tasa de mortalidad más elevada causada por diabetes y ECVs,

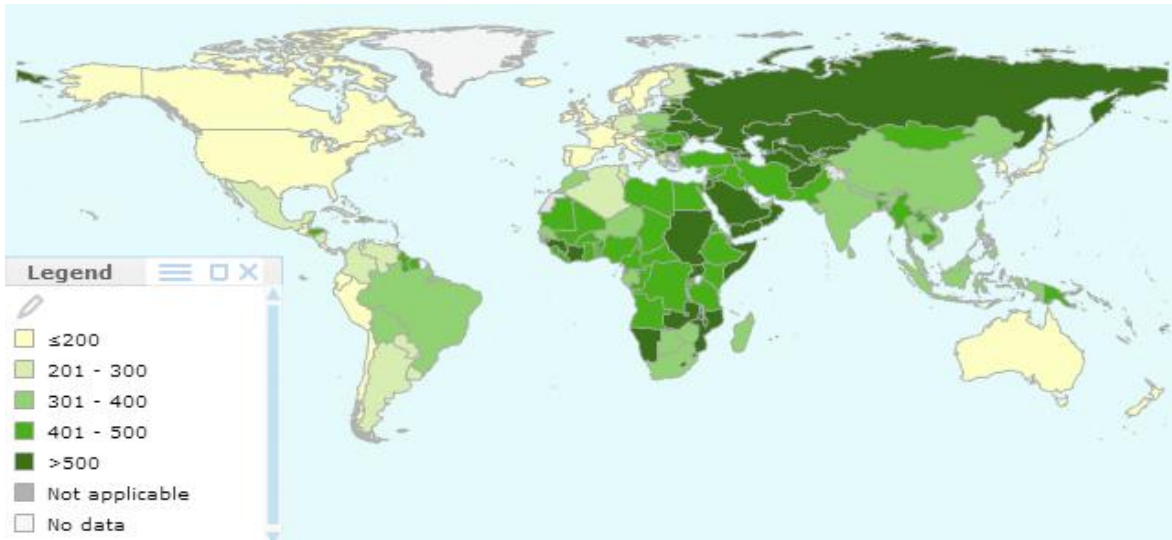


Figura 3.3: Tasa de mortalidad por ECVs y Diabetes por cada 100,000 hombres, 2008.

seguidos por algunos países del continente Americano, (*México, entre ellos*).

Por otra parte la Federación Mexicana de Diabetes (FMD) [25], revela que la diabetes se encuentra entre las primeras causas de mortalidad en México. Además señala que 6.4 millones de personas refirieron haber sido diagnosticadas con esta enfermedad.

3.1.3 Enfermedades cardiovasculares

Principalmente cardiopatías (*enfermedades propias de las estructuras del corazón*), causadas frecuentemente por la formación de depósitos de grasa en las paredes de los vasos sanguíneos que irrigan el corazón o el cerebro [26].

Si el paciente tiene antecedentes de enfermedades cardiovasculares, tiene un riesgo alto de padecer este tipo de enfermedades, afirma el personal de salud, por lo que se requiere la monitorización médica constante, para prevenir y detectar posibles daños graves al corazón; información que respalda la Norma Oficial Mexicana para la pre-

vención, detección, diagnóstico, tratamiento y control de la hipertensión arterial sistémica [27].

Para diagnosticar esta enfermedad se realiza un análisis de ECG (*electrocardiograma*) y un seguimiento de la frecuencia cardiaca, mediciones que se realizan con electrodos que permiten muestrear la actividad del corazón así como un monitor de frecuencia cardiaca.

En respuesta a las necesidades de las personas que padecen alguna ECV, surgió iCare [14], sistema que recopila información útil para que los médicos monitoricen a través de internet, los registros de salud del paciente cómo ECG y presión sanguínea, además de su ubicación en tiempo real; como desventaja principal de este sistema se puede decir que es dependiente de la conexión a internet, lo cual puede ocasionar problemas para la recepción de información de los pacientes con estas enfermedades.

En las figuras 3.2 y 3.3, se observa cómo Africa y Asia son los continentes que tienen los índices más altos en cuanto a la mortalidad por ECV y diabetes, seguidos de los países americanos.

3.2 Conclusiones del capítulo

De acuerdo con la OMS, el 69.1% de la población mexicana tenía obesidad, de igual manera fallecían 217 mujeres y 258 hombres de cada 100,000 a causa de diabetes y/o ECVs, en el 2008.

Aquí se describieron las enfermedades crónicas a las que se orienta el modelo: obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares, ya que afectan en gran medida a la población mundial.

Cómo lo muestran las imágenes anteriormente presentadas, México presenta en la mayoría de los casos, porcentajes altos de población que padece o ha padecido alguna

de las enfermedades aquí descritas.

En el siguiente capítulo se describe el análisis de las TCIs que permitió elegir una tecnología para implementarla en el modelo de personalización para monitorización de pacientes con enfermedades crónicas.

Capítulo 4

Análisis de las TCIs

Los sistemas de salud móvil (*SSMs*) requieren de dispositivos móviles como smartphones, tablets o algún dispositivo con conectividad, para su interacción con los usuarios; además, como característica principal, los dispositivos que integran estos sistemas, deben utilizar una tecnología de comunicación inalámbrica (*TCI*) para comunicarse con otros dispositivos.

En este trabajo de investigación se realizó un análisis de las TCIs más utilizadas en los SSMs, para elegir la mejor en base a ciertos parámetros de evaluación y así, integrar dicha tecnología, a un modelo de personalización para SSMs, descrito en otros capítulos.

En primer lugar se definen las TCIs más utilizadas en los SSMs, clasificándolas en dos grupos: tecnologías complementarias y tecnologías base. Se establecieron ciertos parámetros para realizar un análisis de las tecnologías base y elegir la que se adecuara al modelo propuesto.

4.1 Definición de las TCIs.

Las tecnologías que integran el modelo se han clasificado de la siguiente manera:

- I.- Tecnologías complementarias: son las tecnologías que se utilizan para la personalización y obtención remota de datos.
 - i.- NFC: utilizada para personalización, por su corto alcance y su uso transparente para el usuario, además de que viene incluida en los dispositivos móviles de nueva generación. Con un alcance de hasta 10 centímetros, lo que hace que no interfiera con otros dispositivos médicos.
 - ii.- Wi-Fi: se utiliza para la obtención remota de los registros de los datos del usuario.
- II.- Tecnologías base: Bluetooth y WSN IEEE 802.15.4 se utilizan para el envío y recepción de datos entre diferentes dispositivos dentro de una red de área personal.

Una vez definidas las enfermedades crónicas a las que estaría orientado el modelo de personalización para SSMS, se realizó una revisión bibliográfica con el fin de encontrar cuáles TCIs son las más utilizadas en los SSMS, mencionadas anteriormente como tecnologías base. Por tal razón, las más utilizadas fueron consideradas para incluirlas en el modelo. Como resultado, se concluyó que Bluetooth y las WSN IEEE 802.15.4 son las tecnologías mayormente utilizadas en estos sistemas [14, 17, 28, 29].

Como parte del análisis y con el objetivo de integrar la tecnología que mejor se adapte a los posibles escenarios donde se implementaría el modelo, se procedió a realizar una comparación entre las tecnologías Bluetooth y WSN IEEE 802.15.4, pues además de que son frecuentemente utilizadas en los SSMS, de acuerdo con la gráfica de la figura 2.1 presentada en el capítulo 2, ambas tecnologías tienen un área de cobertura

similar y una tasa de transferencia de datos cercana una de la otra, a diferencia de las otras tecnologías que notablemente tienen mayor tasa de transferencia y mayor área de cobertura.

A continuación se describen los parámetros, materiales y escenarios de evaluación para estas tecnologías

4.1.1 Parámetros de evaluación

El modelo de personalización para SSMS se diseñó para que utilice, además de otros elementos, una aplicación móvil que recibe datos desde un dispositivo que utiliza Bluetooth o WSN IEEE 802.15.4; por esta razón se definieron ciertos parámetros, para realizar el análisis de estas tecnologías, mismos que a continuación se describen:

- Paquetes perdidos. De acuerdo con información del personal de salud, es importante que si un paciente realiza una medición, lleguen todos los paquetes de datos que se envíen al dispositivo móvil; considerando que las comunicaciones inalámbricas presentan cierta vulnerabilidad y puede haber paquetes que se pierdan, se registraron los paquetes de datos que envió el elemento físico y no fueron recibidos por el dispositivo móvil.
- Paquetes retransmitidos. El hecho de que existan paquetes retransmitidos, como se comprobó en pruebas iniciales, puede afectar significativamente la transmisión en ambos sentidos, aumentando la pérdida de paquetes o el tiempo de la transmisión, razón por la que se consideró este parámetro de evaluación, para elegir la tecnología resultante con menor cantidad de paquetes perdidos.
- Tiempo de transmisión. Tiempo promedio que toma cada tecnología a diferentes distancias con posibles obstáculos en un ambiente real, eligiendo la tecnología

que en las pruebas realizadas presenta menor tiempo, ya que de acuerdo con información recabada de las entrevistas con el personal de salud, interesa que los datos del usuario lleguen en el menor tiempo posible.

4.1.2 Materiales utilizados para la evaluación

Se eligieron diferentes dispositivos para realizar el análisis de las TCIs elegidas, de acuerdo a sus características, mismas que a continuación se describen.

Bluetooth

Los dispositivos utilizados para analizar la tecnología Bluetooth fueron los siguientes:

- 1 Smartphone HTC Magic con Bluetooth habilitado, funcionando con sistema operativo Android, este dispositivo se utilizó como dispositivo *slave* de la red Bluetooth.
- 1 Smartphone Google Nexus One con Bluetooth habilitado, funcionando con sistema operativo Android, fue utilizado como dispositivo *master* en la red Bluetooth.
- Ambos dispositivos utilizaban la tecnología Bluetooth en su versión 2.0 + EDR, y ejecutaron una aplicación desarrollada en el Integrated Development Environment (*IDE*) Eclipse, desarrollada con el lenguaje de programación: Java.

WSN IEEE 802.15.4

Los dispositivos utilizados para analizar la tecnología WSN IEEE 802.15.4 contaban con las siguientes características:

- 1 Dispositivo de adquisición de datos IEEE 802.15.4 marca: Panasonic, modelo: “LR/WPAN PAN802154HAR00”, que fue utilizado como *end device* en la WSN IEEE 802.15.4.
- 1 Dispositivo de adquisición de datos IEEE 802.15.4 marca: Freescale, modelo: “13192-SARD”, utilizado como *coordinator* de la WSN IEEE 802.15.4 . Ambos dispositivos utilizaban la TCI con la versión: IEEE 802.15.4 MAC 2006, y ejecutaron una aplicación desarrollada en el IDE Code Warrior, programada en lenguaje C.

4.1.3 Descripción de las transmisiones de datos

Para ambas tecnologías se establecieron las mismas condiciones de transmisión, esto con el objetivo de realizar un análisis equilibrado que permitiera establecer un punto de comparación entre cada tecnología.

- Topología de red: Punto a punto.
- Cantidad de transmisiones: Tomando en cuenta que si $n = 30$, la población se considera estadísticamente grande, se decidió transmitir un paquete de datos 30 veces.
- Número de experimentos: 10, debido a que en las pruebas previas los datos fueron mayormente típicos, se eligió 10 como número de transmisiones.
- Tamaño de paquetes de datos: 16 bits, ya que este es el tamaño que ocupa un punto en una señal de ECG [30], además esa cantidad de bits representa dos caracteres, que pueden formar una medida mínima de peso (*para el caso de obesidad*) y una medida de los niveles de glucosa (*para mediciones de una persona con diabetes*).

- Tiempo de transmisión: 1 s. - Se eligió este tiempo ya que los elementos físicos a utilizar transmiten al menos cada segundo.

De manera que se transmitían 30 datos de 16 bits, cada segundo, de un punto a otro, esto se repitió 10 veces para cada distancia, en cada uno de los escenarios.

4.1.4 Descripción de escenarios

Para realizar las pruebas en las que se basaría el análisis fue necesario establecer los escenarios. Se eligieron cuatro tipos de escenarios:

- I.- El primer escenario, donde las condiciones físicas no cambiaron bajo ninguna circunstancia, a este escenario se le llamó escenario controlado.
- II.- El escenario del segundo tipo, al cual se le denominó escenario real, se dividió en tres subescenarios que permitieron analizar el comportamiento de las tecnologías en ambientes reales:
 - i.- Casa de asistencia geriátrica.
 - ii.- Escuela primaria - exterior.
 - iii.- Escuela primaria - interior.

Dichos escenarios se describen en los siguientes párrafos.

Escenario Controlado

El objetivo de este escenario fue principalmente servir de base para otros experimentos, permitiendo así establecer un punto de comparación entre el comportamiento de las tecnologías en este y otros ambientes.

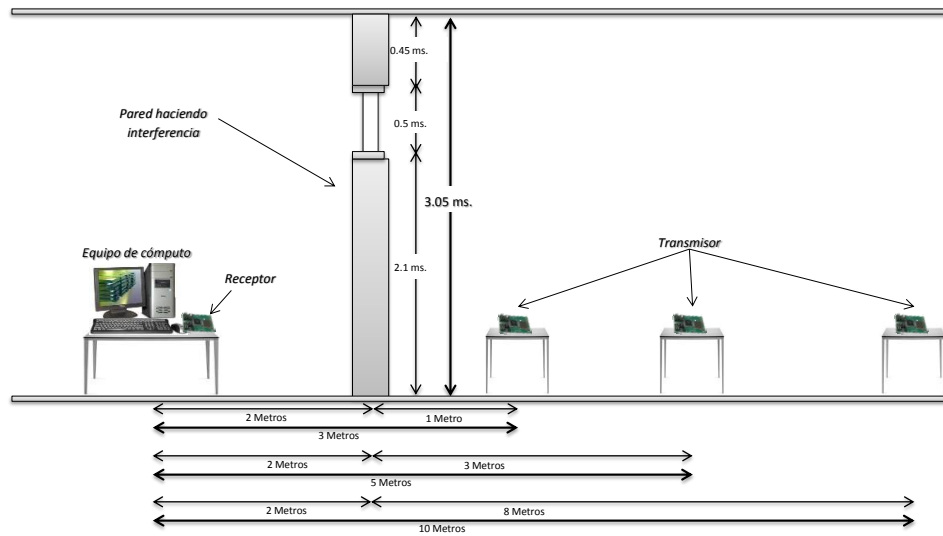


Figura 4.1: Escenario controlado.

Las pruebas para este escenario fueron realizadas en el laboratorio de telemática del edificio E-45 de la FIAD-UABC en Ensenada, Baja California, provocando la atenuación de la señal únicamente una pared de concreto, ya que no había personas en el laboratorio.

Se colocó el dispositivo transmisor (*slave/end device*) a diferentes distancias (3, 5 y 10 ms.) del dispositivo receptor (*master/coordinator*), para realizar dichas pruebas.

Este escenario se puede ver detalladamente en la figura 4.1.

Escenario real: Casa de asistencia geriátrica

Este escenario se eligió con el objetivo de analizar el comportamiento de Bluetooth y WSN IEEE 802.15.4 en un ambiente real, con paredes y personas que provoquen atenuación de la señal en las transmisiones; para esto se eligió Casa Harmony, una casa de asistencia geriátrica ubicada en Rosarito, Baja California; la atenuación en la señal de las transmisiones fue provocada por el personal que labora en la casa y los adultos

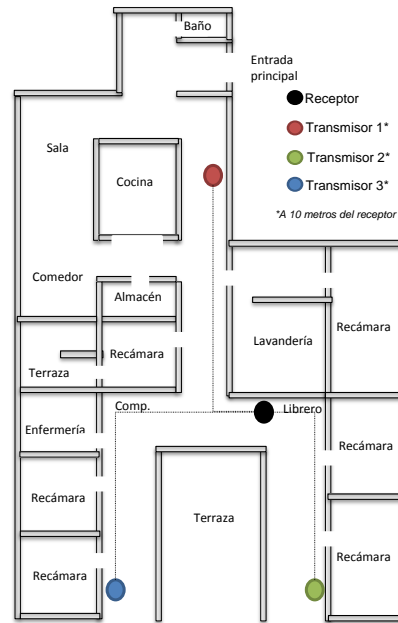


Figura 4.2: Escenario real - Casa de asistencia geriátrica.

mayores que utilizaban andaderas, sillas de ruedas y otros objetos de apoyo.

Se colocó el dispositivo receptor en un punto fijo, tal como se ve en la figura 4.2 donde las personas pasaban constantemente de manera normal, sin percatarse de la medición. Se colocó un transmisor en 3 puntos diferentes de la casa, en todos los casos a 10 ms. de distancia del dispositivo receptor, obteniendo así las pruebas 1, 2, y 3.

Escenario real: Escuela primaria - exterior.

Para analizar el comportamiento de Bluetooth y WSN IEEE 802.15.4, en un ambiente real al exterior se eligió el patio de la escuela primaria Mtro. Ezequiel A. Chávez, ubicada en la Zona Centro, de Ensenada, Baja California, donde había niños corriendo de un lado a otro sin seguir un orden, provocando atenuación de la señal en las transmisiones.

Para realizar las mediciones, se colocó el dispositivo receptor en un punto fijo donde

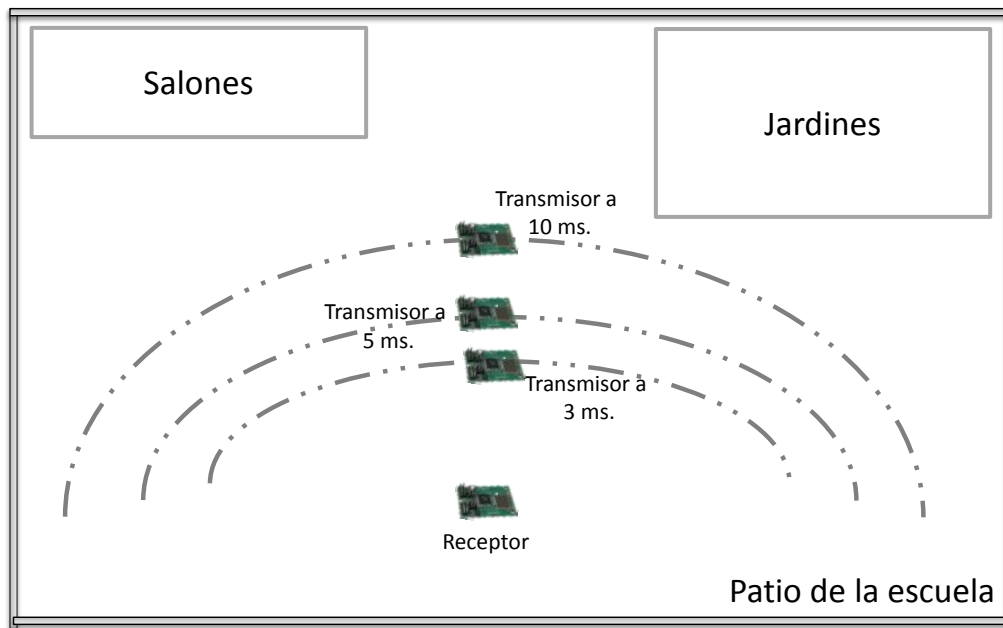


Figura 4.3: Escenario real - Patio de la escuela primaria.

los niños jugaban sin percatarse de la medición. De igual manera, se colocó un dispositivo transmisor en 3 puntos diferentes del patio, a 3, 5 y 10 ms. de distancia del receptor, obteniendo las pruebas PE 3, PE 5 y PE 10, respectivamente, como se ve en la figura 4.3.

Escenario real: Escuela primaria - interior.

Se eligió a la misma escuela primaria como lugar para realizar las pruebas, con el objetivo de comparar el comportamiento de Bluetooth y WSN IEEE 802.15.4, en un ambiente real al interior sin interferencia directa de paredes (*salón de clases*); para esto se utilizó un salón de clases de la escuela primaria en el cual había 20 niños sentados que realizaban movimientos mínimos, escuchando la clase que impartía una maestra.

Se colocó el dispositivo receptor en un punto fijo donde los niños escuchaban la clase sin percatarse de la medición. Además se colocó un dispositivo transmisor en 3

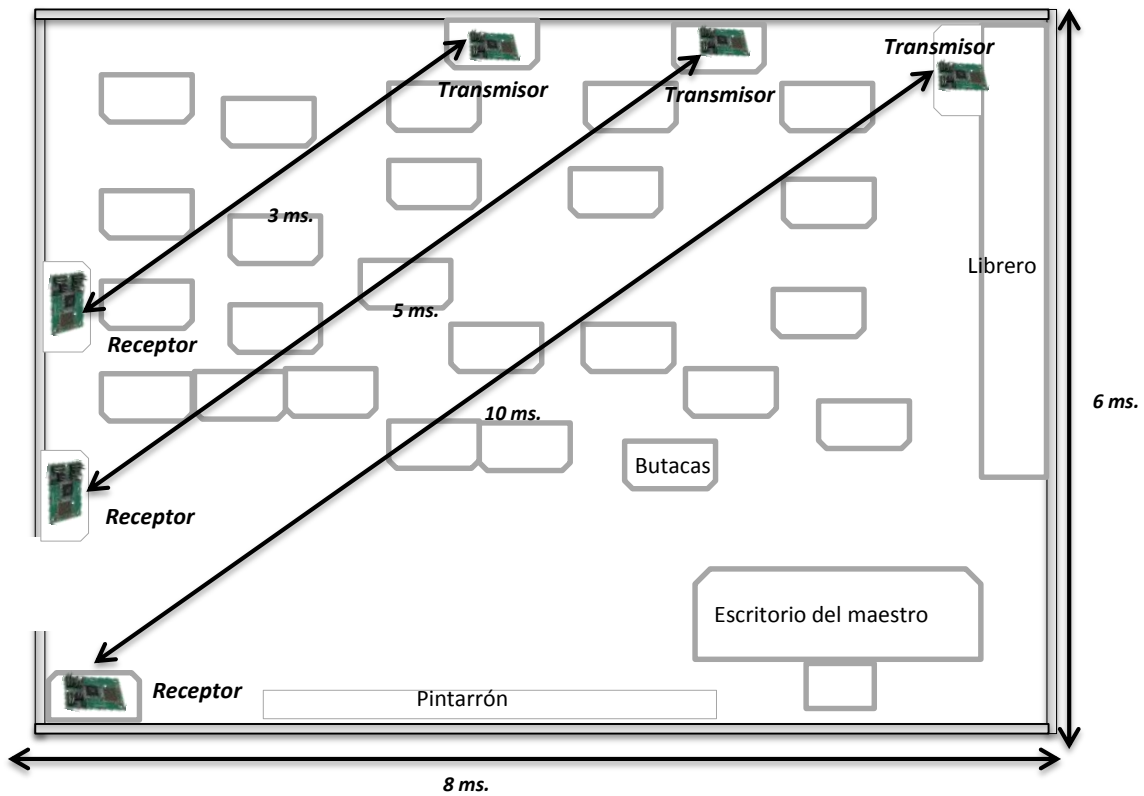


Figura 4.4: Escenario real - Salón de clases de la escuela primaria.

puntos diferentes del salón de clases, 3, 5 y 10 ms. de distancia del dispositivo receptor, obteniendo las pruebas PI 3, PI 5 y PI 10 respectivamente, como se vé en la figura 4.4.

La prueba PI 10-m, se realizó en el mismo lugar, mientras los niños realizaban alguna actividad que implicaba que se movieran de un lugar a otro dentro del salón, mientras que el dispositivo transmisor y el dispositivo receptor estaban a 10 ms. de distancia, esto para analizar el comportamiento de las tecnologías en el mismo escenario pero, esta vez con personas moviéndose.

Los resultados de estas mediciones se describen en la siguiente sección.

4.2 Resultados del análisis

Se realizaron diferentes mediciones que permitieran estimar el comportamiento de Bluetooth y WSN IEEE 802.15.4 en diferentes escenarios; dichos resultados permitirían elegir una tecnología para incluirla en el modelo de personalización propuesto en este trabajo de investigación. Los resultados se describen a continuación.

Las gráficas de los resultados obtenidos de las mediciones en los escenarios reales cuentan con los siguientes indicadores:

- CH 10-1 : Medición realizada en la Casa Harmony a 10 metros de distancia entre el emisor y el receptor, punto 1.
- CH 10-2 : Medición realizada en la Casa Harmony a 10 metros de distancia entre el emisor y el receptor, punto 2.
- CH 10-3 : Medición realizada en la Casa Harmony a 10 metros de distancia entre el emisor y el receptor, punto 3.
- PE 3: Medición realizada en el patio de la escuela primaria a 3 metros de distancia entre el emisor y el receptor.
- PE 5 : Medición realizada en el patio de la escuela primaria a 5 metros de distancia entre el emisor y el receptor.
- PE 10 : Medición realizada en el patio de la escuela primaria a 10 metros de distancia entre el emisor y el receptor.
- PI 3 : Medición realizada en el salón de clases de la escuela primaria a 3 metros de distancia entre el emisor y el receptor.

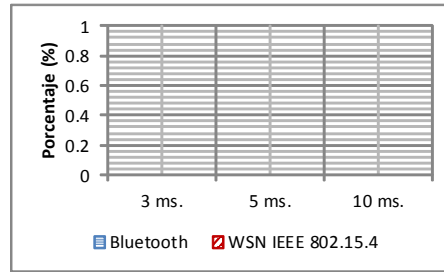


Figura 4.5: Escenario controlado - Paquetes perdidos.

- PI 5 : Medición realizada en el salón de clases de la escuela primaria a 5 metros de distancia entre el emisor y el receptor.
- PI 10 : Medición realizada en el salón de clases de la escuela primaria a 10 metros de distancia entre el emisor y el receptor.
- PI 10-m : Medición realizada en el salón de clases de la escuela primaria a 10 metros de distancia entre el emisor y el receptor con personas en movimiento.

4.2.1 Paquetes perdidos

Se realizaron mediciones en diferentes escenarios, con el fin de encontrar la cantidad de paquetes que se perdieron durante la transmisión.

Bluetooth y WSN IEEE 802.15.4 presentaron 0% de datos perdidos en todas las transmisiones a 3, 5 y 10 ms. de distancia, en el escenario controlado, de un total de 300 paquetes de datos (*10 veces 30*) a diferentes distancias, ningún paquete se perdió durante la transmisión, figura 4.5.

Por otra parte al realizar las mediciones en los escenarios reales, WSN IEEE 802.15.4 presentó en la mayoría de transmisiones un mayor número de paquetes perdidos respecto a Bluetooth.

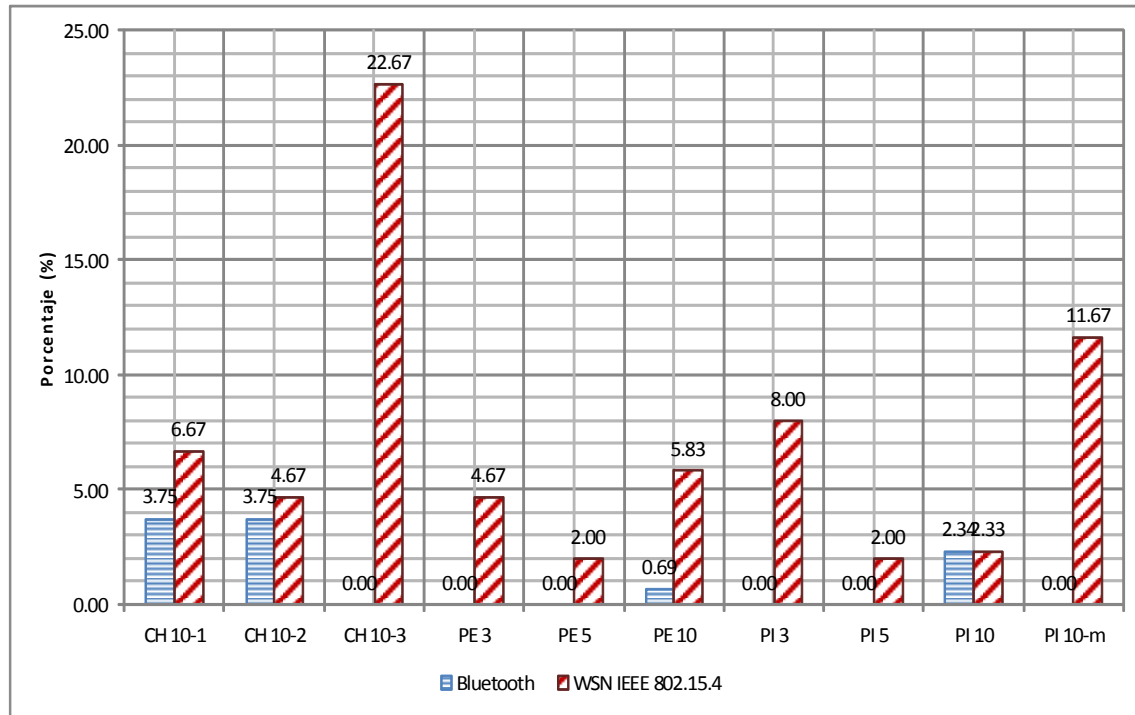


Figura 4.6: Escenarios reales - Paquetes perdidos.

La única medición en la que Bluetooth presentó un comportamiento diferente fue en la prueba PI 10, realizada en el salón de clases con 10 metros de distancia entre el transmisor y el receptor; en dicha prueba el porcentaje de pérdida de paquetes de Bluetooth fue ligeramente mayor (0.01%) que WSN IEEE 802.15.4, además, Bluetooth presentó notablemente menor cantidad de paquetes perdidos, pues en 6 de las 10 mediciones (*CH 10-3*, *PE 3*, *PE 5*, *PI 3*, *PI 5* Y *PI 10-m*) se registró 0% de paquetes perdidos y en una séptima medición (*PE 10*), se observó 0.69% de paquetes perdidos, mientras que WSN IEEE 802.15.4 presentó hasta 22.67% de paquetes perdidos en la prueba (*CH 10-3*), como se puede ver en la gráfica de la figura 4.6.

En esta prueba Bluetooth presentó un mejor comportamiento, ya que, resultó con menor cantidad de paquetes perdidos en estos escenarios de evaluación.

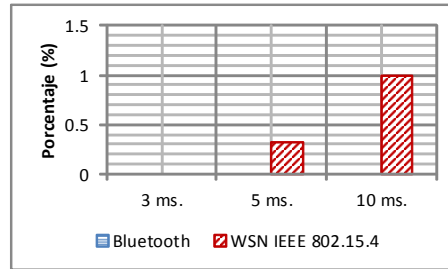


Figura 4.7: Escenario controlado - Paquetes retransmitidos.

4.2.2 Paquetes retransmitidos

Para evaluar este parámetro en relación a las tecnologías ya descritas, se realizaron transmisiones de datos en el escenario controlado y los escenarios reales.

El número de paquetes que se retransmitieron durante las mediciones en el escenario controlado, tuvo un crecimiento tipo exponencial, que fue relativo a la distancia en la que se ubicaban los dispositivos, es decir, a mayor distancia, mayor cantidad de paquetes retransmitidos. Este comportamiento fue sólo en la tecnología WSN IEEE 802.15.4, ya que Bluetooth presentó en todos los casos 0% de paquetes retransmitidos, como se ve en la figura 4.7, esto considerando que en el escenario controlado el único objeto que originaba atenuación en la señal era una pared de concreto.

Al realizar las mediciones en escenarios reales WSN IEEE 802.15.4 presentó mayor número de paquetes retransmitidos en un ambiente cerrado al igual que al aire libre, ya que Bluetooth solo en dos pruebas presentó mayor número de retransmisiones pruebas 1 (*Casa Harmony, punto 1 - CH 10-1*) y 5 (*Patio de la escuela primaria a 5 ms. de distancia - PE 5*), esto se puede comprobar en la gráfica de la figura 4.8.

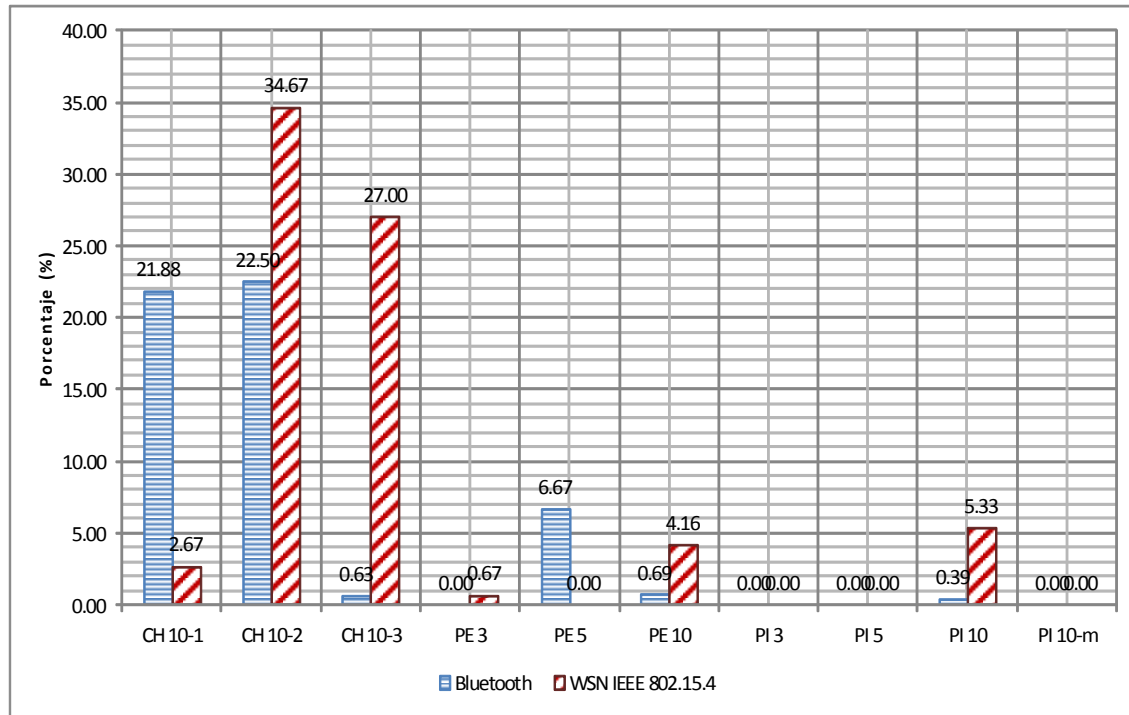


Figura 4.8: Escenarios reales - Paquetes retransmitidos.

4.2.3 Tiempo de Transmisión

El tiempo que tarda un paquete en ser recibido por la aplicación que se encuentra en el dispositivo móvil, fue medido entre las tecnologías, para elegir la que resulte con menor tiempo de transmisión y poder implementarla en el modelo propuesto, ya que por requerimientos del personal de salud, es necesario que los datos lleguen en el menor tiempo posible.

En el escenario controlado en las transmisiones a 3 metros ambas tecnologías tuvieron un comportamiento similar (*1001.97 milisegundos en Bluetooth y 1001.98 milisegundos en WSN IEEE 802.15.4*), en cambio, a los 5 y 10 metros, WSN IEEE 802.15.4 tuvo un incremento exponencial (*1005.94 y 1008.79 milisegundos, respectivamente*), mientras que Bluetooth fue más constante, conservando un tiempo de transmisión similar en

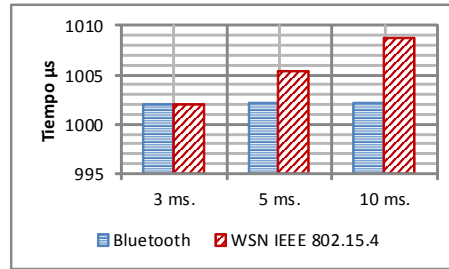


Figura 4.9: Escenario controlado - Tiempo de Transmisión.

todas las distancias con 1002.17 a 5 metros y 1002.16 a 10 metros de distancia entre el emisor y el receptor. Dichos resultados pueden verse en la gráfica que presenta la figura 4.9.

En los escenarios reales, en seis de las diez pruebas WSN IEEE 802.15.4 resultó con un tiempo de transmisión mayor que Bluetooth (*CH 10-3, PE 3, PI 3, PI 5, PI 10, PI 10-m*). Se puede observar claramente en la gráfica de la figura 4.10, en las pruebas 1 y 2 (*CH10-1 y CH 10-2, respectivamente*), cómo Bluetooth incrementa notablemente su tiempo de transmisión, sobre todo en la prueba CH 10-2, donde alcanza casi los 2 segundos de tiempo de transmisión en promedio, esto se le atribuye a que, a pesar de que el tránsito de las personas fue aleatorio, mientras se realizaron las primeras pruebas, hubo gran cantidad de personas moviéndose entre el transmisor y el receptor, sin saber que se realizaba la medición; a diferencia de las pruebas posteriores, donde hubo un menor tránsito de personas.

En la figura 4.10, se presenta una gráfica con los promedios de los tiempos obtenidos de las 300 transmisiones (*10 veces 30 datos*), para cada escenario.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis realizado en ambientes de aplicación reales, se optó por Bluetooth como tecnología adecuada para la transmisión de

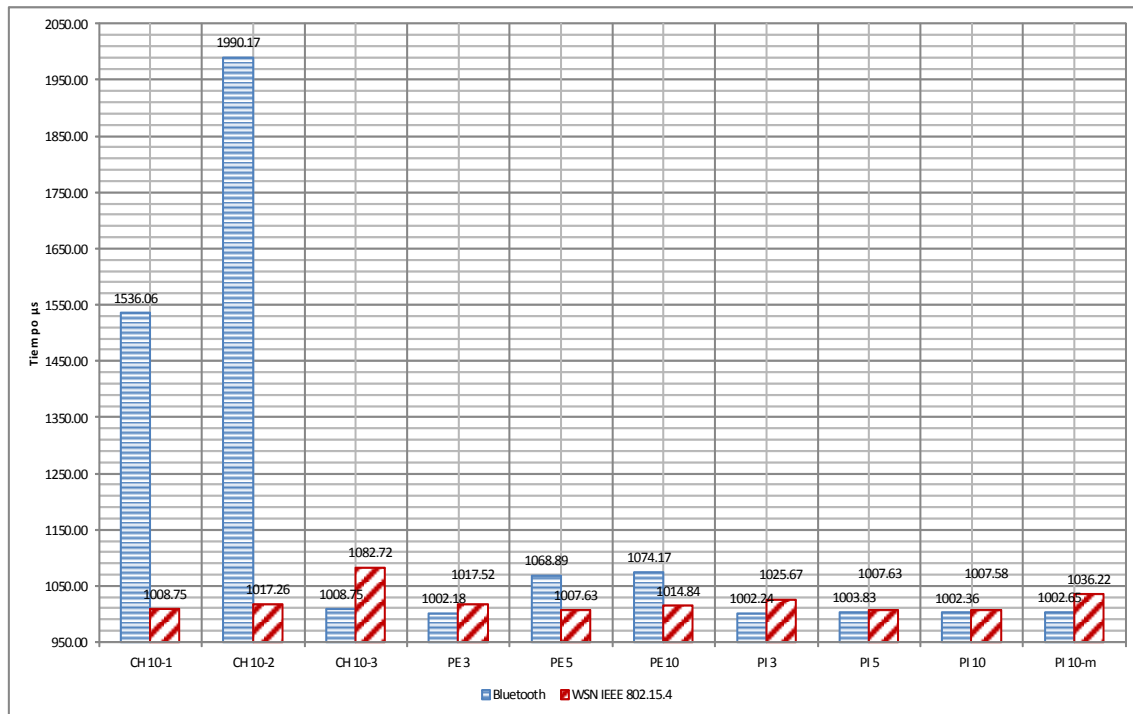


Figura 4.10: Escenarios reales - Tiempo de Transmisión.

datos entre elementos físicos y dispositivos móviles que integran el modelo de personalización para SSMs, ya que esta tecnología presentó menor número de paquetes perdidos así como menor número de retransmisiones; respecto al tiempo de transmisión, resultó en la mayoría de las pruebas realizadas, con menor tiempo frente a la tecnología WSN IEEE 802.15.4.

4.3 Conclusiones del capítulo

Las tecnologías más utilizadas en los SSMs son Bluetooth y WSN IEEE 802.15.4; para responder a una de las preguntas de investigación que cuestionaba *¿Cual TCI se comporta mejor en escenarios reales?* se realizó un análisis del comportamiento de estas tecnologías, utilizando *smartphones* para evaluarlas en posibles escenarios de aplicación,

como una casa de asistencia geriátrica, considerando que el usuario del modelo sería un adulto mayor, y una escuela primaria si el usuario fuera niño utilizara el SSM.

El resultado del análisis realizado condujo a que se eligiera Bluetooth como la tecnología adecuada para integrarla al modelo de personalización, ya que en las pruebas realizadas presentó menor cantidad de paquetes perdidos, menor cantidad de paquetes retransmitidos y menor tiempo de transmisión de paquetes de datos.

Con las actividades descritas en este y los anteriores capítulos se adquirieron los fundamentos del modelo de personalización para sistemas de salud móvil; dicho modelo se orienta a enfermedades crónicas como obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares ya que son enfermedades muy comunes en todo el mundo, los componentes específicos del modelo de personalización para SSMs, se describen en el siguiente capítulo.

Capítulo 5

Modelo de personalización para SSMs

Se realizó un modelo de personalización para sistemas de salud móvil que incluye los elementos necesarios para realizar una monitorización personalizada de los usuarios que padecen enfermedades crónicas, específicamente este modelo está orientado a las enfermedades crónicas más comunes alrededor del mundo, estas son obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares, como se explicó en el capítulo anterior. Las particularidades de dicho modelo se describen en este capítulo.

5.1 Objetivo

Para la realización del modelo de personalización, se realizó una taxonomía, publicada en [31], descrita en la siguiente subsección.

5.1.1 Taxonomía de los SSMS

Considerando la diversidad de áreas de aplicación de los SSMS, se definió una taxonomía que comprende tres grandes áreas de aplicación de estos sistemas: educación, información y monitorización, figura 5.1, que a continuación se describen.

- *Educación*: Sistemas orientados a educar a las personas con altos riesgo de contraer enfermedades, por ejemplo, para ayudar a los usuarios a mejorar sus hábitos alimenticios.
- *Información*: Para informar a las personas sobre diferentes aspectos de su enfermedad, a su vez, se dividen en dos tipos de información:
 - Estado de salud: Diseñados para mantener a los usuarios informados sobre la situación actual de su salud, y auxiliar en la toma de decisiones.
 - Expediente electrónico: Estos sistemas brindan información a los usuarios sobre el historial de sus registros de salud, almacenados de manera local o remota.
- *Monitorización*: Sistemas que se apoyan de biosensores para mantener registros actualizados de los usuarios y a su vez, se clasifican en dos tipos:
 - Basado en la ubicación: Puede ser de *automonitorización*, si es para uso exclusivo del paciente en el lugar donde se encuentre. Si el médico es quien se encarga de la monitorización a distancia, se clasifica entonces como un sistema de *monitorización remota*.
 - Basado en el tiempo de entrega: Si la monitorización es en tiempo real, el sistema se agrupa en los SSMS basados en el tiempo de entrega de clase

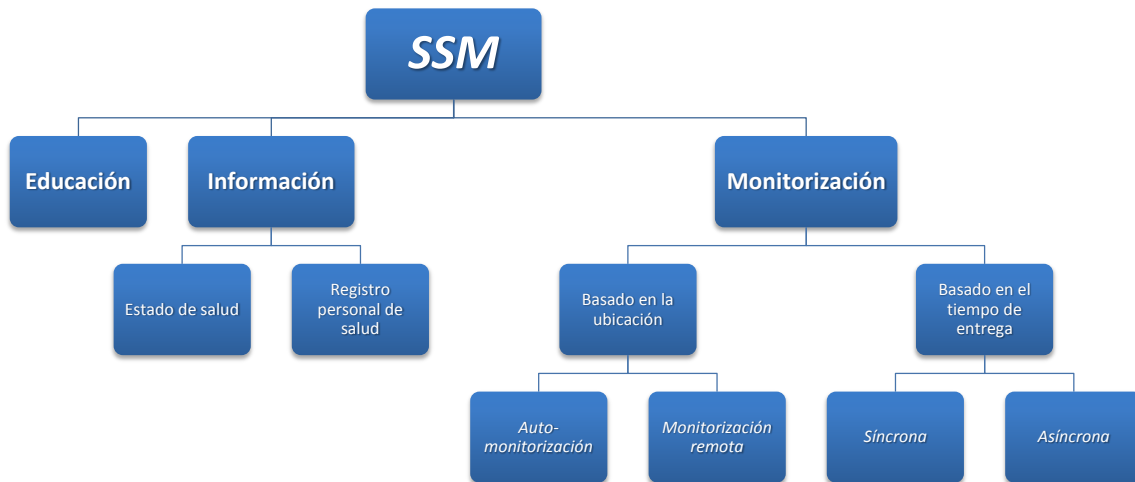


Figura 5.1: Taxonomía de los SSMs.

síncrona, si es un SSMs consciente del retardo, se trata de un SSMs, de clase *Asíncrona*.

Considerando las tres áreas de los SSMs se eligió monitorización debido a que el médico requiere monitorizar al paciente con una frecuencia que varía, de acuerdo a la enfermedad que padece. La monitorización se realiza con el objetivo de obtener los registros de los signos vitales de los pacientes *basado en la ubicación o en el tiempo de entrega*; en función de los resultados de esa monitorización, el médico puede decidir sobre la dirección que seguirá el tratamiento.

El objetivo del modelo de personalización aquí descrito, es facilitar a los pacientes la adquisición de datos y al médico la lectura de estos, realizando este proceso de manera personalizada apoyados por las etiquetas NFC, que almacenan la información personalizada del paciente, de manera que el médico, aunque tenga muchos pacientes

podrá recibir la información detallada de los registros de cada usuario, permitiendo así (*según comentarios de médicos entrevistados*), mejorar el proceso de monitorización de los pacientes.

5.2 Descripción

Existen sistemas de salud móvil, que auxilian a pacientes y personal de salud en el tratamiento de diversas enfermedades [14, 17, 28, 29], entre estas se encuentran las enfermedades crónicas. Este modelo se orientó a las enfermedades crónicas como obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares, por estar muy relacionadas en su tratamiento, de acuerdo con el personal de salud.

El modelo propuesto cubre los campos necesarios para la monitorización y seguimiento de la enfermedad que padece el usuario, por parte de un médico, si es un usuario adulto, o incluso por los papás si el usuario es un menor de edad, tal como se muestra en la figura 5.2 .

5.2.1 Actores

En esta sección se describen los actores que involucra el modelo de personalización para los sistemas de salud móvil.

Personas

- *Asistente médico*: Recepcionista, enfermera, enfermero o cualquier persona que auxilie al médico.
- *Médico*: Encargado de verificar que el tratamiento se está ejecutando en tiempo y forma, además es quien realiza recomendaciones para mejorar la salud del usuario.

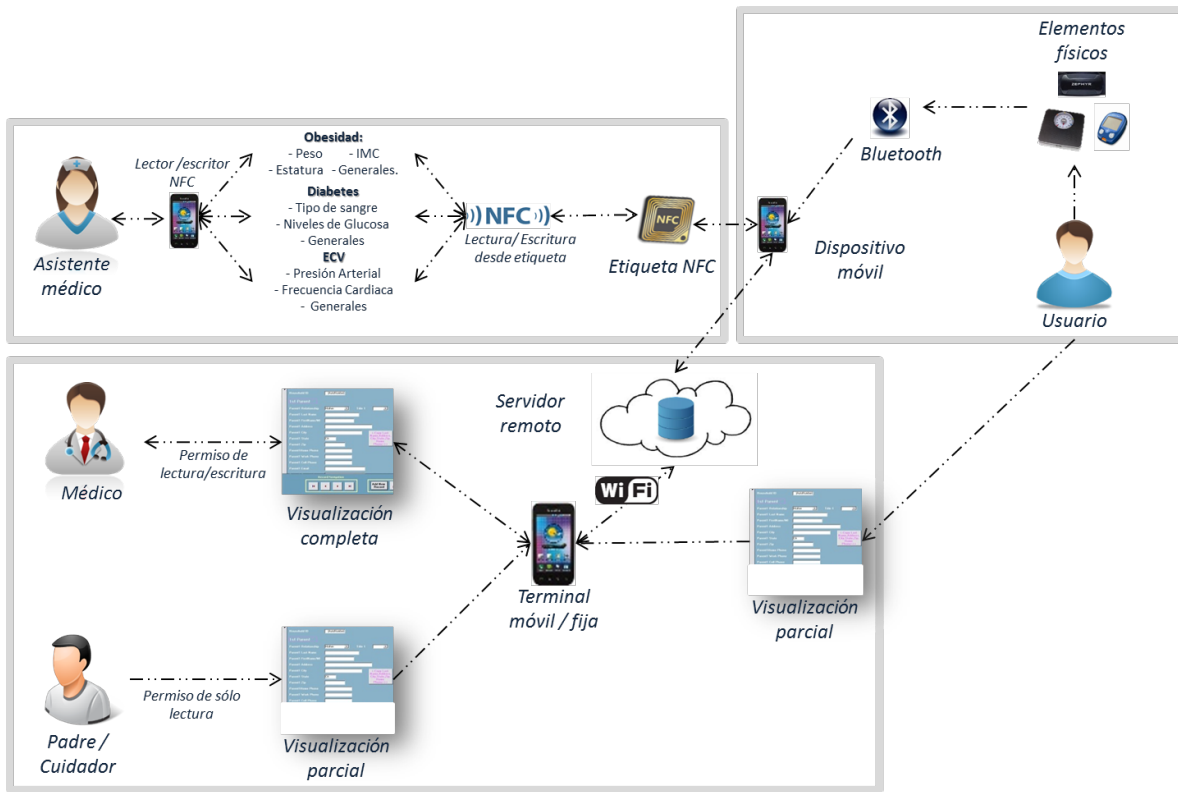


Figura 5.2: Modelo de personalización para SSMs.

- **Padre / Cuidador:** Es el padre o tutor del usuario (*cuando este es un niño*), además, verifica que el usuario realice las actividades, pero no tiene acceso a la información completa del tratamiento; algunas veces el usuario requiere un cuidador, si se trata de un adulto mayor, que depende de alguien más, esta persona también puede visualizar parcialmente la información.
- **Usuario:** Es el paciente a tratar quien además realizará las mediciones con los elementos físicos y cada vez que realice una medición utilizará la etiqueta NFC para obtener información proporcionada por el médico, para posteriormente, enviarla con los últimos registros que realice. Posteriormente el médico podrá visualizar

la información alojada en un servidor remoto, la registrará en una etiqueta NFC, para su posterior uso, además el usuario puede visualizar parcialmente la información referente a su enfermedad, ya que dicha información, se encuentra en un servidor remoto.

Tecnologías

- *Near Field Communication (NFC)*: Tecnología utilizada para leer y escribir la información personal del usuario en etiquetas.
- *Bluetooth*: Tecnología de comunicación inalámbrica utilizada por los elementos físicos para transmitir datos al dispositivo móvil, elegida como resultado del análisis descrito en el capítulo anterior.
- *Wi-Fi*: Usada para acceder a los datos ubicados en un servidor remoto.

Entrada y salida de datos

- *Dispositivo móvil*: Utilizado por el usuario para recibir las mediciones desde los elementos físicos.
- *Terminal móvil/fija*: Dispositivo móvil o computadora de escritorio que permite a alguna de las personas, visualizar los datos almacenados en un servidor remoto.
- *Servidor remoto*: Lugar de almacenamiento que contiene los datos que los usuarios envían cada vez que realizan alguna medición.
- *Elementos físicos*: Dispositivo con el que el paciente realiza la medición, de acuerdo a la enfermedad que padece (*báscula, glucómetro, monitor de frecuencia cardíaca*).

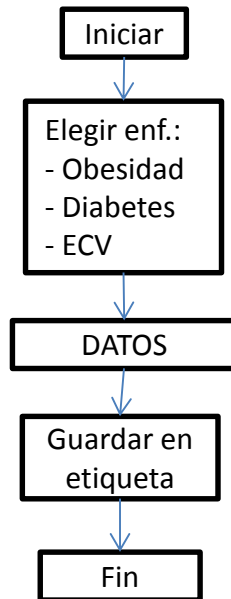


Figura 5.3: Diagrama de la aplicación móvil para el médico.

5.2.2 Bloques

El modelo se divide en tres bloques funcionales:

Captura de datos

Esta actividad es realizada por parte del asistente médico, como se muestra en la figura 5.3. Se captura la información personal del usuario, es necesario que la captura de datos se realice al inicio del tratamiento ya que los datos se capturan en relación a la enfermedad que padece el usuario; basado en las especificaciones descritas en la tabla 5.1

Tabla 5.1: Datos requeridos de acuerdo a la enfermedad padecida.

Obesidad	Diabetes	ECV
Peso	Tipo de sangre	Presión Arterial
Estatura	Niveles de azúcar	Frecuencia cardiaca
IMC (<i>Índice de Masa Corporal</i>)	Datos Generales ¹	Datos Generales ¹
Datos Generales ¹	-	-

Una vez que los datos son capturados por el asistente médico, este utiliza un lector/escritor de etiquetas NFC (*p. e. Smartphone con NFC habilitado*) para guardar los datos personales en una etiqueta NFC, de manera que los datos sean únicos para cada usuario.

Lectura y medición

Después que el asistente médico guarde los datos en la etiqueta NFC, el usuario podrá leerlos para que la aplicación móvil que tiene el dispositivo utilice estos datos, si lo requiere (*p. e. para realizar una llamada al médico en caso de una emergencia*), y así realizar las mediciones.

Las mediciones que realice el usuario serán enviadas al médico a través de un SMS o de un correo electrónico (*dependiendo de la conectividad a la red Wi - Fi o redes de telefonía móvil*), para que pueda ver los últimos registros del paciente junto con toda su información personal, de manera que aunque el médico tenga muchos pacientes, este, fácilmente los identifique con la información personal que recibe, como se muestra en la figura 5.4.

¹Nombre, edad, teléfono del médico, e-mail del médico, frecuencia de consultas, recomendaciones, recordatorios.

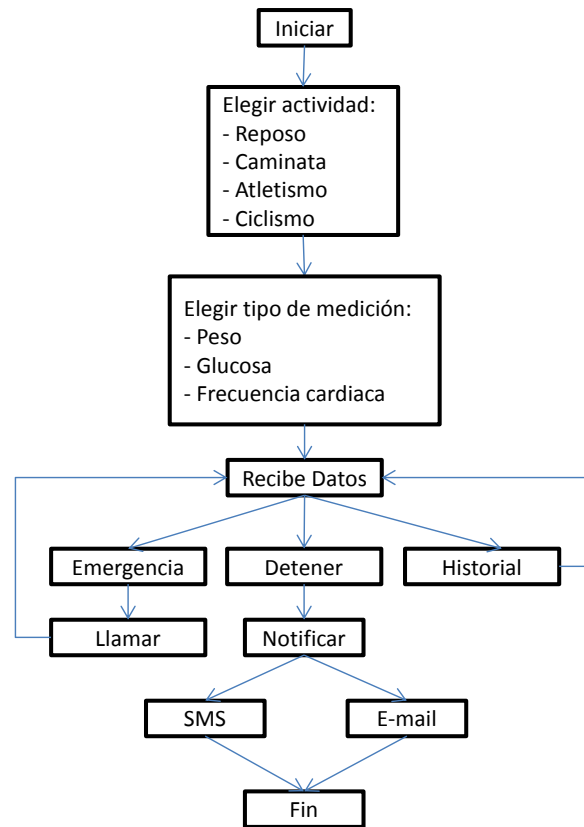


Figura 5.4: Diagrama de la aplicación móvil para el paciente.

Visualización de información

La visualización de la información del paciente podrá realizarse cuando este lo necesite, pudiéndola realizar desde una terminal fija o móvil con acceso a internet, para consultar los datos de manera remota, si la persona que accede es el médico, previa identificación, tendrá todos los privilegios para actualizar la información del usuario, si quien accede es el padre o el mismo usuario, solo podrá leer parte de la información (*no podrá leer información que sólo necesita el médico*).

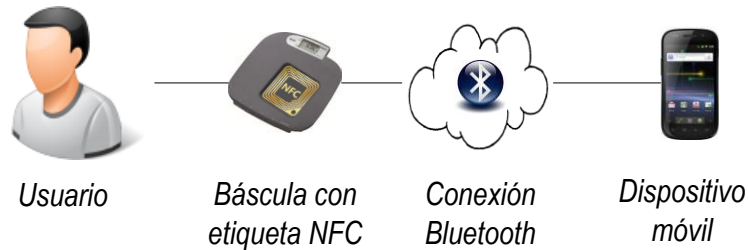


Figura 5.5: Modelo de personalización orientado a Obesidad (*Lectura y medición*).

5.3 Casos de uso

Como se mencionó anteriormente el modelo de personalización se orienta a la monitorización de personas que padecen enfermedades crónicas como obesidad, diabetes o enfermedades cardiovasculares. A continuación se describen los casos de uso para cada una de estas enfermedades.

5.3.1 Obesidad

Si el paciente que presenta obesidad ($IMC > 30$) y es sometido a tratamiento, el médico requerirá mantener la monitorización del peso del paciente para conocer la evolución del padecimiento en ciertos periodos de tiempo, posteriormente el médico elabora planes de ejercicio y alimentación para el paciente.

Para implementar el modelo de personalización aquí descrito, en un SSM de monitorización de personas (*niños o adultos*) con obesidad, el bloque del modelo que se altera es únicamente el bloque de lectura y medición pues se utiliza de manera específica una báscula y los datos que se capturan en la etiqueta son los datos para un paciente con obesidad, figura 5.5

Se realizaron pruebas con una báscula marca TANITA HD-351 BT, que envía datos a un smartphone Nexus One, a través de Bluetooth, donde son procesados los datos

por una aplicación que posteriormente envía los registros personales al médico de la manera en que decida el usuario, a través de un SMS o un correo electrónico.

5.3.2 Diabetes

Implementando el modelo de personalización en un SSM para monitorización de pacientes que padezcan diabetes, sin importar que el paciente sea un niño o un adulto, es necesario que se realicen tres mediciones diarias de los niveles de glucosa, ya que el médico requiere dichas mediciones para tratar al paciente.

Si el paciente presenta niveles de glucosa superiores a 125 mg/dl, estos indican que los niveles de glucosa son altos, para esto el médico realiza recomendaciones específicas. Las mediciones se deben realizar con un glucómetro que tenga conectividad Bluetooth para que se transmitan los datos del paciente al dispositivo móvil, y posteriormente al médico, cómo se muestra en la figura 5.6.

Los datos del paciente los recibe el médico por SMS o por correo electrónico.



Figura 5.6: Modelo de personalización orientado a Diabetes (*Lectura y medición*).

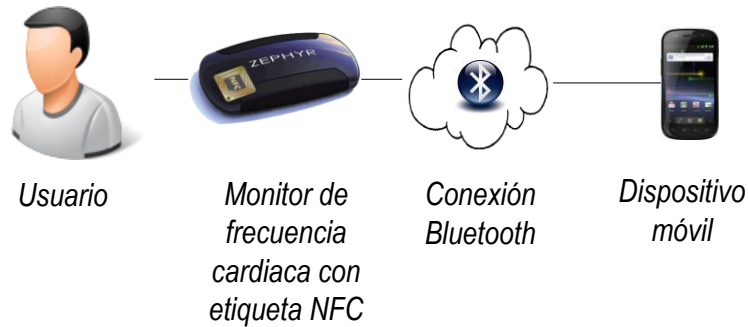


Figura 5.7: Modelo de personalización orientado a ECV (*Lectura y medición*).

5.3.3 ECV

Como tercer caso de uso, si el paciente (*niño o adulto*) padece alguna enfermedad cardiovascular, se requiere la monitorización de la frecuencia cardíaca, sobre todo, si el paciente es propenso a este tipo de enfermedades, por antecedentes familiares o por que acaba de sufrir un infarto.

Implementado el modelo de personalización en SSMS de monitorización de personas con ECV, se pueden utilizar diversos dispositivos como un monitor de frecuencia cardíaca, que permite al médico tener registros actualizados del comportamiento de la frecuencia cardíaca del paciente, figura 5.7

Se realizaron diversas pruebas con un monitor de frecuencia cardíaca marca Zephyr HxM BT, el cual se comunica a través de Bluetooth con un smartphone Nexus One, los datos procesados en el smartphone se envían al médico.

5.4 Conclusiones del capítulo

El modelo de personalización de SSMS se orienta a una de las tres áreas de aplicación de los SSMS, la monitorización de pacientes con enfermedades crónicas. Con el fin de

apoyar al personal médico y pacientes en el tratamiento de las enfermedades crónicas.

Dicho modelo está dividido en tres bloques: Lectura y medición, captura de datos, visualización de información, para orientarlo a alguna de las enfermedades crónicas, sólo es necesario alterar el bloque de lectura y medición, pues lo único que cambia es el elemento físico con el que se realiza la medición; si se monitoriza a pacientes con obesidad se utiliza una báscula, si el paciente padece diabetes, entonces se utiliza un glucómetro, y finalmente, si el paciente tiene alguna ECV, se utiliza un monitor de frecuencia cardíaca; todos los dispositivos deben de utilizar Bluetooth para la transmisión de datos hacia un dispositivo móvil, que a su vez tiene acceso a la información personal del paciente guardada en una etiqueta NFC.

Con el fin de evaluar la implementación del modelo de personalización de SSMS para monitorización, se realizó una demostración utilizando un monitor de frecuencia cardíaca, cuyos resultados se muestran en el siguiente capítulo.

Capítulo 6

Evaluación del modelo

Con el fin de cumplir por completo con el objetivo general de este trabajo de investigación, se realizó una evaluación del modelo de personalización de SSMs para monitorización de pacientes con enfermedades crónicas, descrito en el capítulo anterior, en este capítulo se muestra el procedimiento seguido para la evaluación del modelo, así como los resultados.

6.1 Evaluación

Se utilizaron herramientas ya establecidas como lo son los cuestionarios SUS¹ y TAM², para conocer el grado de usabilidad y aceptación del modelo, adicionalmente se hicieron preguntas que permitían conocer el nivel de aceptación relacionado con la manera en la que se personalizan los SSMs utilizando este modelo.

¹Siglas de: System Usability Scale - Escala de usabilidad del sistema.

²Siglas de: Technological Acceptance Model - Modelo de aceptación tecnológica.

6.1.1 Descripción del escenario de evaluación

El modelo para personalización de sistemas de salud móvil aquí presentado, está orientado a pacientes con enfermedades crónicas, lo cual implica que el paciente puede ser un adulto joven, un adulto mayor, o incluso, un niño.

Es de interés para este trabajo de investigación conocer la opinión de los médicos, que, cómo se describió en la sección anterior, también pueden ser usuarios de dicho modelo junto con los pacientes que pueden ser adultos o niños. Por esta razón se dividió la población en tres grupos: niños, adultos y médicos; en el caso de los niños y adultos encuestados no necesariamente padecían una enfermedad crónica, por lo que se les pidió que respondieran, como si ellos padecieran la enfermedad, en las respuestas que lo requirieran.

Se realizaron las encuestas para cada caso como se describe a continuación:

- *Niños*: Se solicitó autorización en la escuela primaria Mtro. Ezequiel A. Chávez, ubicada en la Zona Centro, de Ensenada, Baja California, para realizar las encuestas a un grupo de alumnos, utilizando la siguiente metodología; primero se proyectó una presentación donde se les proporcionaba información acerca de las enfermedades crónicas, para introducirlos al tema, posteriormente se les explicó el modelo propuesto de manera que ellos entendieran, después se realizó una demostración con algunos alumnos, para finalizar con una encuesta guiada, para cada uno de los 22 participantes.
- *Adultos*: El proceso de selección de participantes adultos fue aleatorio, se buscaron 10 participantes que estuvieran dispuestos a contestar la encuesta, precedida por una breve explicación del modelo propuesto y una demostración.
- *Médicos*: Para evaluar el modelo con el personal médico, se visitó diferentes -

instituciones de salud, con el fin de encontrar a 10 médicos que participaran, con el único requisito de que fueran especialistas en cardiología, pediatría o medicina general, ya que, para esta etapa, la demostración se orientó a enfermedades del corazón. Se entrevistaron a 5 médicos en sus consultorios particulares y otros 5 de distintas instituciones de salud, entre las cuales se encuentran: Hospital Cardiomed, Sanatorio del Carmen, Centro Médico Ángeles, ISSSTECALI, Unidad Médica del Parque, todos ellos ubicados en la ciudad de Ensenada, Baja California, México.

Los dispositivos utilizados para demostrar el funcionamiento del modelo de personalización para sistemas de salud móvil fueron los siguientes:

Dispositivo móvil: 1 Smartphone Google Nexus One con Bluetooth y NFC habilitados, con sistema operativo Android 2.3.6, que utiliza dos aplicaciones desarrolladas como parte de este trabajo de investigación, una que le permitiera al paciente realizar la captura de la información desde el elemento físico a través de Bluetooth, y otra para la lectura/escritura de los datos personales del usuario en la etiqueta NFC, figura 6.1.

Elemento físico: 1 monitor inalámbrico de frecuencia cardiaca Zephyr HxM con Bluetooth habilitado, utilizado en este caso de uso, para enviar los datos de la frecuencia cardiaca del paciente al dispositivo móvil, a través de Bluetooth.

Etiqueta NFC: 1 etiqueta NFC adherible, para lectura/escritura de datos, con capacidad de 716 bytes, en la que se guardan los datos personales del paciente, para que posteriormente se envíen al médico junto con los resultados de la medición desde el dispositivo móvil.

En los cuestionarios también se les pidió a los participantes que respondieran con que frecuencia utilizan los dispositivos móviles (*Celular, smartphone, tablet*), así como su ocupación y experiencia ejerciendo su profesión u oficio, con el fin de conocer el grado

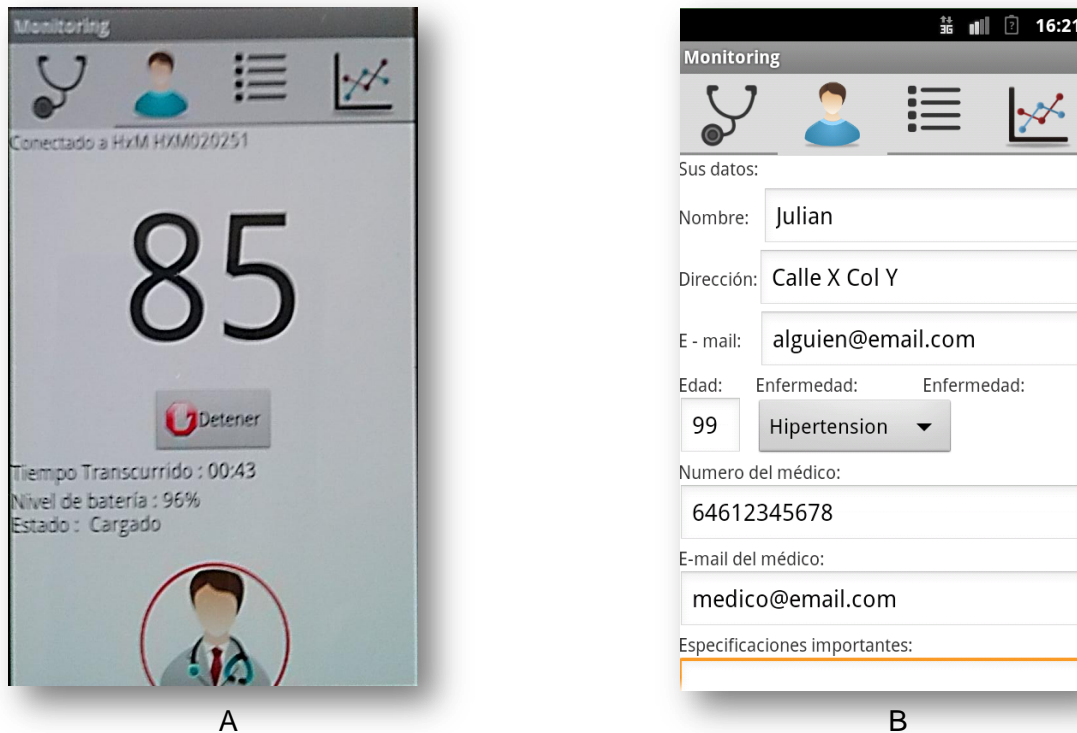


Figura 6.1: Pantallas principales de las aplicaciones desarrolladas A.-) Aplicación que recibe datos desde el elemento físico. B.-) Aplicación para lectura/escritura de datos personales.

de aceptación que tiene cada grupo de la población, respecto al modelo propuesto.

6.2 Resultados de la evaluación

Se presentan los resultados de la evaluación del modelo de acuerdo a la muestra poblacional encuestada: Niños, adultos y médicos. Se obtuvo una muestra equilibrada para cada población, como se describe a continuación:

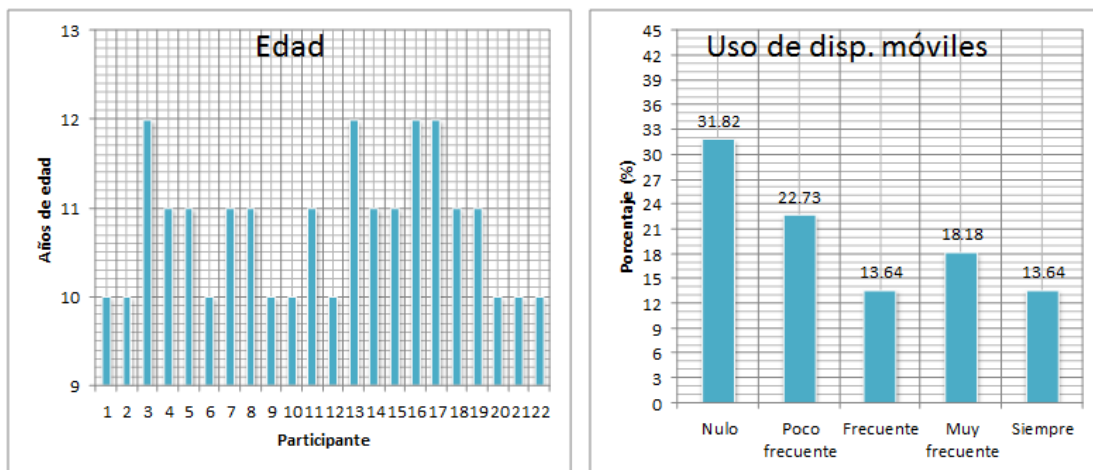


Figura 6.2: Edad de los niños participantes y frecuencia de uso de los dispositivos móviles.

Niños

Este grupo estuvo formado por 22 niños, entre los cuales había 9 hombres y 13 mujeres, con una edad promedio de 11 años, mientras que la frecuencia con la que utilizan los dispositivos móviles fue mayormente nula (31.82%), como se puede ver en las gráficas de la figura 6.2.

Respecto a la usabilidad del modelo, según los niños encuestados con el cuestionario SUS, se obtuvieron 63 puntos de un total de 100, lo que indica que los 22 estudiantes de la escuela primaria, perciben el modelo presentado con un puntaje de 63 en su utilidad y facilidad de uso; mientras que para la aceptación de la tecnología presentada se obtuvieron 72 de 100 puntos, lo que indica que a pesar del grado de usabilidad, la aceptación de la tecnología presentada es superior con 9 puntos; la manera en la que se realiza la personalización les pareció buena alcanzando los 64 puntos de 100.

Además, los encuestados hicieron algunos comentarios respecto al modelo presentado, mismos que se transcriben a continuación:

- “... me pareció muy informativo y fácil...” — Participante #11 Niño, estudiante, 11 años.
- “... muy fácil de utilizar pero tiene algunas imperfecciones...” — Participante #3 Niño, estudiante, 12 años.
- “... se me hizo un poco complicado y un poco difícil de entender...” — Participante #15 Niño, estudiante, 11 años.
- “... ¿dónde venden estos aparatos?, ¿se venden en alguna tienda cercana?...” — Participante #9 Niña, estudiante, 10 años.

En general el grado de usabilidad y aceptación se vio un poco afectado en esta muestra poblacional, esto se le atribuye al poco uso de los dispositivos móviles que tienen los estudiantes encuestados.

Adultos

El grupo de adultos encuestado se compuso por 10 personas, con el fin de obtener una muestra equilibrada, se eligió a 5 hombres y 5 mujeres, de los cuales 5 eran mayores de 40 años y los 5 restantes eran menores de 40, esto para obtener la percepción del modelo propuesto desde diferentes puntos de vista. En las gráficas de la figura 6.3, se muestran las edades de los adultos encuestados donde se puede ver que el adulto de menor edad fue de 22 años, mientras que el adulto entrevistado de mayor edad supera los 83 años.

Los adultos encuestados se mostraron muy asombrados utilizando las aplicaciones que componen el modelo de personalización para sistemas de salud móvil; procesando

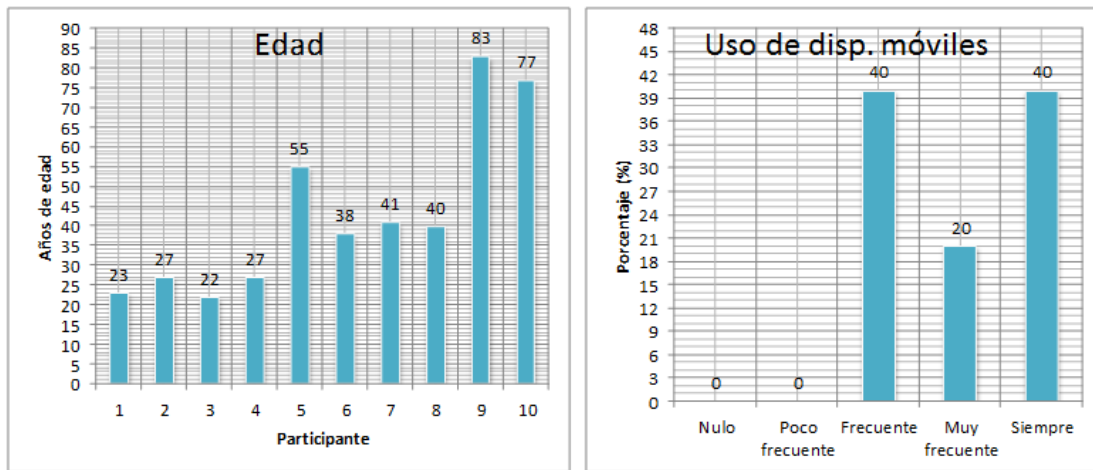


Figura 6.3: Edad de los adultos participantes y frecuencia de uso de los dispositivos móviles.

los resultados del cuestionario SUS, se obtuvieron 79 de 100 puntos de usabilidad del modelo percibida por los usuarios, mientras que del cuestionario TAM se obtuvieron 92 puntos de 100, puntaje que confirma el grado de aceptación del modelo de personalización por parte de la muestra encuestada; respecto a la personalización, se obtuvieron 79 puntos de 100, indicador que sugiere que la forma de personalizar del modelo, es en su mayoría, aceptable por los usuarios.

Por otra parte los encuestados manifestaron diversas opiniones que a continuación se muestran literalmente:

- “... considero que al implementar este modelo se agilizaría la eficacia del tratamiento, en general, un buen proyecto...” — Participante #1 Adulto, mujer, estudiante, 22 años.
- “... buena idea; quizás mejoraría o haría más amigable la interfaz en la que se

ingresan los datos...” — Participante #2 Adulto, hombre, desempleado, 27 años.

- “... muy útil, sí lo usaría...” — Participante #7 Adulto, hombre, administrador, 42 años.
- “... muy bueno, porque actualmente estos aparatos los usan sólo los hospitales, esto hace todo más fácil...” — Participante #10 Adulto, hombre, pensionado 77 años.

Nuevamente se puede notar cómo el grado de usabilidad y aceptación se ve afectado en las muestras poblacionales, en esta ocasión de manera positiva, ya que se incrementan los indicadores, atribuyendo este comportamiento al frecuente uso de los dispositivos móviles por parte de los adultos encuestados.

Médicos

La muestra poblacional de médicos estuvo compuesta por 5 hombres y 5 mujeres, de los cuales la mitad tenía más de 40 años y la mitad restante de menor edad; 5 de los médicos encuestados eran médicos generales, mientras que 3 de ellos eran cardiólogos, y dos más que ejercían pediatría.

Esta selección se realizó para obtener opiniones desde diferentes perspectivas, además en su mayoría, los encuestados utilizan siempre su dispositivo móvil. Estos datos se pueden ver en las gráficas de la figura 6.4

Al realizar la explicación y demostración del funcionamiento del modelo, los médicos generales, cardiólogos y pediatras se mostraron conformes con los resultados presentados, ya que, una vez procesados los datos de las encuestas, se obtuvieron 82 puntos de usabilidad del modelo presentado, así como 83 puntos del grado de aceptación de la tecnología presentada, ambos de un total de 100 puntos, indicadores que sugieren que los encuestados si utilizarían el modelo presentado.

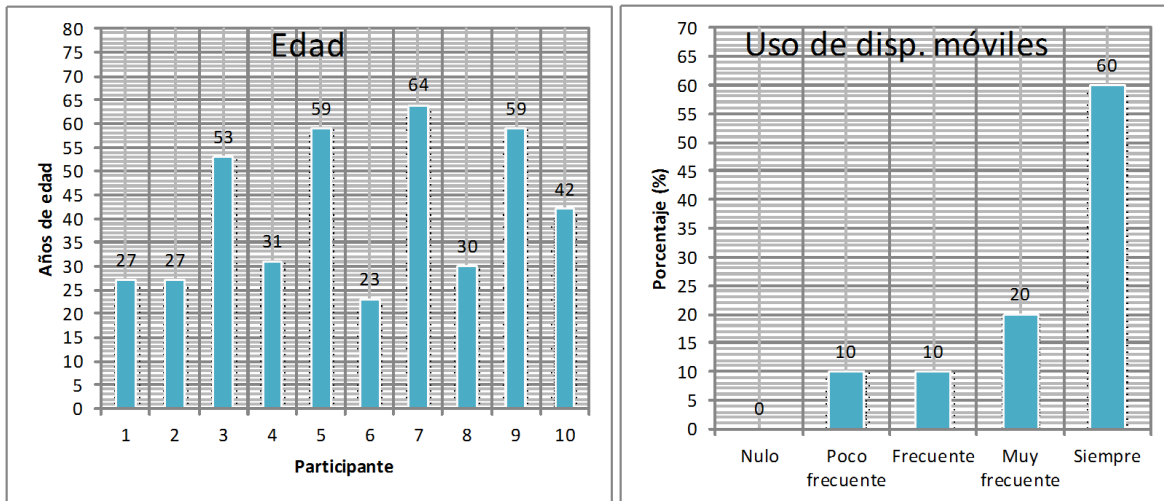


Figura 6.4: Edad de los médicos participantes y frecuencia de uso de los dispositivos móviles.

Por otra parte para la personalización resultó 73 de 100 puntos, esto se le atribuye a que algunos médicos querían almacenar todo el expediente clínico del paciente, mientras que el modelo propone almacenar sólo información personal.

Además de hacer recomendaciones verbales, algunos médicos escribieron algunas sugerencias, que a continuación se transcriben:

- “... el único problema que veo es que no todos los pacientes tienen acceso a esos dispositivos, atiendo a pacientes que ni siquiera tienen un celular sencillo...” — Participante #3 Mujer, médico general, 53 años.
- “... requiere un poco más de espacio para más información, en general me parece muy bien para pacientes que acaban de sufrir un infarto/ preinfarto...” — Participante #8 Hombre, cardiólogo, 30 años.
- “... me parece útil pero hay áreas de la medicina en las cuales va a ser más

útil, según el tipo de paciente y padecimiento...” — Participante #7 Hombre, Pediatra, 64 años.

- “... bien el sistema, pero se deberían considerar otras variables como el perfil lipídico y el estado actual de las enzimas del paciente...” — Participante #4 Mujer, médico general, 31 años.
- “... me parece súmamente interesante que instituciones locales como UABC, estén desarrollando este tipo de programas...” — Participante #5 Hombre, pediatra, 59 años.

Los encuestados demostraron percibir un alto grado de usabilidad y aceptación, esto se le atribuye a la experiencia que ya tienen utilizando los dispositivos móviles; de manera general los médicos sugieren que se incluya un registro electrónico en las etiquetas NFC, situación que se ve truncada debido al límite de las etiquetas (*716 bytes*), además no es el objetivo de este modelo.

Resultados generales

Los resultados variaron de una muestra de la población a otra, los usuarios que tuvieron un nivel superior sobre las demás muestras fueron los médicos.

La aceptación de la tecnología y la manera en la que se realiza la personalización, fue mayor entre los usuarios adultos, esto se le atribuye a que los médicos y adultos encuestados utilizan con mayor frecuencia los dispositivos móviles, a diferencia de los niños que para todos los casos, mostraron porcentajes inferiores a las otras muestras poblacionales.

Implementando este modelo de personalización para SSMs, sí sería utilizado por pacientes y médicos, ya que los encuestados respondieron positivamente cuando se les

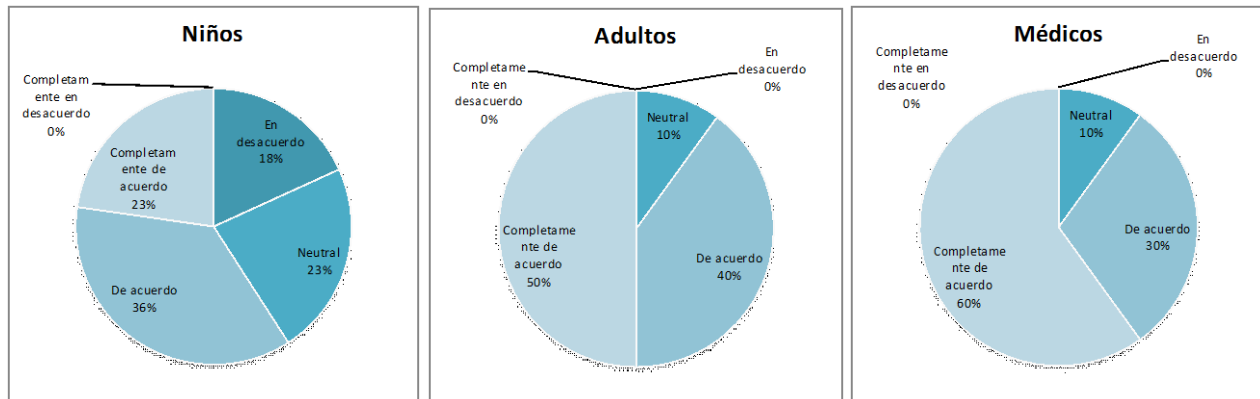


Figura 6.5: Respuestas a la pregunta ¿Utilizaría este sistema?.

cuestionó sobre si están de acuerdo en utilizar el modelo, cómo se puede ver en las gráficas de la figura 6.5, los resultados están divididos de acuerdo a la muestra poblacional encuestada, siendo nuevamente los médicos los que estuvieron totalmente de acuerdo en utilizar el modelo presentado un puntaje de 60, mientras que los adultos resultaron con 50 puntos y 36 por parte de los niños, para todos casos la escala máxima de puntos era 100.

6.3 Conclusiones del capítulo

El modelo de personalización para sistemas de salud móvil presentado en este capítulo propone apoyar a la monitorización de pacientes con alguna enfermedad crónica como diabetes, obesidad o alguna ECV.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la evaluación del modelo con diferentes muestras poblacionales, resultan niveles altos de la usabilidad, de la aceptación de la tecnología presentada y de la manera en la que se realiza la personalización; por parte de los niños el grado de aceptación fue menor por la poca - o nula experiencia en algunos, utilizando dispositivos móviles, a diferencia de los adultos y los médicos con diferentes

especialidades, que manifestaron que si seguirían este modelo.

Finalizada esta actividad se cumple con el último de los objetivos específicos: Evaluar el grado de aceptación del modelo de personalización para SSMs, por parte de los usuarios.

En el siguiente capítulo se exponen las conclusiones generales del trabajo de investigación así como el trabajo a futuro.

Capítulo 7

Conclusiones y trabajo futuro

Este trabajo de investigación se da por terminado al cumplir con el objetivo general, que a su vez se compone de los objetivos específicos que dan respuesta a las preguntas de investigación.

En este último capítulo se describen las conclusiones de cada uno de los objetivos específicos, y se propone el trabajo a realizar posteriormente.

7.1 Conclusiones

La respuesta a las preguntas de investigación planteadas para este trabajo, se completaron con el cumplimiento de los objetivos específicos, que de manera conclusiva se describen a continuación:

- *Definir las TCIs que intervienen en los SSMs para enfermedades crónicas:* - Existen diversas tecnologías que se utilizan en los SSMs, como se puede ver en los capítulos anteriores, sin embargo, las tecnologías de interés para este trabajo de investigación, fueron las TCIs de corto alcance, específicamente: Bluetooth, WSN IEEE 802.15.4 y NFC, las primeras dos servirían para la transferencia de infor-

mación entre los elementos físicos, mientras que NFC se utilizaría para almacenar los datos personales de cada usuario en etiquetas.

- *Definir las enfermedades crónicas a las que se orienta el modelo de personalización:* Fue necesario definir las enfermedades crónicas a las cuales estaría orientado el modelo, para esto se realizó una revisión bibliográfica, y algunas reuniones con personal médico para definir las; las enfermedades resultantes fueron: obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares. Estas enfermedades provocan millones de muertes alrededor del mundo. De manera que el modelo de personalización apoya a la monitorización de pacientes con estas enfermedades.
- *Definir cuáles son los elementos físicos que intervienen en los SSMs para enfermedades crónicas:* Cuando se establecieron las enfermedades crónicas a las que se orientaría el modelo de personalización para SSMs, se establecieron los elementos físicos o herramientas que integrarían el modelo, con ayuda del personal médico se establecieron los siguientes elementos físicos: un glucómetro, para diabetes, una báscula para pacientes con obesidad y para las enfermedades cardiovasculares, un monitor de frecuencia cardíaca.
- *Definir parámetros de evaluación para las TCIs:* Para optimizar el modelo de personalización surgió la necesidad de analizar las TCIs elegidas (*Bluetooth y WSN IEEE 802.15.4*), con el fin de elegir la que resultara mejor en base a ciertos parámetros, ya que el objetivo del modelo fue facilitar la monitorización de las enfermedades para el personal de salud y pacientes; se establecieron los siguientes parámetros de evaluación: Paquetes perdidos, paquetes retransmitidos y tiempo de transmisión.
- *Analizar las TCIs más utilizadas en los SSMs:* Se utilizaron los parámetros ya

establecidos para realizar un análisis de las tecnologías, con esta actividad se pudo analizar el comportamiento de las tecnologías en posibles ambientes de aplicación, como una casa de asistencia geriátrica y una escuela primaria, ya que los usuarios pueden ser adultos o niños. De esta actividad se pudo concluir que para estos escenarios Bluetooth presenta un mejor comportamiento en comparación con WSN IEEE 802.15.4, en todos los casos.

- *Realizar un modelo de personalización para SSMs orientado enfermedades crónicas con las tecnologías evaluadas:* Después de realizar el análisis de las TCIs para cumplir con el objetivo general de este trabajo de investigación, se diseñó el modelo de personalización para SSMs, considerando la información obtenida de las actividades anteriores.

El modelo se orientó a enfermedades como diabetes, obesidad y ECV, utilizando como elementos físicos un glucómetro, una báscula y un monitor de frecuencia cardíaca, respectivamente para cada enfermedad; estos elementos físicos se conectan a los dispositivos móviles a través de Bluetooth, además de esto, el paciente/médico pueden acceder a los registros personales que se encuentran en la etiqueta NFC utilizando el dispositivo móvil.

Los registros de los pacientes también pueden ser visualizados por los padres de familia, si el paciente es un niño, o por los cuidadores si es un adulto dependiente.

- *Evaluar el grado de aceptación del modelo de personalización para SSMs, por parte de los usuarios:* Después de diseñar el modelo con todos sus componentes, se procedió a la evaluación, que consistía en que usuarios potenciales conocieran y utilizaran las aplicaciones del modelo y posteriormente expresaran su opinión al respecto.

Para realizar esta actividad, se dividió la población en tres grupos: niños, adultos y médicos (*todos considerados usuarios potenciales*). Se utilizaron herramientas de evaluación ya establecidas: Cuestionario SUS, para medir la usabilidad y el cuestionario TAM, para medir el grado de aceptación de la tecnología presentada, adicional a esto se incluyeron preguntas que se orientaban a la manera en la que el modelo realiza la personalización de los SSMs.

En la tabla 7.1, se ven los puntos obtenidos de las encuestas aplicadas de un total de 100, respecto a cada uno de los parámetros evaluados, considerando que se obtuvo una media alta y una baja desviación estándar, se puede concluir que utilizar el modelo aquí descrito es factible para los grupos poblacionales encuestados.

Tabla 7.1: Resultados de la evaluación del modelo.

	Usabilidad	Aceptación	Personalización	<i>Media</i>	<i>Desv. Std</i>
Niños	63	79	64	68.67	8.96
Adultos	79	92	79	83.33	7.51
Médicos	82	83	73	79.33	5.51
<i>Media</i>	74.67	84.67	72	-	-
<i>Desv. Std.</i>	10.21	6.66	7.55	-	-

7.2 Trabajo futuro

Implementando este modelo en los SSMs, los médicos podrán tener una monitorización personalizada de sus pacientes, facilitando su trabajo, de acuerdo a lo obtenido de la evaluación del modelo.

Para evaluar el modelo, se utilizó un monitor de frecuencia cardiaca, como trabajo futuro se pretende evaluar el modelo con los elementos físicos que se describieron en

secciones anteriores: báscula y glucómetro, considerando las enfermedades crónicas mencionadas anteriormente. Así mismo se pretende diseñar y evaluar un modelo de personalización para SSMs de Información y Educación, considerando la taxonomía descrita en este trabajo de investigación.

De acuerdo con la información obtenida de las encuestas realizadas al personal de salud, una parte que fortalecería al modelo aquí descrito, es la inclusión de más información en las etiquetas NFC, para, de esta manera, crear un pequeño expediente electrónico que el paciente pueda traer en cualquier lugar, para lograrlo se utilizarían etiquetas NFC de mayor capacidad.

7.3 Publicaciones

Mientras se realizaba este trabajo de investigación se hicieron algunas actividades que servirían para complementar dicha investigación, que a continuación se describen:

- Congreso Vértice, Septiembre de 2012.
 - Garibaldi Beltrán, J. A. & Vázquez Briseño, M. (2012). Tecnologías de comunicación inalámbrica para la implementación de sistemas de salud personalizados. Congreso Internacional Vértice 2012, (pp. 329- 332). Ensenada, Baja California.
- Revista Difu100ci@ Septiembre de 2012.
 - Garibaldi Beltrán, J. A. & Vázquez Briseño, M. (2012). Tecnologías de comunicación inalámbrica para la implementación de sistemas de salud personalizados. DIFU100ci@, (pp 25-28).
- FinAppsParty Octubre de 2012.
 - Maratón para el desarrollo de aplicaciones móviles, 2012, Barcelona, España.

- CERMA Noviembre de 2012.
 - Garibaldi Beltrán, J. A. & Vázquez Briseño, M. (2012). Personal Mobile Health Systems for Supporting Patients with Chronic Diseases. IEEE 9no Congreso de Electrónica, Robótica y Mecánica Automotriz, CERMA. Cuernavaca, Morelos.

Bibliografía

- [1] Vital wave Consulting. *mHealth for Development: The opportunity of mobile technology for healthcare in the developing World*. UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership, Washington, D.C. and Berkshire, UK, 2009.
- [2] Ilkka Korhonen, Elina M. Mattila, A. Ahtinen, J. Salminen, L. Hopsu, R. Lapalainen y T. Leino. Personal health promotion through personalized health technologies - Nuadu experience. In *Conference proceedings : 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference*, volume 2009, pages 316–9, 2009.
- [3] Ilkka Korhonen, Elina M. Mattila y Mark Vam Gils. Personal health systems - Opportunities and barriers for adoption. *Conference proceedings : 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference*, 2010:5272, 2010.
- [4] Organización Mundial de la Salud. *Enfermedades Crónicas*, 2013.
- [5] Rafael Anta, Shireen El-Wahab y Antonino Giuffrida. Salud Móvil: El potencial de la telefonía celular para llevar la salud a la mayoría. *Nota de Innovación*, 1(Banco

- Interamericano de Desarrollo):3–32, 2009.
- [6] Robert S. H. Istepanian, Emil Jovanov y Y. T. Zhang. Guest editorial introduction to the special section on m-health: Beyond seamless mobility and global wireless health-care connectivity. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 8:405–414, 2004.
- [7] NFC Forum. NFC and Contactless Technologies, Agosto 2013.
- [8] IEEE std 802.15.1-2002, 2013.
- [9] Bluetooth Org. Technology overview — bluetooth development portal, 2013.
- [10] IEEE std 802.15.4-2003, 2013.
- [11] NFC Forum. About NFC, Agosto 2013.
- [12] Victor Manuel Morales Rocha, Luis Felipe Fernández Martínez, Jorge Enrique Rodas Osollo y Karla Miroslava Olmos Sánchez. Monitoreo remoto de pacientes con diabetes utilizando tecnologías móviles inalámbricas. *RevistaeSalud.com*, 8:1–8, 2012.
- [13] Ivo M. Lopes, Bruno M. Silva, Joel J. P. C. Rodrigues, Jaime Lloret y Mario L. Proença. A Mobile Health Monitoring Solution for Weight Control. In *Wireless Communications and Signal Processing*, 2011.
- [14] Ziyu Lv, Feng Xia, Guowei Wu, Lin Yao y Zhikui Chen. iCare: A Mobile Health Monitoring System for the Elderly. In *2010 IEEE/ACM Int'l Conference on Green Computing and Communications & Int'l Conference on Cyber, Physical and Social Computing*, pages 699–705. IEEE, Diciembre 2010.

- [15] Adam Marcus, Guido Davidzony, Denise Law, Namrata Verma, Rich Fletcher, Aamir Khanz y Luis Sarmenta. Using nfc-enabled mobile phones for public health in developing countries. In *First International Workshop on Near Field Communication*, 2009.
- [16] Andreas Prinz, Philipp Menschner, Matthias Altmann y Jan Marco Leimeister. inSERT – An NFC-based Self Reporting Questionnaire for Patients with Impaired Fine Motor Skills. In *2011 Third International Workshop on Near Field Communication*, pages 26–31. IEEE, Febrero 2011.
- [17] Katarzyna Wav y David Hausheer. COPD24: From Future Internet technologies to health telemonitoring and teletreatment application. In *Integrated Network Management (IM), IFIP/IEEE International Symposium*, 2011.
- [18] James Macinko, Inês Dourado y Frederico C. Guanais. Enfermedades crónicas, atención primaria y desempeño de los sistemas de salud diagnóstico, herramientas e intervenciones. Technical report, Banco Interamericano de Desarrollo, 2011.
- [19] Organización Mundial de la Salud. Obesidad y sobrepeso, Agosto 2013.
- [20] Norma Oficial Mexicana NOM-008-SSA3-2010, Para el tratamiento integral del sobrepeso y la obesidad.
- [21] Organización Mundial de la Salud. Prevalencia de obesidad, adultos mayores de 20 años de edad, Noviembre 2013.
- [22] Organización Mundial de la Salud. Diabetes, Agosto 2013.
- [23] Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes.

- [24] Organización Mundial de la Salud. Enfermedades cardiovasculares y diabetes, muertes por cada 100000 habitantes., Noviembre 2013.
- [25] Federación Mexicana de Diabetes. Diabetes en números, Noviembre 2013.
- [26] Organización Mundial de la Salud. Enfermedades cardiovasculares, Agosto 2013.
- [27] Norma Oficial Mexicana NOM-030-SSA2-2009, Para la prevención, detección, diagnóstico, tratamiento y control de la hipertensión arterial sistémica.
- [28] Li Wun-Jin, Luo Yuan-Long, Chang Yao-Shun y Lin Yuan-Hsiang. A wireless blood pressure monitoring system for personal health management. In *32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS Buenos Aires, Argentina*, 2010.
- [29] Peter Leijdekkers y Valerie Gay. Personal Heart Monitoring System Using Smart Phones To Detect Life Threatening Arrhythmias. In *Symposium on Computer-Based Medical Systems*, 2006.
- [30] PhysioBank Archive Index.
- [31] Julián Adrián Garibaldi Beltrán y Mabel Vázquez Briseño. Personal mobile health systems for supporting patients with chronic diseases. In *Ninth Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference*, 2012.