



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

---

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE  
INGENIERÍA Y CIENCIAS SOCIALES Y  
ADMINISTRATIVAS

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

“DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA PARA  
CONTROLAR Y MONITORIZAR A PACIENTES BASADO EN  
LOS ESTÁNDARES HL7 E IEEE 11073 APLICADOS A  
BIODISPOSITIVOS MÓVILES, PARA SU USO EN CLÍNICAS Y  
HOSPITALES MEXICANOS DE PRIMER NIVEL”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INFORMÁTICA

P R E S E N T A :  
ING. VÍCTOR JALIL OCHOA GUTIÉRREZ



Directores de la Tesis:  
Dr. Fernando Vázquez Torres  
Dr. Javier García García

MÉXICO, D.F., a 7 de junio de 2014.

Página dejada intencionalmente en blanco.

Página dejada intencionalmente en blanco.

Página dejada intencionalmente en blanco.

## DEDICATORIAS

A **Dios Amor**, gracias por esta maravillosa oportunidad para crecer y aprender, a la energía que nos anima a todos, la Vida.

A mis Padres, por hacer de mí quien soy el día de hoy, no ha sido sencillo pero sí se puede, el Amor está por encima de todo. Gracias, Mamá y Papá, por traerme al mundo y haber dado su juventud y algunos de sus sueños por mi hermana y por mí persona.

A mi futura amiga, pareja y esposa a ti \_\_\_\_\_ amada, que aun no te conozco.

A Lourdes Padilla, Martha Kritz, por su incondicional apoyo y ver que la verdadera Ami-stad sí existe.

A Miguel Ángel Torres Durán, por ser más un gran Amigo, gracias por enseñarme a ser honesto y a siempre dar más; nunca olvidaré su apoyo, además de ser el padrino de impresión de esta Tesis.

A Alberto Cortés y a Dulce Torres, por mostrarme que el Amor está primero, gracias a los dos.

A toda la familia Cortés Hernández, por su gran cariño y amistad.

A mis Profesores, que son los cimientos de mi formación: Abel Bueno, Abraham Gordillo, Emilia Abad, Eric Rosales, Fernando Vázquez, Javier García, Martha Jiménez, Rafael Ibáñez y Raúl Junior, por sus orientaciones, enseñanzas y consejos que ahora me han convertido en un Maestro.

A la Fundación Roberto Pla Inchausti a Rosario y al Patronato, en especial a Gerardo Fernández por creer en mis proyectos.

A Myrna Guzman y a sus hijos, por enseñarme lo que es la sencillez humana.

A Martha Jiménez y a Michelle García, gracias por escucharme en los momentos más difíciles en la Maestría.

A mis amigos y amigas por creer en las ideas creativas y positivas: Selene Irlanda, Ana Cabrera y todos aquellos que ahora a mi memoria escapan, por su compañía y apoyo en algún momento de mi vida.

Dedicado a ti, pionero de una nueva realidad. Camina hacia el futuro.

Esta tesis está dedicada a ti, que la tienes en tus manos ya sea en papel o desplegada en un monitor. Si yo pude, ¡tú también puedes!

Dedico esta tesis a aquellos que también desean ser Maestros pero que dejaron sus sueños atrás por un hermoso bebé. Tú eres más grande que yo por el simple hecho de ser Padre o Madre.

Dedico esta tesis a todo aquel que ha cometido un error, ha aprendido a levantarse y a seguir adelante.

Y finalmente, dedico esta tesis a todos aquellos que creemos que la Tierra es un lugar hermoso para vivir y crecer.

Página dejada intencionalmente en blanco.

## AGRADECIMIENTOS

A la **Dra. Yoloxóchitl Bustamante Díez**, Directora General del Instituto Politécnico Nacional.

Al **Dr. Primo Alberto Calva Chavarría**, Director de Investigación, por creer que el futuro de la investigación en México está en los jóvenes.

Al **Ing. Pedro Azuara Rodríguez**, Director de esta Unidad.

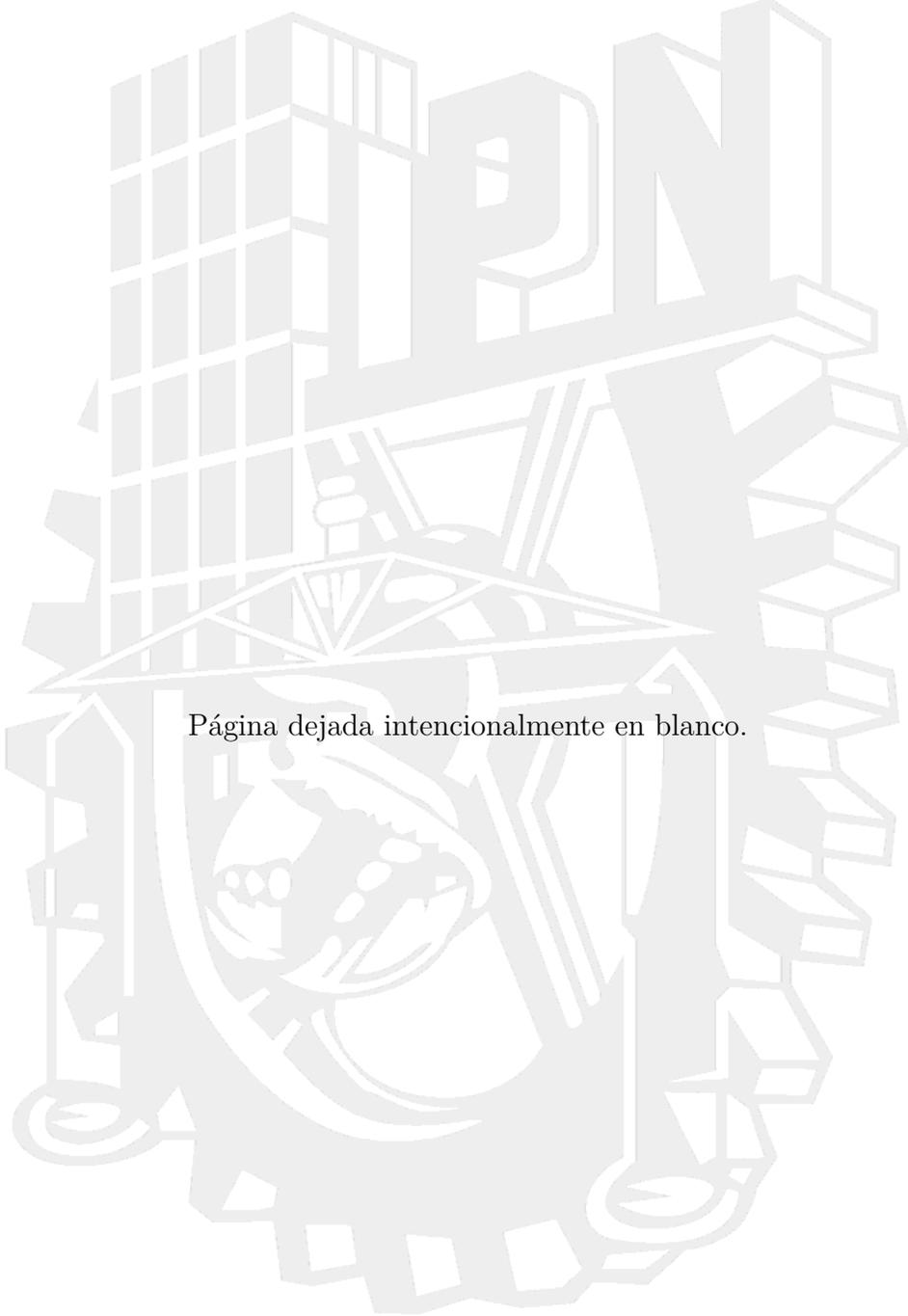
Al Dr. Eric Manuel Rosales Peña, Coordinador de la Maestría en Ciencias en Informática, por el apoyo otorgado para la realización de esta tesis, al M. en C. Víctor Garduño Mendieta, Jefe de las Academias de Computación, por su apoyo.

A mi comité tutorial de esta tesis, Dr. Fernando Vázquez Torres, Dr. Javier García García, Dr. Eric Manuel Rosales Peña, Dr. Mauricio Jorge Procel Moreno, Dr. Eduardo Gutiérrez González.

Al Dr. Luis Torre Bouscoulet, Jefe del Departamento de Fisiología, del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias.

A la Lic. Gisela Ramírez Arteaga, Directora del Hospital Santa Rosa, y al C.P. Luis Gonzalez Valderrama, del Hospital Santa Rosa.

**Víctor Jalil Ochoa Gutiérrez**  
**7 de junio de 2014**



Página dejada intencionalmente en blanco.

# Resumen

Considerando que la salud es importante per se y para la productividad y competitividad global, y que las tecnologías de la información y la comunicación desempeñan un papel esencial en todos los factores de la productividad humana, se realiza esta investigación aplicada, aunado al hecho de que el gobierno mexicano tiene como uno de los objetivos en el sector salud para 2018 la utilización del Expediente Clínico Electrónico.

El objetivo de esta investigación consistió en diseñar y desarrollar un sistema de información para controlar y monitorizar a pacientes, basado en los estándares internacionales HL7 e IEEE 11073 aplicados a un biodispositivo móvil, patentado con anterioridad por el autor de este trabajo. La metodología de la investigación fue a través de los métodos deductivo, analítico y sintético. Para ello, se creó una encuesta estructurada de dieciséis preguntas como instrumento de validación, de las cuales seis son clave, cuya finalidad es medir el impacto del sistema de información de salud propuesto en un tamaño de muestra de dieciocho médicos de una población de veinte médicos.

La hipótesis de este trabajo fue que el sistema de salud propuesto en complemento con el biodispositivo reduce el tiempo de atención al paciente y apoya el diagnóstico del médico.

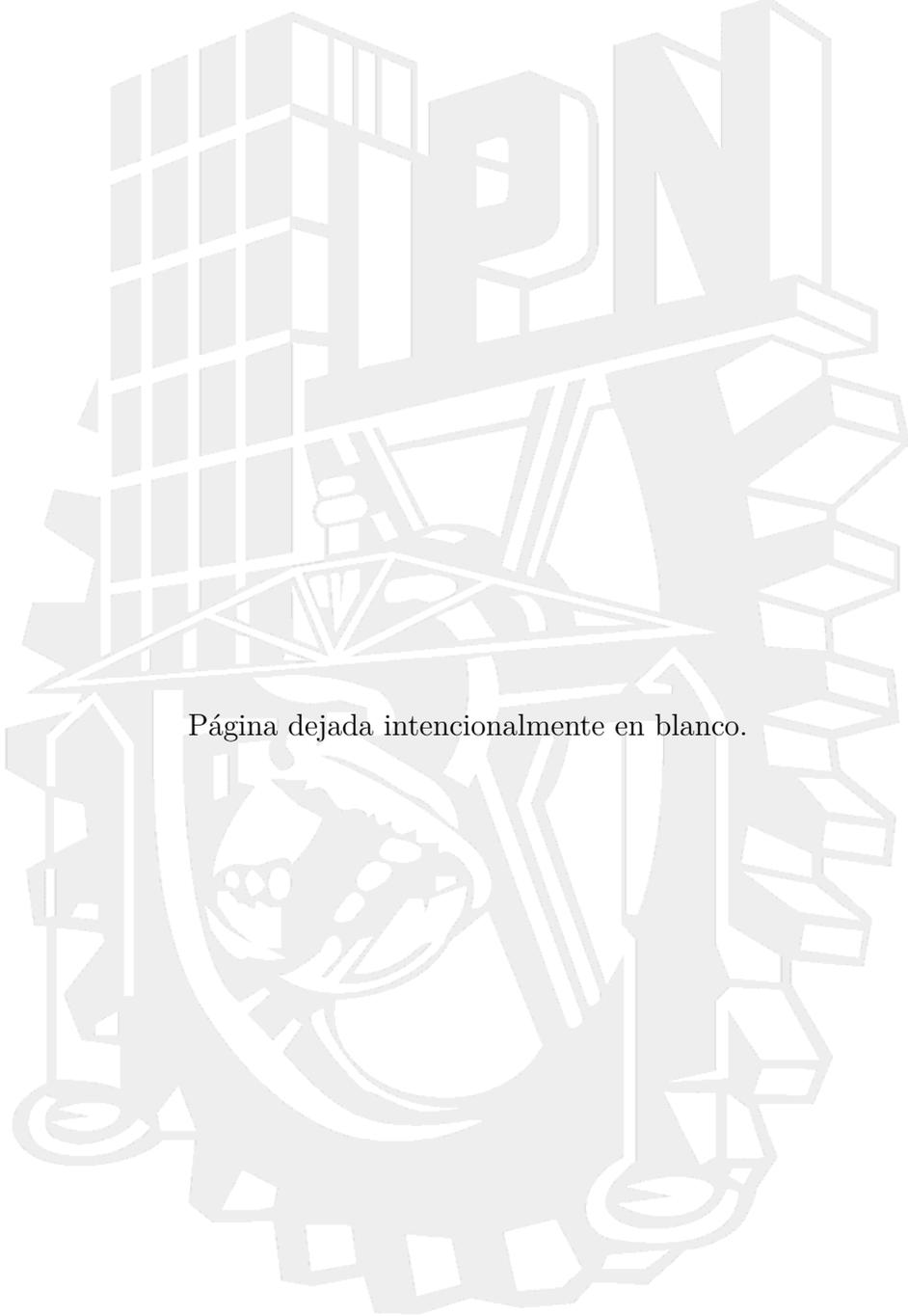
En cuanto al biodispositivo, la detección de los falsos positivos se realiza internamente desde el mismo y el sistema almacena todo registro que haya sido reportado como falso positivo, para fines estadísticos y de calidad. La validación del biodispositivo fue realizada y mostrada en diversos congresos y se publicó en revistas académicas, de carácter internacional.

Médicos expertos en el campo de diversas instituciones, como el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias y el Hospital Santa Rosa, en la ciudad de México, y la Clínica Unidad Médica Familiar 170, Turno Vespertino, en Puerto Vallarta, Jalisco, y también médicos particulares de Pachuca y el Distrito Federal, evaluaron el sistema informático para la salud propuesto.

La factibilidad y la pertinencia del sistema fueron corroboradas mediante los resultados del instrumento de investigación con un análisis estadístico, el cual permitió concluir que el sistema brinda suficientes evidencias consistentes en que los médicos podrán realizar su trabajo en menos tiempo, se reducirán errores en la captura de signos vitales, y se contará con información reciente y precisa para emitir un diagnóstico médico más detallado.

Por lo tanto, se concluye que la hipótesis planteada es verdadera, ya que el sistema de información con el uso del biodispositivo tendrá un impacto positivo, no solo en las instituciones de salud públicas y privadas al brindar una solución óptima para los médicos, sino también en la sociedad, pues se generará crecimiento económico y se contribuirá a la competitividad global del país. Además, esta investigación sienta las bases para desarrollar en el futuro una herramienta informática con el potencial tecnológico y científico de llegar a detectar una pandemia originada por la influenza.

**Palabras clave: HL7, IEEE 11073, biodispositivo, Sistema Médico.**



Página dejada intencionalmente en blanco.

# Abstract

Taking into consideration that health is important per se and for productivity and global competitiveness, and that information technologies and communications play an important role in all aspects of human productivity, this applied research is made, added to the fact that one of the Mexican Government's goals regarding health is the use of the Electronic Health Record in 2018.

The purpose of this research involved designing and developing an information system to control and monitor patients. This system is based on the [HL7](#) and [IEEE 11073](#) international standards, applied to a mobile bio-device (previously patented by the author of this work). The methodology used for this research was the deductive, analytical and synthetic methods. To this end, a structured survey including sixteen questions, six of which are fundamental, was prepared as the validation instrument, and is intended to measure the impact of this health information system proposed for a sample size of eighteen physicians from a population of twenty physicians.

The hypothesis of this work is that the health system proposed, together with the bio-device, will reduce the time required to attend to patients, and will support the physician's diagnosis.

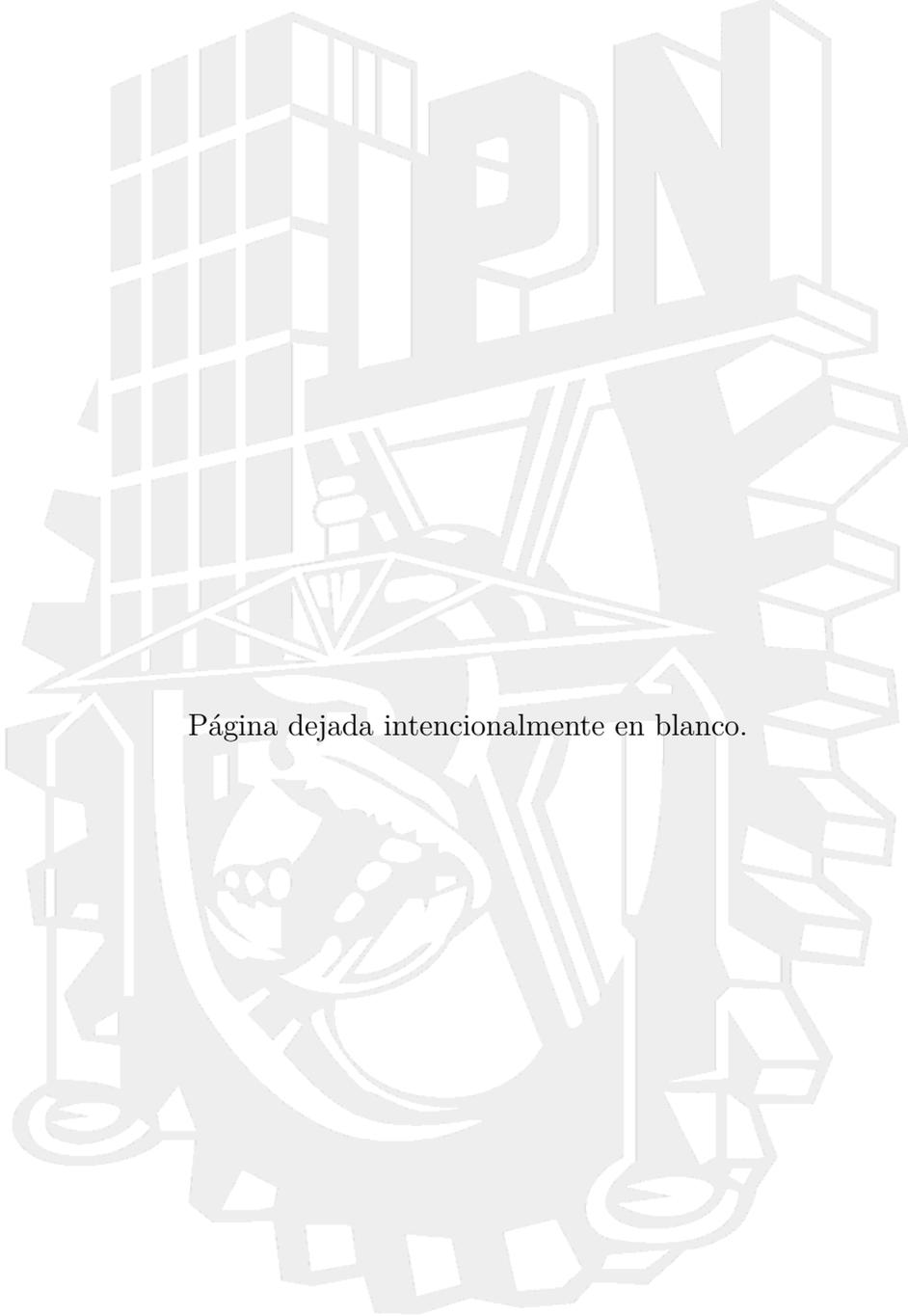
As regards the above mentioned bio-device, the detection of any false-positive result is performed internally, and the system stores all records reported as false-positive for statistical and quality purposes. The bio-device validation was performed and presented at several international congresses and it was also published in academic journals.

Expert physicians in their field from many institutions, such as the *Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias* and *Hospital Santa Rosa*, in Mexico City, and the *Clínica Unidad Médica Familiar 170*, Afternoon-Shift Work, in Puerto Vallarta, Jalisco, as well as private physicians in Pachuca and Mexico City, assessed this health information system proposed.

The feasibility and relevance of this system were corroborated with the results of the research instrument using a statistical analysis, which allows concluding that physicians will be able to do their work in less time, errors will be reduced when registering vital signs, and accurate and up-to-date information will be available for a medical diagnosis with greater detail.

Therefore, it is concluded that the hypothesis set out is true, since this information system along with this bio-device will have a positive impact not only on public and private health-care institutions, by providing an excellent solution for physicians, but also in society, because it will create economic growth and contribute to the global competitiveness of the country. Additionally, this research sets the bases to develop a computer tool in the future, with technological and scientific potential to detect an influenza pandemic.

**Key words: HL7, IEEE 11073, bio-device, Health System.**



Página dejada intencionalmente en blanco.

# Índice General

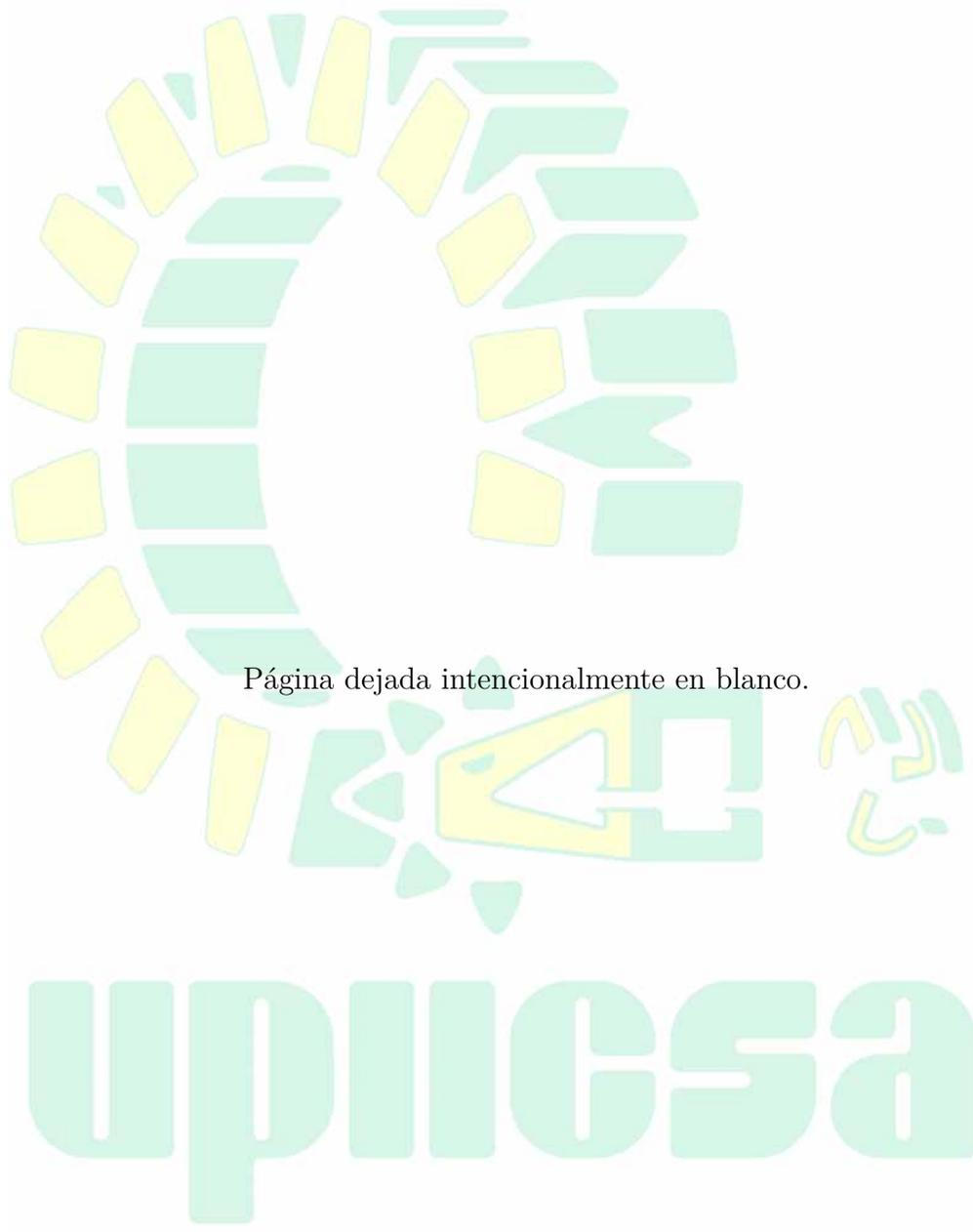
Índice General	v
Índice de Tablas	xI
Índice de Figuras	xIV
<b>1. Introducción</b>	<b>17</b>
1.1. Trabajo Previo	18
1.2. Trabajos Relacionados	18
1.3. Motivación del presente Trabajo	18
1.4. Justificación	19
1.5. Objetivo	19
1.6. Objetivos Particulares	20
1.7. Importancia de la Propuesta	20
1.8. Importancia para Clínicas y Hospitales	21
1.9. Importancia para los Pacientes	21
1.10. Organización de la Tesis	21
<b>2. Planteamiento del Problema (Marco de Referencia)</b>	<b>23</b>
2.1. Metodología de la Investigación a Aplicar	23
2.1.1. Instrumento de Validación	24
2.2. Descripción Detallada del Problema	25
2.2.1. En los Pacientes	25
2.2.2. En los Consultorios Médicos	26
2.2.3. En las Clínicas y en los Hospitales	26
2.3. Hipótesis General de la Problemática	27
2.4. Variables en el Consultorio, Clínica y Hospital	27
2.5. Metas	27
2.6. Alcances y Limitaciones	27
2.7. Contribuciones al Estado del Arte	28
2.7.1. La aplicación de cómo utilizar la arquitectura RIM del Estándar HL7 es una aportación	28
2.7.2. Propuesta de mejora al ECE en México	29
2.8. Contribuciones al Conocimiento	29
2.8.1. El Rediseño del Oxímetro	29
2.9. La necesidad de Hospitales y Clínicas	29
2.10. Aplicación de la Tecnología Informática a las Ciencias de la Salud	29
2.11. Proceso de Investigación y Aplicación de los Conocimientos, Investigación en México	29

<b>3. Estado del Arte (Marco Teórico)</b>	<b>31</b>
3.1. Marco Teórico Informático	31
3.1.1. ¿Qué es un Estándar?	31
3.1.2. Comunicaciones Alámbricas e Inalámbricas	32
3.1.2.1. Espectro Electromagnético	32
3.1.2.2. Protocolos	34
3.1.2.2.1. Estándar IEEE 802.11 (comunicación inalámbrica, WiFi)	35
3.1.2.3. Modelo OSI	36
3.1.2.4. Modelo TCP/IP	37
3.1.3. Red de Área Corporal y Red de Área Personal	39
3.1.4. Aplicación de Escritorio o Desktop	39
3.1.5. Lenguaje Unificado de Modelado (UML)	40
3.1.6. Aplicación Web	41
3.1.7. Servicios Web	41
3.1.8. Lenguajes de Programación	42
3.1.8.1. Entornos de Desarrollo Integrado	42
3.1.8.2. Programación Orientada a Objetos	43
3.1.8.2.1. Java	44
3.1.8.2.1.1. Java Beans (JB)	45
3.1.8.2.1.2. Conector a la Base de Datos	46
3.1.8.3. PHP	47
3.1.9. Generalidades de un XML	47
3.1.9.1. Espacios de Nombres	48
3.1.10. Esquemas XSD	48
3.1.11. Sistemas “plug-and-play” (PnP)	48
3.1.12. Base de Datos	49
3.1.12.1. SQL	49
3.1.12.2. MySQL	50
3.1.12.3. Integración de Sistemas Heterogéneos	50
3.1.13. Ingeniería de Software	50
3.2. Marco Teórico Médico	50
3.2.1. Problemas Respiratorios	50
3.2.1.1. Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)	51
3.2.1.2. Síndrome de Apnea Obstructiva del Sueño (SAOS)	51
3.2.2. Expediente en Papel	51
3.2.2.1. Contenido del Expediente en Papel	52
3.2.2.2. Características de los Expedientes en Papel	52
3.2.2.3. Clasificación de los Expedientes en Papel	53
3.2.2.3.1. Por su contenido	53
3.2.2.3.2. Por su Estado	53
3.2.2.4. Ventajas y Desventajas del Expediente en Papel	53
3.2.3. Expediente Clínico en Papel	54
3.2.4. Expediente Clínico en México	54
3.2.5. Expediente Clínico Electrónico en México	56
3.2.5.1. Tabla comparativa entre el Expediente Clínico Electrónico y el Expediente en Papel	56
3.2.6. Clasificación de Hospitales y Clínicas	57

3.2.6.1.	Antecedentes del Sector Salud en México . . . . .	58
3.2.6.2.	El Gobierno y el Sector Salud . . . . .	59
3.3.	Marco Teórico Informático de la Salud . . . . .	59
3.3.1.	Diferencia entre Informática de la Salud e Informática Médica . . . . .	59
3.3.2.	Objetivos de la Informática de la Salud . . . . .	60
3.3.3.	Interoperabilidad . . . . .	61
3.3.3.1.	Interoperabilidad Sintáctica . . . . .	62
3.3.3.2.	Interoperabilidad Semántica . . . . .	62
3.3.3.3.	Interoperabilidad en la Área Médica . . . . .	62
3.3.4.	Biodispositivos . . . . .	64
3.3.4.1.	Registro de Signos Vitales . . . . .	64
3.3.4.2.	Adquisición de Signos Vitales . . . . .	64
3.3.4.3.	Los Biosensores . . . . .	64
3.3.4.4.	Oximetría . . . . .	65
3.3.4.4.1.	Estándar ISO para los Oxímetros, ISO 80601-2-61:2011 . . . . .	66
3.3.4.5.	Sistemas de Monitorización en la Telemedicina . . . . .	66
3.3.4.5.1.	Requerimientos Generales para la Monitorización de un Paciente . . . . .	67
3.3.4.5.2.	Regulaciones, Estándares y Perfiles . . . . .	68
3.3.4.5.2.1.	Monitores de Signos Vitales Personales Portátiles . . . . .	71
3.3.4.5.2.2.	Tipos de Monitores de Signos Vitales . . . . .	71
3.3.5.	El ECE basado en la Norma Nacional . . . . .	71
3.3.5.1.	Reducción de la Brecha en la Estandarización en México . . . . .	72
3.3.5.2.	Intentos para Unificar un Estándar en México . . . . .	72
3.3.5.3.	Evolución de las Normas Médicas en México . . . . .	73
3.3.6.	IEEE 11073 . . . . .	74
3.3.6.1.	Modelo del Sistema . . . . .	75
3.3.6.2.	Modelo del Dominio de Información . . . . .	75
3.3.6.3.	Modelo de Servicio . . . . .	75
3.3.6.4.	Modelo de Comunicación . . . . .	76
3.3.7.	“Continua Health Alliance” . . . . .	76
3.3.7.1.	Dispositivos PAN/LAN . . . . .	76
3.3.7.2.	Interfaz PAN/LAN . . . . .	76
3.3.7.3.	Aplicación de Dispositivo <i>Host</i> . . . . .	76
3.3.7.4.	Interfaz WAN . . . . .	77
3.3.7.5.	Dispositivo WAN . . . . .	77
3.3.7.6.	Interfaz xHRN . . . . .	77
3.3.8.	IHE . . . . .	77
3.3.9.	DICOM . . . . .	77
3.3.10.	HL7 . . . . .	78
3.3.10.1.	HL7 México . . . . .	78
3.3.10.2.	HL7v2.x . . . . .	79
3.3.10.3.	Definiciones de HL7 . . . . .	80
3.3.10.4.	Mensajes HL7 . . . . .	81
3.3.10.5.	Reglas básicas de Construcción de Mensajes . . . . .	81
3.3.10.6.	Segmentos . . . . .	82
3.3.10.7.	HL7v3 . . . . .	88

3.3.10.8. Modelo de Información de Referencia (RIM) . . . . .	89
<b>4. Propuesta de Solución (Marco Metodológico, Análisis, Diseño y Desarrollo)</b>	<b>91</b>
4.1. Arquitectura General del Sistema por Capas . . . . .	91
4.1.1. Arquitectura de Servidor Distribuida . . . . .	92
4.1.2. Arquitectura de RED Distribuida . . . . .	93
4.1.3. Arquitectura de la Solución . . . . .	93
4.2. El Software . . . . .	93
4.2.1. Análisis . . . . .	94
4.2.1.1. Identificación de los “Actores” . . . . .	95
4.2.1.2. Metodología y Modelado . . . . .	95
4.2.1.2.1. Diagrama Entidad Relación . . . . .	95
4.2.1.2.2. Diagramas de Secuencia . . . . .	96
4.2.1.2.3. Diagrama General de Clases basado en el Estándar HL7 . . . . .	102
4.2.1.2.4. Modelo de Casos de Uso . . . . .	103
4.2.1.2.5. Diagrama de Estado para la Lectura y Monitorización de Signos Vitales . . . . .	108
4.2.1.2.6. Diagrama de Actividades . . . . .	110
4.2.2. Diseño del Sistema . . . . .	111
4.2.2.1. Ingeniería de Software y sus Requerimientos IEEE . . . . .	111
4.2.2.1.1. Requerimientos Funcionales y No Funcionales . . . . .	111
4.2.2.1.2. Generar Reportes . . . . .	112
4.2.2.1.3. Generar Reporte de Consulta en Formato PDF . . . . .	113
4.2.2.1.4. Buscar un Paciente . . . . .	114
4.2.2.1.5. Importación y Exportación en XML basado en HL7 . . . . .	115
4.2.3. Diseño de la Base de Datos . . . . .	115
4.2.4. Diseño de la Aplicación . . . . .	119
4.2.4.1. Sistema <i>Desktop</i> . . . . .	119
4.2.4.2. FrontEnd . . . . .	119
4.2.4.2.1. Vista Básica Funcional según la Norma Mexicana . . . . .	120
4.2.4.2.1.1. Interfaz Gráfica del Médico . . . . .	121
4.2.4.3. Sistema Web . . . . .	121
4.2.4.4. FrontEnd . . . . .	121
4.2.4.4.1. Vista Básica Funcional según la Norma Mexicana . . . . .	122
4.2.4.4.1.1. Interfaz Gráfica del Médico . . . . .	123
4.3. Biodispositivos (Hardware) . . . . .	124
4.3.1. Versiones del Oxímetro . . . . .	124
4.3.2. Rediseño del Oxímetro . . . . .	124
4.3.2.1. Transferencia de la información . . . . .	125
4.4. Detección de Falsos Positivos . . . . .	126
4.4.1. Detección por parte del Oxímetro MX WiFi . . . . .	126
<b>5. Implementación</b>	<b>127</b>
5.1. Consideraciones Previas . . . . .	127
5.1.1. Tecnología: Patentada . . . . .	127
5.1.2. Implementación de seguridad: Solo en la conexión del Oxímetro al acceso a internet más cercano (access point) . . . . .	127

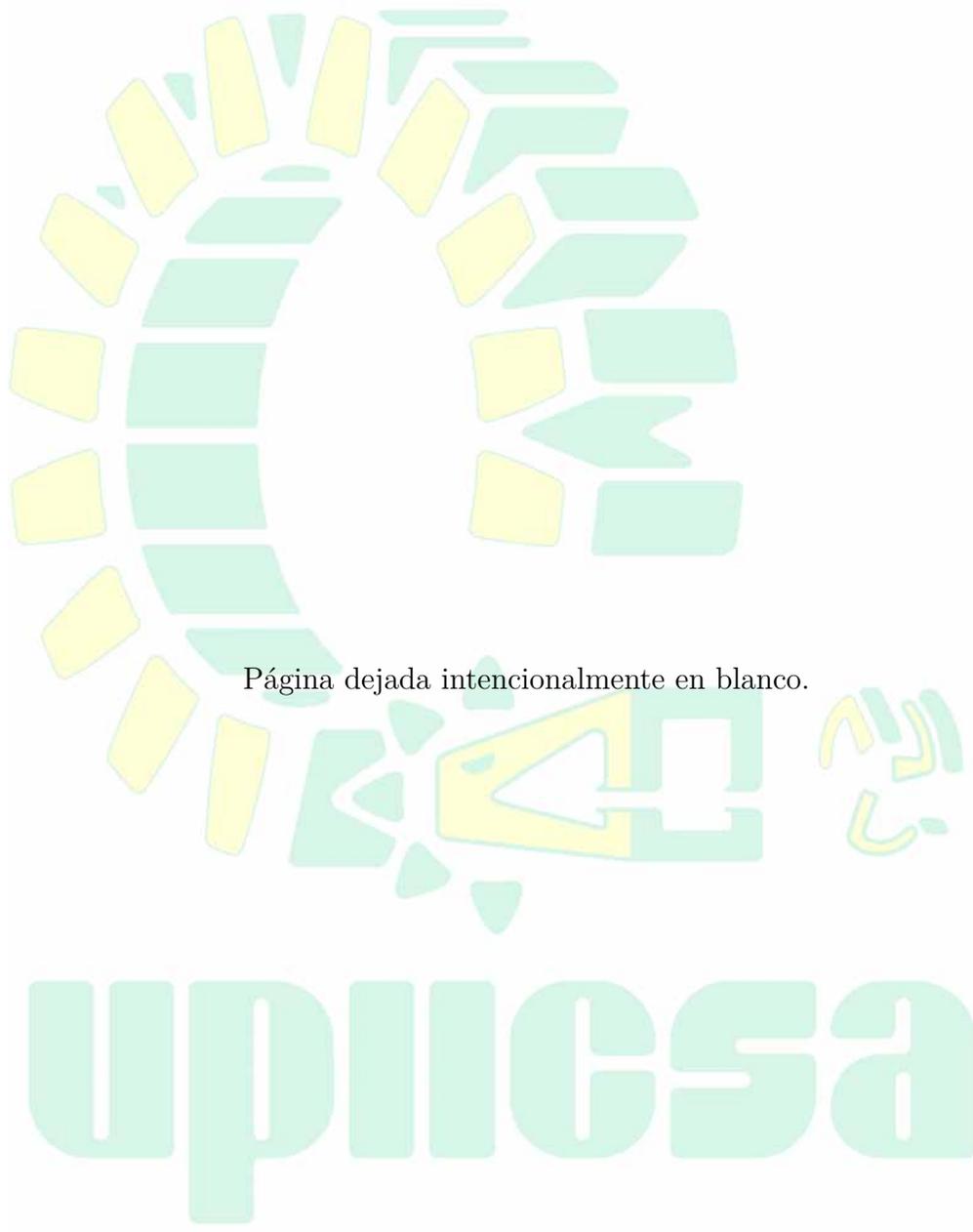
5.1.3. Servicios en Tiempo Real . . . . .	128
5.2. Caso: INER . . . . .	129
5.3. Caso de estudio: Hospital Santa Rosa . . . . .	129
5.4. Caso: Clínica Unidad Médico Familiar 170 Turno Vespertino . . . . .	129
5.5. Caso: En el Consultorios Médicos . . . . .	129
5.6. Evaluación del Sistema por los Médicos . . . . .	129
5.6.1. Metodología . . . . .	129
5.6.2. Diseño del Instrumento de Validación . . . . .	131
<b>Conclusiones</b>	<b>139</b>
Respuestas a las Preguntas de Investigación . . . . .	140
Conclusión Final . . . . .	141
Productos Obtenidos . . . . .	141
La participación como ponente en Congresos Internacionales . . . . .	141
Proyectos de Investigación (SIP) del IPN . . . . .	142
Aportaciones . . . . .	142
Trabajos futuros . . . . .	143
<b>Apéndices</b>	<b>145</b>
Apéndice A. Código de Ejemplo de un Mensaje . . . . .	145
Apéndice B. Código de Ejemplo de un Esquema XSD para el ECE basado en el HL7 . . . . .	147
<b>Anexos</b>	<b>149</b>
Anexo A. Oficio UPIICSA-Dirección . . . . .	149
Anexo B. Oficio INER-Dirección . . . . .	150
Anexo C. Oficio de la Clínica Unidad Médico Familiar 170 TV . . . . .	151
Anexo D. Oficio Hospital Santa Rosa . . . . .	152
Anexo E. Carta de Invitación de la Clínica Alemana de Valdivia . . . . .	153
<b>Bibliografía</b>	<b>157</b>
<b>Glosario</b>	<b>165</b>
Glosario . . . . .	165
<b>Acronimos</b>	<b>165</b>
Acronimos . . . . .	165
<b>Lista de Símbolos</b>	<b>168</b>
Lista de Símbolos . . . . .	168



Página dejada intencionalmente en blanco.

# Índice de Tablas

3.1. Bandas ISM . . . . .	34
3.2. Estándares IEEE 802.11 WLAN . . . . .	37
3.3. Capas del Modelo ISO. . . . .	37
3.4. Ventajas del uso de las Bases de Datos . . . . .	49
3.5. Característica de expedientes clínicos en papel y expedientes clínicos electrónicos . . . . .	57
3.6. Requerimientos de calidad para las diferentes categorías de datos de un biodispositivo . . . . .	70
3.7. Campos del segmento MSH . . . . .	82
3.8. Campos del segmento ERR . . . . .	84
3.9. Campos del segmento EVN . . . . .	86
3.10. Campos del segmento OBX . . . . .	87
4.1. Actores del Sistema . . . . .	94
4.2. Requerimientos No Funcionales . . . . .	112
5.1. Médicos por Institución . . . . .	130
5.2. Resultados de la pregunta: ¿Utilizando este sistema en mi trabajo podría llevar a cabo mis tareas más rápidamente? . . . . .	132
5.3. Resultados de la pregunta: ¿Utilizando este sistema haría que fuesen más fáciles las tareas de mi trabajo? . . . . .	133
5.4. Resultados de la pregunta: ¿Interaccionar con el sistema es claro y entendible? . . . . .	134
5.5. Resultados de la pregunta: ¿Pensé que era fácil utilizar el sistema? . . . . .	135
5.6. Resultados de la pregunta: ¿Creo que necesitaré el apoyo de un técnico para utilizar el sistema? . . . . .	136
5.7. Resultados de la pregunta: ¿Necesité aprender muchas cosas antes de poder manejar el sistema? . . . . .	137
5.8. Respuestas a las Preguntas de Investigación, planteadas en la Matriz de Congruencia Metodológica . . . . .	140



Página dejada intencionalmente en blanco.

# Índice de Figuras

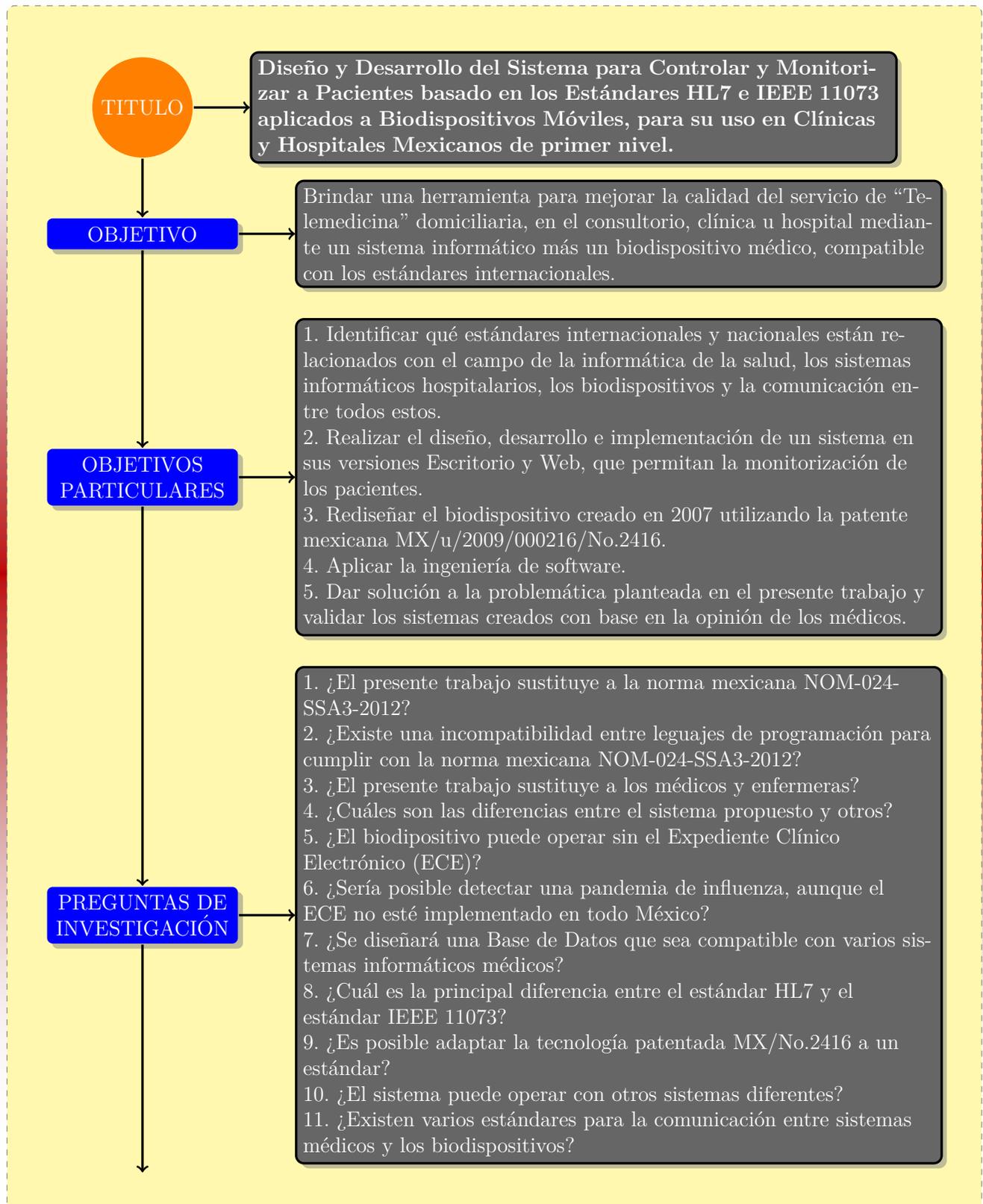
1.1. Estructura de la Tesis . . . . .	22
2.1. Metodología de la Investigación . . . . .	24
2.2. Estructura del Planteamiento del Problema . . . . .	30
3.1. Espectro Electromagnético, rango y uso . . . . .	33
3.2. Comparación entre el modelo TCP/IP y el modelo TCP/IP de Microchip . . . . .	34
3.3. Nivel de operación el HL7 sobre el modelo OSI . . . . .	36
3.4. Comparación entre el modelo OSI y el modelo TCP/IP . . . . .	38
3.5. Redes BAN y PAN . . . . .	39
3.6. Funcionamiento de Java . . . . .	45
3.7. Esquema de Comunicación JDBC . . . . .	47
3.8. Diagrama de Venn Informática de la Salud y el ECE . . . . .	60
3.9. Ejemplos de Biosensores . . . . .	65
3.10. Ejemplos de Biosensores . . . . .	65
3.11. El Punto Isobéptico . . . . .	66
3.12. Etapas de la comunicación de un Dispositivo Medico Inalámbrico . . . . .	68
3.13. Expediente Clínico Electrónico . . . . .	72
3.14. Detalles de un segmento OBX . . . . .	88
3.15. Clases del Modelo RIM HL7v3 . . . . .	89
4.1. Arquitectura de la solución por capas . . . . .	92
4.2. Arquitectura del Sistema . . . . .	93
4.3. Diagrama Estático del Sistema . . . . .	94
4.4. Diagrama Entidad Relación . . . . .	95
4.5. Diagrama de Secuencia Administrador . . . . .	97
4.6. Diagrama de Secuencia Médico . . . . .	99
4.7. Diagrama de Secuencia Trabajador Social . . . . .	100
4.8. Diagrama de Secuencia Paciente . . . . .	101
4.9. Diagrama de Secuencia Biodispositivo . . . . .	101
4.10. Diagrama de Clases del Sistema con base en el Modelo RIM HL7v3 . . . . .	102
4.11. Diagrama de Caso de Uso: Administrador. . . . .	104
4.12. Diagrama de Caso de Uso: Biodispositivo . . . . .	105
4.13. Diagrama de Caso de Uso: Médico . . . . .	106
4.14. Diagrama de Caso de Uso: Paciente . . . . .	107
4.15. Diagrama de Caso de Uso: Trabajador Social . . . . .	108
4.16. Diagrama de Estados de la lectura y monitorización de signos vitales . . . . .	109
4.17. Diagrama de Actividades Importar ECE. . . . .	110

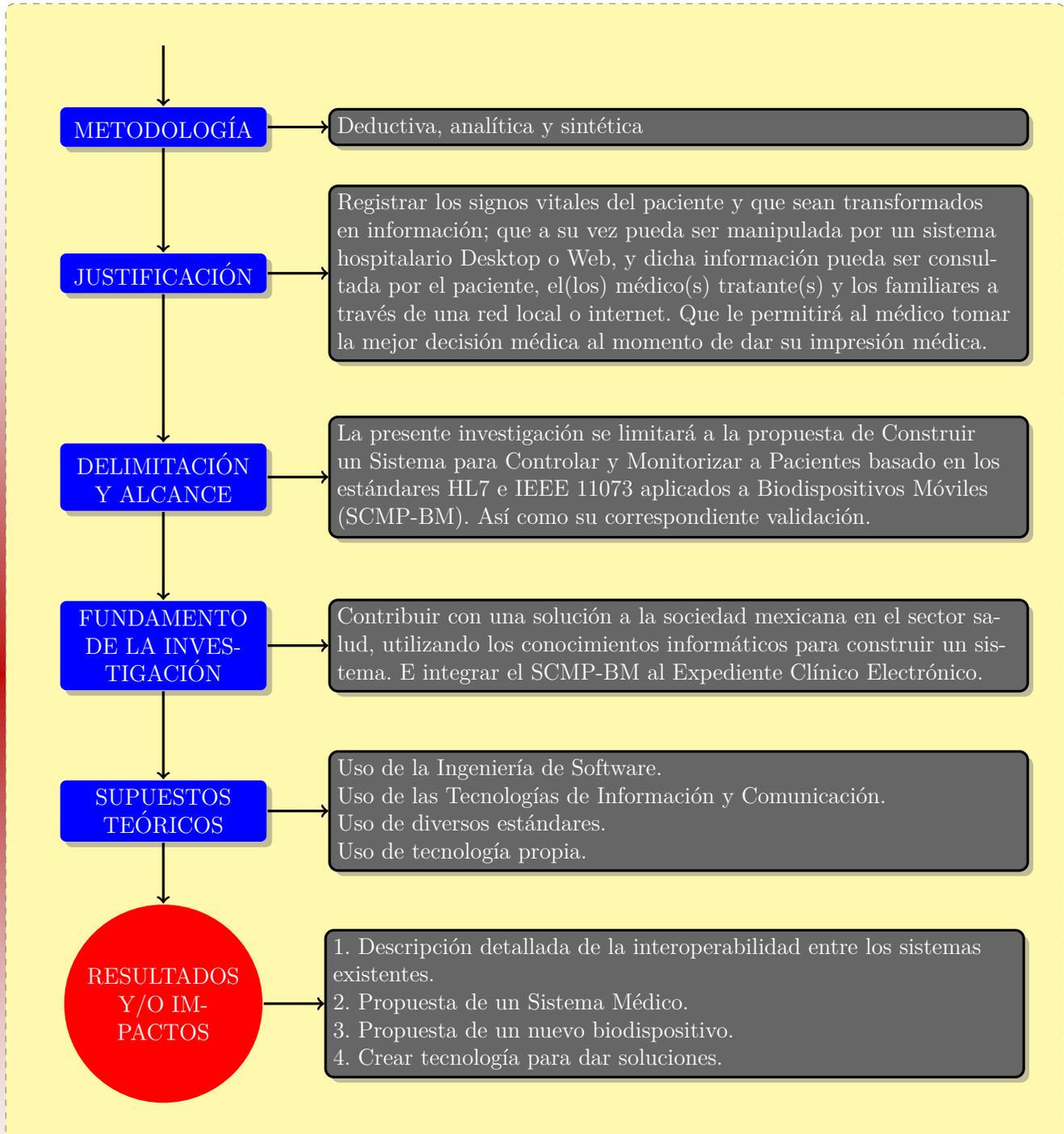
4.18. Diagrama de Actividades Exportar ECE . . . . .	111
4.19. Trama de datos que generará el Biodispositivo . . . . .	115
4.20. Tablas para el control de los Biodispositivos . . . . .	116
4.21. Tablas que hacen uso del estándar HL7 . . . . .	117
4.22. Base de Datos completa . . . . .	118
4.23. Tipos de aplicación . . . . .	119
4.24. Diseño: Vista Médico versión Escritorio . . . . .	120
4.25. Vista: Médico versión Escritorio . . . . .	121
4.26. Diseño: Vista Médico versión Web . . . . .	122
4.27. Vista: Médico versión Web . . . . .	123
4.28. Evolución del biodispositivo a través del tiempo . . . . .	124
4.29. PROTOTIPO DEL OXÍMETRO WIFI . . . . .	125
4.30. Mensaje OBX segmentado. . . . .	125
5.1. Sistema en Tiempo Real . . . . .	128
5.2. Resultado de la pregunta: ¿Utilizando este sistema en mi trabajo podría llevar a cabo mis tareas más rápidamente? . . . . .	132
5.3. Resultado de la pregunta: ¿Utilizando este sistema haría que fuesen más fáciles las tareas de mi trabajo? . . . . .	133
5.4. Resultado de la pregunta: ¿Interaccionar con el sistema es claro y entendible? . . . . .	134
5.5. Resultado de la pregunta: ¿Pensé que era fácil utilizar el sistema? . . . . .	135
5.6. Resultado de la pregunta: ¿Creo que necesitaré el apoyo de un técnico para utilizar el sistema? . . . . .	136
5.7. Resultado de la pregunta: ¿Necesité aprender muchas cosas antes de poder manejar el sistema? . . . . .	137



UPILCESA

## Matriz de Congruencia Metodológica





# Capítulo 1

## Introducción

Con el actual avance de las técnicas médicas y el desarrollo de las redes e internet, las personas tienen un mejor medio ambiente en relación con la comunicación electrónica: personal, profesional para el entretenimiento, y específicamente para el monitoreo de signos vitales hablando en términos de salud, esto en comparación con décadas pasadas.

Para el área de la salud es necesario proporcionar una plataforma informática para pacientes y prestadores de servicios médicos para poder comunicarse entre si y compartir expedientes, información o documentos, con acceso al Historial Clínico Electrónico ([EHR](#)).

Hoy en día, muchos esfuerzos se han realizado y los sistemas de salud deberán cumplir con una serie de normas nacionales e internacionales. Los estándares frecuentemente utilizados son [HL7<sup>1</sup>](#) , [HIPAA<sup>2</sup>](#) , [IHE<sup>3</sup>](#) , [DICOM<sup>4</sup>](#) , [OpenEHR<sup>5</sup>](#) , [CHA<sup>6</sup>](#) , [ISO/IEEE 11073: Medical/Health Device Communication Standards<sup>7</sup>](#) y el cumplimiento de éstos garantiza la operación, funcionalidad e intercomunicación con cualquier sistema de salud que se opere con estos estándares.

Por otro lado, la atención en el hogar y los servicios de atención a la salud se están convirtiendo cada vez en la parte más importante de los servicios de salud; por ejemplo, al salir del hospital o clínica los pacientes necesitan algunos cuidados adicionales en su hogar mientras se recuperan. El tratamiento de los pacientes en el hogar es menos costoso que el tratamiento en clínicas u hospitales. Además, muchos pacientes prefieren permanecer en su hogar el mayor tiempo posible antes de pasar a un nivel superior de servicio de salud, es decir, de su hogar a un centro de cuidados especiales. Los “Telecuidados” o la “Telemedicina” en el hogar, es un campo emergente donde se beneficiarán médicos y pacientes. Lo anterior se define como el uso de las comunicaciones y las tecnologías de la información para la prestación de servicios básicos de salud, y el intercambio de información desde el hogar (o comunidad) hasta el hospital o clínica a nivel Internacional se conoce como eHealth. Los telecuidados en el hogar no sustituyen a la enfermera en el hogar.

---

<sup>1</sup> <http://www.hl7.org/>

<sup>2</sup> <http://privacyruleandresearch.nih.gov/>

<sup>3</sup> <http://www.ihe.net/>

<sup>4</sup> <http://dicom.nema.org/>

<sup>5</sup> <http://www.openehr.org/>

<sup>6</sup> <http://www.continuaalliance.org/>

<sup>7</sup> Ver: ISO/TC 215

## 1.1. Trabajo Previo

A partir del año 2007 se cuenta con un biodispositivo capaz de medir el oxígeno en la sangre y otras variables del cuerpo humano en tiempo real (*para más detalle de la evolución del biodispositivo véase Sección 4.3.1*). Este biodispositivo fue probado exitosamente en la Unidad de Reanimación del Servicio de Urgencias del Hospital de Traumatología Magdalena de las Salinas [1], Unidad del IMSS. La tecnología derivada de la tesis previa se aprovechará en este trabajo con un nuevo giro, pues se realizaron modificaciones al diseño original, lo que ha dado como resultado una nueva versión mejorada. Dichas mejoras consisten en la aplicación de los estándares existentes que regulan la comunicación entre un biodispositivo y un sistema médico. Y el presente trabajo utilizará esta tecnología ya patentada [2], pero con los nuevos aditamentos de comunicación WiFi y operación con los estándares HL7 e IEEE 11073, interconectado al *Sistema para Controlar y Monitorizar a Pacientes basado en los estándares HL7 e IEEE 11073 aplicados a Biodispositivos Móviles (SCMP-BM)*. Este sistema es el objetivo principal del presente trabajo de tesis.

## 1.2. Trabajos Relacionados

Los recientes avances en la comunicación inalámbrica y el desarrollo de nuevos semiconductores, circuitos integrados y biosensores han hecho que el interés de los investigadores en las tecnologías de la información y comunicaciones se incline hacia el campo médico para incrementar la cantidad de soluciones en este campo a nivel mundial. En el caso de los países desarrollados, los sistemas relacionados con la telemedicina, el eHealth y el bienestar social han capturado la atención del gobierno en términos de ahorro y mejoramiento de los servicios de salud. Actualmente, existen desarrollos de primer mundo relacionados con el presente trabajo de tesis; una vez realizada la investigación pertinente se han encontrado trabajos con las siguientes características:

Trabajos del tipo “Solo Software”, que hablan de cómo realizar un sistema informático basado en algún estándar internacional para el manejo de pacientes, resultados de laboratorios, radiografías, etc. Solo por mencionar algunos de ellos tenemos: software para hospitales y clínicas<sup>8</sup>, OpenEMed<sup>9</sup> y Desktop Telemedicine<sup>10</sup>.

Por otra parte, también se encontraron trabajos del tipo “Solo Hardware”, que tratan de cómo cumplir con los estándares de comunicación, pero únicamente desde el biodispositivo hacia un sistema manejador de base de datos, haciendo uso de cierto servicio web o conector basado en algún estándar de los ya mencionados. De este tipo se encontraron: CodeBlue<sup>11</sup>, WHMS - *Wearable Health Monitoring Systems*<sup>12</sup> y MITHril<sup>13</sup>, también por mencionar algunos.

Estos sistemas han tenido un impacto positivo en el paciente, ya que aumentan la calidad en los servicios de salud.

## 1.3. Motivación del presente Trabajo

La OMS estima que, cada año, a escala mundial, decenas de millones de pacientes son víctimas de lesiones discapacitantes o mueren como consecuencia directa de prácticas médicas peligrosas. En

<sup>8</sup> <http://www.softwaresalus.com/DefaultSalus.aspx>

<sup>9</sup> <http://www.openemed.org/>

<sup>10</sup> <http://www.telemedicineindia.com/dtelmed.html>

<sup>11</sup> <http://fiji.eecs.harvard.edu/CodeBlue>

<sup>12</sup> <http://www.ece.uah.edu/~jovanov/whrms/>

<sup>13</sup> <http://www.media.mit.edu/wearables/mithril/>

Europa solamente, como promedio, uno de cada 10 pacientes hospitalizados ha resultado víctima de alguna forma de daño prevenible. Sin embargo, se necesitan más investigaciones a fin de conocer más a fondo el impacto total de la escasa seguridad del paciente.<sup>14</sup>

Posiblemente, algunos de estos casos se pudieron haber prevenido al detectar algún problema en los signos vitales de cada víctima. La valoración de la condición de los pacientes generalmente incluye la monitorización de los signos vitales, la cual puede mostrar información acerca de la condición del paciente así como la respuesta a sus tratamientos.

La detección temprana de problemas resulta en una pronta intervención, la cual puede prevenir el deterioro de la salud y mejorar la calidad de vida a través de pequeñas intervenciones que resultan ser menos costosas.

La principal motivación de esta tesis es poder contribuir con una solución a la sociedad y en específico la sociedad mexicana en el sector salud.

Otro factor motivacional para desarrollar el sistema orientado a la salud es contar con un sistema flexible y organizado para transmitir y almacenar información vital para clínicas, hospitales y consultorios médicos, donde los médicos se benefician de la simplificación y del acceso a la información del paciente en menor tiempo, lo cual es un reflejo de los avances científicos y tecnológicos en México y cubre la creciente demanda de servicios médicos. A pesar de haber alcanzado una esperanza de vida promedio de 75 años, similar a la de países más desarrollados, México ingresó al siglo XXI con un sistema de salud marcado por su incapacidad para ofrecer protección financiera en salud a más de la mitad de su población [3].

Como menciona Kim y Mauborgne [4], éste es un sector donde la competencia es baja en comparación con otras áreas donde la informática está presente en mayor magnitud.

## 1.4. Justificación

Es importante poner atención en los signos vitales del paciente y que sean transformados en información; que a su vez ésta se encuentre almacenada en una base de datos que pueda ser manipulada por un sistema hospitalario Desktop o WEB, además de que dicha información pueda ser consultada por el paciente, el( los) médico(s) tratante(s) y los familiares a través de una red local o internet.

Un sistema que integre las lecturas de los signos vitales provenientes de los biodispositivos, día tras día, permitirá al paciente contar con un historial clínico que le permitirá al médico general o especialista conocer sus antecedentes, y así podrá tomar la mejor decisión médica al momento de dar su impresión médica.

Los tiempos de atención a cada paciente disminuyen al dejar de hacer uso de expedientes en papel, y por consecuencia el ahorro del mismo papel.

El sector salud en México es un área de oportunidad para satisfacer muchas necesidades que el mismo presenta. Éste es uno de los principales justificantes del por qué **sí** realizar este tipo de desarrollos.

## 1.5. Objetivo

El objetivo de este trabajo es mejorar la calidad del servicio de “Telemedicina” domiciliaria, el servicio de atención en el consultorio, clínica u hospital mediante el *Sistema para Controlar y*

<sup>14</sup> <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2007/pr52/es/>.

*Monitorizar a Pacientes basado en los estándares **HL7** e **IEEE 11073** aplicados a **Biodispositivos Móviles (SCMP-BM)**, haciendo uso de un Expediente Clínico Electrónico (**Expediente Clínico Electrónico (ECE)**) vinculado a un biodispositivo móvil.*

## 1.6. Objetivos Particulares

Para el presente trabajo se presentan los siguientes objetivos:

- Realizar el diseño, desarrollo e implementación de un sistema en sus versiones Desktop y **WEB** que permita administrar a los pacientes de un hospital dentro del propio hospital, así como en su hogar u oficina, con la capacidad de realizar un constante monitoreo de sus signos vitales a través de un biodispositivo móvil y, en caso de que sea necesario, realizar un diagnóstico del paciente, ya sea que lo solicite él mismo, su médico tratante o los familiares.
- Rediseñar el biodispositivo creado en 2007.
- Integrar las investigaciones realizadas desde 2012 hasta el presente año, a través de los proyectos **SIP** del **IPN**: 20120607, 20131746 y 20144574.
- Brindar una mayor calidad en el servicio de la telemedicina y en el cuidado del paciente desde su hogar.
- Asegurar que la arquitectura de la aplicación **SCMP-BM** que se propone tenga una mayor eficiencia en el nivel de servicios para el cuidado de los pacientes.
- Los rápidos avances tecnológicos y los medios de conectividad de alta velocidad en México permiten hacer un diagnóstico en línea del **ECE** del paciente, que provee de la información necesaria al médico para emitir diagnóstico más contundente. Esto se logra vinculando un biodispositivo con el **SCMP-BM**.
- Basar el desarrollo de la presente tesis en trabajos presentados en congresos internacionales.
- Hacer uso de la patente “Dispositivo Electrónico no invasivo para la determinación de signos vitales, ritmo cardiaco, oxígeno y glucosa.” [2].

## 1.7. Importancia de la Propuesta

La importancia principal radica en poder contribuir con el desarrollo tecnológico en México ofreciendo soluciones de nivel internacional dentro del campo médico. A su vez es de vital importancia que exista un sistema que lleve la administración y control de los dispositivos a fin de contar con indicadores que le brinden información confiable a los médicos para la toma de decisiones médicas.

Socialmente: La importancia social de este sistema es que se enfoca en monitorear los signos vitales de los pacientes, reflejo de su bienestar, y mejorar su calidad de vida mediante el uso de este tipo de herramientas de forma periódica y cotidiana.

Académicamente: La presente tesis tiene relevancia en el momento que presenta un antecedente para mejoras del mismo o de trabajos futuros relacionados acerca de cómo abordar este tipo de problemáticas en el campo medico-informático.

Científicamente: Proponer una adaptación de un biodispositivo al protocolo **WiFi** a nivel de mensajes **TCP**, bajo los estándares internacionales correspondientes, y sin necesidad de hacer uso de sistemas operativos propietarios.

## 1.8. Importancia para Clínicas y Hospitales

Consultorios, clínicas y hospitales podrán contar con un sistema informático apegado a estándares internacionales y a la norma nacional vigente que los pondrá a la vanguardia, ya que serán capaces de administrar todos los dispositivos que se encuentren asignados a los diversos pacientes, desde una sola aplicación.

Como se mencionó anteriormente, el beneficio principal para clínicas y hospitales será que el contar con un sistema como el que se plantea en este trabajo les permitirá estar actualizados, con lo cual se facilitarán los procesos de acreditación y certificación por parte de los organismos reguladores correspondientes.

Asimismo, podrán atender a más pacientes de manera eficaz y más precisa al contar con la información en tiempo y forma para brindar un mejor servicio de salud. Como resultado, se dejarán de utilizar grandes cantidades de papel y de dedicar tiempo para su llenado, repitiendo la información básica de cada paciente una y otra vez.

También les permitirá llevar el monitoreo de cada paciente de forma continua a fin de estar al pendiente de su salud y poder tomar decisiones preventivas antes de que se presente alguna crisis en el estado de salud, esto como un servicio adicional.

Además, se deja de depender de firmas extranjeras que ofertan este tipo de sistemas, donde el mantenimiento del sistema y las reparaciones de los biodispositivos son de costos elevados, pues al ser tecnología y ensamble nacional se reducen los tiempos de respuesta hacia la clínica u hospital.

## 1.9. Importancia para los Pacientes

Mejor servicio con tecnología de punta. Estar bajo observación médica de expertos de manera constante.

El paciente experimentará la seguridad de que la información de sus signos vitales se está registrando y enviando directamente a la clínica u hospital, dado que los expertos podrán identificar en tiempo y forma cualquier inconveniente que se pueda presentar y se pueda prevenir, o en su caso, estar al tanto si existe una situación de emergencia.

Contar con un servicio y tecnología de primer mundo.

## 1.10. Organización de la Tesis

El presente trabajo se estructura de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se presenta la introducción del trabajo realizado. En el capítulo 2 se presenta el planteamiento de la problemática a resolver. En el capítulo 3 presenta toda la información teórica para abodar el planteamiento de la problemática antes de iniciar con su solución, para lo cual está el capítulo 4, y la correspondiente implementación de la propuesta en el capítulo 5, en casos de estudio realizados en clínicas y hospitales reales. Por último, el capítulo 5.6.2 describe las conclusiones y alcances identificados en el capítulo 2 (véase Figura 1.1).

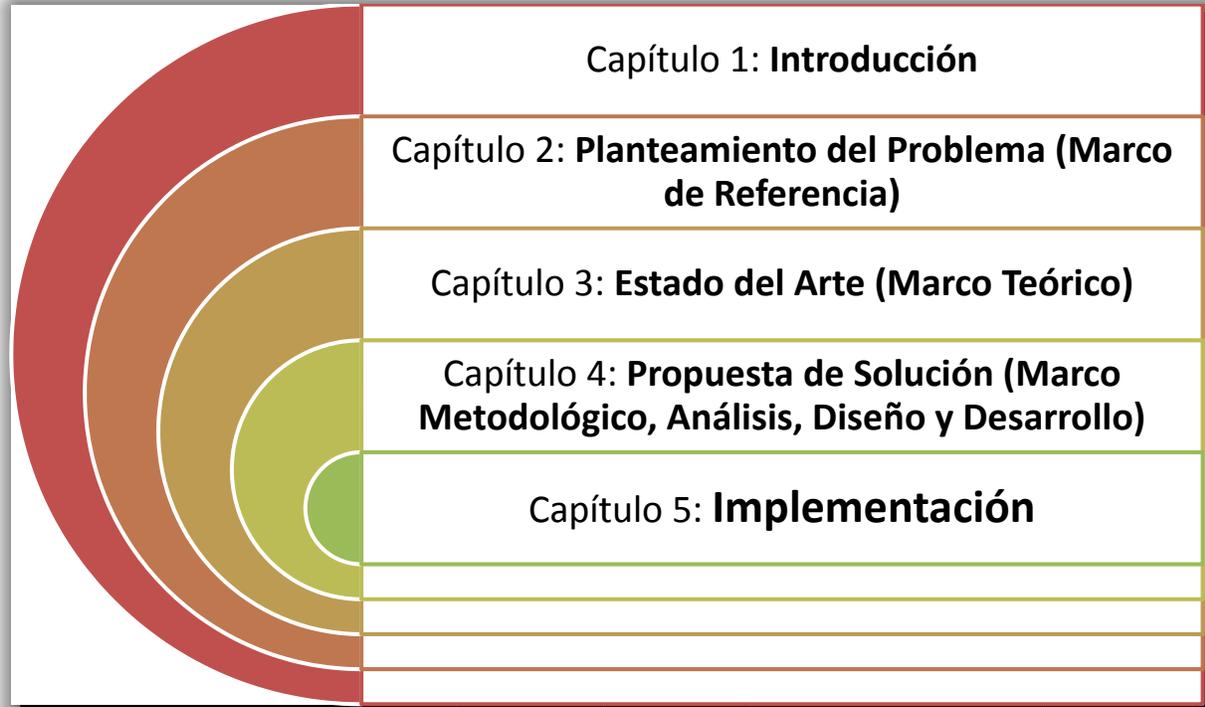


Figura 1.1: Estructura de la Tesis  
*Fuente: Elaboración propia (2014)*

## Capítulo 2

# Planteamiento del Problema (Marco de Referencia)

En pleno siglo XXI, existe una gran cantidad de personas que no tienen un acceso adecuado a los servicios de salud y esta es una problemática mundial, donde las tecnologías de la información -la telemedicina- juegan un papel muy importante para ayudar a corregir esta problemática haciendo uso de la tecnología para reducir costos y tiempos, llegar a zonas rurales, etc. Aquí es donde la innovación es una pieza clave para implementar soluciones en beneficio de la sociedad. Y no es solo cuestión de cantidad de servicios, sino la calidad de los mismos [5, pág. 20].

El presente trabajo se enfoca en México, donde la situación que ha vivido en años previos a 2013 sigue prevaleciendo. El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, en el apartado de **Salud**, inicia con el Artículo Cuarto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que establece el derecho de toda persona a la protección de la salud.

Existen tres factores que inciden negativamente en la capacidad del Estado para dar plena vigencia al derecho a la salud y que, por tanto, requieren atención. Primero, el modelo con que fueron concebidas las instituciones del sector ha estado enfocado hacia lo curativo y no a la prevención. En segundo lugar, no han permeado políticas con enfoque multidisciplinario e interinstitucionales hacia el mejoramiento de la calidad de los servicios de salud. En este sentido, destaca como un reto a enfrentar la diversidad de hábitos y costumbres de la población en materia de conocimiento y cuidado de la salud. Tercero, la rectoría y arreglo organizacional vigentes, donde prevalece la participación de instituciones verticalmente integradas y fragmentadas, que limitan la capacidad operativa y la eficiencia del gasto en el Sistema de Salud Pública [6, pág. 49].

Si bien México está en crecimiento, el sector salud necesita de  $n$  cantidad de soluciones en diversas áreas de este sector, y partiendo de lo previamente mencionado, se inicia con un análisis en este trabajo que incluye los siguientes aspectos:

El problema general es la falta de prevención de enfermedades, la integración de instituciones en varios niveles, desde su organización hasta la estandarización de sus sistemas, la mejora en la calidad de los servicios de salud, desde el consultorio del médico, la clínica, hasta el hospital, en la entrega de prescripciones más precisas en tiempo y forma.

### 2.1. Metodología de la Investigación a Aplicar

Uno de los puntos medulares del presente trabajo es definir cómo se abordará la problemática; lo principal y es ubicar que se trata de una investigación tecnológica que tiene como objetivo central la innovación o invención de herramientas, aparatos y mecanismos para facilitar el trabajo humano [7,

pág. 92], en este caso, un biodispositivo con una interoperación con un sistema médico, que se sustenta a través de diversos métodos científicos, principalmente el método analítico [8, pág. 64] donde en este capítulo se plantean 16 problemas a resolver y sintético [8, pág. 64] en el capítulo 4 donde se busca una solución para cada problema integrando todo en una solución, logrando así una investigación aplicada [8, pág. 38] haciendo uso de la informática para llegar a diversos resultados y conclusiones a favor del desarrollo social. Es muy importante señalar que el método deductivo juega un papel principal ya que de cada área del conocimiento se parte de lo general a lo particular [9, pág. 139] (véase Figura 2.1).

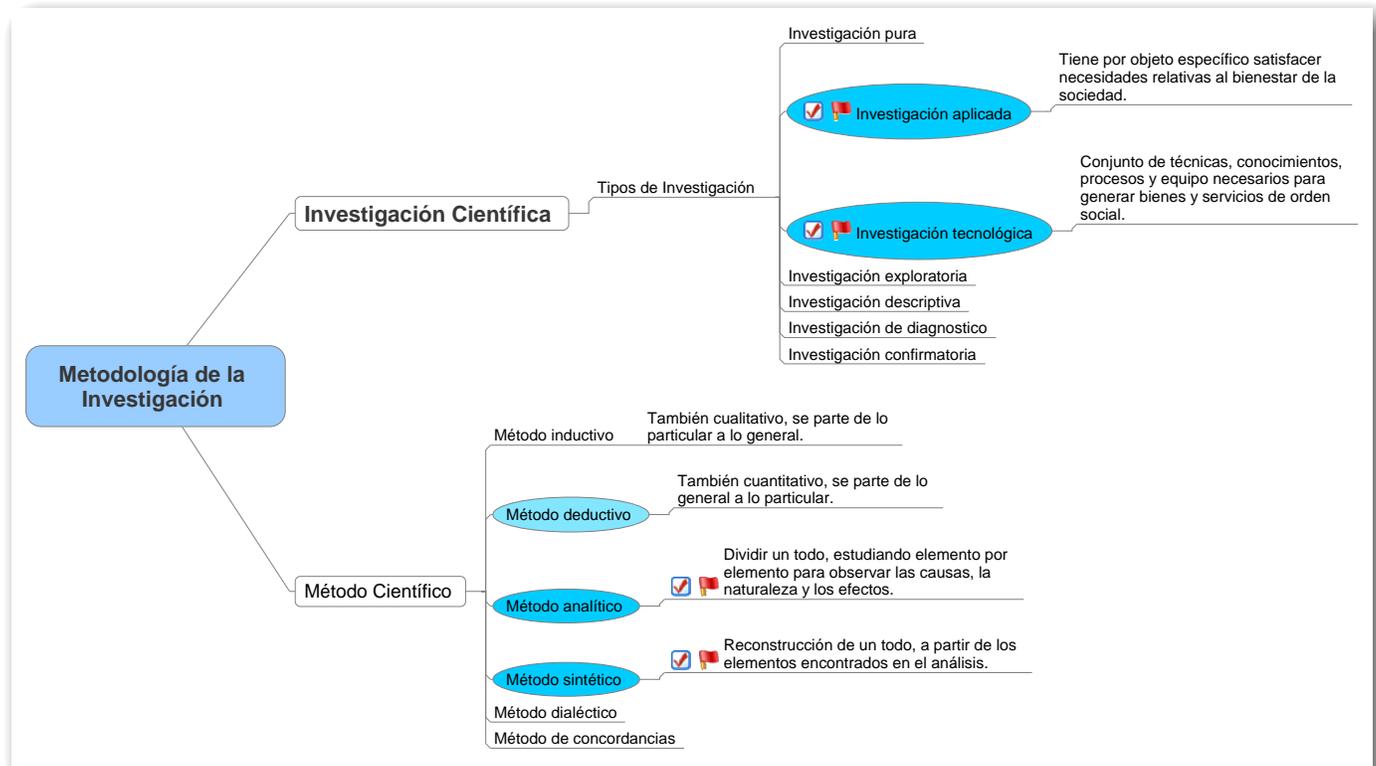


Figura 2.1: Metodología de la Investigación

Fuente: Elaboración propia, basado en Uribe y Nieto [8] así como Espejel y Estrada [7]

### 2.1.1. Instrumento de Validación

#### Cuestionario Estructurado

Como objetivo será medir si el sistema satisface las necesidades del médico; para ello se evaluó la opinión de los médicos, dejando las pruebas técnicas del sistema, como velocidad de respuesta, de rendimiento, de carga máxima, de almacenamiento, etc. Para trabajos futuros lo importante es dar solución a los responsables en la **toma de decisiones** de la salud de cada ciudadano; sin embargo, los procesos de validación y de verificación a los cuales se sometió este proyecto, se hicieron en referencia al estándar ISO/IEC 12207<sup>1</sup>.

El éxito en la obtención de información depende de la forma en que se plantean los cuestionarios, ya que cualquier falta de claridad en estos causaría malas interpretaciones y equivocaciones que darán

<sup>1</sup> [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=43447](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=43447)

como resultado una recopilación inadecuada y falta de veracidad. El instrumento para medir el grado en que el presente trabajo da solución a cada problemática, que se planteará más adelante en este capítulo en la Sección 5.6, se expondrá con más la “Instrumento de Validación”.

## 2.2. Descripción Detallada del Problema

Como señala Russell L. Ackoff (1953), “Un problema correctamente planteado está parcialmente resuelto, a mayor exactitud corresponden más posibilidades de obtener una solución satisfactoria”.

Para ello se identificará cada elemento del problema. Como actores principales de la problemática tenemos a pacientes, médicos con consultorio propio, médicos que laboran en un clínica o en un hospital. Y estos actores tienen problemas que se identifican para ser resueltos a través de una solución para cada uno de ellos, ya sea de manera individual o de manera integral, cuando clínicas y hospitales se ven involucrados en un problema en específico.

### 2.2.1. En los Pacientes

**Problema 1:** Actualmente en México, el 8% de la población padece de una EPOC y es la sexta causa de mortalidad en el país, con un aumento de 19% en la incidencia entre los mayores de 40 años durante los últimos cinco años, según datos del INER. Y mueren más de 15 mil 400 mexicanos anualmente a causa de la enfermedad.<sup>2</sup> Este tipo de enfermedad debe ser observada y también demanda que constantemente el paciente sepa el nivel de oxígeno en su sangre SpO<sub>2</sub> %.

**Problema 2:** De acuerdo con el INER, se estima que entre 1% y 3% de todos los niños, 2.2% de las mujeres y 4.4% de los hombres mayores de 40 años, padecen el SAOS, una alteración que se caracteriza por episodios de ausencia de respiración de al menos 10 segundos y que puede derivar en complicaciones tan severas como infarto cerebral o cardíaco y hasta muerte súbita<sup>3</sup>. Esta situación también requiere de un seguimiento constante de los niveles de oxígeno en la sangre con mayor frecuencia de lecturas que el problema anterior.

**Problema 3:** En abril de 2009, México padeció una pandemia de gripe AH1N1, donde el primer caso fue detectado en el estado de Veracruz; de 2009 a 2010 se confirmaron 70,715 casos de influenza y murieron 1,172 personas<sup>4</sup>. Los eventos ocurridos en 2009 dejaron ver la vulnerabilidad en general del paciente y de la sociedad si no se hace uso de medidas preventivas para detectar patrones fuera de lo normal. Cada persona es clave en este tipo de situaciones y se plantea una posible solución en la sección de trabajos futuros.

**Problema 4:** El paciente rara vez lleva un orden detallado de su historial clínico a través de los años, lo cual provoca comentarios inconsistentes cuando el médico requiera los antecedentes del paciente.

<sup>2</sup> [http://www.conadic.salud.gob.mx/prensa/boletines2006/epoc\\_049.html](http://www.conadic.salud.gob.mx/prensa/boletines2006/epoc_049.html)

<sup>3</sup> <http://www.cronica.com.mx/notas/2013/737865.html>

<sup>4</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Pandemia\\_de\\_gripe\\_A\\_\(H1N1\)\\_de\\_2009-2010\\_en\\_Mexico](http://es.wikipedia.org/wiki/Pandemia_de_gripe_A_(H1N1)_de_2009-2010_en_Mexico)

### 2.2.2. En los Consultorios Médicos

- Problema 5:** La falta de espacio para almacenar todos los expedientes clínicos en papel de cada paciente.
- Problema 6:** Con el transcurso del tiempo, los expedientes pueden perderse, traspapelarse, deteriorarse, etc.
- Problema 7:** El cambio físico del consultorio a otra ubicación.
- Problema 8:** No hay un respaldo de los expedientes en papel, en caso de pérdida por desastre natural.
- Problema 9:** No hay estadísticas de los pacientes atendidos y sus causas principales que originan la visita al médico.

### 2.2.3. En las Clínicas y en los Hospitales

Actualmente, dentro de las clínicas y los hospitales de primer nivel ocurre lo siguiente:

- Problema 10:** No cuentan con un sistema que lleve un control y monitorización detallado de los signos vitales del paciente que los instrumentos registran durante su estancia en la clínica u hospital; por lo general, esto lo hace el personal médico y las enfermeras por escrito, en formatos a los que difícilmente llegan a tener acceso los familiares del paciente.
- Problema 11:** Una vez que el paciente es dado de alta de la clínica u hospital, se pierde casi todo registro de su estado actual, hasta que vuelve a enfermarse.
- Problema 12:** El registro de los signos vitales puede ser erróneo. En la mayoría de los casos, por su propia gravedad, es imposible que la mayoría de los enfermos puedan referir, por sí mismos, los síntomas y alteraciones que presentan. Por ello, adquieren un valor extraordinario los medios complementarios, auxiliares o diagnósticos que utiliza el personal médico para apoyarse en sus decisiones médicas.
- Problema 13:** A lo anterior le podemos sumar la falta de personal médico en la clínica u hospital -problemática que se extiende a todo lo largo y ancho de la República Mexicana-, la captura manual y errónea de los datos fisiológicos que muchas veces el mismo personal médico comete, el descontrol que existe en los sistemas convencionales de seguimiento de pacientes.
- Problema 14:** Además, el descontrol en los expediente clínicos es, esencialmente, provocado por el papel, ya que su uso plantea ciertas dificultades, algunas de las cuales se citan a continuación:
- La fragilidad y el deterioro del soporte documental debido a accidentes producidos por el agua y el fuego.
  - Desorden y falta de uniformidad de los documentos.
  - Gran necesidad de espacio de almacenamiento.
  - Información ilegible.
  - La información no es inalterable.
  - Disponibilidad cuestionable, y por lo tanto, falta de acceso a la información.
  - Errores de archivado parciales.

**Problema 15:** Otro problema consiste en las fallas o averías que presenta el equipo clínico u hospitalario y que solo puede ser reparado enviando dicho equipo al país de manufactura de origen, lo que genera grandes problemas al respecto.

**Problema 16:** “Se producirán en México vacunas contra la influenza.”<sup>5</sup> Que en México se cuente ya con el potencial de producir grandes cantidades de vacunas no significa que no hay por que no prevenir situaciones que empeoren la salud de las personas.

## 2.3. Hipótesis General de la Problemática

La hipótesis general es que se puede solucionar la mayoría de las problemáticas ya mencionadas a través del uso de la herramienta informática propuesta en este trabajo de tesis y que opere bajo las normas y estándares establecidos, con el objetivo de proporcionar una alternativa para:

- Los pacientes, de manera que cuando asistan a su consulta cuenten con acceso al historial de sus signos vitales y antecedentes clínicos en segundos.
- Los médicos, para que brinden una herramienta que pueda dar seguimiento a cada consulta realizada.
- Clínicas y hospitales, para eliminar actividades innecesarias como llenado de formatos, búsqueda de expedientes, etc., para reducir tiempos y costos, y hacer más eficiente el servicio de salud que se brinda.

## 2.4. Variables en el Consultorio, Clínica y Hospital

Las principales variables identificadas son: tiempo, consulta, paciente, mediciones, médico.

**Tiempo** que invierte el **médico** o la enfermera en el llenado de formatos. Tiempos de atención en cada **consulta** que da el médico tratante. Cantidad de **pacientes** atendidos. Proporcionar al médico información clara del paciente durante la consulta. Proporcionar al médico una herramienta informática amigable y disponible en cualquier dispositivo electrónico con conexión a internet. Despliegue **mediciones** promedio.

## 2.5. Metas

1. Medir la aceptación por parte de los médicos y pacientes que utilicen el presente trabajo y reportar los resultados obtenidos.
2. Dar solución a cada problema que ha sido planteado en este capítulo.

## 2.6. Alcances y Limitaciones

Al delimitar la problemática en general se tiene:

### Alcances:

Construir un Sistema para Controlar y Monitorizar a Pacientes basado en los estándares HL7 e IEEE 11073 aplicados a Biodispositivos Móviles (SCMP-BM).

<sup>5</sup> <http://www.jornada.unam.mx/2010/09/29/index.php?section=ciencias&article=a02n1cie>

**El producto principal de esta tesis:** el diseño y desarrollo de un sistema SCMP-BM aplicando los principios de la informática en el sector salud; apoyar a los médicos proporcionando información clara y precisa para que puedan tomar las decisiones y realizar las acciones correspondientes; mejorar los resultados en los cuidados y servicios que se le brindan a los pacientes haciendo un mejor uso de la información y logrando una mayor eficiencia en la forma en que se usan los datos del paciente. Los conocimientos en medicina del médico son capturados, procesados, comunicados y aplicados.

Para fines de este trabajo y como base del mismo, las pruebas se realizaron solamente con dispositivos no invasivos de corto alcance con conexión inalámbrica de alta fidelidad (WiFi): oxímetros (reutilizar la tecnología con la que se cuenta).

Finalmente, el sistema contará con las siguientes características iniciales:

- Monitorizar en tiempo real las variables: temperatura, presión arterial, nivel de oxígeno en la sangre y frecuencia cardíaca, de manera centralizada.
- Consultar el estado del paciente vía internet mediante un navegador web.
- Integrar un biodispositivo sin intervención especializada.
- Controlar mejor las **EPOC**.
- Llegar a evitar la muerte por **SAOS** mediante el uso de alarmas.

Dadas las circunstancias actuales, por el momento se han identificado las siguientes **limitaciones**:

- Tecnológicas, se dispondrá únicamente de un solo biodispositivo, dos como máximo.
- Selección del conjunto de datos de interés, temperatura corporal, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en sangre.
- Apoyos económicos: los recursos económicos para construir el hardware limitan el desarrollo del trabajo.
- El tiempo para este trabajo no deberá ser de más de 16 meses, de abril de 2013 a mayo de 2014

## 2.7. Contribuciones al Estado del Arte

Como se mencionó en el capítulo anterior, existen varios trabajos similares, pero cabe resaltar que una de las contribuciones principales de este trabajo al estado del arte consiste en la integración de piezas de tecnología muy específicas, como lo es un oxímetro [10] y un sistema que alberga en su interior la forma de vincular un oxímetro [10] a un expediente clínico electrónico. Sistema que tiene una combinación funcional al estar constituido por dos tipos de aplicaciones, una aplicación de Escritorio, o normalmente conocida como una aplicación Desktop en el ámbito informático y por una aplicación web.

### 2.7.1. La aplicación de cómo utilizar la arquitectura RIM del Estándar HL7 es una aportación

Esto se debe a que el Estándar HL7 maneja una arquitectura interna de Modelado de Información de Referencia (RIM), y el Estándar IEEE 11073, que se comunican a través de mensajes respondiendo a dicho modelado HL7; la utilización de ambos permite que de un biodispositivo se puedan asignar las biomediciones obtenidas a un paciente existente en un sistema basado en expedientes clínicos electrónicos (ECE), como el caso muy particular de la Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA3-2012 [11] que indica cómo un sistema debe almacenar la información clínica de un paciente de manera electrónica. En el presente trabajo se han logrado conectar dichas normas y estándares para soportar también el uso de un biodispositivo.

### 2.7.2. Propuesta de mejora al ECE en México

Con el simple hecho de promover el uso de esta tecnología entre consultorios, clínicas y hospitales se van detectando necesidades comunes entre cada entidad, que al incorporarlos a este trabajo derivan en una mejora genérica, que la actual norma mexicana no contempla.

Un ejemplo muy claro es que la norma actual no considera su interoperabilidad con un biosistema, y mucho menos el almacenamiento de las mediciones de signos vitales del paciente.

## 2.8. Contribuciones al Conocimiento

Con la recopilación de toda la información de cada paciente, el análisis preventivo podría revelar patrones durante una enfermedad respiratoria, lo que ayudaría en el campo del diagnóstico médico.

También el establecer el uso del protocolo **WiFi** y **TCP** para el envío de información médica sin importar si es un oxímetro [10] o no, ya que se puede tratar de otro instrumento médico que se podría incorporar a lo que podemos llamar “puente de comunicación médica **WiFi**” como contribución, y de este punto, otros trabajos pueden hacer uso de esta propuesta. Así como un dispositivo de Hardware que se comunica con un sistema de salud informático.

### 2.8.1. El Rediseño del Oxímetro

El rediseño es una aportación al conocimiento, ya que por su naturaleza muestra las ventajas que se logran al concentrar las mediciones obtenidas por parte del oxímetro **WiFi** [12].

Ya que se obtiene un *BUS* o canal para otro tipo de trabajos relacionados, como lo es un holter, un tensiómetro, etc.

## 2.9. La necesidad de Hospitales y Clínicas

En lo que más invierten estas entidades es en el autoequipamiento, más que en otros aditamentos.

Y si se agrega el uso y desgaste de los equipos, con la remota oportunidad de ser reparados, deja con grandes necesidades a clínicas y hospitales que existen en la actualidad.

## 2.10. Aplicación de la Tecnología Informática a las Ciencias de la Salud

Existen sistemas informáticos que permiten llevar una administración detallada del paciente en varios rubros médicos, pero la interoperabilidad entre otros sistemas, como el migrar un expediente clínico electrónico de una plataforma a otra, el registro de signos vitales, vuelve compleja esta combinación tecnológica.

## 2.11. Proceso de Investigación y Aplicación de los Conocimientos, Investigación en México

La presente propuesta se ha logrado con diversos apoyos y además deriva de los resultados de investigaciones por separado en este trabajo de tesis.

Identificando de la manera más clara, precisa y conocida: El problema, el nivel de dificultad, las necesidades, las circunstancias, sin perder un objetivo bien enfocado (véase *Figura 2.2*).

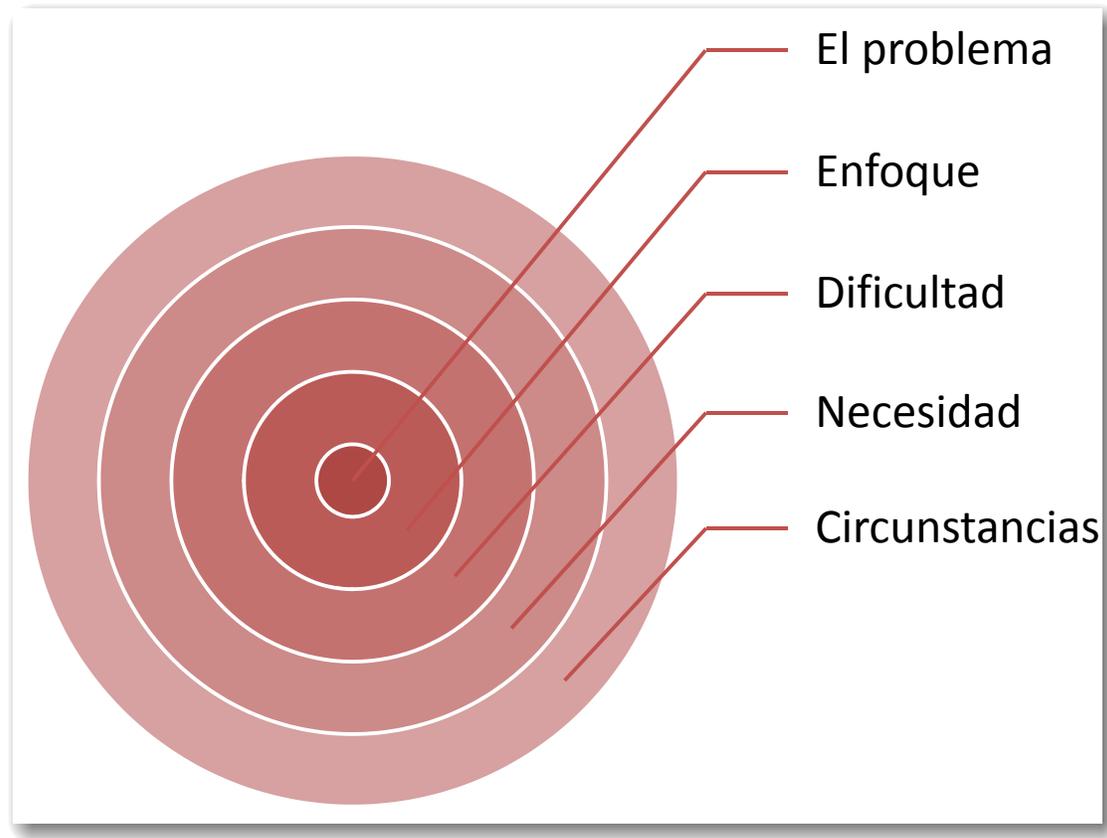


Figura 2.2: Estructura del Planteamiento del Problema

*Fuente: Elaboración propia (2014)*

## Capítulo 3

# Estado del Arte (Marco Teórico)

En este capítulo se tratarán de forma teórica los conceptos y en algunos casos se harán observaciones a favor de una mejora común, como en la Sección 3.3.5, que servirán como base para la comprensión del presente trabajo. El marco teórico se divide en tres partes para distinguir entre conceptos informáticos, que son el “Marco Teórico Informático”, Sección 3.1, donde se profundizará un poco más en las comunicaciones, ya que sustentan en gran parte el presente trabajo. La Sección 3.2 contempla los conceptos médicos puramente, el “Marco Teórico Médico”. Una de las secciones que apoyan el entendimiento de cómo el área de la salud y la informática pueden operar en conjunto por la interoperabilidad es la subsección 3.3.3, que está en la tercera parte de este marco teórico, en conceptos de la informática de la salud, el “Marco de la Informática de la Salud”, Sección 3.3.

### 3.1. Marco Teórico Informático

La “informática” se puede definir como un “término” [1, pág. 2], pero en sí, es una ciencia que poco a poco ha entrado en diversas áreas del desarrollo humano, y cuando llega lo hace para quedarse reduciendo tiempos al procesar y filtrar información a través de una gran diversidad de metodologías, lo que facilita la toma de decisiones. La informática evoluciona día a día haciendo uso de la informática teórica, tecnológica y metodológica, lo que a su vez crea nuevas áreas dentro de la misma informática cuando se relaciona con un área en específico. La informática es una de tantas ciencias que ayudará a la humanidad a entender y comprender nuestra realidad, aunque eso tomará tiempo. Por el momento, la informática tendrá un papel vital en este trabajo, así en como el área médica.

#### 3.1.1. ¿Qué es un Estándar?

En 1987, un reporte técnico de la Organización Internacional de Normalización (ISO) estableció que cualquier intercambio significativo de palabras depende de la existencia previa de acuerdo de reglas sintácticas y semánticas. En Informática en salud donde el énfasis está puesto en la manipulación y transmisión de información, los estándares son muy requeridos, pero todavía no alcanzan una gran madurez. Aunque en la actualidad están evolucionando tan rápido que cualquier descripción se vuelve obsoleta en cuestión de algunos meses.

Cuando la diversidad crea ineficiencia o impide efectividad, se necesitan estándares. Por ejemplo, en el caso de la atención sanitaria, las instituciones de salud fueron concebidas como unidades independientes donde los pacientes recibían atención médica en diferentes niveles (primario, secundario y terciario) sin ningún tipo de comunicación ni coordinación efectiva. La falta de coordinación entre los distintos escenarios y actores del sistema se traduce en ineficiencias en el cuidado. La necesidad

actual de integrar, consolidar y coordinar la información de los pacientes por medio de la creación de redes que brinden cuidado médico, incorporando técnicas organizacionales como indicadores de calidad y ofreciendo herramientas de avanzada; como sistemas de soporte para la toma de decisiones exige la implementación de estándares.

Hay cuatro mecanismos básicos para desarrollar un estándar:

- *Ad-hoc*: un grupo de personas u organizaciones interesadas se ponen de acuerdo en las especificaciones del estándar. Las especificaciones son informales pero aceptadas por las partes. Un ejemplo es el estándar [DICOM](#), producto del acuerdo de la [ACR](#) y la [NEMA](#).
- De facto: cuando una empresa domina el mercado y marca el estándar. La empresa Microsoft es un buen ejemplo, ya que algunos códigos de programación web son exclusivos de Internet Explorer de Microsoft y solo se visualizan correctamente con ese navegador, es decir, son incompatibles con otros navegadores.
- De Juri o Mandato Gubernamental: en este caso, un organismo del gobierno crea un estándar y legisla su uso. En México y otros países de América Latina un ejemplo podría ser el acta de defunción.
- Consenso: un grupo de voluntarios representantes de las partes interesadas en el estándar lo desarrollan en forma abierta. Un ejemplo es el estándar [HL7](#).

### 3.1.2. Comunicaciones Alámbricas e Inalámbricas

La comunicación alámbrica, según Bakshi y Godse [13], se define como el medio de transmisión que debe estar conformado por un par de conductores que puedan portar la señal eléctrica de un extremo a otro. Los ejemplos más comunes son el telégrafo y el teléfono, donde dos conductores metálicos están entre el transmisor y el receptor. Es importante retomar estos conceptos, ya que son base de los avances que hoy en día existen. Actualmente el medio de comunicación para la telefonía es la fibra óptica y la radiofrecuencia digital, que sirven de medio para portar la señal en forma de luz o haciendo uso de alguna frecuencia en particular del espectro electromagnético.

#### 3.1.2.1. Espectro Electromagnético

Para lograr una comunicación inalámbrica de un punto distante a otro, solo hay un único recurso que se usa como medio de transmisión, compartido por todos: luz, colores, microondas, ondas de radiofrecuencia, todas ellas usan el espectro electromagnético (*véase Figura 3.1*).

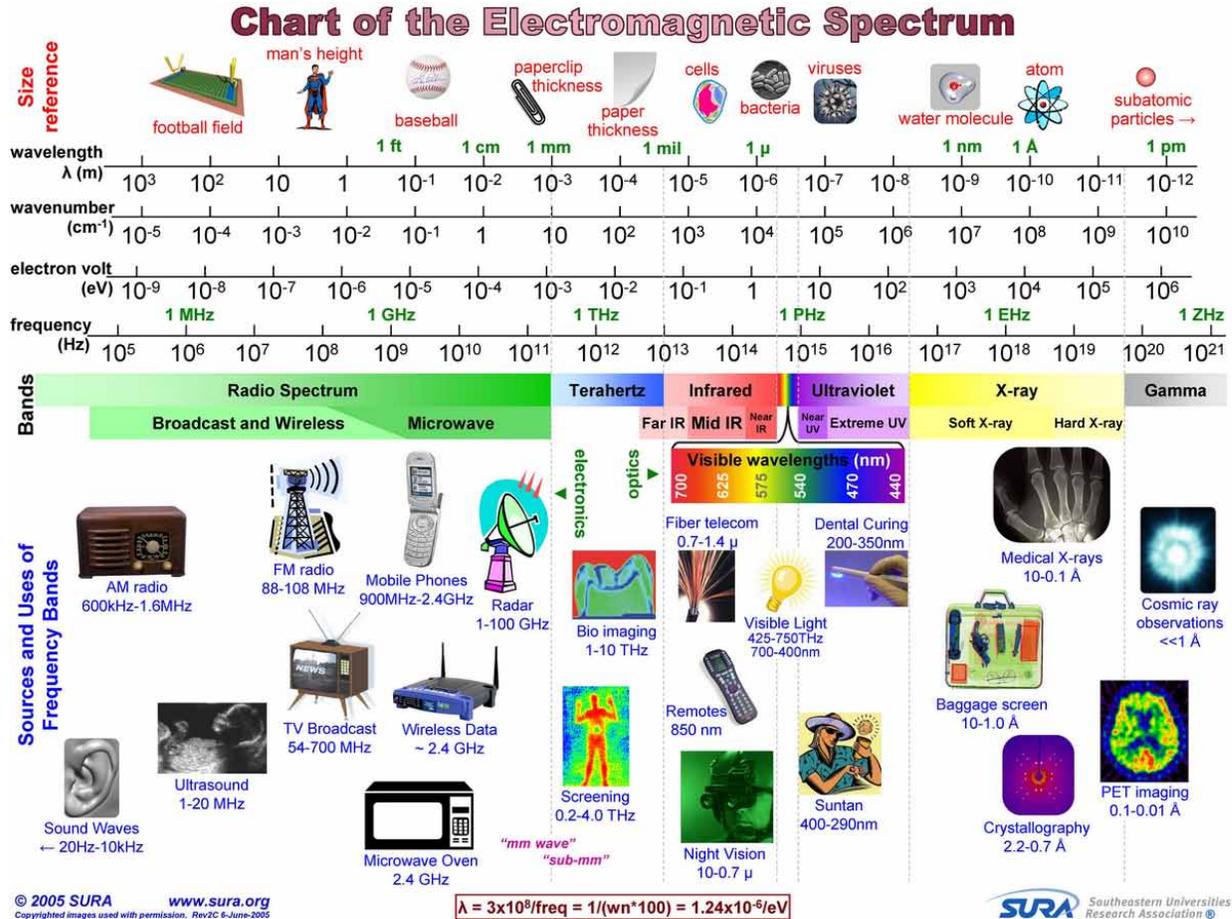


Figura 3.1: Espectro Electromagnético, rango y uso  
Fuente: SURA (2005)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU<sup>1</sup>) se encarga de regular las actividades de las telecomunicaciones alrededor del mundo. El área de Radiocomunicaciones (ITU-R) es la encargada de regular la comunicación inalámbrica en el espectro electromagnético.

Diversas bandas de frecuencia se encuentran reservadas u otorgadas en licencia para diversos servicios en particular, como la radionavegación, la comunicación terrestre, y pocas bandas para el sector industrial, científico y medico (ISM) que son básicamente de uso libre [14]. Estas bandas se muestran en la tabla 3.1; algunas, como la banda de 2450 MHz, están en uso a nivel mundial, sin embargo otras solo pueden ser usadas en ciertas regiones. La principal ventaja de las bandas ISM es que se pueden usar libremente sin necesidad de tener los derechos o permisos para hacer uso específico de esas bandas. Los dispositivos que operan en esta banda “libre” deben asegurarse de no invadir otras y respetar las especificaciones y regulaciones que la ITU establece. Por el contrario, la comunicación inalámbrica es susceptible de interferencias. Entre las bandas ISM, la banda 2450 MHz es la más usada por las redes de áreas locales inalámbricas (WLAN) basadas en el protocolo IEEE 802.11. Una gran cantidad de dispositivos usan este protocolo, como los dispositivos WiFi, bluetooth, teléfonos inalámbricos, monitores de audio para bebés, entre otros.

<sup>1</sup> <https://www.itu.int/>

Tabla 3.1: Bandas ISM

Fuente: *Elaboración Propia, con base en ITU (2014).*

Banda de frecuencia	Frecuencia central
6765–6795 kHz	6780 kHz
13,553–13,567 kHz	13,560 kHz
26,957–27,283 kHz	27,120 kHz
40.66–40.70 MHz	40.68 MHz
433.05–434.79 MHz	433.92 MHz
902–928 MHz	915 MHz
2400–2500 MHz	2450 MHz
5725–5875 MHz	5800 MHz
24–24.25 GHz	24.125 GHz
61–61.5 GHz	61.25 GHz
122–123 GHz	122.5 GHz
244–246 GHz	245 GHz

### 3.1.2.2. Protocolos

Estos términos son clave en el presente trabajo, ya que la interoperabilidad se logra a través del uso de protocolos y estándares. Para llevar a cabo el intercambio de mensajes, cada dispositivo ya sea emisor o receptor debe operar sobre un protocolo de comunicación, el cual es una descripción formal de los formatos de mensajes digitales (llamados ‘tramas’ y/o ‘paquetes’), así como con base en las reglas para el intercambio de estos mensajes. Debido a la complejidad que involucra el diseño de estos protocolos de comunicación, su diseño está estructurado en capas. El número de capas y sus funciones dependen del tipo de red a utilizar. Cada capa utiliza servicios de capas más bajas para ofrecer un conjunto de servicios a las capas superiores a la misma capa [15].

Cada protocolo es diferente y hace uso de las capas según sus creadores lo consideren pertinente; por lo general encontraremos capas comunes o básicas para lograr establecer la comunicación entre dos o más dispositivos que operen sobre el mismo protocolo. Las capas básicas están constituidas por **la capa física**, que es responsable de la transmisión y recepción de paquetes a nivel eléctrico, y también es la responsable de todas las funciones relacionadas con la comunicación. Cuando la comunicación es inalámbrica, se encarga de la selección de la frecuencia adecuada, la generación de la señal portadora, la detección de la señal y modulación

de la misma, según sea el caso. **La capa de control** y medio de acceso a capas se encarga de arbitrar los accesos compartidos en el medio. La capa de red es la responsable de enrutar los paquetes a su destino final y también de regular las funciones de formación de red, asignación de direcciones, y de los mecanismos para cuando un dispositivo se agrega o abandona la red. **La capa de aplicación** es la capa con más alta jerarquía en todos los modelos y provee la interfaz para las aplicaciones.

Existen diferentes tipos de protocolos, como protocolos de red, protocolos para de redes locales,

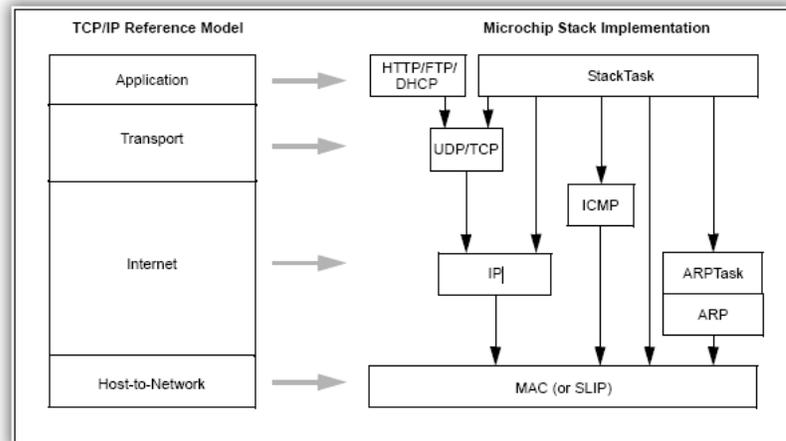


Figura 3.2: Comparación entre el modelo TCP/IP y el modelo TCP/IP de Microchip

Fuente: *Microchip (2002)*

protocolos de alto nivel, protocolos de bajo nivel, protocolos de pilas o ‘stacks’, subprotocolos, etc. [16, pág. 64]. Claro está que los protocolos son importantes, y en su mayoría hacen referencia a muchos estándares, por lo que es importante definir el tipo a cual se hace referencia.

El presente trabajo utiliza no solo uno sino varios protocolos, como ejemplo: un protocolo para los biodispositivos y el otro para el intercambio de mensajes de alto nivel. En el entorno informático se les conoce como “Stack Model”, o modelo de pila en español (aunque se utilizará el término “Stack Model” posteriormente). El *stack model* para el biodispositivo está dado por el *stack* de Microchip [17, pág. 2], el cual consiste en cinco capas (véase *Figura 3.2*), donde cada flecha horizontal gris simboliza una similitud al modelo TCP/IP y cada flecha vertical negra simboliza el intercambio lógico de información entre los diferentes elementos que conforman cada capa del *stack model* de Microchip.

El sistema usará el modelo OSI que permitirá enviar y recibir mensajes sobre el estándar HL7. (véase *Figura 3.3*)

### 3.1.2.2.1. Estándar IEEE 802.11 (comunicación inalámbrica, WiFi)

Las redes inalámbricas son susceptibles a diversas situaciones a través de canal inalámbrico establecido, como la interferencia, el desvanecimiento de la señal o la pérdida de la misma. El ruido se produce por otros dispositivos que también comparten la misma banda de frecuencia, y a su vez, por otros dispositivos de banda ancha que se encuentran transmitiendo (otra situación de interferencia está dada por las líneas de transmisión de energía eléctrica [18]). La pérdida de señal ocurre debido a la propagación de múltiples señales; también se produce el desvanecimiento inducido por obstáculos que afectan la propagación de las ondas de radio. Múltiples copias de la señal experimentan atenuación o retardo que resulta en una interferencia destructiva o constructiva en los dispositivos receptores. Cuando ocurre una gran cantidad de interferencia destructiva, se refiere a un desvanecimiento gradual de la señal que termina en una pérdida de la comunicación [19].

La calidad en los servicios de comunicación dentro de las redes inalámbricas puede ser evaluada usando la “calidad del servicio” (QoS); los parámetros a evaluar son: la cantidad de paquetes entregados, el retardo entre la entrega y recepción, la potencia, etc. [20]. La cantidad de paquetes entregados, se puede representar mediante el porcentaje de paquetes recibidos contra la cantidad de paquetes transmitidos. El retardo entre la entrega y recepción se refiere al intervalo de tiempo entre la transmisión y la recepción del paquete. La potencia se refiere al promedio de los mensajes exitosamente recibidos utilizando el mismo canal de comunicación.

Diversas aplicaciones exigen que se cumpla con ciertos requerimientos de calidad. Por ejemplo, las aplicaciones para la monitorización remota de un paciente requieren típicamente un bajo uso del ancho de banda en una frecuencia específica, ya que son altamente sensibles a los retardos y a la pérdida de datos, y solo así se puede evitar dicha pérdida. Por otra parte, las aplicaciones para la transferencia de archivos pueden tolerar ciertos retardos en su entrega y recepción, pero son extremadamente sensibles a la pérdida de datos [21]. Mientras que algunos protocolos de comunicación inalámbrica solo ofrecen un nivel de servicios, otros pueden soportar diferentes niveles de calidad en los servicios.

En 1997, la IEEE optó por el primer estándar para las WLAN, el IEEE 802.11. Este estándar ha tenido diversas revisiones con el transcurso del tiempo; la primera fue en 1999, donde se definió el medio de control de acceso (MAC) como subcapa. Posteriormente está el administrador de protocolos y servicios, y tres capas físicas más (PHY). Los rayos infrarrojos (IR) están en estas capas base, en la banda de los 2.4 GHz como espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS) y como espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS) y también en la banda de los 2.4 GHz. Estas tres capas físicas operaron inicialmente a 1 Mbit/s y a 2 Mbit/s [22, pág. 5].

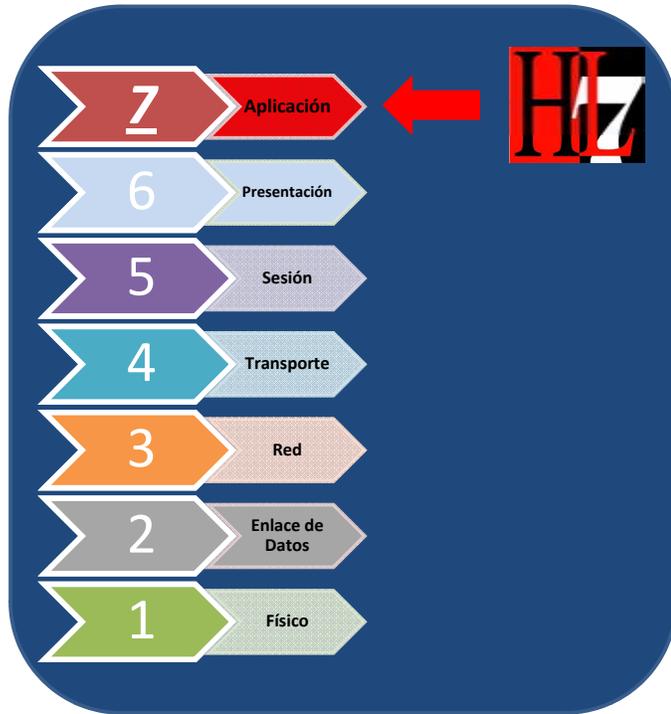


Figura 3.3: Nivel de operación el HL7 sobre el modelo OSI

Fuente: Elaboración propia basado en Dicom India

estándar [WiFi](#).

La introducción del estándar [IEEE 802.11](#) en el mercado global ha permitido la invasión de una producción masiva y ha tenido un alto impacto en los supermercados, en el hogar, en las oficinas, en áreas publicas, etc. En la actualidad, tabletas y teléfonos inteligentes, dispositivos móviles, celulares, impresoras, equipos de cómputo, teléfonos VoIP, reproductores de MP3, reproductores *Blu-ray*, videocámaras, cámaras fotográficas, y muchos dispositivos más se incorporan a la tecnología de redes inalámbricas. Con bajos costos y soporte para la transferencia de grandes cantidades de información, el estándar 802.11 se ha convertido en una solución universal para cualquier aplicación en crecimiento. Como consecuencia de esta alta penetración en el mercado, se han hecho varias modificaciones al estándar base (*véase Tabla 3.2*) [23].

Actualmente existe la “[WiFi Alliance](#)”, que es un conjunto de compañías que respaldan la marca “[Wi-Fi](#)”. El 25 % de los hogares alrededor del mundo utiliza esta tecnología<sup>2</sup> basada en este

### 3.1.2.3. Modelo OSI

El Modelo [OSI](#) fue presentado tempranamente para que la mayoría de los fabricantes de software y hardware estuvieran dentro de un mismo marco común, al desarrollar tecnología para la época venidera de la comunicación a través de las redes [16, pág. 142].

El conjunto de protocolos que inicialmente tuvo el modelo [OSI](#) fue creado como base para otros modelos, convirtiéndose en un modelo base y como herramienta para la educación y el desarrollo de aplicaciones. El modelo está definido por un conjunto de capas y varios conceptos para un fácil entendimiento acerca de las redes [16].

<sup>2</sup> <http://www.wi-fi.org/>

Tabla 3.2: Estándares IEEE 802.11 WLAN  
Fuente: *Elaboración Propia, con base en IEEE (2014).*

Designación	Fecha de ratificación	Banda	Velocidad de transferencia
802.11	1997	2.4 GHz	1 y 2 Mbit/s
802.11a	1999	5 GHz	54 Mbit/s
802.11b	1999	2.4 GHz	11 y 4.4 Mbit/s
802.11g	2002	2.4 GHz	54 Mbit/s
802.11n	2007	2.4 GHz y 5 GHz	100 y 450 Mbit/s
802.11ac	2013	2.4 GHz y 5 GHz	1 Gbit/s

La ISO ha definido el modelo OSI como “la descripción” de las comunicaciones a través de las redes, como un modelo generalizado de cómo debe ser la comunicación y su implementación en una red. Este modelo no encaja perfectamente en todas las tecnologías de redes, pero se usa ampliamente para referirse a las capas que se ven involucradas en la red. El modelo OSI describe siete capas de abstracción (véase Tabla 3.3) [24, pág. 46].

Tabla 3.3: Capas del Modelo ISO.  
Fuente: *Elaboración Propia, con base en Burgess (2014).*

Capa	Nombre	Ejemplo
7	Aplicación	Comandos de programa del protocolo
6	Presentación	Rutinas de usuario
5	Sesión	RPC / Sockets
4	Transporte	TCP o UDP
3	Red	Protocolo de internet IP
2	Enlace	Protocolo Ethernet
1	Física	Cables, interfaces

### 3.1.2.4. Modelo TCP/IP

Si se ha escuchado bastante respecto al “TCP/IP” es porque ¡está en todas partes! Es el protocolo más usado en las redes y ha ganado terreno dominando el rol de operador global de internet, y en pocos años ha transformado a la sociedad de muchas formas. Millones de personas usan el protocolo TCP/IP sin saber cómo funciona realmente [16].

TCP/IP consiste en una docena de diferentes protocolos, pero solo unos pocos son el núcleo principal de su operación. De los protocolos clave, son dos los que usualmente se consideran los más importantes. El protocolo de internet (IP) es la capa primaria del modelo OSI (capa tres); este protocolo provee la funcionalidad para el direccionamiento, enrutamiento de paquetes, entre otras. Después viene el Protocolo de Control y Transmisión (TCP) que es la capa primaria de transporte (capa cuatro en el modelo OSI) y es el responsable de establecer y de administrar la conexión entre los procesos de software en los dispositivos (véase Figura 3.4) [16].



### 3.1.3. Red de Área Corporal y Red de Área Personal

En el campo de las comunicaciones, se ha realizado una categorización de varios tipos de redes con base en el área mínima y máxima de cobertura, que la red puede cubrir para la transmisión de datos. En contraste con una Red de Área Local (LAN) y una Red de Área Amplia (WAN), que se usan para connotar el tipo de área que ambas cubren, desde una casa, una oficina completa o una ciudad, una Red de Área Corporal (BAN) y Red de Área Personal (PAN) se usan para connotar una red de menor escala, análoga a humanos, es decir, a las dimensiones del espacio vital humano, de pocos metros a la redonda. Estos términos se usan para delimitar el área de interés (dependiendo de su uso), si será para hablar de una persona en específico o de una cobertura mayor al espacio de una persona (véase Figura 3.5). Por lo tanto, se puede usar la misma red y la misma tecnología, pero la diferencia radica en su uso o aplicación [25]. En nuestro caso serán redes de tipo PAN, al referirnos al biodispositivo en sí y al Punto de Acceso más cercano (AP).

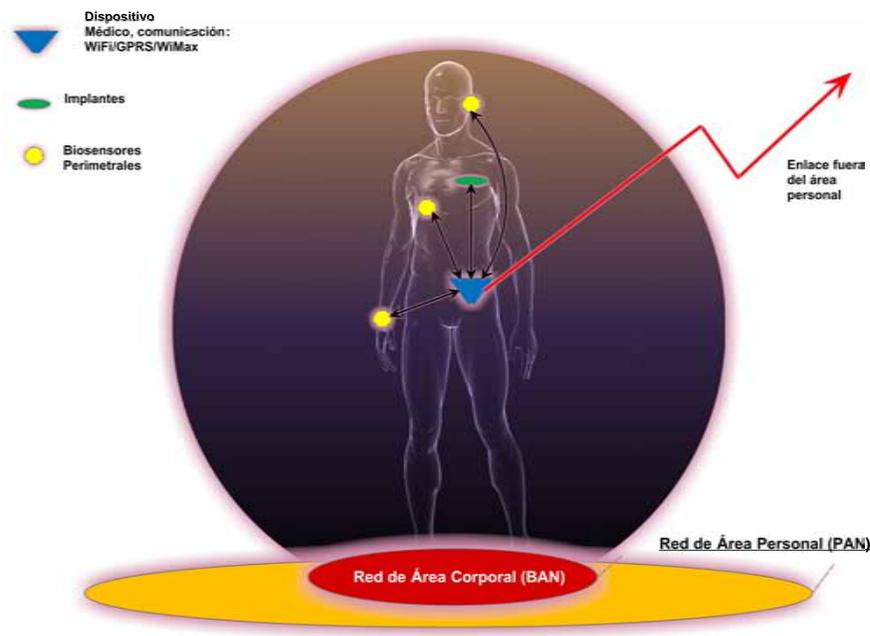


Figura 3.5: Redes BAN y PAN  
Fuente: *Elaboración propia (2014)*

referirnos a ellas como WBAN y WPAN respectivamente, donde la ‘W’ hace referencia a la palabra en inglés ‘wireless’.

Las aplicaciones para estas redes BAN y PAN dependen del tipo de sensores a utilizar; por ejemplo, la red BAN puede ser utilizada por biosensores implantados en el cuerpo humano, y las redes PAN para biosensores externos al cuerpo humano (no invasivos). Típicamente se usan estas redes cuando se hace referencia a dispositivos de monitorización, como biosensores, sensores de movimiento corporal, equipo de localización y rastreo por implante, entre otros.

### 3.1.4. Aplicación de Escritorio o Desktop

Por lo común, se ejecuta una aplicación en un equipo de cómputo con procesador, tarjeta de gráficos, tarjeta de sonido, tarjeta de red, todo lo cual comprende una sola entidad que ejecuta el programa y hace uso de todo el hardware periférico para ello, y así la aplicación funcione. La aplicación se almacena en un medio de almacenamiento local, como lo es un disco duro. La aplicación se carga

en memoria y es administrada por el sistema operativo, en la mayoría de los casos, la ejecución es en tiempo real, que es una de sus ventajas actuales **la velocidad de ejecución**, así como la seguridad ante cualquier ataque externo [26, pág. 245].

Este tipo de aplicaciones es ejecutada en un solo equipo de cómputo y el usuario (en este trabajo, el médico y los trabajadores sociales) interacciona directamente con la interfaz del equipo de cómputo. Esto fue al principio, y posteriormente, con la introducción de las Bases de Datos, se dio inicio a las aplicaciones de escritorio de tipo cliente/servidor. Haciendo uso de la Base de Datos como un servicio externo, la ejecución del resto de la aplicación, como los algoritmos programados y el control del programa, se lleva a cabo de manera local [27, pág. 26].

### 3.1.5. Lenguaje Unificado de Modelado (UML)

El Lenguaje Unificado de Modelado (**UML**) ayuda a modelar, especificar, visualizar y documentar sistemas de software, incluyendo su estructura y diseño, de una manera que cumpla con todos los requisitos. Es posible modelar cualquier tipo de aplicación que se ejecute en cualquier tipo o combinación de hardware, sistema operativo, lenguaje de programación o área de red [28, pág. 34]. Su flexibilidad permite el modelado de aplicaciones distribuidas que utilizan cualquier *middleware*<sup>3</sup> en el mercado. Construido sobre el metamodelado (**MOF**), que define la clase y la operación de conceptos fundamentales, adaptado para lenguajes orientados a objetos y entornos, tales como C++, Java, C#, entre otros. **UML** se puede utilizar también para modelar aplicaciones no-OO (no orientadas a objetos) [29, 28].

Algunas herramientas también analizan el código fuente y las técnicas de ingeniería inversa en un conjunto de diagramas **UML**.

**UML** define doce tipos de diagramas: cuatro tipos de diagramas representan la estructura de aplicación, cinco representan diferentes aspectos del comportamiento dinámico, y tres representan formas de organización y gestión de cada módulo de la aplicación. **UML** también se divide en tres categorías [29].

En **UML 2.0** hay 13 tipos diferentes de diagramas. Para comprenderlos de manera concreta, a veces es útil categorizarlos jerárquicamente:

#### **Los diagramas de estructura enfatizan en los elementos que deben existir en el sistema modelado:**

1. Diagrama de clases.
2. Diagrama de componentes.
3. Diagrama de objetos.
4. Diagrama de estructura compuesta (**UML 2.0**).
5. Diagrama de despliegue.
6. Diagrama de paquetes.

#### **Los diagramas de comportamiento enfatizan en lo que debe suceder en el sistema modelado:**

7. Diagrama de actividades.
8. Diagrama de casos de uso.
9. Diagrama de estados.

<sup>3</sup> middleware es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, software, redes, hardware y/o sistemas operativos, también conocido en el ámbito de la informática como “conector”

**Diagramas de interacción, un subtipo de diagramas de comportamiento, que enfatiza el flujo de control y de datos entre los elementos del sistema modelado:**

10. Diagrama de secuencia.
11. Diagrama de comunicación.
12. Diagrama de tiempos (UML 2.0).
13. Diagrama de vista de interacción (UML 2.0).

De los cuales, algunos de ellos serán utilizados en el presente trabajo.

### 3.1.6. Aplicación Web

La Red Informática Mundial (WWW o web) se ha desarrollado como una fuente de información a partir de una plataforma de aplicaciones complejas. Y la segmentación de cada aplicación en sí es un sistema de software que es accesible a través de la web [30].

Una aplicación web es más que un ‘sitio web’. Es una aplicación *cliente/servidor* que utiliza un navegador web como cliente, y realiza un servicio interactivo conectándose con un servidor a través de una red local o internet. Un ‘sitio web’ simplemente es el despliegue del contenido de un archivo estático. Una aplicación web presenta una adaptación dinámica del contenido basado en peticiones de parámetros, seguimiento del comportamiento del usuario y consideraciones de seguridad [31].

Una aplicación web es la **evolución** de una aplicación de escritorio tradicional.

### 3.1.7. Servicios Web

Es importante definir el tipo de herramientas informáticas que son base de este trabajo para su desarrollo. Por ejemplo, cabe mencionar que el biodispositivo se comunica con el sistema a través de un servicio web haciendo uso de un paquete TCP, como ya se había mencionado.

Un servicio web tiene varios significados, algunos de los cuales son imprecisos pero a continuación se da una definición lo más aproximada posible [32].

Un servicio web (WS) permite el intercambio de información entre sistemas y brinda una interfaz de servicio sin que cada uno de los sistemas tenga que conocer detalles de aquellos con los que se está comunicando, es decir, permite la independencia de plataformas y de aplicaciones. Un servicio web es visto como una aplicación a la cual uno o varios clientes accederán, que también pueden ser una aplicación [33, pág. 124].

Estos servicios se ofrecen mediante un servidor web a otros sistemas que soliciten consumirlos mediante los protocolos web. Los WS utilizan el lenguaje XML como el mecanismo de estandarización adoptado para la codificación e intercambio de datos. También emplean otros estándares como son: SOAP, (para establecer el intercambio), HTTP, (para la transferencia de los datos), WSDL que contiene la descripción de los requisitos funcionales necesarios para establecer una comunicación), WS-Security (Web Service Security, protocolo de seguridad), entre otros [31, pág. 314].

Finalmente, la W3C define un servicio web como un sistema de software o aplicación diseñados para soportar la interacción máquina a máquina sobre una red, y esta “interfaz” está descrita por un formato que se puede procesar<sup>4</sup>.

Para efectos del presente trabajo, un servicio web está siempre en espera de una petición para llevar a cabo una o varias funciones específicas y es un puente entre plataformas de diferentes tecnologías, es decir, el biodispositivo no tiene un sistema operativo; sin embargo, se comunica con un servicio web que sí opera sobre un sistema operativo.

<sup>4</sup> <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>

### 3.1.8. Lenguajes de Programación

Es importante reconocer el impacto de un estándar en una aplicación, ya que independientemente del tipo de lenguaje de programación que se utilice, se debe cumplir con las operaciones que requiere el estándar.

Pero para crear y diseñar una aplicación en un lenguaje de programación, como bien menciona Weinberg [34], el programador desde el punto de vista humano impacta en el desarrollo de un sistema, y es bueno identificar los siguientes puntos: ¿Qué es lo que hace bueno a un programa?, la programación como una actividad social, la programación entre varios programadores, los factores personales, la habilidad para resolver problemas, la inteligencia, la experiencia, la motivación, el entrenamiento y el uso correcto de las herramientas apropiadas para el desarrollo de un programa, son todos factores clave que muchas veces se pasan por desapercibidos en los proyectos y por sus líderes.

Llevar las ideas a un sistema requiere claridad y simplicidad, habilidades clave para todo buen programador. Hoy, cientos de lenguajes de programación están en uso, muchos de ellos han nacido de la inspiración y la necesidad que el tiempo presente demanda, como lenguajes para el comercio electrónico, interfaces de usuario y herramientas de programación, conjuntos de *frameworks*, etc. [35]

Definamos un lenguaje en este punto como el medio para resolver un problema complejo a través de un sistema que emplea un conjunto de datos, datos abstractos, y tiene una sintaxis predefinida, lo cual permite crear expresiones que inician con un algoritmo y este a su vez solucionará un problema [36] y permitirá escribir un programa que será ejecutado por un sistema informático. La base de los lenguajes de programación se debe a la solución de problemas matemáticos complejos, uno de los pioneros en esta área fue Charles Babbage (1791-1871). Posteriormente, John von Neumann en 1944 también contribuyó con la arquitectura computacional, que sigue vigente hoy en día; y Alan Turing contribuyó con la máquina de Turing en 1948. Es impresionante cómo los lenguajes han ido evolucionando [37] y estos se dividen en tres tipos generales:

1. Lenguajes máquina.
2. Lenguajes ensambladores.
3. Lenguajes de alto nivel.

Y por mencionar los lenguajes más conocidos en el ámbito informático, se enlistan los siguiente [38]:

- Programación Orientada a Objetos con lenguajes como Java, C++, Ruby.
- Programación Funcional, como ML, Haskell, Lisp, Scheme.
- Programación lógica con Prolog.

#### 3.1.8.1. Entornos de Desarrollo Integrado

Un IDE, o entorno de desarrollo integrado, es una aplicación acondicionada con un conjunto de herramientas con el fin de proveer un entorno gráfico de trabajo para los desarrolladores. En general, el código fuente es solo texto y puede ser tecleado y codificado en cualquier editor de texto; el compilador es llamado o invocado a través de una variable general predefinida en el sistema operativo, y por supuesto, el compilador puede ser ejecutado desde la línea de comandos o terminal, según sea el caso, por lo que técnicamente el IDE no es necesario. Sin embargo, es de gran utilidad porque las tareas más sencillas, como modificar y compilar el código, se simplifican significativamente. En la actualidad, existen IDE con la capacidad de precompilar el código en tiempo real, lo que ayuda todavía más al programador [39].

Es posible que un mismo IDE pueda invocar diferentes compiladores y los principales componentes del IDE son:

- Un editor de texto.
- Un compilador (invocado por una variable del sistema).
- Un intérprete.
- Herramientas de automatización.
- Un depurador.
- Posibilidad de ofrecer un sistema de control de versiones.
- Factibilidad para ayudar en la construcción de interfaces gráficas de usuario.

Lista de los [IDE](#) que se usan para el presente trabajo:

- NetBeans.
- MPLAB [IDE](#).
- Notepad++.

### 3.1.8.2. Programación Orientada a Objetos

La Programación Orientada a Objetos POO ([OOP](#)) es una técnica de programación, un paradigma para escribir “buenos” programas a fin de solucionar ya un conjunto de problemas. Si el término “lenguaje de programación orientado a objetos” significa algo, debe significar que un lenguaje de programación proporciona los mecanismos que apoyan el estilo de objetos y de una buena programación, según Stroustrup, inventor del lenguaje C [40, pág. 22].

Crear software en forma rápida, correcta y económica sigue siendo un objetivo difícil de alcanzar en una época que demanda software nuevo y más poderoso, lo que va en aumento. Los *objetos*, o dicho en forma más precisa, las clases de las que provienen los objetos, son en esencia componentes de software *reutilizables*. Existen objetos de fecha, objetos de hora, objetos de audio, objetos de vídeo, objetos de automóviles, objetos de personas, etc. Casi *cualquier* sustantivo se puede representar de manera razonable como un objeto de software en términos de sus *atributos* (como el nombre, color y tamaño) y *comportamientos* (por ejemplo, calcular, moverse y comunicarse). Los desarrolladores de software han descubierto que al usar una metodología de diseño e implementación orientada a objetos y modular, pueden crear grupos de desarrollo de software más productivos de lo que era posible con las técnicas anteriores, como la “programación estructurada”; por lo general, los programas orientados a objetos son más fáciles de comprender, corregir y modificar [41]. Por ello es que hoy en día se pueden construir sistemas que dan solución en este caso al área médica.

**Objeto:** Se trata de un ente abstracto o ‘cosa’ que puede llevar a cabo un conjunto de actividades relacionadas usando la programación que permite separar los diferentes componentes de un programa, con lo cual se simplifica su elaboración, depuración y mejoras posteriores. Los objetos integran, a diferencia de los métodos procedimentales, tanto los procedimientos como las variables y datos referentes al objeto. A los objetos se les otorgan ciertas características en la vida real. Cada parte del programa que se desea realizar es tratado como objeto, siendo así estas partes independientes las unas de las otras. Los objetos se componen de 3 partes fundamentales: métodos, eventos y atributos [42, 43].

**Métodos:** Son aquellas funciones que el objeto permite realizar y que prestan algún tipo de servicio o tienen un comportamiento durante el transcurso del programa. A su vez determinan cómo va a responder el objeto cuando recibe un mensaje [43].

**Eventos:** Son aquellas acciones mediante las cuales el objeto reconoce que se está interactuando con él. De esta forma, el objeto se activa y responde al evento según lo programado en su código [43].

**Atributos:** Características que gobiernan al objeto solo en el caso de que sea visible en pantalla por el usuario; entonces sus atributos son el aspecto que refleja color, tamaño, posición, si está o no habilitado [43], etc.

**Mensajes:** Aunque los objetos se han de diferenciar claramente en una aplicación, y también se han de poder comunicar para poder trabajar en conjunto y construir así aplicaciones. Esto se hace posible a través de lo que se denomina paso de mensajes. Cuando un objeto quiere comunicarse con otro lo que hace es enviarle un mensaje con los datos que desea transmitir. La eficiencia de este sistema radica en que el objeto emisor no necesita saber la forma en que el objeto receptor va a realizar la acción; simplemente este la ejecuta y el emisor se desentiende del cómo, solo tiene conocimiento de que se está realizando. Para que todo esto sea posible se requiere de una buena programación de los eventos y de los métodos de cada objeto. El conjunto de mensajes a los que un objeto puede responder se denomina protocolo del objeto [43].

**Instancia:** Se llama instancia a todo objeto que derive de algún otro. De esta forma, todos los objetos son instancias de algún otro, menos la clase `Object` que es la madre de todas [43].

**Clases:** Es la descripción del objeto y consta de una serie de métodos y datos que resumen sus características. Definir clases permite trabajar con código reutilizable. Puesto que desde una clase se puede crear una instancia y así reutilizar el código escrito, no es necesario volver a escribir el código para la instancia. La instancia toma el patrón de la clase padre; sin embargo, las variables son independientes.

**Herencia:** Mecanismo para compartir automáticamente métodos y datos entre clases, subclases y objetos [43]. Permite crear nuevas clases introduciendo las variaciones con respecto a su clase padre.

**Herencia Simple:** Una subclase puede heredar datos y métodos de una clase simple, así como añadir o sustraer ciertos comportamientos.

**Herencia múltiple:** Posibilidad de adquirir métodos y datos de varias clases simultáneamente.

**Encapsulación:** Define el comportamiento de una clase u objeto que tiene dentro de él todo tipo de métodos y datos, pero estos solo son accesibles mediante el paso de mensajes [43]. Los objetos se pueden comunicar entre sí, pero por lo general no se les permite saber cómo están implementados otros objetos; los detalles de implementación están ocultos dentro de los mismos objetos [41].

**Polimorfismo:** Los objetos responden a los mensajes que se les envían. Un mismo mensaje puede ser interpretado o dar paso a distintas acciones según qué objeto es el destinatario [43]. Con este sistema el emisor se desentiende de los detalles de la ejecución (aunque el programador ha de saber en todo momento cuáles son las consecuencias de ese mensaje). También es un término genérico que significa ‘de muchas maneras’, más precisamente, es la habilidad de pedir que las mismas operaciones sean realizadas a través de varias técnicas llamadas sobrecarga de métodos, sobrecarga de operadores y sobrescritura de métodos [42].

### 3.1.8.2.1. Java

En 1991, un grupo dirigido por James Gosling y Patrick Naughton en Sun Microsystems diseñaron un lenguaje de programación al que llamaron “Green” para dispositivos electrónicos inteligentes de uso doméstico, para una ‘televisión inteligente’ en aquella época. Cuando un grupo de colaboradores de Sun visitó una cafetería local, sugirieron el nombre Java (una variedad de café) y así se quedó. El lenguaje está diseñado para ser sencillo, para que opere en cualquier arquitectura de hardware, es decir, ‘neutral’, y para pueda ser ejecutado en diferentes arquitecturas de hardware, pero no había la tecnología que hoy sí [44].

Java fue diseñado originalmente para programar dispositivos electrónicos inteligentes de uso doméstico (Sun Microsystems se adelantó a aquella visión desde hace veinte años; por ejemplo, en México es hasta hoy, 2014, que ya existe este tipo de dispositivos), pero comenzó a usarse exitosamente para escribir aplicaciones para internet llamadas “applets” [44]. Java vio un destino en 1993, cuando la popularidad de la web se intensificó. En ese entonces Sun vio el potencial de usar Java para

agregar *contenido dinámico*, como interactividad y animaciones, a las páginas web. Java generó la atención de la comunidad de negocios debido al fenomenal interés en la web; Java es un **lenguaje de alto nivel** reconocido a nivel mundial.

Java es “un ambiente sencillo, robusto, orientado a objetos, independiente de la plataforma, multiprocesos, dinámico, programación de propósito general”, de acuerdo Sun Microsystems. La arquitectura completa de Java es en realidad la combinación de cuatro componentes (*véase Figura 3.6*):

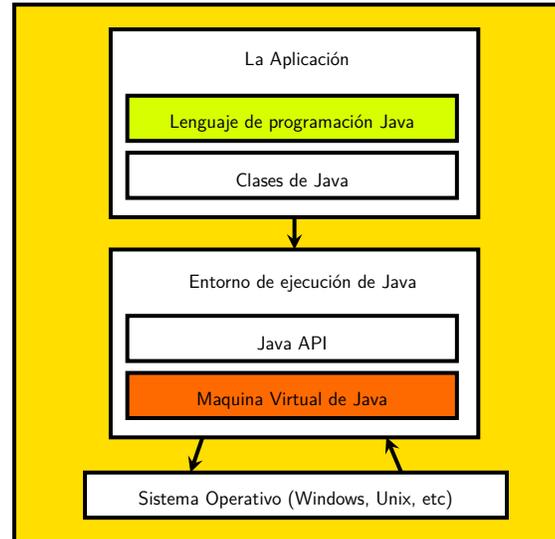


Figura 3.6: Funcionamiento de Java  
Fuente: *Elaboración propia, basado en Spell*

### 3.1.8.2.1.1. Java Beans (JB)

JavaBean es una clase Java con algunos patrones especiales o clases de ayuda.

La mayoría de las interfaces de programación de aplicaciones (API) JavaBean, incluyendo los paquetes estándar `java.beans` requiere una clase por defecto o un constructor sin argumentos, por lo que siempre hay que incluir uno, lo cual facilitará mucho el trabajo. Más allá de eso, una clase JavaBean necesita propiedades para ser útil y es aquí donde la información o el estado se mantienen accesibles, y la mayoría de los contenedores JavaBean requiere de algo llamado “eventos de cambio de propiedad” para actualizar los datos en pantalla u otros recursos de manera correcta [46].

Una propiedad contenida en un estado del JavaBean puede ser de solo lectura o de lectura y escritura. Técnicamente un JavaBean puede tener una propiedad de solo escritura nada más, aunque el resultado variará entre los contenedores por el manejo de memoria propio de Java; por lo tanto, se pueden producir errores, de lo contrario la propiedad se mostrará correctamente.

En el sentido **más genérico** en las especificaciones de un JavaBean, una propiedad se basa en los patrones del nombre del método. Supongamos que tenemos la propiedad `primerNombre` que acepta `setPrimerNombre` como una cadena y que dicha propiedad puede ser de lectura y escritura (*véase Código 3.1*).

Código Fuente 3.1: Ejemplo de uso de un *Bean*

```

    //La variable nombre... puede ser
    private String primerNombre = null;

    //metodo nombre debe seguir este patron
    public String getPrimerNombre(){
        return primerNombre;
    }

    public void setPrimerNombre(String pnombre){
        primerNombre = pnombre;
    }
  
```

Una interpretación más del ejemplo anterior es que el campo `private` de una clase puede manipularse solo mediante los métodos de una clase. Por lo tanto, un cliente de un objeto (es decir, cualquier clase que llame a los métodos del objeto) llama a los métodos `public` de la clase para manipular los campos `private` de un objeto de esa clase. A menudo, las clases proporcionan métodos `public` para permitir a los clientes de la clase *establecer* ‘*set*’ (es decir, asignar valores a) u *obtener* ‘*get*’ (es decir, obtener los valores de) variables de instancia `private`. Los nombres de estos métodos no necesitan empezar con *set* o *get*, pero esta convención de nomenclatura es muy recomendada en Java, y se requiere para ciertos componentes de software especiales de Java, conocidos como JavaBeans, que pueden simplificar la programación en muchos entornos de desarrollo integrados (IDE). El método que establece la variable `primerNombre` en este ejemplo se llama `setPrimerNombre`, y el método que obtiene el valor de la variable de instancia `primerNombre` se llama `getPrimerNombre`. Un *JavaBean* es muy útil, por ejemplo cuando se realizan las consultas a la base de datos del sistema, y simplifica por mucho el manejo de la información, como en el caso del *Bean FullExpedientePacienteyConsultas*, el cual contendrá los métodos ‘*set*’ y ‘*get*’ para tratar los datos que provienen de la base de datos, que a su vez estarán disponibles por otras clases, en nuestro caso las vistas de la aplicación (véase Código 4.1).

### 3.1.8.2.1.2. Conector a la Base de Datos

En términos informáticos es muy importante la independencia de plataforma. Java, que ha sido diseñado teniendo en cuenta la independencia de plataforma, ofrece una *API* para el acceso a las bases de datos: *JDBC* [47], que se basa en el lenguaje estructurado de consultas *SQL*. Se llama “*SQL-level API*” porque *JDBC* permite crear consultas *SQL* e incrustarlas en las llamadas a la *API* de Java. *JDBC* es el vínculo de unión entre las bases de datos y Java. Los resultados de las consultas a la base de datos, por ejemplo, se devuelven como objetos de Java y los problemas de acceso producen excepciones [48]. Los tres aspectos principales de Oracle para *JDBC*:

- *JDBC* debe ser a nivel de *API* de *SQL*.
- *JDBC* debe aprovechar las mejoras de las base de datos a través de la *API* existente.
- *JDBC* debe ser simple.

Incluso si la *API JDBC* cumple con estos requisitos, los proveedores de DBMS son responsables de la implementación del *JDBC*. Por lo tanto, existen controladores para el mapeo de funciones en diferentes tipos de base de datos con la especificación *JDBC* [49]. Alternativamente, los controladores *JDBC* son proporcionados por creadores de la base de datos y se pueden adquirir, ya sea comprándolos o descargándolos gratuitamente desde sus sitios web [50].

Básicamente, se deben conocer dos parámetros para conectarse desde Java a una base de datos a través del controlador *JDBC*:

1. El nombre de clase donde se llama al controlador **JDBC**.
2. La URL o dirección de la base de datos que el controlador **JDBC** usará para acceder a la base de datos.

Por ejemplo:

Código Fuente 3.2: Ejemplo de conexión a una BD desde Java

```
Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
ConnectionDB = DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localhost/" + nombreBD, nombreUsuario,
    passwordUsuario);
connection.close();
```

En la Figura 3.7 se muestra cómo interaccionan el controlador **JDBC** y una aplicación Java. Toda la comunicación con la base de datos debe pasar por el controlador **JDBC**. El controlador convierte las sentencias de **SQL** a un formato que el servidor de base de datos comprende y realiza la llamada a la red utilizando el protocolo correcto. El controlador **JDBC** abstrae los detalles específicos de la comunicación de las bases de datos para la aplicación [51].

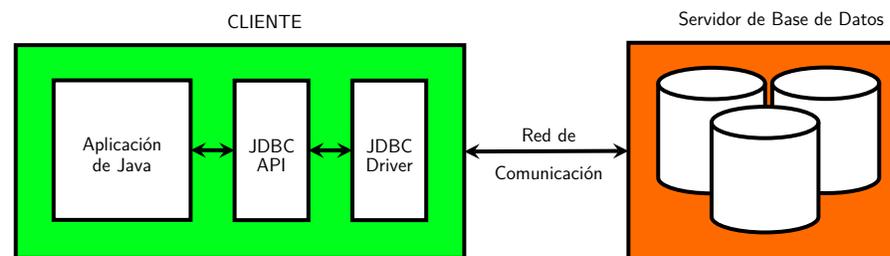


Figura 3.7: Esquema de Comunicación JDBC

Fuente: Elaboración propia, basado en Thomas

### 3.1.8.3. PHP

**PHP** es un lenguaje orientado a objetos de “secuencias de comandos” y “código fuente abierto”, el cual recibe soporte por medio de una comunidad de usuarios y desarrolladores; se utiliza en numerosos sitios web, entre ellos Wikipedia y Facebook. **PHP** es independiente de la plataforma: existen implementaciones para todos los principales sistemas operativos UNIX, Linux, Mac y Windows. **PHP** también soporta muchas bases de datos, como MySQL [41].

### 3.1.9. Generalidades de un XML

**XML** es la abreviación de Lenguaje de Marcado Extensible (Extensible Markup Language). Este lenguaje fue diseñado por el consorcio **W3C** [52] con el objetivo principal de tener un medio universal para compartir y transportar datos entre diferentes aplicaciones y plataformas. Es un lenguaje de marcas como **HTML**, pero a diferencia de este, los programadores crean sus propias etiquetas personalizadas, y así permite la definición, transmisión, validación e interpretación de datos entre aplicaciones y entre organizaciones posteriormente. Las herramientas disponibles para procesar y manejar este lenguaje de etiquetas han adquirido niveles de sofisticación elevados. Este lenguaje describe una clase de objetos conocidos como documentos **XML**. Y en muchos sistemas y aplicaciones podemos encontrar un **XML** sin ni siquiera notarlo [53].

### 3.1.9.1. Espacios de Nombres

Internet es un espacio donde se encuentran muchos puntos de información. Las referencias URI (Uniform Resource Identifier) nos permiten identificar cada uno de estos puntos de manera única<sup>5</sup>. En los documentos XML se emplean los espacios de nombres para clasificar los nombres de elementos y atributos utilizados en ellos. Estos espacios de nombres son conjuntos de nombres, identificados por una referencia URI, que se utilizan en documentos XML como tipos de elemento y nombres de atributo.

### 3.1.10. Esquemas XSD

Una ventaja de los documentos XML es que, además de que permiten corroborar que estén correctamente contruidos, también es posible validarlos contra un archivo que pone las reglas para la estructura que debe tener en un cierto entorno, y así determinar si cumplen con los requisitos establecidos. Estos archivos de validación, llamados XSD, incluyen las indicaciones de los elementos que pueden contener los XML, cuántas veces se pueden repetir, sus atributos, e incluso el orden en que deben aparecer. Con estas validaciones podemos saber cuando un documento XML tiene la estructura y los datos que esperamos recibir o enviar; esto es útil en especial para que los mensajes cumplan con la estructura establecida por HL7, ya que la tercera versión de este estándar especifica la estructura de los mensajes mediante el uso de documentos XML y su correspondiente esquema XSD [53].

### 3.1.11. Sistemas “plug-and-play” (PnP)

Los nuevos sistemas de cómputo son capaces de detectar a su vez dispositivos llamados “plug-and-play”, o PnP en inglés, cuando son conectados al sistema en alguno de sus buses y con la característica de que el equipo no tiene que ser apagado. El sistema es capaz de buscar constantemente en los buses físicamente si esto ha ocurrido o no, y lo realiza a través de configuraciones a bajo nivel (hardware). El dispositivo PnP da la instrucción al sistema y la información necesaria para hacer una conexión entre el dispositivo y el software, donde los controladores realizan esta tarea [54].

Los dispositivos “plug-and-play”, en español “conectar-y-utilizar”, deben soportar las siguientes características [55, pág. 14]:

- En caso de que el dispositivo sea conectado o desconectado físicamente del equipo de cómputo en cuestión, mientras esté encendido y en operación el sistema operativo, el controlador debe ser capaz de cargarlo en un área disponible de la memoria, por el mismo sistema operativo.
- El controlador debe ser capaz de trabajar de manera independiente con su asociación al sistema operativo, sin importar en qué bus del sistema esté asignado. En otras palabras, el dispositivo debe trabajar con otros dispositivos asociados al sistema, por ejemplo, con el procesador, el bus PCI, el bus ISA, el USB.
- El controlador debe ser capaz de intercambiar mensajes entre el sistema operativo y las aplicaciones asociadas al dispositivo cuando este sea conectado o desconectado del sistema mientras el equipo de cómputo esté en operación (las aplicaciones que requieran este dispositivo deben detectar su presencia o ausencia).

En el diseño de un sistema PnP se deben considerar los siguientes puntos que son de gran relevancia en el presente trabajo [56]:

<sup>5</sup> <http://www.w3.org/Addressing/>

1. Proveer un estándar de interfaces (conectores o protocolos inalámbricos).
2. Establecer la forma en que cada interfaz se correlaciona con otro elemento.
3. Verificar que la conexión sea fácil de realizar.
4. Apegarse a los modelos y protocolos existentes.

### 3.1.12. Base de Datos

Desde la década de 1970, las bases de datos centralizadas ya eran muy utilizadas y se comenzó a ver que los usuarios necesitaban consultar y manejar información de diferentes bases de datos, y las aplicaciones también requerían utilizar bases de datos independientes. Estas son creadas de manera autónoma y de la misma forma se realiza su administración, por lo que difieren tanto física como lógicamente. Cada una de ellas tiene su esquema propio, expresado en su modelo de datos y accedido por su propio lenguaje de consultas definido por su creador [57].

El desarrollo del cómputo distribuido ha aportado las bases teóricas para el acceso remoto de elementos separados físicamente. Sin embargo, no es suficiente lograr la comunicación a distancia, sino que se requiere que estos elementos separados puedan interaccionar entre sí y funcionar en conjunto, sin que cada uno de ellos pierda su autonomía y de una manera que sea transparente para el usuario y las aplicaciones, esto es, hacerlos interoperables [57].

Tabla 3.4: Ventajas del uso de las Bases de Datos

*Fuente: Elaboración Propia, con base en Suehring.*

Ventaja	Descripción
Velocidad	Significa un almacenamiento rápido y recuperación de la información. Los usuarios y las aplicaciones tienen un medio asíncrono de alta velocidad para leer y escribir datos.
Reportes	La información puede ser recolectada, cuantificada, analizada y medida con mayor flexibilidad.
Precisión	Teniendo en cuenta la entrada de datos cuidadosamente, las bases de datos proporcionan resultados precisos y consistentes de los datos almacenados.
Exhaustivo	Las bases de datos se pueden almacenar y reportar los resultados de la manera más completa y detallada con gran velocidad.

#### 3.1.12.1. SQL

**SQL** [59] es una herramienta para organizar, gestionar y recuperar datos almacenados por una base de datos informática.

La base de datos relacional ganó popularidad al ofrecer los siguientes beneficios: integridad de datos, es decir, las bases de datos relacionales incorporan reglas de integridad, para proteger contra la corrupción, duplicación y pérdida de datos. Se pueden utilizar las reglas de integridad o definir las propias. Un lenguaje de acceso común, **SQL** proporciona un lenguaje universal de acceso a las bases de datos relacionales. El lenguaje permite construir estructuras de bases de datos, modelos para los procesos de negocio; agregar, eliminar, modificar y recuperar datos. El núcleo **SQL** funciona con la mayoría de los sistemas de bases de datos relacionales.

El estándar **SQL** está definido por el **ANSI**, Instituto Americano de Estándares Nacionales en el documento **ISO/IEC 9075:1992**. (Comúnmente se hace referencia como **ANSI SQL-92**.) Cada base de datos relacional aplica su propia versión del estándar **SQL**; muchos mejoran la norma. La estandarización del lenguaje de programación permite al desarrollador hacer frente a la base de datos de

la misma manera de plataforma a plataforma, y cada plataforma tiene su propio producto y marca, como Oracle, [MS SQL Server](#), PostgreSQL, Informix, MySQL, entre otros [58, pág. 7].

### 3.1.12.2. MySQL

MySQL sigue casi todo el estándar [SQL-92](#). Como es el caso de otros productos RDBMS, MySQL extiende el estándar [SQL](#) de maneras distintivas (a pesar de que se puede ejecutar un solo estándar [ANSI](#)). También, como es de esperar, si se utiliza alguna de las extensiones específicas extras de MySQL que sobrepasan la norma, la base de datos ya no puede ser portable o migrada a otros RDBMS. Actualmente, existen herramientas que permiten la migración de los datos entre una BD y otra [58, pág. 13]. En el siguiente Capítulo 4, Sección 4.2.2.1.2, se explica el por qué se utilizará MySQL como sistema manejador de base de datos.

La integración de bases de datos consiste en crear una base de datos que contenga a varias. La nueva base de datos es formada por un conjunto de estas, que serían independientes una de otra [60].

### 3.1.12.3. Integración de Sistemas Heterogéneos

Al llevar este tema tecnológico de bases de datos y lenguajes de programación al ámbito de la salud, la integración de los sistemas de información de la salud de manera eficiente, segura, oportuna y portable, es un factor que puede mejorar notablemente la atención al cuidado de la salud que se brinda a la población, además de reducir los costos administrativos y de operación que tienen las instituciones involucradas [61].

### 3.1.13. Ingeniería de Software

A lo largo del Capítulo 4 se hará uso de la ingeniería de software.

## 3.2. Marco Teórico Médico

En esta parte se tratarán los temas referentes al campo médico con el fin de comprender los términos que se utilizan en esta área del conocimiento. Aunque el área médica es muy amplia se definirán algunos términos utilizados en los capítulos y secciones del presente trabajo.

### 3.2.1. Problemas Respiratorios

Cuando se tienen problemas para respirar, al cuerpo le cuesta adquirir el oxígeno que necesita. Se puede tener la sensación de falta de aire. Algunas veces, los problemas respiratorios leves son consecuencia de una nariz tapada o del ejercicio. Pero la falta de aire también puede ser una señal de alguna enfermedad seria.

Muchos cuadros pueden provocar la sensación de falta el aire. Las afecciones pulmonares, tales como asma, enfisema o neumonía, causan dificultades respiratorias. También la causan los problemas en la tráquea o en los bronquios, que son parte del sistema respiratorio. Las enfermedades cardíacas pueden provocar la falta de aire cuando el corazón no puede bombear suficiente sangre para suministrarle oxígeno al organismo. El estrés causado por la ansiedad también puede dificultar la respiración. Si el problema para respirar es frecuente, es importante encontrar la causa [62].

### 3.2.1.1. Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (**EPOC** o **COPD**) es una de las enfermedades más comunes de los pulmones que causa dificultad para respirar. Hay dos formas principales de **EPOC** [63].

- Bronquitis crónica, que implica una tos prolongada con producción de grandes cantidades de mucosidad (una sustancia pegajosa), sibilancias (silbidos o chillidos al respirar), falta de aliento, presión en el pecho y otros síntomas.
- Enfisema, que implica la destrucción de los pulmones con el tiempo.

La principal causa de la **EPOC** es el hábito de fumar. La mayoría de las personas que sufren **EPOC** fuman o solían fumar. La exposición a largo plazo a otros irritantes de los pulmones —como el aire contaminado, los vapores químicos o el polvo— también puede contribuir a la **EPOC** [64].

### 3.2.1.2. Síndrome de Apnea Obstructiva del Sueño (SAOS)

El Síndrome de Apnea Obstructiva del Sueño (**SAOS** u **OSAS**) es una afección en la cual el flujo de aire se pausa o disminuye durante la respiración mientras se está dormido, debido a que la vía respiratoria se ha tornado estrecha, está bloqueada o flexible. Una pausa en la respiración se denomina episodio de apnea. Una disminución en el flujo de aire durante la respiración se denomina episodio de hipoapnea. Casi toda persona tiene episodios breves de apnea mientras duerme [65].

Las pausas pueden durar entre unos pocos segundos y varios minutos. A menudo ocurren entre 30 veces o más por hora. Por lo general, la respiración vuelve a la normalidad, a veces con un ronquido fuerte o con un sonido parecido al que una persona hace cuando se atraganta. Casi siempre la apnea del sueño es un problema crónico (constante) de salud que altera el sueño. La persona pasa de un sueño profundo a un sueño liviano cuando hay una pausa en la respiración o cuando la respiración se vuelve superficial. Por esta razón, el sueño es de mala calidad y se siente cansancio durante el día. La apnea del sueño es una de las principales razones por las cuales una persona puede sentir mucho sueño durante el día [66].

## 3.2.2. Expediente en Papel

En el día a día es común escuchar que las personas usan la palabra “expediente” en diversas áreas de la sociedad; en la mayoría de los casos se usa en el desarrollo de las actividades laborales. Es sorprendente que no haya una definición general que incluya la extensa diversidad de tipos de expediente que se utilizan en la actualidad. La Archivística es la disciplina del conocimiento que presenta información más extensa relacionada al expediente como una unidad documental que tiene un rol importante en la administración de documentos desde su creación, evaluación, adquisición, clasificación, preservación, indexación y difusión.

Un expediente se define como un conjunto de documentos derivados de un asunto, que constituyen una unidad de documentación.

El Diccionario de la Lengua Española define como Expediente: “Conjunto de todos los papeles correspondientes a un **asunto** o negocio. Se usa señaladamente hablando de la **serie ordenada** de actuaciones administrativas, y también de las judiciales en los actos de jurisdicción voluntaria”<sup>6</sup>. Este es un concepto que permite tener una primera aproximación y facilita entender a qué se está refiriendo con el término *expediente*.

<sup>6</sup> <http://lema.rae.es/drae/?val=expediente>

Al igual que las instituciones de carácter privado, las instituciones estatales manejan expedientes en casi todas sus dependencias; por ello se ha tomado un concepto que se aplica en este sector. “Expediente: unidad organizada de documentos que poseen las dependencias y entidades, que se refieren al mismo tema, actividad o asunto y que constituye la unidad básica de la **serie**”. En este concepto, se aclara que **serie** se refiere al conjunto de casos del mismo tipo que maneja o trata una institución de gobierno.

Un concepto más es el siguiente: “Unidad documental formada por un conjunto de documentos generados orgánica y funcionalmente por una oficina productora, en la resolución de un mismo **asunto**”<sup>7</sup>. De este concepto se puede destacar la relación con un mismo asunto que debe tener toda la documentación contenida en un expediente, el cual debe ser generado por un ente responsable de los documentos o información contenida.

De lo anterior se infiere que los documentos deben ser reunidos en forma sistemática y práctica con el fin de que sea funcional la información que brinden. Para ello, es necesario integrar todo aquello que se ha obtenido en relación con el asunto en estudio, para que realmente ayude a su comprensión. De allí la conveniencia de abrir un expediente único para cada asunto.

En las definiciones anteriores se pueden distinguir cuatro elementos que poseen los expedientes:

- a. Formato: El expediente es un conjunto o serie de documentos “ordenados”, es decir, que se asume que la información o los documentos están ordenados.
- b. Contenido: Esta “serie ordenada” es de documentos que poseen importancia para las personas o entidades que los conservan.
- c. Medio o instrumento de creación: Debe existir una vía por medio de la cual se le da vida a los documentos contenidos en el expediente; estas vías pueden ser informática o manual.
- d. Fin: El fin del expediente es la formación del proceso histórico sobre un asunto determinado.

El expediente es la reunión de documentos relativos a cada asunto o sujeto; contiene toda la información y los datos que se han obtenido, ordenados de forma cronológica.

### 3.2.2.1. Contenido del Expediente en Papel

El contenido de un expediente va a depender del área del conocimiento o ciencia en la cual se esté aplicando y es indispensable que contenga los siguientes datos:

- a. Datos de identificación, como nombre, número o código, que lo identifique de forma única.
- b. Diferentes fichas o formularios: acumulativa, individual, anecdótica, psicopedagógica, por ejemplo; los cuales contienen la información resultante de los acontecimientos que tienen relación con el sujeto o caso de estudio.
- c. Diversos reportes: observaciones, entrevistas, informes, etc.
- d. Datos complementarios: como certificados médicos, otros estudios que se hayan hecho.
- e. La estructura del expediente: debe ser lógica, coherente y cronológica, ordenándose los documentos de acuerdo con el procedimiento o trámite en cuestión.

### 3.2.2.2. Características de los Expedientes en Papel

Los expedientes poseen características que pueden ser clasificadas independientemente del tipo al que correspondan. Las características más importantes son:

<sup>7</sup> <http://www.asamblea.gob.ni/archivo-central/glosario-a/>

- a. Identificación perfectamente visible.
- b. La información contenida debe ser completa y detallada, nunca fragmentada.
- c. Debe ser único; no puede existir más de un expediente para un mismo asunto o sujeto.
- d. La información o documentación contenida debe estar perfectamente ordenada cronológicamente.
- e. Debe tener un inicio y un fin claramente definidos.
- f. Debe estar normalizada su creación (elaboración) y administración (control).

### 3.2.2.3. Clasificación de los Expedientes en Papel

La clasificación de los expedientes es muy amplia, ya que se puede realizar tomando como referencia su contenido, su estado, etc., pero con describir los previos es suficiente para el presente trabajo.

#### 3.2.2.3.1. Por su contenido

Esta es la clasificación más básica de los expedientes, ya que se clasifican de acuerdo con la información que contienen, como ejemplo:

- a. Expediente Administrativo, utilizado dentro de las organizaciones empresariales.
- b. Expediente Académico, utilizado en los centros académicos o centros de educación, para llevar un registro de la información relacionada con los alumnos.
- c. **Expediente Clínico**, utilizado en los hospitales y centros de salud, para registrar la información relacionada con los pacientes. Este es el objeto vital de estudio del presente sistema.

#### 3.2.2.3.2. Por su Estado

De acuerdo con su estado, los expedientes pueden clasificarse de la siguiente forma:

- a. Expediente Físico. Los expedientes de papel, por lo general encontrados en la mayoría de las organizaciones o instituciones, y que pueden estar ordenados en archivos o en áreas físicas de mayor tamaño, como son los sótanos.
- b. **Expediente Electrónico**. Estos expedientes no son de papel, sino que están representados por información en forma electrónica, que previamente fueron capturados a través de un dispositivo como un teclado. Su manejo se realiza por medio de un sistema informático que permite su acceso y modificar su contenido.
- c. Expediente Digital. Este tipo de expediente puede definirse como una copia del expediente de papel, en el cual los documentos son digitalizados por medio de un escáner; en algunos casos su administración también es por medio de un sistema informático.

### 3.2.2.4. Ventajas y Desventajas del Expediente en Papel

Un expediente en papel, al ser un conjunto de datos más significativos que se recogen y conservan de un sujeto o caso en cuestión, posee pocas limitaciones y mayor flexibilidad para su manejo.

Tiene la ventaja de que requiere poco trabajo administrativo, ya que solo se debe asegurar de que la información que se almacene en un archivero tenga relación con el sujeto o caso para el cual se ha creado el expediente.

La principal desventaja del expediente es que a veces resulta compleja su lectura al buscar un dato en específico, así como su estudio completo, que puede demandar una cantidad significativa de tiempo.

En algunas organizaciones la cantidad de expedientes que se maneja puede crecer a nivel que es difícil poder tenerlos en un mismo espacio físico, por lo que se requiere que los expedientes más antiguos se destruyan, lo cual puede significar pérdida de información, además de que la administración de los expedientes se convierte en una tarea compleja.

### 3.2.3. Expediente Clínico en Papel

La importancia del registro del proceso de la atención médica es evidente y ha permitido el desarrollo de la medicina a través de las distintas épocas de la humanidad. Existen evidencias arqueológicas y documentales de la elaboración de notas durante el proceso de la atención médica, y de diversas observaciones surgen escritos sobre anatomía y de algunas enfermedades en los años 3000-2000 A.C. [67]

La historia clínica como documento básico del proceso propedéutico clínico ya se menciona en la medicina árabe del año 915 de nuestra era, señalando la realización de 33 historias clínicas por el médico persa Rhazes. Entre el siglo XVII y XVIII la escuela Viena señala la importancia de la recopilación de las observaciones clínicas en el curso de las enfermedades y también de las exploraciones **anatomopatológicas**. En el siglo XX surgen debates sobre la obligatoriedad social y legal de justificar las acciones y conductas en la medicina y ganan preponderancia durante los años cincuenta, se fundamentan en el Juramento Hipocrático, afectan la conducta de los profesionales de la medicina y tienden a una práctica competente en interés del paciente. En 1973 aparecen “los derechos de los pacientes hospitalizados y las obligaciones de los médicos”, emitidos por la **Asociación Americana de Hospitales**, en los cuales se señala el derecho a la información sobre su enfermedad, o sea el Consentimiento Informado [67], hecho que actualmente tiene fundamento legal en nuestro País [68].

Como consecuencia del desarrollo de la atención hospitalaria y el surgimiento de los grandes centros hospitalarios en nuestro país, a fines del siglo XIX y en el siglo XX, se instrumenta el uso sistemático del expediente clínico en el acto de la atención médica [69].

Ahora bien, dentro de una clínica u hospital, el acumulamiento de información es impresionante, pues se generan grandes cantidades en todo momento durante las rutinas de diagnóstico, investigación, tratamiento y atención a pacientes que los médicos realizan, y más en papel. Sin embargo, esto no es lo más delicado de la situación, ya que además es necesario almacenarla, interpretarla, procesarla, filtrarla y transmitirla entre el personal que labora en la misma área y de manera rápida. El pilar y contenedor de toda la información generada entre el prestador de servicio de salud y sus pacientes es el expediente clínico en papel. Las proporciones que este puede llegar a alcanzar en conjunto se desconocen, pero, a manera de ejemplo se tiene que un hospital noruego con 900 camas requiere de 10,000 metros de espacio para archivar los expedientes clínicos completos en papel [70].

### 3.2.4. Expediente Clínico en México

En agosto de 1986 aparece la primera norma relativa al expediente clínico en nuestro país, que fue la “NORMA TÉCNICA Número 52: para la elaboración, integración y uso del Expediente Clínico”. En diciembre de 1998, dicha norma fue modificada, primero, en el proyecto **NOM-168-SSA1-1998**, y finalmente, el 30 de septiembre de 1999 se elaboró la **NOM-168-SSA1-1998** del Expediente Clínico, la cual continúa vigente hasta el momento [71]. Lo que es indudable es el hecho de que este documento siempre deberá ser considerado como reflejo de la calidad en la atención médica.

Este registro documental tiene como objetivo **sistematizar**, homogeneizar y actualizar el manejo del expediente clínico, el cual contiene los registros de los elementos técnicos esenciales para el estudio racional y la solución de los problemas de salud del usuario, involucrando acciones preventivas, cura-

tivas y de rehabilitación, y se constituye como una herramienta de **Obligatoriedad** para los sectores público, social y privado del Sistema Nacional de Salud. Asimismo, en su interpretación se tomarán en cuenta los principios científicos y éticos que orientan la práctica médica, atendiendo, además, las circunstancias de modo, tiempo y lugar en que se presentaron los servicios [68].

La Norma del Expediente Clínico es de observancia general en el territorio nacional y sus disposiciones son obligatorias, como ya fue mencionado, para todos los prestadores de servicios de atención médica de los sectores público, social y privado, incluidos los consultorios, en los términos previstos de la misma [68].

Todo documento normativo que regule la prestación de servicios de salud se orienta en dos vertientes, una a quien presta los servicios y otra a quien los recibe; o sea, a aquel que tiene la función y el deber de proteger el derecho a la salud como un bien social, y al individuo objeto de esa protección. Para el personal de salud, las normas son una orientación, capacitación y apoyo técnico que le permiten brindar una mejor calidad de atención, ya que garantiza los “mínimos” requeridos en el proceso de la atención médica. La norma es además una guía que permite que en el proceso de la atención médica se actúe con estricto apego a la Ley [68].

El expediente clínico, ante una situación de conflicto en la atención médica, es fundamental para el análisis del acto médico, y su trascendencia e importancia en los dictámenes técnico-médicos o de arbitraje médico lo convierten en la piedra angular en la cual se fundamenta la existencia o no de mala práctica. De aquí que se afirme que “será el más fiel de los amigos o el más cruel de los enemigos”, según sea utilizado por el personal de salud. Los expedientes clínicos son propiedad de la institución y del prestador de servicios médicos, y se deberán conservar por un periodo mínimo de 5 años, contados a partir de la fecha del último acto médico. Las instituciones en donde se prestan servicios de salud, son corresponsables con el profesionista en el cumplimiento de esta obligación [68].

#### **Definición: (NOM-168-SSA1-1998-4.4)**

El expediente clínico es el conjunto de documentos escritos, gráficos e imagenológicos, o de cualquier otra índole, en los cuales el personal de salud deberá hacer los registros, anotaciones y certificaciones correspondientes a su intervención, con arreglo a las disposiciones sanitarias [68].

En 1998, la Secretaría de Salud emitió la Norma Oficial Mexicana del Expediente Clínico con la finalidad de sistematizar, homogeneizar, regular el manejo y hacerlo obligatorio. **En México el expediente clínico está conformado por:**

1. Tipo, nombre y domicilio del establecimiento y, en su caso, nombre de la institución a la que pertenece.
2. En su caso, la razón y denominación social del propietario o concesionario.
3. Nombre, sexo, edad y domicilio del usuario.
4. Los demás que señalen las disposiciones sanitarias.

Del total de los expedientes clínicos evaluados, el 85 % estaba incompleto, ya que faltaba uno o más de los elementos que lo integran. En 50.2 % de los expedientes, la historia clínica estaba incompleta; en 49.5 % completa, y en 0.3 % no había historia clínica. Del total de historias clínicas incompletas los datos omitidos fueron los siguientes: en 93.5 %, los signos vitales; en 4.3 %, el padecimiento actual; en 1.4 %, los datos generales del paciente; en 0.4 %, los antecedentes; y en 0.4 %, la exploración física [72].

Por las limitantes que presenta el expediente clínico (EC) en papel y como una mejora tecnológica del mismo surge el Expediente Clínico Electrónico (ECE). Como todo en la historia, la evolución del EC ha sido el ECE.

### 3.2.5. Expediente Clínico Electrónico en México

Los expedientes clínicos electrónicos surgen como resultado de la adopción tecnológica a partir de las desventajas o limitantes que presentan los expedientes tradicionales, y por la necesidad imperativa de retomar la tecnología en pro de la mejora de los procesos de salud. El Instituto de Medicina Americana identificó 8 aspectos que deben contener los sistemas de información que administran expedientes clínicos electrónicos [73]:

1. Información y datos del área de la salud: se refiere al acceso inmediato a información importante, como diagnósticos, alergias y resultados de laboratorio de los pacientes, que mejoran la habilidad de los médicos para la toma de decisiones.
2. Administración de resultados: este aspecto se logra mediante un acceso rápido a resultados de exámenes pasados y actuales por parte de los médicos involucrados en el tratamiento de pacientes.
3. Administración de órdenes: entrada y almacenamiento de datos computarizados de medicamentos, exámenes y otros servicios.
4. Soporte de decisiones: un sistema de expedientes clínicos electrónicos debe contar con alertas y recordatorios que mejoran el servicio y que garantizan la monitorización de prácticas preventivas, identifican posibles interacciones con los medicamentos y facilitan diagnósticos y tratamientos.
5. Comunicación electrónica y conectividad: permite una comunicación accesible segura y eficaz entre médicos y pacientes.
6. Soporte de pacientes: se refiere a herramientas para el acceso de pacientes a sus expedientes clínicos, educación interactiva y la habilidad de hacer monitorización casera y auto exámenes.
7. Procesos administrativos: un sistema de este tipo debe contar con herramientas que permitan el registro de citas y mejorar así los procesos administrativos y el servicio a pacientes.
8. Reportes: consta de almacenamiento de datos electrónicos estandarizado que permite tanto a consultorios de médicos como a organizaciones del área de la salud cumplir con requerimientos de reportes federales, estatales y privados en tiempo oportuno.

#### 3.2.5.1. Tabla comparativa entre el Expediente Clínico Electrónico y el Expediente en Papel

Para tener un panorama de la diferencia entre el [EC](#) y el [ECE](#) se muestra la siguiente tabla comparativa entre el expediente clínico en papel y el expediente clínico electrónico.

Tabla 3.5: Característica de expedientes clínicos en papel y expedientes clínicos electrónicos  
Fuente: *Elaboración Propia, con base en IMSS (2010).*

Expediente clínico en papel	Expediente clínico electrónico
No cumple con requerimientos legales o burocráticos mínimos.	Proporciona control de calidad automatizado.
No integra a los diversos proveedores de servicios de salud para un mismo paciente.	Retroalimentación de estándares sobre desviaciones específicas de datos del paciente o grupos de población.
Problemas de legibilidad.	Mejora la legibilidad, precisión y seguridad mediante expedientes completos con resultados de estudios oportunos.
No normalizado.	Cuenta con bases en normas oficiales y en ocasiones, estándares mundialmente reconocidos.
No se puede aprovechar para epidemiología o investigación.	La información documentada puede ser utilizada de diferentes formas y para distintos propósitos. Capacidad de monitorizar y reaccionar ante observaciones, hallazgos o asociaciones de elementos en su contenido. Expedita los procesos de análisis e investigación, aseguramiento de calidad y auditorías de datos.
No ha evolucionado.	Permite contar con un expediente integrado que evoluciona a una atención médica integrada.
Impactos negativos en el manejo administrativo del paciente	Agiliza el acceso a servicios e información tales como la referencia electrónica, reservación de citas, transmisión de resultados de estudios, y telemedicina. Evita repetir estudios de los pacientes, contando con su información integrada y oportuna, lo que mejora así la atención recibida.
Al compartirse entre instancias es necesario transportarlo físicamente o fotocopiarlo.	Puede ser rápidamente accesado y transmitido vía red. Mejora la logística en la provisión de servicios y reduce el diferimiento de la atención. Disponibilidad de la información cuando y donde se requiere. Dispondrán del apoyo de alertas y recordatorios. Facilita la actualización de la información. Mejora la comunicación y coordinación de profesionales. Facilita a los médicos la toma de decisiones informadas y basadas en evidencia.

### 3.2.6. Clasificación de Hospitales y Clínicas

La estructura de la Clasificación de Instituciones de Salud fue actualizada tomando como eje rector la sistematización y organización del tipo de instituciones de salud, sean estas públicas o privadas, e identificando dentro de las primeras a las instituciones de salud y seguridad social, así como las que ofrecen exclusivamente servicios de salud. Lo anterior, con la finalidad de identificar desde la propia clasificación de las instituciones de salud públicas aquellas que brindan servicios a población derechohabiente y las que ofrecen servicios a la población abierta. Este mismo criterio fue aplicado en la clasificación de las instituciones de salud privadas, separando aquellas que ofrecen servicios de salud a población derechohabiente bajo la modalidad de contratos o convenios, mediante los cuales los gobiernos estatales o locales brindan servicios de salud a sus trabajadores, pensionados, jubilados y familiares beneficiarios, como a las instituciones de salud privadas que ofrecen servicios a la población abierta [74].

**Clínica:** Son las unidades o centros de salud que corresponden al primer nivel de atención de la salud. En estos centros la atención médica es preventiva y de consulta; cuenta con los instrumentos

médicos básicos para realizar una impresión médica al paciente y posteriormente canalizarlo a otra instancia en caso de que así lo requiera.

Hospital: es un establecimiento público o privado donde se efectúa y se lleva a cabo el cuidado, médico y quirúrgico, de una persona que ha visto afectado el buen funcionamiento de su organismo. Ya sea por accidente o enfermedad, el hospital es casi siempre la primera opción, ya que algunas de las veces la vida del paciente está en juego.

Clasificación de Hospitales:

### Hospital de Primer Nivel

1. También se le conoce como Puesto de Salud y se distingue porque solamente puede atender padecimientos no graves del paciente o persona afectada; además, solo cuenta con equipo médico de monitorización básico y de primeros auxilios. La canalización del paciente grave no es recomendable en este puesto, ya que podría morir, y no por negligencia médica, sino solo por la falta de equipamiento especializado.

### Hospital de Segundo Nivel

2. Su principal característica es que pueden realizarse procedimientos quirúrgicos en sus instalaciones, pues se cuenta con la infraestructura adecuada y puede albergar por un tiempo determinado al paciente para su recuperación y posterior atención. Puede atender solamente algunas especialidades y en algunos casos canalizar al paciente para su atención hacia otro hospital con la especialidad adecuada y el equipo médico necesario.

### Hospital de Tercer Nivel

3. Conocido también como **Hospital General**, puede dar atención integral a cualquier padecimiento del paciente, ya que cuenta con todas las áreas de especialidad existentes. Regularmente, funciona también como escuela y centro de investigación. Es aquí donde los casos de vida o muerte son canalizados por su gravedad y es el único lugar donde se puede salvar la vida del paciente crítico.

Y precisamente como se ha mencionado, las clínicas y los hospitales de primer nivel son los lugares idóneos para el presente trabajo.

#### 3.2.6.1. Antecedentes del Sector Salud en México

Nuestro sistema de salud tiene casi 60 años de vida. Su fundación data de 1943, año en el que se crearon la Secretaría de Salubridad y Asistencia, hoy Secretaría de Salud (SSA), el IMSS y el Hospital Infantil de México, considerado el primero de los Institutos Nacionales de Salud [75].

Más tarde nacieron el Instituto Nacional de Cardiología, en 1944; el Hospital de Enfermedades de la Nutrición, en 1946; el Instituto Nacional de Cancerología, en 1950; el ISSSTE, en 1960; y el Instituto Nacional de Neurología, en 1964. Con las nuevas instituciones surgió la primera generación de reformas en salud, que buscó responder a las demandas del desarrollo industrial mediante el cuidado de la población obrera, atendida en los institutos de seguridad social. Mientras tanto, la SSA se responsabilizó de la salud de los grupos campesinos y urbanos que no eran derechohabientes [75].

Para finales de los sesenta este modelo llegó a sus límites. El costo de los servicios se incrementó como resultado del aumento en el volumen e intensidad de la atención, y el sistema, que tenía prestaciones de universalidad, seguía sin dar cabida a gran número de familias de escasos recursos. En los años setenta surgió la segunda generación de reformas, con la finalidad de crear un sistema nacional de salud [75].

Así, en 1979 se creó el Programa **IMSS-COPLAMAR** (que en 1989 se transformó en **IMSS-Solidaridad**), dirigido a la población en el campo. Años más tarde, la **SSA** instrumentó el Programa de Atención a la Salud para Población Marginada en Grandes Urbes, dirigido a las zonas de miseria urbana. Con el objetivo de constituir la eventual integración de los servicios, en 1983 emergieron nuevas iniciativas, entre ellas el reconocimiento constitucional del derecho a la protección de la salud y la promulgación de la Ley General de Salud [75].

En México, dos sectores brindan los servicios de salud, el público y el privado. El sector público está conformado por las instituciones de seguridad social (brindan servicios de atención ambulatoria, hospitalaria y de especialidad, incluyendo un paquete de medicamentos y otros insumos) -**IMSS**, **ISSSTE**, **PEMEX**, **SEDENA**, **SEMAR**- que brindan cobertura a los trabajadores del sector formal de la economía (empresas, servicios públicos y gobierno federal), jubilados y sus familias; las instituciones de seguridad social de los gobiernos estatales, y por los servicios dirigidos a la población sin seguridad social (Secretaría de Salud), Servicios Estatales de Salud (brindan servicios heterogéneos, servicios ambulatorios básicos en clínicas rurales y servicios más complejos en ciudades capitales), Seguro Popular (atiende a personas de bajos recursos sin cobertura institucional de los servicios de salud) e **IMSS** – Oportunidades (brinda atención médica en clínicas de atención ambulatoria y hospitales en zonas rurales principalmente) [76].

### 3.2.6.2. El Gobierno y el Sector Salud

La salud es un factor fundamental en el desarrollo del ser humano, de ahí la intervención del Estado en los servicios de salud, ya que juega un papel relevante, tanto material como simbólico, ante la sociedad. Por una parte el gobierno [6, pág. 49] debe promover y coordinar los servicios médicos para mantener sanas a las personas y tratar a los pacientes, y como se mencionó en el Capítulo 2 es un derecho constitucional en México. Por otra parte, tiene una función simbólica, pues brinda un beneficio a la población en general.

## 3.3. Marco Teórico Informático de la Salud

La “Informática de la Salud” (**HI**) es una disciplina que está ganando rápidamente importancia dado que países de todo el mundo buscan administrar y utilizar los datos de salud eficazmente. La **HI** se ocupa de la recolección, el almacenamiento, la recuperación, la comunicación y el uso óptimo de los datos a través de estándares, herramientas y técnicas para el apoyo de la prestación de los servicios de salud [77]. (Véase Figura 3.8.)

### 3.3.1. Diferencia entre Informática de la Salud e Informática Médica

Es común que estos dos términos sean confundidos o se consideren como iguales, pero la principal diferencia entre la “Informática Médica” (**MI**) y la “Informática de la Salud” **HI**, es que la primera básicamente está orientada a cuestiones de aplicación y uso de las tecnologías de información y comunicaciones en el área médica, casi exclusivamente, por ejemplo, el software para médicos únicamente. La segunda abarca más áreas que la Informática Médica.

La informática de la salud tiene un enfoque más amplio, es la ciencia de la administración de información en el cuidado de la salud y su aplicación a la práctica clínica. Por esta razón, la “Informática de la Salud” no solo incluye herramientas tecnológicas, sino que también se sustenta en guías clínicas, terminologías médicas formales, sistemas de codificación, el Expediente Electrónico de

Salud (EHR), educación, administración [78]. Y son todos los profesionales incluyendo también a los **pacientes** [79].

La Informática de la Salud abarca los siguientes ámbitos:

- Diseño del Expediente Electrónico de Salud (EHR) en un ámbito local y nacional.
- Desarrollo y análisis de información en salud pública.
- Desarrollo de sistemas de información clínica y servicios auxiliares en salud.
- Desarrollo y mantenimiento de protocolos para la medicina basada en evidencia.
- Desarrollo de terminologías y sistemas de codificación y clasificación.
- Evaluación del impacto de la tecnología en el proceso clínico, resultados clínicos, la organización y los recursos para la salud.
- Auditoría clínica.
- Telemedicina.

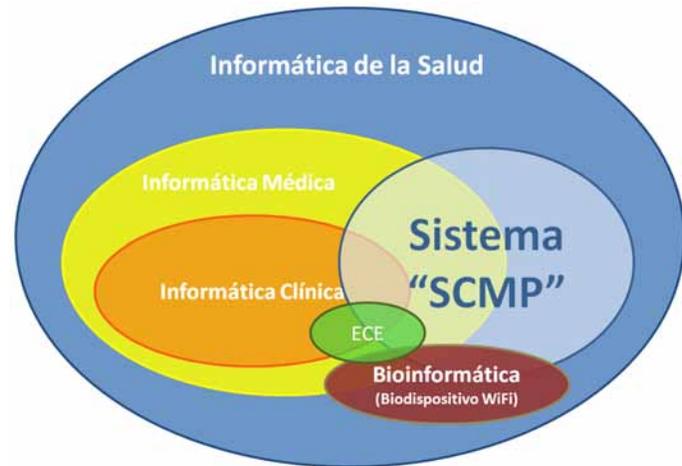


Figura 3.8: Diagrama de Venn Informática de la Salud y el ECE

Fuente: *Elaboración propia basado en HLWIKI International (2010)*

**Informática Clínica:** Es la aplicación de la informática y de las tecnologías de la información para ofrecer servicios de atención médica. Se trata de una subespecialidad médica que se enfoca en los datos médicos, los procesos clínicos, y sistemas computacionales aplicados a la práctica de la medicina. Este término fue aprobado por la Junta Americana de Especialidades Médicas (ABMS) en 2011. La Informática Clínica es la "práctica de la medicina" haciendo uso de los datos médicos, de los procesos clínicos y de los sistemas computacionales [80].

**Bioinformática:** Es un campo que se ha venido desarrollando en los últimos treinta años. Es una disciplina que representa una convergencia entre biotecnología y las tecnologías de computación, y ha evolucionado a través de los avances en cada uno de estos campos. Hoy en día, la bioinformática es un campo que abarca todos los aspectos de la aplicación de las tecnologías informáticas a los datos biológicos. Los sistemas se usan para organizar, enlazar, analizar y visualizar los complejos conjuntos de datos biológicos [81].

### 3.3.2. Objetivos de la Informática de la Salud

Los objetivos de la Informática abarcan una gran variedad de aspectos relacionados con el cuidado de la salud, entre los que se encuentran los siguientes [78]:

**Mejorar el cuidado del paciente:** Se refiere a mejorar la administración de la información de salud, lo cual requiere entrenamiento y educación en todos los niveles del sistema de salud para poder llevar a cabo actividades como el manejo de Expedientes Clínicos Electrónicos (EHR), sistemas de cobranza, formas de solicitar servicios o estudios para los pacientes, etc.

**Mejorar los registros médicos:** Los sistemas electrónicos producen beneficios directos al paciente, por ello deben ser diseñados y evaluados rigurosamente con metodologías objetivas en un ambiente clínico y por grupos multidisciplinarios, expertos en informática de la salud, además de

apegarse a los estándares internacionales y nacionales de cada país.

**Optimizar la comunicación:** La informática de la salud propicia una mejor comunicación entre los involucrados en la atención de la salud. Esto incluye comunicación en tiempo real, así como la que se produce en documentos escritos y/o electrónicos, referencias, etc. En las comunicaciones como el correo electrónico, la mensajería instantánea o los teléfonos celulares utilizados en el ambiente clínico, la informática de la salud asegura que estos sean seguros y efectivos.

**Apoyar el cuidado de la salud:** La información clínica es recopilada en forma rutinaria por los servicios de salud, para la generación de estadísticas, como los egresos hospitalarios, frecuencias de padecimientos, etc. Esta información es utilizada para fines de administración y propósitos de asignación de recursos, para la obtención de indicadores de rendimiento y calidad, entre otros.

**Apoyar a los médicos:** Facilitar los procesos de revalidación, certificación y auditorías. Brindar apoyo en la toma de decisiones clínicas.

**Apoyar al paciente:** Se refiere a que los pacientes pueden tener información validada acerca de su estado de salud y atención médica en general.

**Apoyar la relación médico-paciente:** Con la introducción de computadores personales en el consultorio y hospital, estas cambiarán la forma de realizar la consulta clínica. La informática de la salud asegura que todo esto beneficie al paciente. Un ejemplo es la telemedicina.

### 3.3.3. Interoperabilidad

La interoperabilidad es la capacidad de conectar dos dispositivos diferentes de fabricantes diferentes y que ambos funcionen de la manera prevista.

Los dispositivos o sistemas no solo deben diseñarse y estar habilitados para transmitir y compartir unos y ceros (comunicación), sino que también necesitan identificar qué dispositivos están en el mismo canal de comunicación (descubrir) y saber qué tipo de información será transmitida (formato), así como el propósito del envío de la información (contexto).

La [IEEE](#) define la interoperabilidad como la habilidad que posee un sistema o biodispositivo para trabajar con otros sistemas o productos sin requerir un esfuerzo espacial de acoplamiento por parte del cliente [82]. Esta habilidad permite comunicar sistemas sin importar que sus estructuras sean diferentes, o incluso que sean sistemas [legados](#).

Se ha reconocido la importancia de la interoperabilidad, por ejemplo, en el año 2005 el Departamento de Salud de Estados Unidos destacó que la falta de interoperabilidad es uno de los mayores impedimentos en el uso de los registros médicos electrónicos [83].

Para que haya una interoperabilidad total desde el sistema más básico hasta el más sofisticado, y desde el nivel de datos hasta el de aplicaciones, existen varios requerimientos que deben ser satisfechos [84]:

- Poder intercambiar información (interoperabilidad sintáctica o funcional).
- Utilizar la información intercambiada (interoperabilidad semántica).
- Definir el conjunto de reglas que permitan comprender qué información se va a intercambiar y qué detonará dicho intercambio (interoperabilidad en el área médica).

### 3.3.3.1. Interoperabilidad Sintáctica

La interoperabilidad sintáctica, llamada también operativa o funcional, es la habilidad que tienen dos o más sistemas o biodispositivos para intercambiar información entre ellos. Esto es, se refiere a la estructura de una comunicación para lograr que los sistemas se comuniquen utilizando una sintaxis “entendible” entre ellos.

### 3.3.3.2. Interoperabilidad Semántica

La interoperabilidad semántica contiene el significado de la comunicación, es decir, sería semejante a lo que es un diccionario para un idioma. Para lograr esta interoperabilidad, una solución que se propone para emplear en Sistemas de Información Médica es utilizar estándares de terminologías internacionales como [SNOMED](#), [LOINC](#) o documentos clínicos estándares como los [CDA](#).

Sin la interoperabilidad semántica, aunque los datos sean transferidos a otro sistema, no habría seguridad de que puedan ser utilizados por el receptor, si este no les puede dar un significado. Muchos de los estándares que están disponibles actualmente cumplen con ambos tipos de interoperabilidad, sintáctica y semántica.

### 3.3.3.3. Interoperabilidad en la Área Médica

Para alcanzar una interoperabilidad al 100 % se requeriría comprender las prioridades y la persistencia de los datos en escenarios muy variados. En un [HIS](#), por ejemplo, es necesario contemplar todas las necesidades que tienen las diferentes áreas que participan, como consulta interna, urgencias, internación psiquiátrica, rehabilitación, emergencias, farmacia, enfermería, etc. Lograr esto requeriría tener información de cada escenario que se pueda presentar en cada una de las áreas para entender todo el conjunto de reglas de los distintos elementos que participan en la comunicación. Con verdadera interoperabilidad, esto es, aquella que cumpla con estos tres requisitos (interoperabilidad semántica, semántica y el conjunto de reglas), los datos podrán ser intercambiados o integrados dentro de una institución, entre diferentes instituciones de salud, entre sistemas y biodispositivos compartidos con los pacientes y utilizados para sistemas de control y monitorización a nivel nacional.

Expuesto lo anterior, se debe tener claro que la interoperabilidad requiere de estándares por múltiples razones para intercambiar datos (escribir con la misma sintaxis), y además para entender y hacer uso de los datos intercambiados (“hablar” el mismo idioma a través de diccionarios o terminologías médicas).

A su vez, es importante mencionar que para evitar que se interrumpa la cadena de interoperabilidad en los diferentes niveles de agregación (local, regional y nacional), es necesario adoptar estándares en todos estos niveles. De lo contrario, será muy complejo lograr un sistema nacional totalmente integrado. El consenso sobre qué estándares utilizar y cómo utilizarlos juega un rol fundamental, ya que no existe un “camino” sobre cómo llegar a la interoperabilidad [85].

Así que, para que la interoperabilidad sea posible con cualquier sistema es necesario utilizar estándares internacionales [86], como se ha elegido en el presente trabajo. En el ámbito de la salud existe el estándar [HL7](#), una de las alternativas de integración de servicios de información de la salud, y también el método más utilizado [87].

Kamel propuso algunos de los requerimientos y objetivos que se deben cumplir y proveer al interoperar con las bases de datos [88]:

- **Transparencia de distribución:** El usuario debe poder acceder a un número de bases de datos diferentes de la misma forma que lo hace para acceder a una sola.

- Transparencia heterogénea: Los usuarios deben acceder a otros esquemas de la misma forma que acceden a la base de datos local (utilizando un modelo y lenguaje familiar).
- Los sistemas de base de datos y las aplicaciones existentes no deben requerir ser readaptados o modificados.
- La adición de nuevas bases de datos debe lograrse fácilmente en el sistema.
- Las bases de datos deben poder accederse para consultas y actualizaciones.
- El desempeño de los sistemas heterogéneos debe ser similar al de los sistemas distribuidos homogéneos.

A diferencia de los sistemas centralizados, que basan su construcción en la visión global en un conjunto de reglas, los sistemas heterogéneos se han ido adoptando para dar solución a las necesidades individuales de áreas específicas de las organizaciones a lo largo del tiempo [57], en este caso el área médica. Sin embargo, estas soluciones individuales no se han pensado para solventar los requisitos actuales de interoperabilidad, integración y escalabilidad. Parecería ser que quienes crean o implementan los sistemas de información médica, con el paso de los años, han sido guiados por la intuición, la moda, o las políticas de la autoridad en turno, en lugar de ser orientados por una perspectiva y planeación a futuro y beneficios del área médica en general.

Dado que las necesidades de clientes, hospitales y pacientes aumentan paulatinamente en lo que respecta a la facilidad del acceso a la información y agilidad en los servicios, un sistema integral se vuelve fundamental, más aún en las instituciones que prestan servicios sociales, como es el caso de la salud. Desafortunadamente, el costo que esto implica, tanto monetario como operativo, y la pérdida en la inversión de sistemas existentes, hacen compleja la opción de la creación de un sistema integral nuevo [89]. Por lo tanto, la interoperabilidad y la integración de sistemas heterogéneos existentes en las organizaciones han llegado a constituirse en una alternativa muy prometedora.

En los sistemas de salud se tiene el problema de compartir datos entre las entidades que proporcionan recursos o datos involucrados en el cuidado de la salud [61], como pueden ser Sistemas de Información Hospitalaria (HIS), Sistemas de Información de Laboratorios (LIS), Sistema de Archivado y Transmisión de Imágenes (PACD), Biodispositivos para la monitorización médica, etc. Para estandarizar a nivel internacional esta comunicación se crearon los estándares HL7, los cuales contienen los requerimientos generales para comunicar sistemas de información de la salud [61].

Como se sabe, cada empresa o institución que requiere un sistema de información lo implementa según sus necesidades y recursos. Así ha ocurrido en las diferentes instituciones que componen el sector salud de México; al desarrollar sus propios sistemas, en sus departamentos de sistemas e informática, cada una ha utilizado un sistema de información que mejor se ajusta a sus necesidades o posibilidades [89], lo que ha dado lugar a que existan sistemas que funcionan aceptablemente bien de manera interna pero que no están desarrollados con la capacidad de comunicarse fuera de su entorno. Esto viene a ser una limitante para todas las personas involucradas en el uso de esta información, que en este caso son los médicos y pacientes del sistema de salud, porque al cambiar de institución (ya sea por interés propio o necesidad), se pierde la información que se había acumulado en la institución anterior, lo cual acarrea dificultades para poder dar una buena atención médica si no se cuenta con el historial clínico [61].

Los HIS han crecido mucho en los últimos años, pero cada uno por su camino. Lo que se requiere en México, y en cualquier país, para mejorar la atención médica es integrar todos estos sistemas y así evitar que se pierdan datos de los pacientes y que se cuente con ellos en el momento en que se requieran [90]. Un sistema de Expediente Clínico Electrónico (ECE) centralizado a nivel nacional sería demasiado costoso y difícil de realizar [90], además de que se desecharían las inversiones realizadas en los avances de cada institución. La interoperabilidad es la opción más sencilla, de bajo costo y eficaz que presenta una solución viable, además de que facilitaría el acceso a la información y mejoraría

la seguridad y calidad del cuidado del paciente sin importar su ubicación [91]. Existen estudios que revelan que la interoperabilidad entre sistemas médicos puede reducir costos de integración en un 30 % [92].

### 3.3.4. Biodispositivos

En la Directiva de Productos Sanitarios (MDD) de la Unión Europea, en la Directiva 93/42/EEC, del 14 de junio de 1993<sup>8</sup>, un producto sanitario o biodispositivo es cualquier instrumento, dispositivo, equipo, programa informático, material u otro artículo, utilizado solo o en combinación, incluidos los programas informáticos destinados por su fabricante a finalidades específicas de diagnóstico y/o terapia y que intervengan en su buen funcionamiento, destinado por el fabricante a ser utilizado en seres humanos con fines de diagnóstico, prevención, monitorización, tratamiento, etc. [93].

De acuerdo con la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA), un dispositivo médico o biodispositivo es un instrumento, aparato, dispositivo, máquina, implante, solución tecnológica, agente in vitro, o cualquier otro artículo, incluyendo sus accesorios [93].

#### 3.3.4.1. Registro de Signos Vitales

Los signos vitales comprenden el ritmo cardíaco, la frecuencia respiratoria, la temperatura y la presión arterial. El médico puede observar, medir y vigilar los signos vitales para evaluar el nivel de funcionamiento físico. Los signos vitales normales cambian con la edad, el sexo, el peso, la tolerancia al ejercicio y la salud general [94].

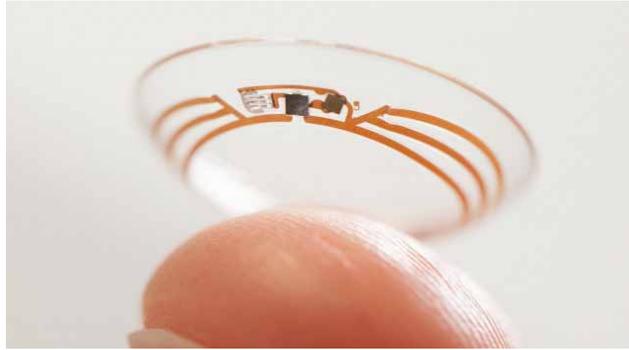
#### 3.3.4.2. Adquisición de Signos Vitales

La energía producida por procesos fisiológicos, como calor, bioeléctrica, biomecánica, bioquímica, etc., se mide para la adquisición de un signo vital. Algunos procesos fisiológicos implican la medición de actividad eléctrica, la cual puede ser leída a través de electrodos colocados en la superficie del cuerpo. Cuando se trata de un parámetro no bioeléctrico se utiliza un transductor o un biosensor [19].

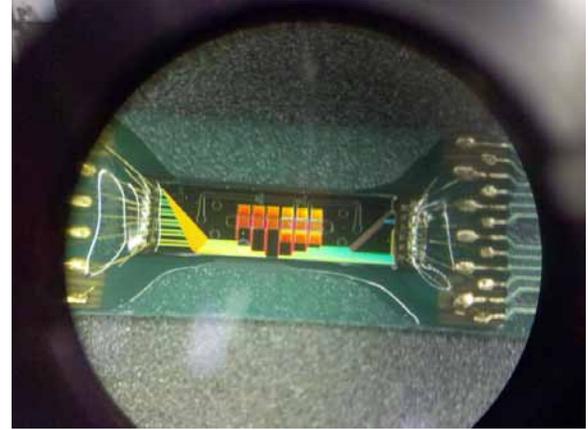
#### 3.3.4.3. Los Biosensores

Un biosensor es un dispositivo analítico de pequeñas dimensiones que utiliza reacciones biológicas como objetivo a detectar y analizar, a través del reconocimiento de un evento biológico en una señal eléctrica que se pueda medir. Existe una tendencia a crear biodispositivos cada vez de menor tamaño y con mejores prestaciones físico-químicas, como lo son la nanotecnología y la nanobiotecnología. Este tipo de dispositivos son utilizados para el cuidado de la salud, entre otras áreas [95].

<sup>8</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1993L0042:20071011:en:PDF>



(a) Biosensor para medir la glucosa a través de las lagrimas.

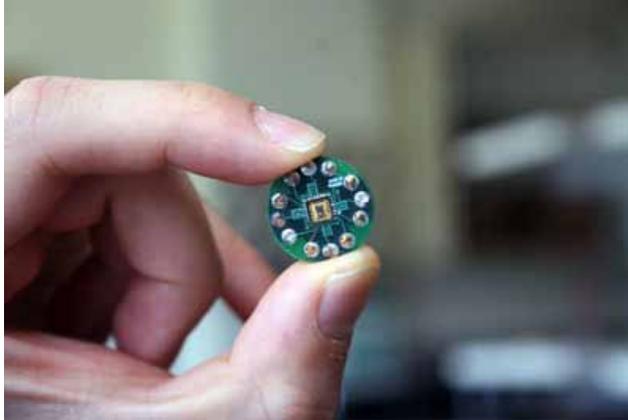


(b) Biosensor magnético como herramienta de diagnóstico.

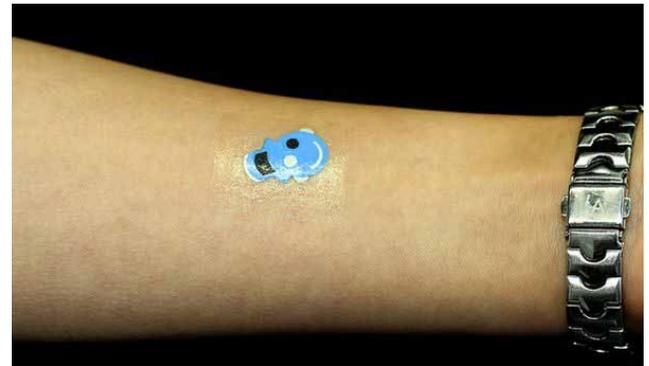
Figura 3.9: Ejemplos de Biosensores

Fuente: *Google y Diagnostic Biosensors (2014)*

Las características ideales de un biosensor son: alta sensibilidad, de fácil calibración, perfecta linealidad, un límite de detección, una señal base, sensibilidad constante a lo largo de su periodo de vida, selectividad (no interferencia), alta velocidad de respuesta, dependencia de la temperatura, protección al ruido electromagnético, tiempo de vida promedio y biocompatibilidad [96].



(a) Biosensor para monitorizar el comportamiento del corazón.



(b) Biosensor tipo tatuaje para medir sustancias en el sudor humano.

Figura 3.10: Ejemplos de Biosensores

Fuente: *Universidad de San Diego, California (2014)*

#### 3.3.4.4. Oximetría

La oximetría se refiere a la medición colorimétrica del grado de saturación de oxígeno, es decir, la cantidad relativa de oxígeno transportado por la hemoglobina en los eritrocitos, mediante el registro de la variación en el color de la desoxihemoglobina (Hb) y de la oxihemoglobina (HbO<sub>2</sub>). El método cuantitativo para medir la oxigenación de la sangre es de gran importancia en la evaluación del estado circulatorio y respiratorio de un paciente [97].

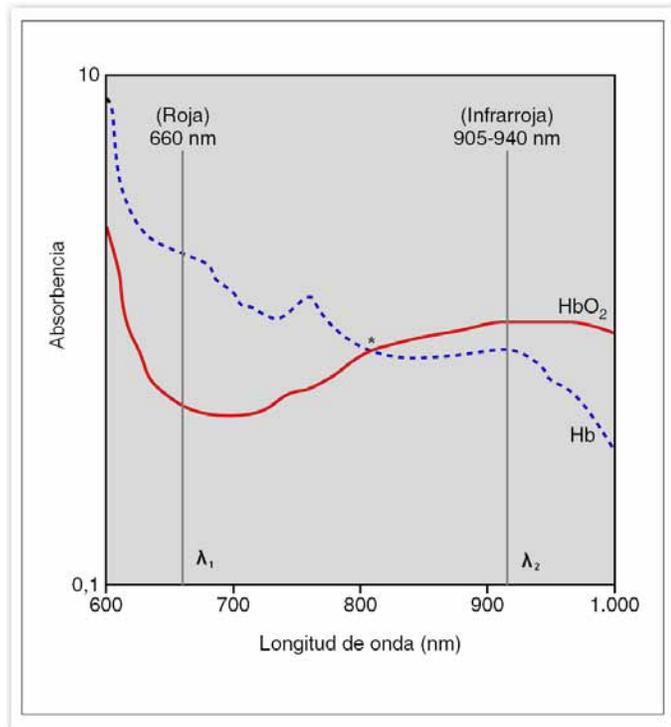


Figura 3.11: El Punto Isosbético  
Fuente: *Elaboración propia (2014)*

Se han desarrollado varios métodos ópticos para la medición de la saturación de oxígeno arterial ( $SaO_2$ ) y saturación venosa mixta ( $SvO_2$ ) en la sangre. Estos métodos se basan en la transmisión de luz, a través del tejido humano (por ende, la sangre), o por la reflexión de la luz sobre la piel. La medición se realiza con dos longitudes de onda específicas:  $\lambda_1$ , donde la diferencia en la absorbancia de luz entre Hb y HbO<sub>2</sub> (por ejemplo, de luz roja a una longitud de 660 nm) tiene una resultante y  $\lambda_2$ , a una longitud de onda isosbética, (por ejemplo, de luz infrarroja de 805nm), donde la absorbancia de la luz es independiente de la oxigenación de la sangre, o una longitud de onda diferente en la región de la luz infrarroja (mayor a 805 nm), (véase Figura 3.11), donde la absorbancia de la Hb es ligeramente más pequeña que el de HbO<sub>2</sub> [97].

Suponiendo por simplicidad que una muestra de sangre hemolizada consta de una mezcla homogénea de dos componentes de la Hb y HbO<sub>2</sub>, y que la luz absorbida por la mezcla de estos dos componentes es aditivo, se puede derivar una relación cuantitativa simple para calcular la saturación de oxígeno de la sangre:

$$\text{Saturación de oxígeno} = A - B \left[ \frac{DO(\lambda_1)}{DO(\lambda_2)} \right] \quad (3.1)$$

Donde  $A$  y  $B$  son coeficientes correspondientes a cada función de los componentes absorbidos de Hb y HbO<sub>2</sub>, y  $DO$  es la Densidad Óptica, o la resultante de la absorbancia correspondiente de la sangre [97].

#### 3.3.4.4.1. Estándar ISO para los Oxímetros, ISO 80601-2-61:2011

El estándar internacional ISO 80601-2-61:2011 se aplica a la seguridad básica y al funcionamiento esencial de los oxímetros de pulso para su uso en seres humanos. Esto incluye cualquier aditamento necesario para su uso normal, incluyendo el monitor del oxímetro de pulso, el biosensor del oxímetro de pulso y el cable desde el biosensor hasta el equipo de monitorización [98].

El estándar también hace referencia a más estándares para a su vez cumplir con otros estándares y normas en diversos países; define cómo se prueba un oxímetro, cómo se calibra, la determinación de la precisión, su programación, la protección contra interferencias o ruido externo, entre otros.

#### 3.3.4.5. Sistemas de Monitorización en la Telemedicina

Las tecnologías de comunicación inalámbrica se han empleado para monitorizar a los pacientes desde la década de 1970. Al pasar de los años, los Sistemas Médicos de Telemetría Inalámbrica (WMTS) han sido objeto de varios cambios, de tener respuestas de una lectura cada 50 minutos a

segundos [99]. Otras mejoras importantes incluyen el aumento en las funciones de los sistemas y el incremento del área de cobertura.

El aumento en los costos de atención de la salud y la esperanza de vida, combinado con los recientes avances en la microelectrónica, telas inteligentes, tecnologías inalámbricas y de biosensores, han motivado al mundo académico y a las empresas a proponer sistemas innovadores de monitorización de pacientes [100], lo que tendrá un impacto positivo en la forma de prestar los servicios de atención médica. Algunos escenarios son:

- Seguimiento de los pacientes en recuperación desde su casa.
- Monitorización de pacientes con problemas crónicos de salud.
- Consumo de medicamentos y sistemas de control y monitorización de conductas específicas; por ejemplo, nivel de ejercicio o ingesta de alimentos.
- Supervisión de adultos mayores en el hogar o en comunidades de retiro.

### 3.3.4.5.1. Requerimientos Generales para la Monitorización de un Paciente

Los requisitos generales de los sistemas de monitorización de pacientes son los siguientes:

**Identificación de las situaciones de emergencia:** Es importante que cada sensor o biodispositivo en conjunto identifique la condición que potencialmente sea peligrosa para la vida, que indique de la manera más pronta posible que esto ocurre [101].

**De la fiabilidad de extremo a extremo:** Los mensajes de rutina y de emergencia enviados por el biodispositivo, ambos deben tener una alta probabilidad de ser recibidos correctamente por el proveedor o sistema de atención de salud que tiene por objeto la interpretación de los datos y este puede llegar a emitir alarmas y así ayudar al paciente [101].

**De retardo de extremo a extremo:** Los mensajes deben ser entregados en un plazo razonable, determinado por el nivel de la emergencia y de acuerdo con los documentos normativos específicos vigentes.

**Seguridad:** En las telecomunicaciones, la seguridad implica la capacidad de conservar y probar que los siguientes atributos se aplican a los biodispositivos y para su comunicación [102]:

- Autenticidad: Asegura que el dispositivo A es realmente A y que un paquete recibido desde el dispositivo A no fue transmitido por el dispositivo B haciéndose pasar por A.
- Autoridad: Se asegura de permitir que una entidad realice una tarea solicitada.
- Integridad: Asegura que los datos recibidos son los mismos datos que se transmiten.
- Confidencialidad: Asegura que los datos transmitidos por el dispositivo A al B no sea revelados a otros dispositivos capaces de recibir transmisiones de A.

El estándar IEEE P11073-00101 [103] recomienda la aplicación de medidas generales de seguridad de la red para evitar **Malware** y ataques de denegación de servicio - (DoS) para garantizar la seguridad física de los dispositivos.

**De tamaño pequeño y sin obstrucciones:** Idealmente, los biodispositivos móviles utilizados para monitorizar continuamente a los pacientes hospitalizados y ambulatorios deberán ser prácticos de utilizar, y de preferencia no tendrán que usar cables para operar, es decir, inalámbricos. Sin embargo, varios dispositivos utilizados para monitorizar a los pacientes, a pesar de ser portátiles, son obstructivos, lo cual puede provocar incomodidades al paciente.

**De la eficiencia de energía:** Se requiere que el reemplazo de las baterías no sea muy frecuente, para que así los pacientes puedan ser monitorizados durante su estancia en un determinado servicio (por ejemplo, mientras se recuperan de una cirugía ambulatoria) y no interrumpan otras acciones

que por lo general deben realizar los proveedores de cuidado de la salud (es decir, se espera que un biodispositivo cardíaco de telemetría pueda trabajar para la cantidad de horas necesarias y así superar el turno de una enfermera). Idealmente, las baterías deben durar varios días o incluso semanas sin reemplazo.

**Escalabilidad:** La comunicación en la red debe ser capaz de soportar si se le agregan más biodispositivos, en términos de nuevos pacientes. Además, debe ser capaz de detectar, en cualquier momento, si la red alcanza su capacidad para dar servicio a cierta cantidad de biodispositivos y tomar medidas para garantizar que funciona según lo especificado.

### 3.3.4.5.2. Regulaciones, Estándares y Perfiles

En el sentido más amplio y estricto, un dispositivo inalámbrico médico o biodispositivo móvil puede incluir el dispositivo médico dentro de sí, los componentes y las interfaces necesarios para la transmisión y recepción de datos. El estándar IEEE 11073-00101 [103] describe un dispositivo médico inalámbrico y su composición de cuatro etapas, como se muestra en la Figura 3.12. La primera etapa incluye al biodispositivo, que puede ser un dispositivo externo (por ejemplo, un monitor de presión arterial con conectividad inalámbrica), un biodispositivo o un implante. Los datos generados por los dispositivos son transmitidos hasta llegar al sistema (como es el presente trabajo), paciente, clínica u hospital.

Los dispositivos médicos estrictamente hablando (etapa 1 de la Figura 3.12) están regulados por diversos organismos. Un dispositivo médico puede ser clasificado como dispositivo de Clase I (incluidas las Clases Is y Im), IIa, IIb o III. La Clase III engloba los productos de mayor riesgo. Los dispositivos médicos Clase I se pueden poner en el mercado por las regulaciones establecidas, mientras que los dispositivos médicos que se clasifican en las otras clases tienen que recibir un certificado de conformidad expedido por un organismo certificador [104]. Ejemplos de dispositivos médicos Clase I incluyen vendas elásticas, guantes de examinación y los instrumentos quirúrgicos de mano, entre otros.

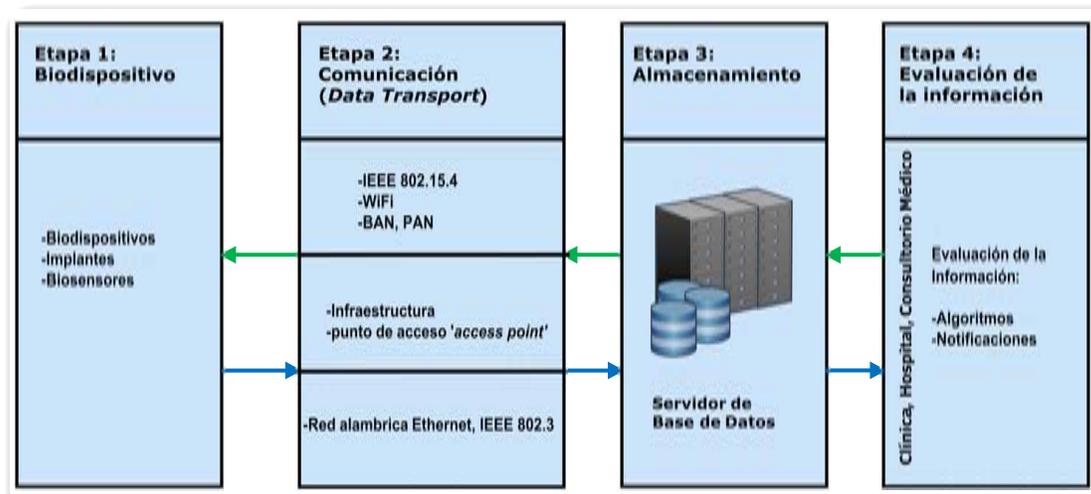


Figura 3.12: Etapas de la comunicación de un Dispositivo Médico Inalámbrico

Fuente: Elaboración Propia (2014)

Los dispositivos médicos de las Clases IIa, IIb y III están regulados en el Espacio Económico Europeo (EEE) en tres diferentes directivas, dependiendo de la clasificación del dispositivo: Directiva

de Dispositivos Médicos Implantables Activos AIMDD-90/383/EEC, Directiva de Dispositivo Médico General MDD-93/42/EEC y la Directiva de Dispositivo Médico de Diagnóstico In Vitro IVDMD-98/79/EC. Estas directivas están en convergencia con las normas emitidas por la ISO, donde la más relevante es la ISO 13485:2003, que define las normas internacionales de sistemas de calidad para los dispositivos médicos [105]. Estos dispositivos también deben cumplir con la gestión de riesgos del producto, la interferencia electromagnética y compatibilidad EMI/EMC, y las regulaciones de usabilidad; además, deben cumplir con las leyes locales del país en cuestión en materia de protección a datos personales, y también con la directiva RoHS que restringe el uso de seis materiales peligrosos en la fabricación de varios tipos de equipos eléctricos y electrónicos (RoHS).

Las tecnologías estandarizadas actuales, incluidas en la etapa 2, no fueron diseñadas originalmente para transportar datos médicos y para apoyar los requerimientos de QoS (calidad de servicio) que este transporte implica. Como menciona el estándar 11073-00101-2008 [103], estos sistemas podrían no ser considerados como un dispositivo médico como “tal” cuando operan en condiciones normales, y se comunican con otra entidad. La **conectividad**, incluyendo la conectividad inalámbrica basada en tecnologías basadas en un estándar, no está considerada dentro de los documentos médicos reglamentarios, sino en estándares no médicos (por ejemplo, los estándares de la IEEE) y acuerdos de consorcios no médicos (por ejemplo, la alianza Wi-Fi y la UIT). La reglamentación dentro de la etapa 2 sería complicada porque el transporte de datos implica combinaciones complejas de distintas tecnologías que incluyen WPAN, WBAN, WLAN, redes inalámbricas de área metropolitana, (WMAN) y redes inalámbricas de área amplia (WWAN). Como se señala en el estándar 11073-00101-2008 [103], los datos almacenados en la etapa 3 comparten las mismas dificultades que la etapa 2, ya que se define por varias normas no médicas. Además, en varios casos, la etapa 4 se fusiona con la etapa 3, pues se basa en las aplicaciones que ya incluyen almacenamiento y análisis de datos.

Y es aquí donde se han realizado muchos esfuerzos para integrar diversas tecnologías y estándares en un proceso de interoperabilidad.

El conjunto de normas IEEE11073, que fue adoptado como estándar de la ISO a través de la ISO TC215, y fue desarrollado en coordinación con otras organizaciones de normalización, incluyendo el comité IEEE 802, IHTSDO<sup>9</sup>, HL7<sup>10</sup>, y DICOM<sup>11</sup>, tiene como meta ofrecer con tecnología *plug-and-play* y en tiempo real la interoperabilidad entre los biodispositivos inalámbricos y el punto de cuidado del paciente. Además, tiene como objetivo primario promover el intercambio eficiente de datos obtenidos por los dispositivos médicos, donde asume que la información que se captura en los dispositivos se pueden “almacenar, recuperar y procesar por diferentes tipos de aplicaciones sin grandes complejidades de soporte del equipo y sin pérdidas innecesarias de información” [106].

El estándar IEEE 11073-00101 presenta los parámetros de calidad de servicio (fiabilidad, latencia, prioridad y requerimientos de ancho de banda) para las aplicaciones típicas de monitorización de pacientes; sin embargo, los valores máximos de latencia se especifican para cada categoría de datos del dispositivo (alertas y alarmas en tiempo real, señales con forma de onda en tiempo real, eventos en tiempo no real, etc.); la fiabilidad se especifica de manera cualitativa (alto/esencial, alta, media y bajo). La Tabla 3.6 presenta los parámetros de calidad de servicio, definidos para algunas clases de datos de interés (se omiten los requisitos de ancho de banda). Los biodispositivos deben cumplir con estos parámetros para priorizar las clases de datos generados por los biodispositivos que comparten la misma red [103].

<sup>9</sup> The International Health Terminology Standards Development Organizations, que es una organización sin fines de lucro que desarrolla en asociación las SNOMED CT, el multilinguaje y la terminología clínica y de cuidados de la salud

<sup>10</sup> Autoridad global de estándares para la interoperabilidad de la tecnología e información médica

<sup>11</sup> Estándar dedicado a asegurar la interoperabilidad de los sistemas que manejan y tratan imágenes medicas

Tabla 3.6: Requerimientos de calidad para las diferentes categorías de datos de un biodispositivo  
Fuente: *Elaboración Propia, con base en IEEE (2014).*

Tipo de Dato	Fiabilidad	Latencia	Prioridad
Alertas y Alarmas	Alta	-Menor a 500 ms del biosensor al dispositivo alámbrico conectado a la red GHz	Esencial
Cambio de estado del paciente	Alta	-Menor a 3 s de latencia en la comunicación	Baja
Recordatorios	Alta	-Menor a 3 s de latencia en la comunicación	Baja
Señales con forma de onda	Media	-Menor a 3 s a la estación central -Menor a 7 s para la telemetría en el cuarto de monitorización	Media
Parámetros fisiológicos	Media	-Menor a 10 s a la estación central -Menor a 3 s de latencia de comunicación entre el biodispositivo y la clínica	Media

Los estándares que regulan los dispositivos personales de salud son un grupo de normas enfocadas a la interoperabilidad de los dispositivos de salud personal, tales como termómetros, medidores de presión arterial, monitores de glucosa en sangre, medidores de oxígeno en la sangre, etc. Esta familia de normas se basa en un marco definido por el estándar [IEEE 11073-20601-2008](#) [107] y su actualización [IEEE 11073-20601a-2010](#) [108].

Actualmente existen los siguientes estándares para los dispositivos especializados de salud, por ejemplo:

- [IEEE 11073-10404](#) – Dispositivo especializado - Oxímetro de pulso.
- [IEEE 11073-10407](#) - Dispositivo especializado - Monitor de presión arterial.
- [IEEE 11073-10408](#) - Dispositivo especializado - Termómetro.
- [IEEE 11073-10417](#) - Dispositivo especializado - Medidor de glucosa.
- [IEEE 11073-10421](#) - Dispositivo especializado - El flujo máximo.
- [IEEE 11073-10441](#) - Dispositivo especializado – Monitor de la actividad cardiovascular.
- [IEEE 11073-10472](#) - Dispositivo especializado - Monitor de medicamentos.

Adicionalmente, se han creado otros estándares de especialización, como los que se muestran a continuación:

- [IEEE P11073-10406](#) - Dispositivo especializado – ECG (Electrocardiograma) básico.
- [IEEE P11073-10413](#) - Dispositivo especializado - Monitor del ritmo de la respiración.
- [IEEE P11073-10418](#) - Dispositivo especializado - INR (Coagulación de la sangre).
- [IEEE P11073-10419](#) - Dispositivo especializado - Bomba de insulina.

### 3.3.4.5.2.1. Monitores de Signos Vitales Personales Portátiles

Los sistemas portátiles o biodispositivos móviles pueden contener sensores que se conectan directamente a un puente de comunicación de datos (por ejemplo, a un *router* residencial Wi-Fi); con frecuencia, los sensores integran una red de área corporal (BAN), un conjunto de sensores colocados directamente en el cuerpo (mediante un conductor, por lo general de cobre) a un nodo controlador de red (también llamada estación base), como es el caso del presente trabajo.

A pesar de la aparente sencillez, el diseño de sistemas portátiles para la monitorización de la salud ofrece varios desafíos. Los sensores o biosensores deben apegarse a las normas y estándares médicos establecidos, incluyendo la supresión de ruido causado por el desplazamiento de los electrodos o partes de detección debido a movimientos del usuario. Además, los sensores deben ser pequeños y discretos. Al utilizar tecnologías de comunicación inalámbrica, la fiabilidad, la latencia de extremo a extremo y la seguridad de los datos deben estar protegidos. Ambos, los biosensores y el nodo controlador de red, deben reducir al mínimo el consumo de energía para mantener la vida útil de las baterías. Por último, estos sistemas tienen que ser asequibles para garantizar una amplia disponibilidad pública [109].

### 3.3.4.5.2.2. Tipos de Monitores de Signos Vitales

Los monitores de signos vitales se pueden clasificar en dos grandes categorías: monitores de cabeza y sistemas de biotelemedicina. Mientras que primeros son capaces de adquirir con precisión varios signos vitales de los pacientes postrados en cama, los últimos ofrecen la oportunidad de dar seguimiento continuo al paciente sin restringir su movilidad. Además, los sistemas de biotelemedicina se pueden utilizar para supervisar a los pacientes externos y dar un seguimiento continuo durante su recuperación o sus actividades normales.

## 3.3.5. El ECE basado en la Norma Nacional

El expediente clínico es una herramienta fundamental en la práctica del médico en los ámbitos clínico, educativo, de investigación, administrativo, estadístico, legal e histórico.

En México, actualmente sigue predominando el expediente clínico en papel, y en general presenta algunas desventajas, como legibilidad deficiente, desorganización, especialmente en pacientes con enfermedades múltiples o crónicas, un gran consumo de papelería y espacio para el archivo clínico; la información clínica esencial no se encuentra disponible para el personal médico, y **en algunas ocasiones es la fuente principal de errores médicos que se pueden prevenir con información clínica accesible y precisa obtenida en los expedientes clínicos (NOM-024-SSA3-2012 [11])**. Otras limitantes son: Que solo una persona lo puede usar a la vez, generalmente está incompleto, algunos reportes se pierden, la información no se comparte entre distintas instituciones o entre los diferentes niveles de atención de una misma institución, y es inseguro, porque no se puede rastrear dónde ha estado, quién pudo haberlo tomar y modificar, o bien se puede fotocopiar o robar.

Con el avance de la medicina y la incorporación de las tecnologías de la información y comunicación se inició el uso de expedientes clínicos electrónicos. Fue Weed que desde 1967, paralelamente con el desarrollo de su modelo de expediente clínico orientado en problemas, conceptualizó el expediente clínico electrónico o computarizado. Hasta el día de hoy, múltiples esfuerzos -tanto públicos como privados y de software libre- buscan desarrollar el Expediente Clínico Electrónico (ECE) ideal o en “beta perpetua”.

### 3.3.5.1. Reducción de la Brecha en la Estandarización en México

En la actualidad, muchas escuelas y facultades de Medicina, así como instituciones de salud en México, carecen de un sistema de expediente clínico electrónico. Según la NOM-024-SSA3-2012, el ECE es el medio en el cual el personal de salud registra, anota y certifica su intervención relacionada con el paciente con arreglo a las disposiciones sanitarias, y permite la gestión de un único registro de salud longitudinal de cada paciente en un formato digital. Además, se ha demostrado que el uso del ECE favorece la calidad de la atención del paciente diabético [110].

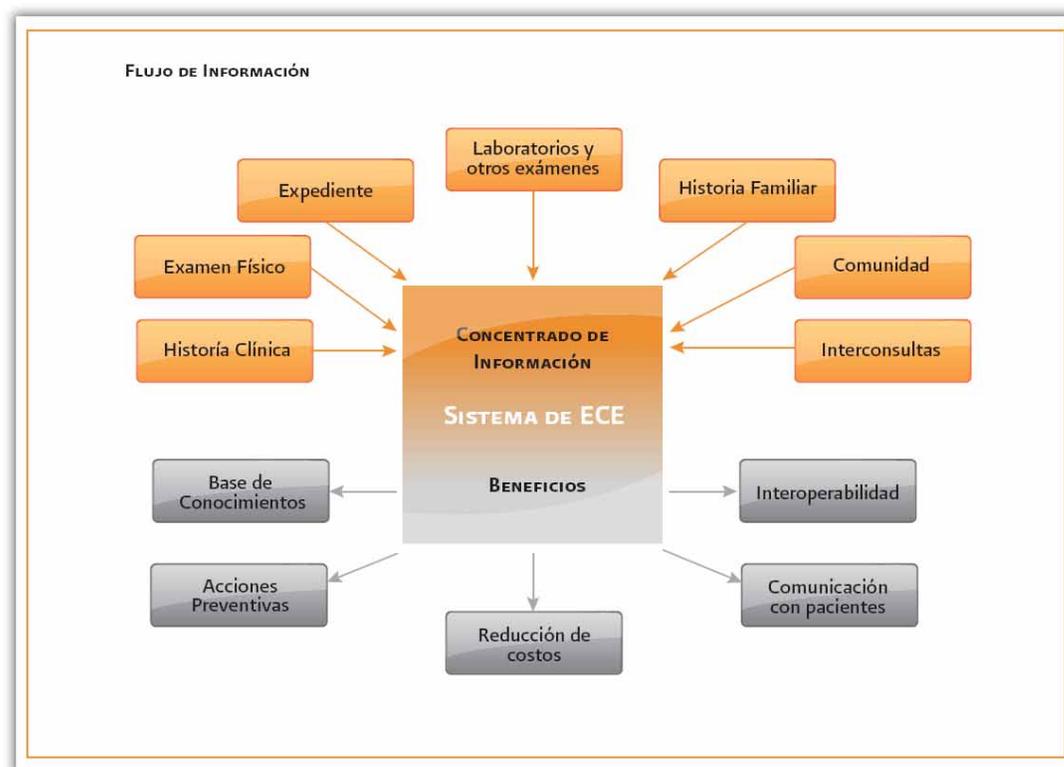


Figura 3.13: Expediente Clínico Electrónico  
Fuente: Manual del Expediente Clínico Electrónico (2011)

El no disponer de la información clínica esencial en el momento en que se necesita **es fuente principal de errores de los profesionales de la salud**; dichos errores pueden prevenirse mediante el acceso a una historia clínica única disponible en línea para su consulta en cualquier nivel de atención del sector [111, 112].

En la actualidad, muchas clínicas y hospitales todavía utilizan máquinas de escribir para elaborar los expedientes <sup>12</sup>.

### 3.3.5.2. Intentos para Unificar un Estándar en México

En México, se han realizado esfuerzos por desarrollar el ECE por parte de diversas instituciones. Cada una ha tenido buenos avances a nivel institucional, se están instalando en muchas clínicas del país, y se está migrando la información del expediente clínico en papel al electrónico. Lo que se

<sup>12</sup> Fuente: <http://sipse.com/mexico/sector-salud-completa-este-ano-expediente-clinico-electronico.html>, consultado el 9 de junio de 2013

requiere es que todos estos esfuerzos individuales puedan compartir información y operar en conjunto para que la atención al paciente sea más completa y eficiente.

El proyecto del Expediente Clínico Electrónico, único para cada mexicano y que pretendía que la gente pudiera ser atendida en cualquier instancia del sector salud sin necesidad de ser derechohabiente, fue “demasiado ambicioso” y “carente de bases”, afirmó Juan Carlos Reyes, director general de Información de la Secretaría de Salud (SSA) <sup>13</sup>.

El funcionario detalló al periódico MILENIO que para lograr que funcione algo de esa magnitud, antes se requiere adaptar la normatividad sobre el manejo de datos, asignar más presupuesto y tener completo un padrón de beneficiarios detallado y confiable.

El modelo original buscaba que cada beneficiario contara con una especie de credencial con la que se tuviera acceso a su historial médico, incluyendo tomografías, radiografías, cirugías, medicamentos y restricciones.

Según Reyes, el proyecto se “frustró” de inmediato debido a que el ISSSTE, IMSS, Seguro Popular, hospitales y clínicas de todo el sistema de salud se declararon incompetentes para sumarse a este proyecto, instalar la infraestructura necesaria que contendría toda esa información, que además carecía de presupuesto y un sustento legal para intercambiar información sin cometer un delito o atentar contra los reglamentos internos.

El funcionario precisó que para arrancar el proyecto hacía falta un padrón de beneficiarios, así como la modificación de la NOM 024 y la NOM 035 para garantizar el intercambio de cierta información.

Una modificación que se ha realizado es que la información estará en cada uno de los institutos u hospitales, no en un servidor central. La SSA comenzó por modificar la norma NOM 024 para que todo el sistema público arrojara los datos de los pacientes con base en la CURP. Y el presente sistema valida con base en el CURP.

Sobre los plazos para avanzar, comentó que “en 2013 o 2014 vamos a consolidar la base de datos geográficos, de 2014 a 2015 el padrón de los profesionales de la salud; 2015-2016 el despliegue de los Expedientes Clínicos Electrónicos, las guías de eventos a atender, como sucede en los bancos”.

Actualmente, el sistema de salud funciona como un ente granulado, a tal grado que aun dentro de un mismo hospital, el intercambio de información entre los diferentes departamentos existe solo en papel, aunque existan sistemas electrónicos o de informática en los respectivos departamentos [61, 112].

### 3.3.5.3. Evolución de las Normas Médicas en México

En México existe una norma oficial del expediente clínico (NOM-168-SSA1-1998), la cual fue emitida en 1998 y posteriormente modificada en 2003 para que incluyera y validara la posibilidad de la existencia de un expediente clínico electrónico. Por lo tanto, la norma del expediente clínico mexicano debe ser la base para la creación de un expediente clínico electrónico estándar para todo México [61, 112].

En el año 2000, la Secretaría de Salud persiguiendo disminuir la complejidad para la generación de información en salud en México que resultaba de la recolección de información estadística de diversas instituciones, apoyado de más de diez sistemas (con diferentes formatos de captura, glosarios de términos, periodos de levantamiento de información, identificando que existían diferentes vacíos de información y que daban como resultado información incompleta y deficiente), plantea la creación del SIN AIS y promueve la Norma Oficial Mexicana NOM-040-SSA2-2004. Esta norma se publica en el Diario Oficial de la Federación el 8 de marzo de 2004, y entra en operación en 2005. Dicha norma

<sup>13</sup> Fuente: <http://www.milenio.com/cdb/doc/noticias2011/163f8cf40d470bbb28f027bc1a426cae>, consultado el 16 de marzo de 2014

establece los criterios para obtener, integrar, organizar, procesar, analizar y difundir la información en salud, en lo relacionado con la población y cobertura, recursos disponibles, servicios otorgados, daños a la salud y evaluación del desempeño del Sistema Nacional de Salud [76].

Durante el periodo 2000-2006, la Dirección General de Tecnologías de Información (DGTI) de la Secretaría de Salud estableció una política orientada a adoptar sistemas basados en software libre, incluyendo las herramientas de oficina. Y en este mismo periodo inicia el desarrollo del Sistema de Administración Hospitalaria (SAHO) a través de la creación de una comunidad de desarrolladores nacida de la propia Secretaría de Salud – Programa de Software Institucional Compartido.

Al igual que el IMSS, el ISSSTE también cuenta con sistemas de información orientados a la gestión administrativa. En 2010, el ISSSTE inicia un despliegue para la adopción nacional del expediente clínico electrónico y la operación automatizada de medición del desempeño en la prestación de los servicios de salud a través del SIEDI.

En mayo de 2006, el IMSS comenzó la operación del Hospital Digital. Este proyecto se llevó a cabo en colaboración con aliados de la industria de tecnologías de información. Integra electrónicamente los servicios hospitalarios, incluyendo las áreas críticas y de enfermería. A nivel directivo permite el seguimiento de la productividad y actividad diaria del hospital a través de tableros de control. En los últimos años a través de la incorporación de mejoras a los sistemas de expediente clínico electrónico, el IMSS obtiene información que apoya la toma de decisiones de gestión de los servicios. Actualmente, enfrenta el reto de emplearla para el costeo basado en los grupos relacionados con el diagnóstico [76].

PEMEX, en 2005, en materia de tecnologías de información, se homologó y amplió la cobertura, funcionalidad y soporte del Sistema Integral de Administración Hospitalaria, en 60 unidades médicas con primer nivel de atención, en sus módulos de recepción y atención médica con generación de la receta electrónica [76].

En el periodo de 2006 a 2008, la SEDENA desarrolló el proyecto del Sistema Informático de Administración Hospitalaria de la Clínica de Especialidades de la Mujer (SIAH-CEM). Este sistema está conformado por 32 módulos que soportan la administración de citas de consulta externa, controlan la gestión de medicamentos del almacén general, farmacia, salas de hospitalización, trámites administrativos y el uso del expediente clínico.

La infraestructura tecnológica en las unidades de atención médica en el sector privado es heterogénea. Existen hospitales con un uso intensivo de tecnología, como es el Hospital Torre Médica, el Hospital ABC, el Hospital Médica Sur, entre otros. El expediente clínico electrónico es usado de manera limitada en las redes de clínicas privadas y consultorios privados. Este límite se expresa en su utilización para fines de atención médica y en la generación de conocimiento por parte de los servicios [112, 76].

### 3.3.6. IEEE 11073

En el año 2004, la norma ISO/IEEE 11073 fue liberada, que describía los criterios de cómo el equipo médico debería comunicarse entre sí. Esta norma se enfocó principalmente en los hospitales, en vez de los hogares de los pacientes. Por lo tanto, la norma se desarrolló aún más para tener en cuenta el crecimiento de la población, que requerirá la atención domiciliaria. Se generó la preocupación de que la puesta en marcha de este tipo de sistemas para el hogar requeriría mucho tiempo, porque los sistemas disponibles serían incompatibles entre sí, por lo que se desarrolló la norma ISO/IEEE 11073 PHD. La intención era permitir a las personas hacer un seguimiento del estado de su salud actual a través de los diferentes servicios, e incluso que los médicos vigilaran su estado.

Las normas ISO / IEEE 11073 PHD están construidas en el estándar marco IEEE Std 11.073 a 20.601. Esta norma describe el perfil de aplicación, el formato genérico que deben tener los datos, el

tipo de mensajes que estos dispositivos deberían comunicar, y el modelo de comunicación.

Como se describe en el estándar [IEEE 11073-20601-2008](#) “aborda la necesidad de un estándar independiente, definido abiertamente, para convertir el perfil de la información [de los dispositivos de salud personal] en un formato de transmisión interoperable para que se pueda intercambiar la información de los dispositivos de telesalud personales y motores de cómputo (por ejemplo, teléfonos celulares, computadoras personales, aparatos de salud personales, y decodificadores de señales digitales)” [113].

### 3.3.6.1. Modelo del Sistema

El modelo del sistema se divide en tres componentes principales, que se tratan por separado en [IEEE 11073 a 20601](#). Contiene un Modelo de Información de Dominio (**DIM**), un Modelo de Servicio (**SM**), y el Modelo de Comunicación (**CM**) [114].

### 3.3.6.2. Modelo del Dominio de Información

El **DIM** es un modelo centrado en los objetos; define todos los diferentes dispositivos en forma de clases, que son capaces de conectarse al estándar de una manera orientada a objetos. Cada objeto tiene más de un atributo y cada atributo en los objetos describe diferentes estados del dispositivo.

El modelo describe un dispositivo agente como un conjunto de objetos que representan las fuentes de datos, las cuales se tratan como elementos cuyo comportamiento puede controlar el sistema. Esto se puede realizar a través de diferentes métodos, definidos como SET y GET. La norma describe qué acciones se deben tomar cuando se utiliza un método SET o GET en un dispositivo específico.

Con respecto al documento de la norma [IEEE \[113\]](#), el modelo de información orientado a objetos es compatible con lo siguiente.

- Separación de la especificación de la aplicación a través del principio de encapsulación.
- Soporte para la evolución a través del principio de la herencia.
- Soporte para la compatibilidad hacia atrás a través del principio de polimorfismo.

### 3.3.6.3. Modelo de Servicio

El modelo de servicio define el mecanismo de los servicios de intercambio de datos entre el biodispositivo y el sistema. Estos servicios se correlacionan con los mensajes que se intercambian entre el biodispositivo y el sistema. Todos los mensajes de protocolo en la familia [ISO 11073/IEEE](#) se definen en *Abstract Syntax Notation One (ASN.1)*, lo cual significa que los mensajes pueden coexistir con otros mensajes definidos en las versiones anteriores de la norma [ISO/IEEE 11073 \(no PHD\)](#), si están definidos en [ASN.1](#).

El modelo de servicio también incluye definiciones sobre cómo se deben estructurar los mensajes de protocolo. El servicio asociado debe manejar la comunicación entre el biodispositivo y el sistema; por ejemplo, se hace una petición de la asociación a través de las capas superiores de la conexión (para poder acceder cualquier capa de transporte). El documento continúa para describir el servicio de asociación con otros parámetros, tales como una respuesta a la solicitud antes descrita, así como una liberación de la solicitud, una respuesta a la liberación y un mensaje de interrupción que termina las asociaciones de capa superior inmediatamente sin una respuesta. La parte del modelo de servicio continúa para describir los servicios de acceso a objetos con diferentes servicios de acceso que se admiten, como un servicio GET y SET, por lo que el sistema puede cambiar los diferentes parámetros del biodispositivo.

#### 3.3.6.4. Modelo de Comunicación

La norma tiene en cuenta que los requisitos se basan en el hecho de que las personas deberían tener este tipo de tecnologías en el hogar, a menudo en entornos móviles. La norma supone que las tecnologías de transporte (actualmente Bluetooth, WiFi y USB) son versátiles y adoptan una visión genérica de las tecnologías de transporte [115].

La norma describe tres tipos diferentes de perfiles de transporte [113].

Tipo 1: Un perfil de transporte que contiene un flujo fiable (con volver a enviar) y una corriente de datagramas normal (mejor esfuerzo).

Tipo 2: Un perfil de transporte que solo contiene un servicio de transporte unidireccional.

Tipo 3: Un perfil de transporte que solo contiene un servicio de transporte de mejor esfuerzo.

La característica central del modelo de comunicación es definir la correspondencia de la red en una conexión de uno a uno entre el biodispositivo y el sistema [115]. La conexión se maneja a través estados finitos mediante una maquina de estados (firmware dentro del biodispositivo). Para mantener la compatibilidad entre dispositivos, viejos o nuevos, así como datos de código de la DIM.

#### 3.3.7. “Continua Health Alliance”

*Continua Health Alliance* (CHA) es una alianza creada para darse cuenta de la norma ISO/IEEE 11073. CHA es una alianza, sin fines de lucro, de la industria abierta con miembros de las principales empresas de cuidado de la salud y tecnología. Esta fue creada con el fin de mejorar la interoperabilidad entre los productos para establecer un sistema de salud que mejore la salud y el bienestar de los pacientes [116]. La Alianza tiene una serie de directrices y principios que las empresas deben seguir para poder recibir una certificación. La terminología de las directrices difieren un poco de la norma ISO/IEEE 11073. Las diferentes partes del sistema son Dispositivos PAN/LAN, Interfaz PAN/LAN, Dispositivo de Alojamiento de Aplicaciones, Interfaz WAN, Dispositivo WAN, Interfaz xHRN y Dispositivo de Registro de Salud.

##### 3.3.7.1. Dispositivos PAN/LAN

PAN, Dispositivo de Red de Área Personal o Dispositivo de Red de Área Local, es lo que la norma ISO/IEEE 11073 se refiere como el dispositivo biodispositivo. Podría ser una de las especializaciones de dispositivos que se incluyen en la Tabla 4.2. Este dispositivo debe tener la capacidad de comunicarse con el dispositivo que aloja la aplicación. Las directrices de Continua Health Alliance también mencionan un dispositivo de LAN; funciona de la misma manera pero con una interfaz LAN que se conecta al dispositivo que aloja la aplicación.

##### 3.3.7.2. Interfaz PAN/LAN

La interfaz PAN o LAN es la interfaz que conecta los dispositivos PAN/LAN con el dispositivo que aloja la aplicación. Permite que los dispositivos PAN se conecten con cualquier dispositivo de alojamiento de aplicaciones, de cualquier proveedor.

##### 3.3.7.3. Aplicación de Dispositivo *Host*

El Dispositivo de *Host* de aplicaciones se refiere al sistema en la norma ISO/IEEE 11073. Este es el punto central de control en forma de un teléfono móvil, computadora, decodificador de señales digitales o un *hub*. El dispositivo sistema debe ser conectado al dispositivo WAN.

#### 3.3.7.4. Interfaz WAN

La interfaz **WAN** define la interfaz entre el dispositivo de alojamiento de aplicaciones al Dispositivo **WAN**. Este suele ser el vínculo entre el hogar o la oficina al proveedor de servicios *back-end*.

#### 3.3.7.5. Dispositivo WAN

El dispositivo almacena la información del paciente. Las directrices no definen la forma en que el dispositivo de alojamiento de aplicaciones debe comunicarse con el dispositivo **WAN**. Sin embargo, el dispositivo **WAN** puede reenviar los datos a un centro de atención a través de la interfaz de red Health Record (xHRN) utilizando una forma estandarizada para representar los datos de salud llamados **HL7**. También podría ser una mano media que pasa a través de todos los datos recopilados de una manera segura. Por ejemplo, para ser capaz de tener la confidencialidad de los datos, la integridad de los datos transmitidos, y el no repudio en las operaciones de datos con el fin de crear una forma segura para que los datos sensibles pasen a través de los sistemas. La necesidad de ser capaces de asegurar la disponibilidad de los datos también es crucial (por ejemplo, ataques de DoS).

#### 3.3.7.6. Interfaz xHRN

Esta interfaz describe la relación entre el servicio *back-end* (Dispositivo **WAN**) y se asegura de que los datos se transmiten al dispositivo de registro de salud. Tradicionalmente, los pacientes no han podido ver su propio historial médico, sino que ha sido exclusivo de los médicos el acceder al depósito electrónico de los registros de salud. La norma aborda esta cuestión y hace que sea posible para los pacientes acceder y hacer un seguimiento de su propio registro de salud. Se llama un Registro Personal de Salud (PHR), donde las interfaces xHRN hacen factible que los pacientes guarden sus propios datos en el PHR, y al mismo tiempo pasar los datos al centro de salud [117].

#### 3.3.8. IHE

IHE es una iniciativa de profesionales de la salud y de la industria para mejorar la forma en que los sistemas informáticos comparten datos acerca de la salud. IHE promueve el uso coordinado de las normas establecidas, como **DICOM** y **HL7**, para hacer frente a necesidades clínicas específicas en apoyo a la atención óptima de los pacientes. Los sistemas desarrollados de conformidad con IHE se comunican mejor entre si, son más fáciles de implementar, y permiten a los proveedores de cuidado de utilizar la información de manera más eficaz [118].

#### 3.3.9. DICOM

**DICOM** -Imagen y Comunicaciones en Medicina digital- es el estándar internacional para imágenes médicas e información relacionada (ISO 12052). En él se definen los formatos de imágenes médicas que se pueden intercambiar con los datos y la calidad necesaria para el uso clínico. **DICOM** se aplica en casi todos los dispositivos de radiología, imagenología, cardiología y radioterapia (rayos X, CT, MRI, ultrasonido, etc ), y cada vez más en dispositivos de otros dominios médicos, como la oftalmología y odontología. Con decenas de miles de dispositivos de imagen en uso, **DICOM** es uno de los estándares de mensajería de atención médica más utilizados en el mundo. Hay literalmente miles de millones de imágenes **DICOM** que se utilizan actualmente para la atención clínica. Desde su primera publicación en 1993, **DICOM** ha revolucionado la práctica de la radiología, lo que permite la sustitución de la película de rayos X por un flujo de trabajo totalmente digital. De la misma forma que internet se

ha convertido en la plataforma para nuevas aplicaciones de información al consumidor, **DICOM** ha habilitado aplicaciones de imágenes médicas avanzadas que han “cambiado la cara de la medicina clínica”. Desde el servicio de urgencias, a las pruebas de esfuerzo cardíaco, a la detección del cáncer de mama, **DICOM** es la norma que hace el trabajo de imágenes médicas, para los médicos y para los pacientes [119].

### 3.3.10. HL7

**HL7 International** [120] es una de las organizaciones más importantes en estándares de intercambio de información en salud. Surgió en los Estados Unidos a finales de la década de 1980 como una iniciativa para lograr un **HIS** integrado, interconectando distintos sistemas específicos. Se puede decir que la solución surge a partir de una problemática de conectividad entre sistemas. Esta iniciativa se autodenominó *Health Level 7*. El nombre “*Level Seven*” hace referencia al nivel más alto del modelo de comunicación **OSI** de la **ISO**, el nivel de aplicación. Este nivel indica la definición de los datos que se transmiten, los tiempos de transferencia y los avisos de ciertos errores que pueden ocurrir en el intercambio de mensajes.

**HL7** es un estándar internacional aprobado por la **ANSI** (*American National Standards Institute*), que tiene como objetivo principal crear una familia de estándares para el intercambio de información entre distintas aplicaciones médicas que eviten la necesidad de programar interfaces ad hoc y su mantenimiento. Con esa premisa se diseñó la familia de estándares que proporciona una sintaxis para la comunicación de mensajes entre aplicaciones informáticas, definiendo la forma de estructurar la información.

La amplia difusión de los estándares desarrollados dio forma a lo que es hoy **HL7**: una organización con más de 2300 miembros a nivel mundial con filiales en Canadá, China, México, Alemania, India, Japón, Corea, Reino Unido, Argentina, Brasil, Chile, Uruguay, España, entre muchos otros.

#### 3.3.10.1. HL7 México

El Capítulo **HL7 México** [121] es la organización sin fines de lucro que representa a **HL7 International** en México. Promueve el uso de estos estándares por medio de programas de difusión, capacitación y certificación. De esta manera se busca que los afiliados (organizaciones, estudiantes o cualquier persona interesada) apliquen los conocimientos sintetizados por cientos de expertos en proyectos de interoperabilidad, intercambio de información, expediente clínico electrónico, sistemas de imagen y laboratorio, entre otros. La **NOM-024-SSA3-2012** [11] considera estándares **HL7** para regular los Sistemas de Información de Registro Electrónico para la Salud en México.

La **NOM-024-SSA3-2012** [11] establece los criterios bajo los cuales se debe generar, procesar, conservar, interpretar y asegurar el intercambio de información entre Sistemas de Información de Registro Electrónico para la Salud, entre los que se encuentran los de Expediente Clínico Electrónico. También estipula los mecanismos mediante los cuales se emiten especificaciones técnicas para los posibles escenarios de intercambio y para el diseño de este tipo de sistemas, para lo cual se basan en los estándares **HL7**.

Como organización, **HL7** tiene una estructura y procedimientos formales basados en la búsqueda del consenso y el equilibrio de intereses entre los distintos sectores representados: empresas de software, financiadores de la salud, estados nacionales, universidades, prestadores de servicios de salud, consultores, etc. Gracias a su Comité Internacional, se pueden armonizar y discutir las necesidades locales del estándar y la adaptación en distintas partes del mundo, como en México.

**HL7** se basa en la mensajería y utiliza un modelo de “eventos detonadores”, donde el sistema

emisor envía un mensaje específico al sistema receptor, con la subsiguiente respuesta por parte del receptor. HL7 define la estructura de cada uno de estos mensajes. En otras palabras, logra el acuerdo entre el emisor y el receptor.

La versión 1.0 de estos mensajes surgió en septiembre de 1987. Actualmente existen varios mensajes definidos según diferentes “eventos detonadores”. Estos eventos fueron multiplicándose con el correr de los años y al llegar a la versión 2.3, en marzo de 1997, el espectro de eventos se había expandido proporcionando una sintaxis estándar para intercambiar información relacionada con:

- Información administrativa (admisión, pases de cama, de servicio, altas, tanto en el ámbito de la internación hospitalaria como el ambulatorio).
- Información financiera (facturación).
- Prescripciones electrónicas, datos clínicos.
- Gestión de información médica.
- Gestión de agendamiento (turnos).
- Derivaciones - Interconsultas.
- Otras funciones permitían comunicar registros orientados a problemas, así como denuncias de efectos adversos, informes de inmunizaciones y otras funciones de registros de pacientes.

Desde 1994, la organización está acreditada como SDO por el ANSI, y después se acreditó cada una de sus versiones como estándar nacional. La versión HL7 v2.4 fue aceptada como un estándar del ANSI en octubre de 2000, incluyendo mensajes para eventos de laboratorio, gestión de aplicaciones y de personal. La versión HL7 más implementada es la HL7 v2.5 y está ampliamente soportada por las aplicaciones de los HIS actuales (compatibles con HL7 v2.x). Utiliza mensajes en código ASCII puro y un texto plano sin formato (no estructurado, como lo son los documentos XML). Esta versión tiene pocas restricciones semánticas, es decir, que no especifica qué tipo de información debe contener cada parte de un mensaje, esto es, no define el modelo subyacente y el vocabulario de forma tan estricta como la versión HL7 v3. Esta es una de las principales diferencias entre HL7 versión 2.x (2.x significa cualquier versión 2) y la versión 3.

Al utilizar el estándar HL7, los sistemas de información de la salud pueden alargar su vida útil, ya que tendrían la capacidad de integrarse con sistemas de información de otras entidades nacionales e internacionales [87].

### 3.3.10.2. HL7v2.x

La segunda versión del estándar HL7 transformó la industria de la interoperabilidad en salud, iniciando en los Estados Unidos desde la década de 1990, y se hizo popular a nivel mundial al ser adoptado como un estándar avalado por el *American National Standards Institute* (ANSI) [87]. Las primeras implementaciones se realizaron con la versión 2.1. Para la versión 2.5 la legislación de Estados Unidos ordenó darle un uso significativo. La 2.8 es la última actualización de esta segunda versión.

La versión 2.x se basa en cadenas de caracteres para transportar la información, lo cual hace sencilla su implementación, ya que fue desarrollada de una forma *ah hoc*, pero con varias limitaciones, como es la validación de los datos que contiene; además, carece de una estructura orientada a objetos. Esta versión tampoco define la forma en que se deben enviar los mensajes, si debe ser en forma directa a través de TCP/IP o de archivos, mediante un puerto serial o con servicios web. La versión 2.x “recomienda” algunas opciones al respecto, pero ninguna de ellas es una normativa definida en el estándar.

HL7 v2.x está organizado en capítulos, donde cada uno tiene un propósito específico. Por ejemplo, el capítulo 2 del HL7 define cómo se codifican y decodifican los mensajes. Cada capítulo representa

y resume el trabajo de un comité técnico, formado por miembros de HL7 interesados en un área del sistema de información en salud, en la cual crea un grupo de trabajo. El producto final del grupo es un capítulo con la información requerida para implementar mensajes referidos al área en cuestión y referencias al contenido ya definido en otros capítulos. Por ejemplo, en el capítulo de “Agendamiento-Turnos”, uno de los segmentos que se utilizan es el de pacientes, que no está especificado dentro del capítulo de agendamiento sino en el capítulo de ADT. El estándar entonces, en esa área, especifica el contenido propio y específico del manejo de agendas, como consultar turnos disponibles, etc.

Para poder usar el estándar debe conocerse profundamente el capítulo 2 del HL7 (Control) de la versión, lo que permitirá entender con facilidad el resto de los capítulos, pues contiene elementos requeridos del capítulo 2 del HL7 para armar mensajes referidos a un área específica.

Una descripción paso a paso, de modo simplificado, de la trayectoria de un mensaje es la siguiente:

- Un evento disparador hace que el Sistema 1 envíe un mensaje al Sistema 2.
- El mensaje es recibido por el Sistema 2, el cual envía respuesta al Sistema 1.
- Finalmente, el Sistema 1 recibe la respuesta.

Viéndolo con un ejemplo real, al asignarse un biodispositivo a un paciente en el hospital o en el consultorio, el sistema de monitorización registra la asignación (a través de un servicio web que está escuchando al biodispositivo, el sistema se encarga de recibir los mensajes enviados por el este, una vez asignado), el biodispositivo envía un mensaje al sistema de monitorización para dar a conocer los valores de los signos vitales del paciente. Este mensaje es recibido por el sistema de monitorización y le envía un mensaje confirmando el arribo de los signos vitales.

### 3.3.10.3. Definiciones de HL7

- **Mensaje:** Un mensaje es toda la unidad de datos que se transfiere entre sistemas en una sola transmisión. Es una serie de segmentos en una secuencia definida, con un tipo de mensaje y un disparador de evento.
- **Segmento:** Un segmento es un grupo lógico de campos de datos. Los segmentos definidos en un mensaje pueden ser requeridos u opcionales, pueden aparecer una vez, o es posible que se permita su repetición. Cada segmento tiene nombre y es identificado por un ID de segmento, un código único de 3 caracteres.
- **Campo:** Un campo es una cadena de caracteres. Cada campo se identifica por el segmento en el que se encuentra y su posición dentro del segmento; por ejemplo, PID-5 es el quinto campo del segmento PID. Se pueden omitir los campos de datos opcionales. Cuando un campo es requerido, opcional o condicional en un segmento, se especifica en las tablas de atributos de segmentos. Los indicadores son: R=Requerido, O=Opcional y C=Condicional, en el disparador de evento o en algún otro campos. La definición del campo debe especificar cualquier condicionante para el campo: X=No se usa en este disparador de evento, B=Permanece para permitir compatibilidad con versiones previas de HL7. El tamaño máximo del campo se especifica como información normativa. Al exceder ese tamaño especificado no se debe considerar un error.
- **Componente:** Un componente es un grupo lógico de elementos que abarca los contenidos de un campo codificado o compuesto. En un campo que contiene varios componentes, no todos los componentes requieren tener algún valor.
- **Campos nulos y vacíos:** El valor nulo se transmite como una marca de dos comillas dobles (“”). Un campo con valor nulo es diferente a un campo vacío. Un campo vacío no debe sobrescribir datos previamente escritos en el campo, mientras que el valor nulo significa que cualquier valor previo en el campo debe ser sobrescrito.

- **Tipo de dato:** Un tipo de dato restringe el contenido y formato de los datos del campo. Los tipos de datos se identifican por un código de dos o tres letras. Algunos tipos de datos son codificados o tipos compuestos con muchos componentes. El tipo de datos aplicable es enumerado y definido en cada definición de campo.
- **Delimitadores:** Los valores delimitadores se especifican en MSH-2 y son utilizados en el resto del mensaje. Las aplicaciones deben usar este delimitador especificado para analizar el mensaje completo. Los delimitadores recomendados para inmunizar los mensajes son: <CR>=Finalizador de segmento; |=Separador de campos; ^=Separador de componentes; &=separador de subcomponentes; ~=Separador de repeticiones; y \= carácter de escape.
- **Sintaxis del mensaje:** Cada mensaje es definido en una notación especial que enumera los identificadores de tres letras de los segmentos, en el orden en que aparecerán en el mensaje. Las llaves, {}, indican que uno o más segmentos que se encuentran dentro de las llaves pueden repetirse, y los corchetes, [], indican que el grupo de segmentos que encierran es opcional.
- **Segmentos Z:** Todos los tipos de mensaje, códigos de disparadores de eventos, y códigos de ID de segmentos que comienzan con Z son reservados para mensajes definidos localmente. Estos códigos no pertenecen al estándar [HL7](#).

#### 3.3.10.4. Mensajes HL7

Los mensajes [HL7](#) se definen como la unidad atómica de datos transferida entre sistemas [122]. Se componen de un grupo de segmentos en una secuencia definida. Estos mensajes especificados en el estándar indican cuáles son los datos necesarios para que la comunicación sea correcta y suficiente, según el tipo de información que van a contener. Cada mensaje contiene un código de tres caracteres que identifica el tipo de mensaje, el cual define el propósito de este.

El protocolo [HL7](#) representa un gran avance en la implementación de soluciones de interoperabilidad de sistemas en el ámbito de la salud. La versión 2.x establece el modelo de datos al que se deben ajustar los mensajes que sirven para comunicar los diferentes sistemas de información en el marco de la salud. Este protocolo es un estándar internacional que trata de abarcar todos los requerimientos de intercambio de información que puedan surgir a nivel mundial, pero obviamente no abarca la totalidad de ellos y tampoco puede cubrir todas las particularidades que se dan en todos los países.

#### 3.3.10.5. Reglas básicas de Construcción de Mensajes

A continuación se presentan algunas reglas o recomendaciones que comúnmente se emplean para la codificación de mensajes que serán enviados utilizando la versión 2.x de [HL7](#):

- Codificar cada segmento en el orden especificado en el formato de mensaje abstracto.
- Colocar el segmento ID al inicio del segmento.
- Preceder cada campo de datos con un separador de campo.
- Codificar los campos de datos en el orden y tipo de datos especificados en la tabla de definición de segmentos.
- Terminar cada segmento con un finalizador de segmento.
- Los componentes, subcomponentes o repeticiones que no tienen valor al final de un campo no necesitan ser representados por separadores de componentes.

Las siguientes son algunas recomendaciones para codificar los mensajes recibidos:

- Si un segmento de datos que debería existir no aparece, tratarlo como si todos los campos de datos que incluye no estuvieran presentes.

- Si un segmento de datos aparece pero no debería existir, ignorarlo ya que no es un error.
- Si al final del segmento de datos se encuentran campos de datos que no deberían aparecer, ignorarlos; esto no es un error.

### 3.3.10.6. Segmentos

Cada mensaje se compone de una serie de segmentos. Cada segmento se identifica por su código único de tres letras.

**Segmento MSH:** Se utiliza para definir propósito, fuente, destino y algunas especificaciones de la sintaxis del mensaje. Es el segmento de cabecera del mensaje, el *time-stamp* debe ser tomado en el momento de envío del mensaje y siguiendo el formato usado en [HL7](#) (aaaammddhhmmss). En la tabla 3.7 se muestran los elementos del segmento MSH y sus características.

Tabla 3.7: Campos del segmento MSH  
Fuente: *Elaboración Propia, con base en HL7 (2014).*

Secuencia	Tamaño	Tipo de dato	Requerido	Contenido
1	1	ST	R	Separador de campo
2	4	ST	R	Caracteres de codificación
3	180	HD	O	Aplicación que envía
4	180	HD	O	Campus de envío
5	180	HD	O	Aplicación que recibe
6	180	HD	O	Campus de recepción
7	26	TS	O	Fecha/Hora del mensaje
8	40	ST	O	Seguridad
9	7	CM	R	Tipo de mensaje
10	20	ST	R	ID de control de mensaje
11	3	PT	R	ID de procesamiento
12	60	VID	R	ID de versión
13	15	NM	O	Número de secuencia
14	180	ST	O	Apuntador de continuación
15	2	ID	O	Tipo de contestación aceptada
16	2	ID	O	Tipo de aplicación de contestación

Ejemplo:

```
MSH|^~\&||GA0000||VAERS PROCESSOR|200103311605||ORU^R01|20010422GA03|T|2.3.1|
||NE|AL|<CR>
```

En este ejemplo, el segmento MSH muestra que se trata de la versión 2.3.1 de un mensaje ORU (observación) enviado desde el registro de inmunización de Georgia para el procesador VAERS, el 31 de marzo de 2001, a las 4:05 pm. El ID de control de mensaje indica que este es el tercer mensaje HL7 del día desde este registro.

### Definiciones de los campos del segmento MSH:

MSH-1: Separador de campo (**requerido**). El carácter que será utilizado como separador de campos en el resto del mensaje. El valor sugerido es |.

MSH-2: Caracteres de codificación (**requerido**). Los cuatro caracteres que se utilizan para codificar el mensaje, estos aparecen en el siguiente orden: separador de componentes, separador de repeticiones, carácter de escape, y separador de subcomponentes.

MSH-3: Aplicación que envía (opcional). Identifica de manera única la aplicación que envía el mensaje de entre todas las aplicaciones de la red de la empresa. La red de la empresa consiste en todas las aplicaciones que participan en el intercambio de mensajes HL7 dentro de la empresa. Este campo puede ser utilizado para identificar el nombre y la versión del software que envía el mensaje.

MSH-4: Campus (área) de envío (opcional). Este campo contiene la dirección de las instalaciones de envío. Definido por el sitio. Este campo se puede utilizar para identificar la dirección del campus que está enviando la consulta. La dirección consiste en un código postal de dos letras más dígitos, por ejemplo GA para Georgia. Los dígitos del campus principal serán cuatro ceros.

MSH-5: Aplicación de recepción (opcional). Identifica de manera única la aplicación de recepción dentro de todas las aplicaciones en la red de la empresa. La red de la empresa consiste en todas las aplicaciones que participan en el intercambio de mensajes HL7 dentro de la empresa. Este campo puede ser utilizado para identificar el nombre y la versión del software que envía el mensaje.

MSH-6: Campus (área) de recepción (opcional). Este campo identifica la aplicación de recepción entre muchas aplicaciones idénticas que se ejecutan en diferentes empresas. Definido por el sitio. Este campo se puede utilizar para identificar la dirección del campus que está enviando la consulta. La dirección consiste en un código postal de dos letras más dígitos, por ejemplo MA para Massachusetts. Los dígitos del campus principal serán cuatro ceros.

MSH-7: Fecha/hora del mensaje (opcional). La fecha/hora en la que el sistema de envío creó el mensaje. El tipo de dato es un *timestamp* con el siguiente formato (el grado de precisión es para mantener la compatibilidad con las versiones anteriores):

```
YYYY[MM[DD[HHMM[SS[.S[S[S[S]]]]]]][+/-ZZZ]^<grado de precisión>
```

MSH-8: Seguridad (opcional). Este campo puede ser usado para implementar funciones de seguridad, pero su utilización no es parte de la especificación HL7.

MSH-9: Tipo de mensaje (**requerido**). El sistema que recibe utiliza este campo para conocer los segmentos de datos que debe reconocer y, posiblemente, la aplicación a quién reenviar el mensaje. El segundo componente no se requiere en el mensaje de contestación.

MSH-10: ID de control de mensaje (**requerido**). Una etiqueta (número u otra) que identifica de manera única el mensaje. El sistema que recibe reenvía este identificador de regreso al sistema que lo envió dentro del segmento de contestación de mensaje (MSA).

MSH-11: ID de procesamiento (**requerido**). Utilizado para indicar cómo procesar el mensaje según está definido en las reglas de procesamiento en HL7.

MSH-12: ID de versión (**requerido**). La versión de HL7 del mensaje enviado. Utilizado por el sistema que recibe para estar seguro de que el mensaje será interpretado correctamente.

MSH-13: Número de secuencia (opcional). Si en este campo el valor no es nulo, implica que el protocolo de secuencia de número está en uso. Este campo numérico es incrementado por una secuencia en cada valor subsiguiente.

MSH-14: Apuntador de continuación (opcional). Utilizado para definir continuaciones de maneras específicas de las aplicaciones.

MSH-15: Tipo de contestación aceptada (opcional). Identifica las condiciones bajo las cuales la aceptación de contestaciones es requerida para regresar en respuesta a este mensaje. En la tabla 0155 de [HL7](#) (*Accept/Application acknowledgment conditions*) se especifican los valores que puede tener este campo. Nota: Si MSH-15 y MSH-16 se omiten o son nulos, se utilizan las reglas del modo de contestación original.

MSH-16: Tipo de aplicación de contestación (opcional). Identifica las condiciones bajo las cuales se requiere que las contestaciones de aplicación sean regresadas en respuesta a este mensaje. Se requiere para el modo de contestaciones avanzadas. En la tabla 0155 de [HL7](#) (*Accept/Application acknowledgment conditions*) se especifican los valores que puede tener este campo. Este modo especifica que el mensaje sea contestado a nivel de aplicación. La razón es que no es suficiente saber que el sistema de intercomunicaciones garantice la entrega del mensaje. También es necesario saber si la aplicación que recibió pudo procesar los datos satisfactoriamente a un nivel de aplicación lógico.

MSH-17: Código de país (opcional). Define el país de origen del mensaje. Se utiliza principalmente para especificar elementos por defecto, como denominaciones monetarias. [ISO 3166](#) provee una lista de códigos de países que puede ser utilizada.

MSH-18: Conjunto de caracteres (opcional). Contiene el conjunto de caracteres de todo el mensaje. La tabla 0211 de [HL7](#) (*Alternate character sets*) contiene los posibles valores de juegos de caracteres alternos. El conjunto por defecto, si se deja en blanco el campo, es el ASCII imprimible de 7-bits.

MSH-19: Idioma principal del mensaje (opcional). Contiene el idioma principal del mensaje. [HL7](#) recomienda los códigos [ISO 639](#).

MSH-20: Manejador del conjunto de caracteres alternativo (opcional). Cuando se utilizan conjuntos de caracteres alternos, cualquier esquema especial para manejarlos puede especificarse en este componente, de acuerdo con la tabla 0356 de [HL7](#) (*Alternative character set handling scheme*).

### Segmento de error (ERR)

Utilizado para agregar comentarios a las contestaciones de mensajes. En la tabla 3.8 se muestran los elementos del segmento ERR y sus características.

Tabla 3.8: Campos del segmento ERR  
Fuente: *Elaboración Propia, con base en HL7 (2014).*

Secuencia	Tamaño	Tipo de dato	Requerido	Contenido
1	80	CM	R	Código de error y ubicación

Ejemplo:

```
ERR|PID^^3^ID|<CR>
```

Este ejemplo de segmento de error muestra que se encontró un error en el tercer campo del segmento PID, donde hizo falta la lista de identificadores de paciente.

Definiciones de los campos del segmento ERR: ERR-1: Código del error y ubicación. Identifica un segmento erróneo en el mensaje recibido. El segundo componente es un índice por si se repitieran más de un segmento de un tipo específico. Para los sistemas que no utilizan las reglas de codificación de HL7, el número de elemento de dato puede utilizarse para el tercer componente. Al cuarto componente (que hace referencia a la tabla 0357 de HL7 (*Message error status codes*)) se le restringe tener subcomponentes, ya que es un tipo de dato CE y el separador de subcomponentes es ahora el separador de componente de CE.

### Segmento de identificación de paciente (PID)

Utilizado por todas las aplicaciones como el principal medio de comunicar la información de identificación del paciente. Este segmento contiene información permanente de identificación del paciente y se envía la cédula del paciente, el apellido y nombre, y también datos demográficos, que no tienden a cambiar frecuentemente.

Ejemplo:

```
PID|||1234^^^^SR 1234-12^^^^LR 00725^^^^MR^||Doe^John^Fitzgerald^JR^^^L||
20001007|M||2106-3^White^HL70005|123 Peachtree ST^APT 3B^Atlanta^GA^30210 ^^M^^GA067||
```

Este ejemplo identifica al paciente como John Fitzgerald Dow, Jr., masculino de tez blanca, que reside en el 123 de la calle Peachtree, en Atlanta, GA 30210. Su fecha de nacimiento es el 7 de octubre de 2000. También se da información de identificación adicional: teléfono, |(678)555-1212; número de registro de estado 1234; número de registro local 1234-12; número de expediente médico 00725.

### Segmento de visita del paciente (PV1)

Utilizado para enviar información específica de la visita de un paciente. Se describe el tipo de visita que se genera y el personal médico que lo atiende, se envía la cédula del médico, el apellido y nombre del mismo.

Ejemplo:

```
PV1||R||||||||||||||V02^19900607 H02^19900607|<CR>
```

Este segmento PV1 muestra que es un paciente recurrente que es elegible para VFC (según su clase financiera) y que es un paciente de Medicaid. La fecha efectiva de su VFC y estatus de Medicaid es 7 de junio de 1990.

Como solo se proporciona una fecha de VFC, este estatus debe ser aplicado únicamente al 7 de junio de 1990.

## Segmento de tipo de evento (EVN)

Utilizado para comunicar información de disparadores de eventos necesarios para recibir aplicaciones. El segmento que describe el evento que genera la atención al paciente, en este caso se usa para la actualización de la información, el *time-stamp* funciona de la misma manera que en MSH y sirve para registrar el momento en que se genera el evento. En la tabla 3.9 se muestran los elementos del segmento EVN y sus características.

Tabla 3.9: Campos del segmento EVN  
Fuente: *Elaboración Propia, con base en HL7 (2014).*

Secuencia	Tamaño	Tipo de dato	Requerido	Contenido
1	3	ID	B	Código del tipo de evento
2	26	TS	R	Fecha/Hora almacenada
3	26	TS	O	Fecha/Hora del evento planeado
4	3	IS	O	Código de la razón del evento
5	60	XCN	O	ID del operador
6	26	TS	O	Ocurrió el evento

## Segmento de tipo observación (OBX)

Este segmento se puede enviar cuantas veces sea necesario para registrar el evento generado, ya sea una consulta médica o un procedimiento médico. Cada segmento **OBX** que sea enviado describe una observación que se le ha practicado al paciente durante su consulta o procedimiento. El número consecutivo identifica el segmento dentro del mensaje; este valor debe ser incrementado por cada segmento adicional que se envíe. El código de observación es un código que identifica la observación en la aplicación receptora del mensaje. En la tabla 3.10 se muestran los elementos del segmento **OBX** y sus características.

Tabla 3.10: Campos del segmento OBX  
Fuente: *Elaboración Propia, con base en HL7 (2014).*

Secuencia	Tamaño	Tipo de dato	Requerido	Contenido
1	4	SI	O	ID establecido - OBX
2	2	ID	R	Tipo de valor
3	590	CE	R	Identificador de observación
4	20	ST	O	Sub-ID de observación
5	65536	ST	O	Valor de observación
6	60	CE	O	Unidades
7	10	ST	O	Intervalo de referencias
8	5	ID	O	Indicadores de anomalías
9	5	NM	O	Probabilidad
10	2	ID	O	Origen de prueba anómala
11	1	ID	R	Estado de resultados de observación
12	26	TS	O	Fecha de vigencia de intervalo de referencias
13	20	ST	O	Controles de acceso definidos por el usuario
14	26	TS	O	Fecha/hora de la observación
15	60	CE	O	ID del productor
16	80	XCN	O	Observador responsable
17	80	CE	O	Método de observación

Ejemplo:

```
OBX|4|NM|59408-5^OXYGEN SATURATION:MRF:PT:BLDA:QN:PULSE
OXYMETRY^LN|95|%^PERCENT^UCUM||||F|||201112171658<CR>
```

Este segmento **OBX** muestra que es el resultado de una medición de saturación de oxígeno en la sangre, de pulso oximetría, el 17 de diciembre de 2011 a las 16:58 hrs.

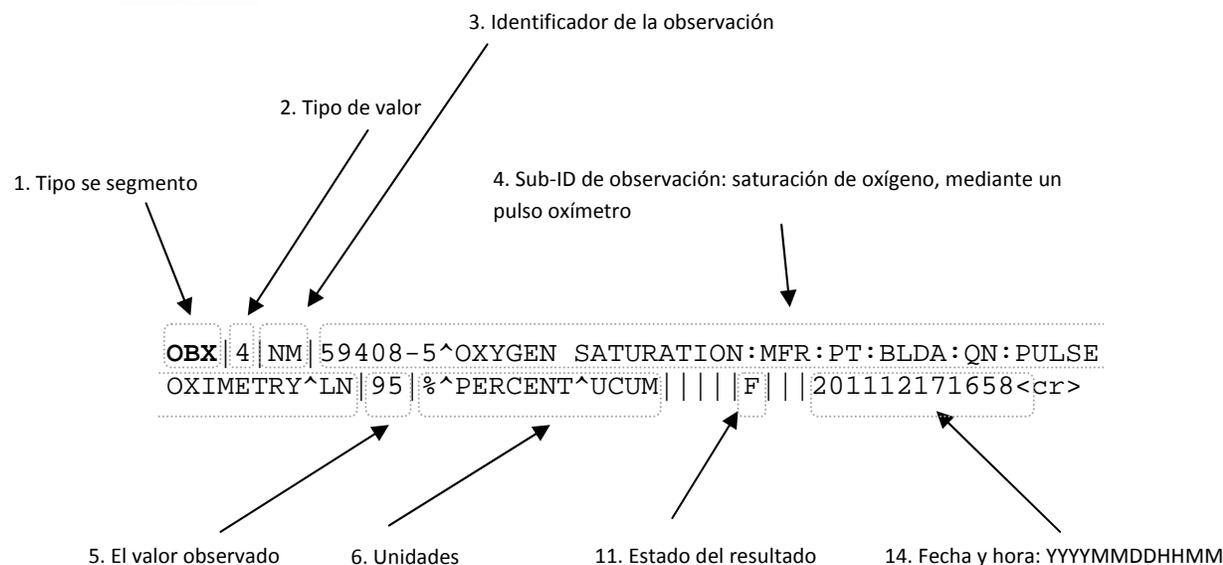


Figura 3.14: Detalles de un segmento OBX  
Fuente: Elaboración Propia, con base en HL7 (2014)

### 3.3.10.7. HL7v3

Hablar de un solo estándar es en realidad muy genérico; actualmente, [HL7](#) y la versión 3 son una familia de estándares. Algunos de estos productos son:

- [HL7 V3 Messaging](#): Es un estándar de mensajería, el reemplazo de la versión 2.x.
- [HL7 CDA](#): Clinical document architecture. Estándar de marcado de documentos clínicos, que trataremos algunos párrafos más adelante.
- [HL7 SPL](#): Structured Product Labeling: Estándar de marcado para etiquetado de medicamentos.
- [GELLO](#): Lenguaje estándar para expresión de reglas para soporte de decisiones clínicas.

Con este conjunto de herramientas y metodologías [HL7](#) se genera un proceso para definir todo tipo de artefactos de interoperabilidad (mensajes, documentos, reglas) en lugar de solamente los mensajes, como en la era de v2.x. La justificación de la nueva versión surge como respuesta de la creciente utilización en EE.UU. y el resto del mundo de la versión 2 y los problemas que derivaron del uso masivo, los intentos de localización (adaptar el estándar a las necesidades de cada país), y el intento de proyectar el éxito de la V2.x a instalaciones regionales o nacionales, en las que puedan interaccionar más de dos sistemas a la vez. Además, la versión 3 de [HL7](#) pone el foco en la semántica de los mensajes y reconoce la tendencia global y la necesidad creciente de generar sistemas de información integrados regionalmente (ciudades, provincias, países). De este modo incorpora definiciones estándares de servicios requeridos para implementar este tipo de interoperabilidad compleja.

La versión 3.0 del estándar está orientada a objetos (un paradigma de programación) y basa su estructura en un [RIM](#), desarrollado por [HL7](#). El [RIM](#), es un modelo de información de referencia que define las entidades involucradas en los mensajes, las personas, las instituciones, los procedimientos, etc. [123]. Actualmente, no es un modelo completo del sistema de salud pero se perfila para serlo, ya que intenta agrupar todas las áreas y escenarios posibles, casos de uso, actores, eventos, interacciones, etc., de tal forma que represente toda la información para especificar un mensaje [HL7](#). Esto transforma el [RIM](#) en algo más que un estándar de intercambio de información, puesto que busca lograr no

solo la interoperabilidad semántica, sino también la representación terminológica del contenido (en vocabularios de referencia) y no solo su intercambio [124]. El RIM fue aprobado como un estándar del ANSI en 2003 [125].

También el RIM ha sido utilizado o tenido en cuenta en varias iniciativas de sistemas de información en salud (tanto comerciales como locales) para desarrollar sus modelos de datos. El RIM de HL7 V3 y sus metodologías asociadas promueven y facilitan la interoperabilidad semántica al definir cada elemento de datos y su relación con los otros (modelo semántico).

Un cambio importante en la versión 3 es el uso de XML. A diferencia de la versión 2.x, donde los mensajes se implementan en simple ASCII con tabulaciones, el HL7v3 usa el estándar XML y sus derivados para expresar los mensajes, lo que da mucha mayor versatilidad a los mismos.

### 3.3.10.8. Modelo de Información de Referencia (RIM)

Se define el Modelo de Información de Referencia RIM que utiliza el Lenguaje de Modelado Unificado (UML) para representar gráficamente un modelo de clases para sus cuatro clases básicas de información: *Act*, *Participation*, *Rol*, *Entity*. Es decir, en cada Acto participan Entidades con un Rol definido [125].

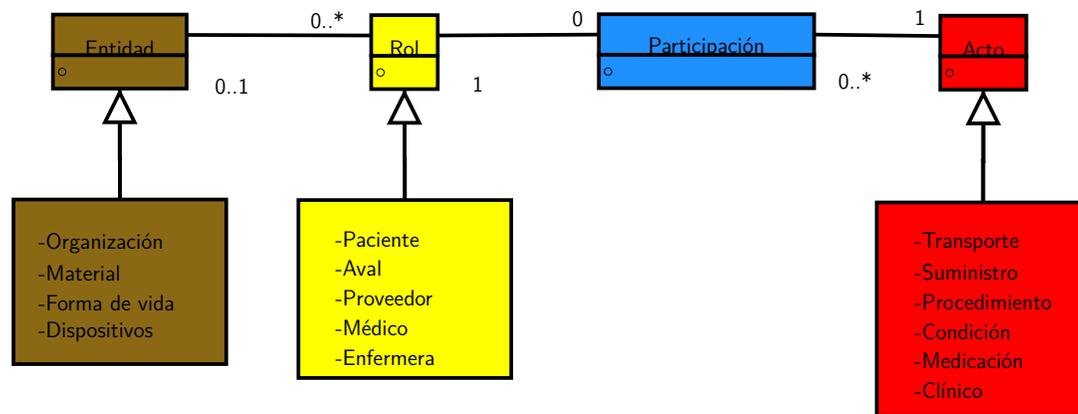


Figura 3.15: Clases del Modelo RIM HL7v3

Fuente: Elaboración propia con base en Spell

- Entidad: Una cosa física (vivas y no vivas), un grupo de cosas físicas o una organización capaz de participar en los actos.
- Rol: Responsabilidad o papel que puede jugar una entidad (paciente, empleado, médico de cabecera, enfermera, etc.).
- Acto: Un registro de algo que se está haciendo, se ha hecho, se puede hacer, o está previsto o se solicita hacer. (suministro, procedimiento, condición consentimiento, observación, medicación, acto clínico, etc.).
- Participación: Define cómo se involucra un Rol en una Actuación.



Página dejada intencionalmente en blanco.

## Capítulo 4

# Propuesta de Solución (Marco Metodológico, Análisis, Diseño y Desarrollo)

En este capítulo se describirán las técnicas y procesos utilizados para llevar a la realidad la solución a los problemas planteados en el capítulo 4.

La presente solución en general está sustentada en desarrollos previos, tanto en la parte del software como en el hardware, lo cual permite madurar la solución. En el caso del hardware se cuenta ya con varios desarrollos que sustentan la parte del biodispositivo WiFi.

La solución está constituida por un conjunto de subsoluciones. Es así como se atacará cada problemática ya mencionada; de los 16 problemas identificados se proponen 16 soluciones y más.

El software será el medio que brinda casi toda la solución de la problemática y para ello es necesario todo el trabajo informático.

El hardware es un punto clave, ya que por su propia naturaleza evita la dependencia tecnológica en general.

**“La tecnología bien utilizada puede ser una gran solución.”**

### 4.1. Arquitectura General del Sistema por Capas

A diferencia de las capas del modelo OSI y TCP/IP, cuando hablamos de un sistema multicapa es porque la solución opera en diferentes niveles tecnológicos, indicando que operará con varios tipos de estándares, tecnologías nuevas con previas, y definir cada capa ayuda a identificar el nivel de complejidad del presente sistema. Para lograr lo anterior se define cada capa o “tier”, como se maneja en la industria de la informática, como el conjunto de elementos tecnológicos clasificados por comunicación, procesamiento de información, captura datos, etc (*véase Figura 4.1*).

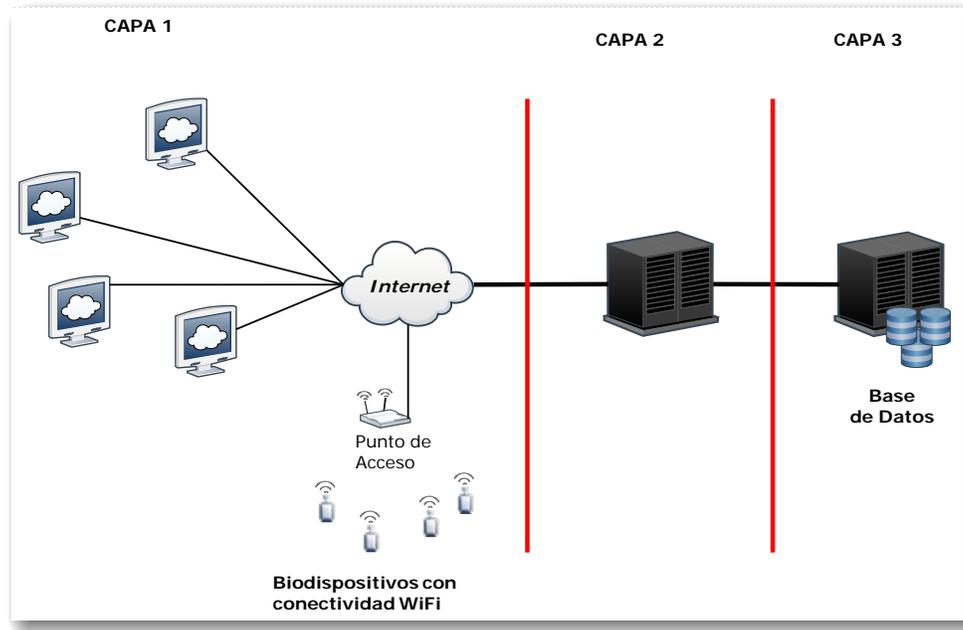


Figura 4.1: Arquitectura de la solución por capas

Fuente: *Elaboración propia (2014)*

Como tecnología, las arquitecturas de n-capas ofrecen una gran cantidad de ventajas para las empresas que necesitan soluciones flexibles y fiables para resolver complejos problemas inmersos en cambios constantes. Entre estas ventajas podemos mencionar:

- Desarrollos paralelos (en cada capa).
- Aplicaciones más robustas debido al encapsulamiento.
- Mantenimiento y soporte más sencillo (es más sencillo cambiar un componente que modificar una aplicación monolítica).
- Mayor flexibilidad (se pueden añadir nuevos módulos para dotar al sistema de nueva funcionalidad).
- Alta escalabilidad. La principal ventaja de una aplicación distribuida bien diseñada es su buen escalado, es decir, que puede manejar muchas peticiones con el mismo rendimiento simplemente añadiendo más hardware. El crecimiento es casi lineal y no es necesario añadir más código para conseguir esta escalabilidad.

#### 4.1.1. Arquitectura de Servidor Distribuida

En una arquitectura donde un servidor centraliza gran parte de la solución puede soportarse en nodos de servicios, con lo que se evitan cargas al sistema en general, y a su vez fallas futuras de la solución.

Para ello se propone una arquitectura de servidor distribuida, con lo cual se va a garantizar el servicio simultáneo de los diversos servicios, hablando de cientos de clientes simultáneos en un segundo como lo es en la capa 2 (véase *Figura 4.1*).

### 4.1.2. Arquitectura de RED Distribuida

Consiste básicamente en el uso de elementos LAN que se comunican entre una WAN, en donde cada extremo puede estar el servidor de base de datos y otros servicios comunicándose con los biodispositivos, aplicaciones remotas entre si, y así lograr una interoperabilidad clientes-servidor y lo podemos identificar claramente en la capa 1 (véase Figura 4.1).

### 4.1.3. Arquitectura de la Solución

Comencemos por definir la arquitectura de la solución, ya que una arquitectura clara es una fotografía o ‘snapshot’ en términos comerciales de una solución donde el software necesita de un hardware para operar, y así ir analizando cada elemento del sistema a construir.

La aplicación es ejecutada de manera local en el equipo de cómputo, sin hacer uso de un navegador; esta arquitectura se recomienda para ser implementada en clínicas y hospitales. Sin embargo, también está la aplicación web que es ejecutada en el servidor como ya se mencionó previamente.

Se puede apreciar que el biodispositivo toma un papel esencial para este trabajo, pues será la fuente de información que alimentará la Base de Datos.

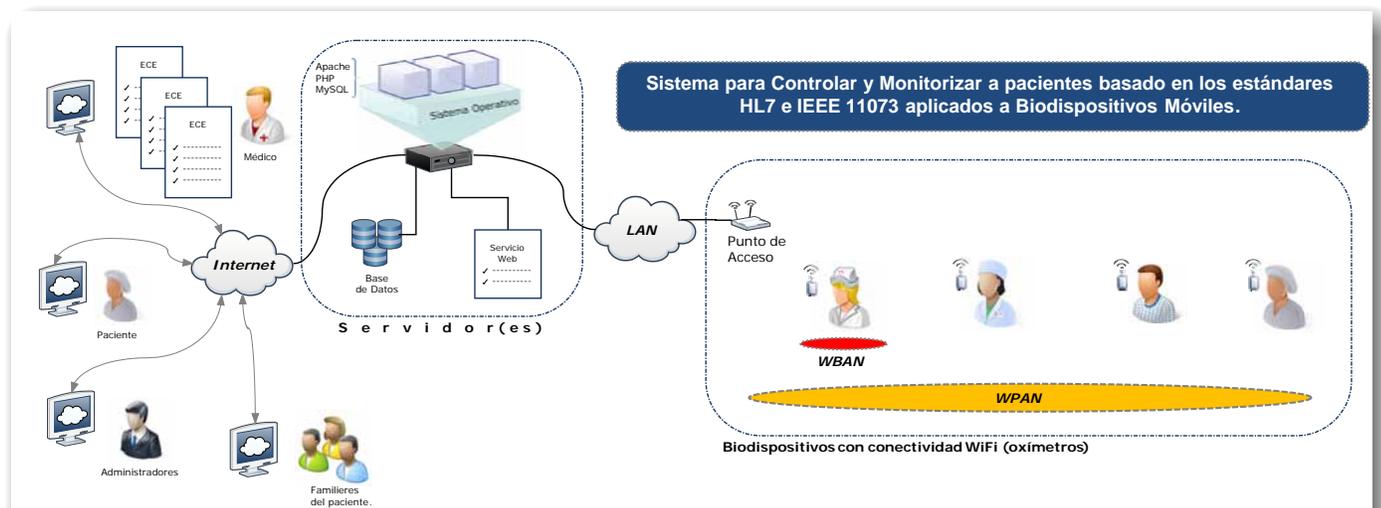


Figura 4.2: Arquitectura del Sistema

Fuente: Elaboración propia (2014)

## 4.2. El Software

Al inicio de este capítulo se planteó que en el software recae la mayor solución, porque es la parte “inteligente y creativa” de la solución, donde se vierte la solución en código, vistas, botones, variables, etc. En esta parte se profundizará en la forma en que se llevó a la realidad el presente sistema.

### 4.2.1. Análisis

Para tener un panorama general de lo que el sistema implica se ha hecho uso de un diagrama de sistemas para la identificación de entradas y salidas:

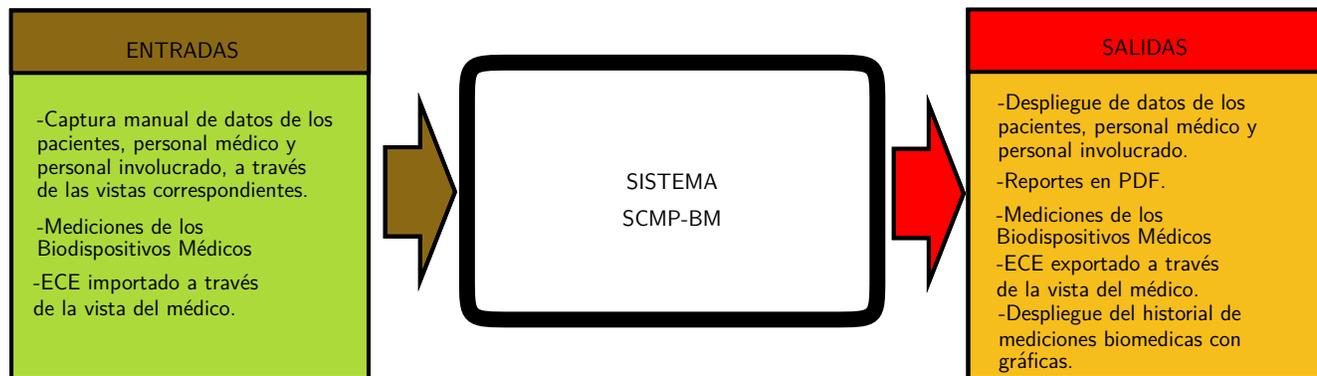


Figura 4.3: Diagrama Estático del Sistema

*Fuente: Elaboración propia (2014)*

A continuación se muestra una tabla donde se han identificado los actores y una descripción de cada uno de ellos.

Tabla 4.1: Actores del Sistema

*Fuente: Elaboración Propia, con base en Suehring.*

No.	Actor	Descripción
1	Trabajador Social	Este actor tiene la responsabilidad de: - Verificar la existencia de la ficha de un paciente. - Actualizar datos del paciente en caso de ser erróneos. - Crear una ficha para un paciente nuevo.
2	Doctor	Encargado de: - Consultar información sobre pacientes. - Asociar o disociar un dispositivo médico a un perfil de un paciente. - Crear una nueva consulta para un paciente. - Generar reportes en formato PDF. - Importar y exportar ECE en formato XML.
3	Dispositivo Médico	- Realizar mediciones tales como Nivel de oxígeno en la sangre (SpO2), Pulsos por minuto (Ppm), Temperatura corporal (TC). - Enviar lecturas a la base de datos.
4	Paciente	- Proporciona, revisa y corrige datos personales solicitados para la creación del Historial.

#### 4.2.1.1. Identificación de los “Actores”

Por la naturaleza del proyecto, ya hay elementos que están bien identificados, además basándonos en diversos estándares los roles también bien.

- El Paciente, visto como actor del sistema.
- El Médico, visto como actor del sistema.
- Las clínicas/clínicas, visto como actor del sistema.
- El biodispositivo, visto como actor del sistema.
- El consultorio, visto como actor del sistema.

#### 4.2.1.2. Metodología y Modelado

Sí, existen muchas metodologías que se pueden seguir, pero el uso de cada parte de la metodología que se necesita con otras lleva a una solución basada en el uso de múltiples metodologías. Esto suele pasar al crear una solución de software y hardware; es necesario ser creativos en las soluciones.

A continuación se muestran los diagramas utilizados para nuestra solución.

##### 4.2.1.2.1. Diagrama Entidad Relación

Bajo la propuesta del modelo de Peter P. Chan se ha diseñado el diagrama Entidad Relación, en el cual se muestran las entidades y su relación entre ellas que se han identificado en el sistema. Este diagrama se interpreta de la siguiente manera véase *Figura 4.4*.

- Un administrador puede registrar muchos (N) médicos.
- Un administrador puede registrar muchos (N) trabajadores sociales.
- Un trabajador social puede registrar muchos (N) pacientes.
- Un paciente puede tener muchas (N) consultas.
- Un paciente sólo puede tener un dispositivo conectado.
- Muchos (N) médicos pueden generar varias consultas.
- Un médico asigna un dispositivo.
- Un dispositivo puede realizar muchas (N) mediciones.

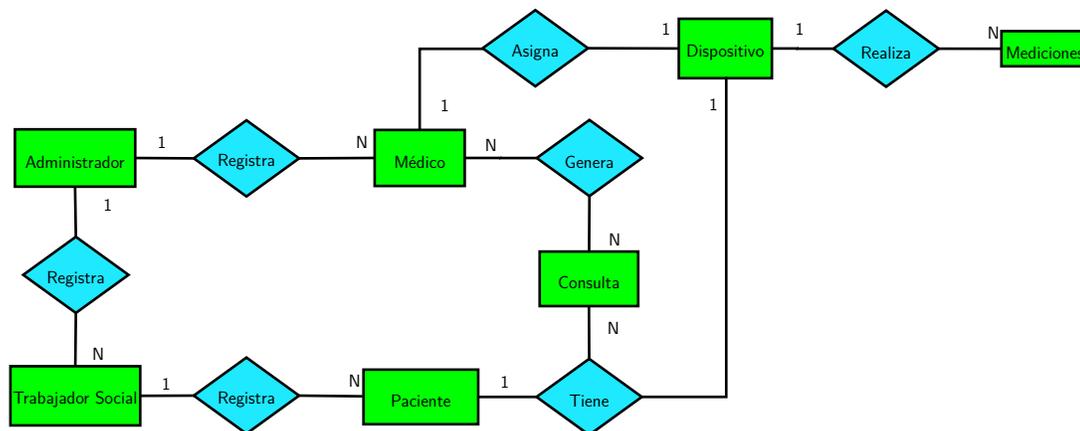


Figura 4.4: Diagrama Entidad Relación

Fuente: Elaboración propia (2014)

Por ejemplo, a continuación se enumeran los atributos de la entidad **Dispositivo**:

- `idDispositivo`
- `numeroSerieDispositivo`
- `wifiMacAddress`
- `tipoDispositivo`
- `disponibilidadDispositivo`

#### 4.2.1.2.2. Diagramas de Secuencia

##### Diagrama de Secuencias del Administrador

El siguiente diagrama de secuencias indica las acciones que realiza el administrador y la reacción del sistema ante cada una de ellas. El administrador inicia introduciendo sus credenciales (usuario y contraseña) por medio de la interfaz. Se validan los datos del administrador y cuando estos datos coincidan con los registros de la base de datos, el administrador puede acceder al módulo correspondiente, que contiene las tareas que puede llevar a cabo. Estas tareas pueden ser agregar, actualizar y consultar datos, ya sea de médicos, trabajadores sociales, dispositivos médicos, o de otros administradores. Cada administrador es responsable de actualizar sus propios datos, incluyendo su contraseña.

La secuencia que siguen las tareas anteriormente citadas es la siguiente: Una vez que el administrador se ha autenticado puede iniciar una petición (consultar, actualizar o agregar) que se realiza directamente a la interfaz, la cual a su vez envía el mensaje de petición a la entidad correspondiente para indicarle el procedimiento que se debe seguir, para después realizar la tarea especificada por el administrador. El mensaje llega a la base de datos donde se recuperan, actualizan o insertan los datos requeridos por el administrador. Una vez hecho esto, se devuelve un mensaje indicando el estatus de la tarea (si se pudo llevar a cabo, existe un error de conexión a la base de datos, o algún otro error). Dicho mensaje llega hasta la interfaz para que el usuario esté enterado del resultado de la acción que realizó (véase *Figura 4.5*).

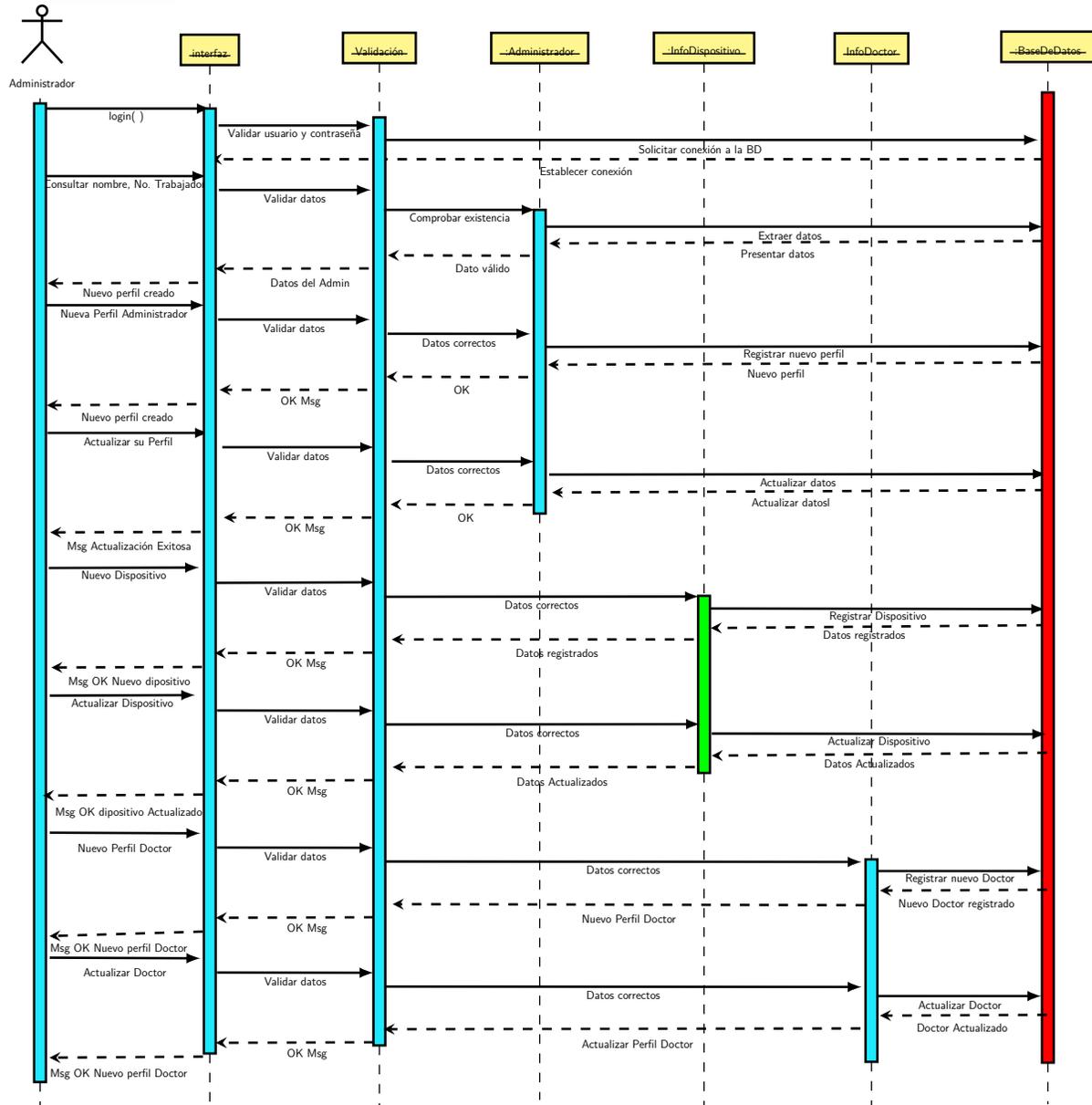


Figura 4.5: Diagrama de Secuencia Administrador

Fuente: Elaboración propia, basado en Casas (2000)

### Diagrama de Secuencias del Médico

En el diagrama de secuencias del médico es precisamente él quien inicia la acción. Comienza introduciendo sus credenciales para autenticarse (usuario y contraseña), se realiza la validación de los datos (que tenga un mínimo de caracteres, por ejemplo). Cuando los datos sean correctos se concede el acceso al usuario.

Para hacer la búsqueda de algún paciente, el doctor tiene la posibilidad de consultar dicha información haciendo una búsqueda por nombre, CURP o número de seguro social. Se realiza la validación de la solicitud (HTML 5 brinda esta función). Los datos se envían al objeto Paciente donde está el procedimiento a seguir para realizar la petición solicitada por el médico. Enseguida, se le indica a la base de datos qué datos deben ser extraídos. La base de datos regresa los datos solicitados y muestra al médico el resultado de su búsqueda.

Para realizar una nueva consulta para un paciente, introduce los datos de la nueva consulta. Esos datos se validan y se envían al objeto Paciente para saber cómo se va a llevar a cabo la tarea. Después de esto, se envían a la base de datos para que la nueva consulta sea registrada. Se devuelve un mensaje indicando que la tarea se ha realizado y ahora la interfaz muestra la opción de asignar un dispositivo.

Se muestran los dispositivos disponibles, el médico selecciona y asigna uno de ellos al paciente. El dispositivo indica que ya está en uso y se actualizan los registros correspondientes de la base de datos. Una vez que el dispositivo está funcionando, la base de datos toma las mediciones de los signos vitales del paciente y las envía a la interfaz gráfica donde el médico las puede analizar por medio de gráficas. Con estos datos el médico puede dar un diagnóstico y sugerencias.

Para realizar la petición de un reporte PDF, se envía la solicitud al objeto Paciente, el cual contiene los procedimientos para realizar la tarea. Después se le envía la petición a la base de datos, esta extrae los datos solicitados y los regresa al objeto Paciente para darle estructura y formato al reporte. Hecho esto, el reporte se envía a la interfaz para que el usuario pueda hacer uso de él.

Otra opción que ofrece el sistema es importar y exportar el ECE en formato XML. Se hace la petición, se validan los datos, enseguida se le indica a la base de datos qué procedimiento seguir. La base de datos extrae o registra los datos requeridos y se regresa un mensaje indicando el estado de la tarea. El médico termina la sesión enviando la solicitud a la base de datos (*véase Figura 4.6*).

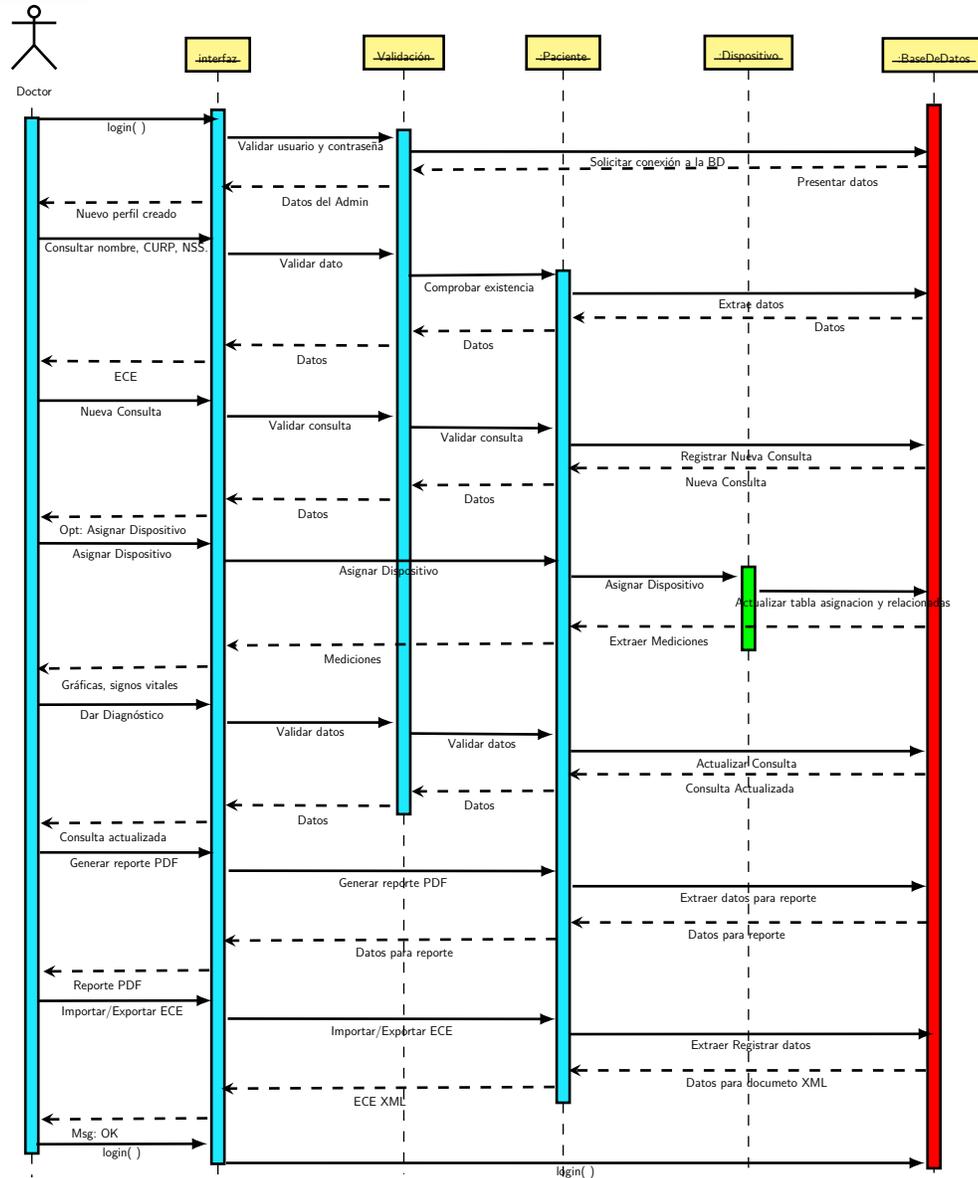


Figura 4.6: Diagrama de Secuencia Médico

Fuente: Elaboración propia (2014)

### Diagrama de Secuencias Trabajador Social

En el siguiente diagrama de secuencias se muestran las acciones que realiza el trabajador social y la reacción del sistema ante cada una de ellas.

El trabajador social inicia la secuencia introduciendo sus credenciales (usuario y contraseña) por medio de la interfaz. Se validan las credenciales del trabajador social y si estos datos coinciden con los registros de la base de datos, el trabajador social puede acceder al módulo del sistema correspondiente, el cual contiene las tareas que le conciernen, como agregar, actualizar y consultar datos personales de los pacientes.

La secuencia que siguen las tareas anteriormente citadas, es la siguiente: Una vez que el trabajador social se ha autenticado puede iniciar una petición (consultar, actualizar o agregar) que se realiza directamente a la interfaz, la cual a su vez envía la petición a la entidad correspondiente para indicarle el procedimiento que se debe seguir para después realizar la tarea especificada por el trabajador social.

El mensaje llega a la base de datos donde se recuperan, actualizan o insertan los datos requeridos por el trabajador social (dependiendo de la acción que haya elegido).

Una vez hecho esto, se devuelve un mensaje indicando el estatus de la tarea (si se pudo llevar a cabo, existe un error de conexión a la base de datos, o algún otro error). Dicho mensaje llega hasta la interfaz para que el usuario esté enterado del resultado de la acción que realizó.

Para terminar la sesión, el trabajador social envía la solicitud a la interfaz y esta a su vez a la base de datos (véase *Figura 4.7*)

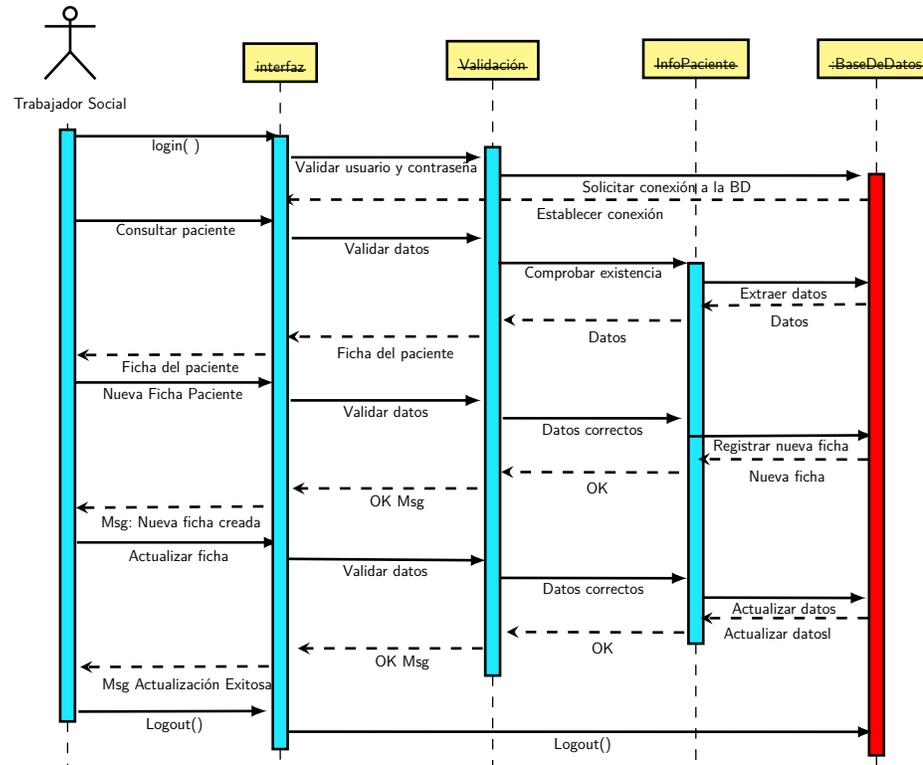


Figura 4.7: Diagrama de Secuencia Trabajador Social

*Fuente: Elaboración propia (2014)*

### Diagrama de Secuencia Paciente

En este diagrama de secuencias se inicia con una petición de acceso al sistema realizada por el paciente. Introduce sus credenciales (usuario y contraseña). Se validan los datos y se comparan con los registros de la base de datos. Se establece la conexión de la base de datos y el paciente accede al sistema (solo cuando las credenciales sean las correctas).

El paciente puede revisar sus datos personales, su historial de consultas y su ECE. Para terminar la sesión el paciente social envía la solicitud a la interfaz y esta a su vez a la base de datos (véase Figura 4.8).

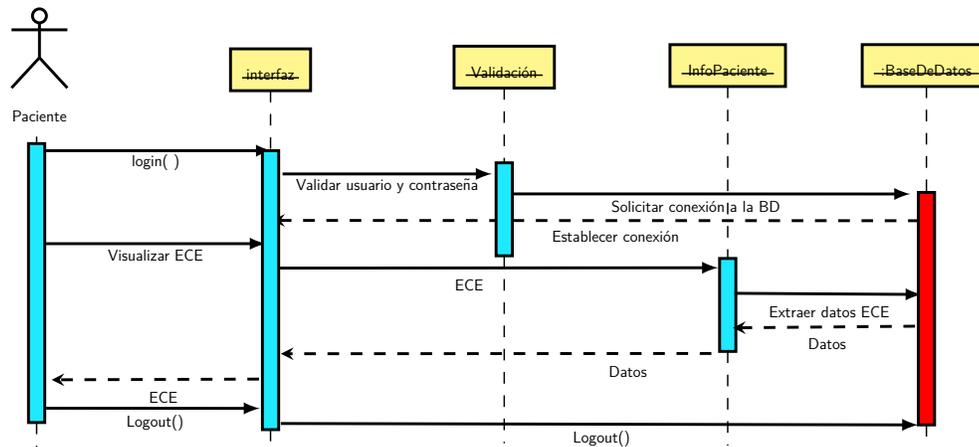


Figura 4.8: Diagrama de Secuencia Paciente  
Fuente: Elaboración propia (2014)

### Diagrama de Secuencias del Dispositivo Médico Inalámbrico

En este caso el dispositivo médico se convierte en un actor para ser representado en el presente diagrama, por tratarse de una pieza de hardware los tiempos de respuesta y acción son relativamente muy pequeños. Se inicia con el dispositivo médico conectándose a la base de datos, la cual a través del protocolo TCP regresa una respuesta al dispositivo.

Una vez ocurrido esto, se inicia con el censado de signos vitales, datos que son procesados por el dispositivo y transformados en paquetes TCP que el sistema está esperando (véase Figura 4.9).

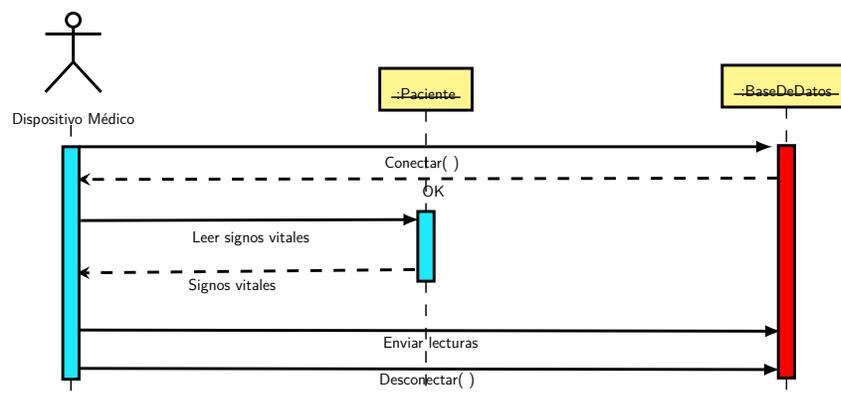


Figura 4.9: Diagrama de Secuencia Biodispositivo  
Fuente: Elaboración propia (2014)

4.2.1.2.3. Diagrama General de Clases basado en el Estándar HL7

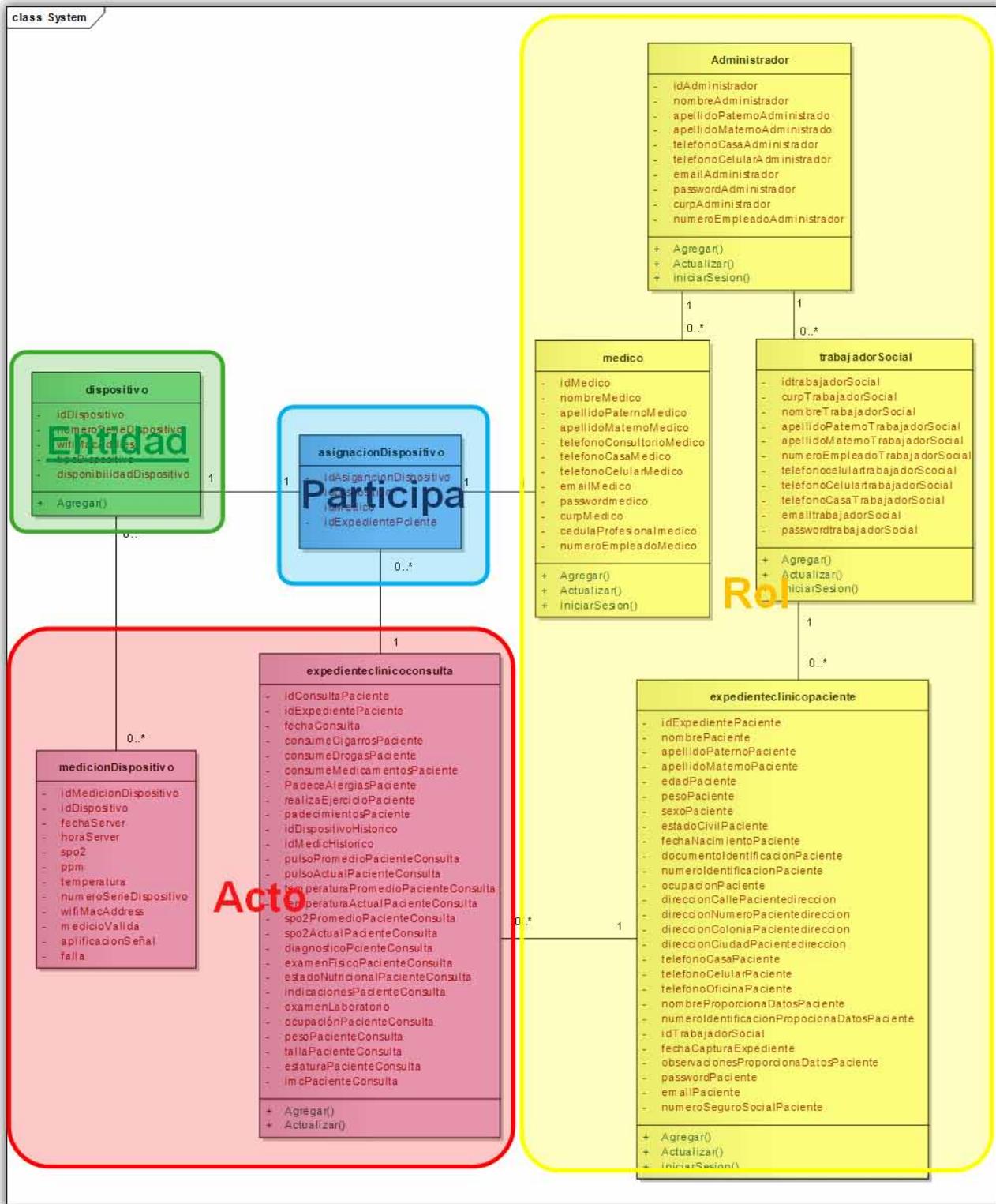


Figura 4.10: Diagrama de Clases del Sistema con base en el Modelo RIM HL7v3

Fuente: Elaboración propia (2014)

A continuación se muestra el diagrama de clases donde se identifican las cuatro principales clases de acuerdo con el modelo RIM.

Está en dos partes, el *backend* y el *frontend*; para este último se encuentra parte de las vistas de usuario. Finalmente, en el *backend* están las acciones que el usuario no verá (*véase Figura 4.10*).

- **Entidad:** Como entidad hemos identificado al dispositivo médico por ser una “cosa”, con la capacidad de interaccionar con roles a través de una participación.
- **Rol:** Hemos identificado los roles: administrador, médico, trabajador social, paciente, gracias a los cuales los actos van a poder ser llevados a cabo.
- **Acto:** Hemos identificado dos actos: Las mediciones que se van a requerir constantemente y las consultas que han sido hechas, y esta información es resultado de las clases rol y entidad.
- **Participación:** La participación es la clase clave, ya que nos permite vincular a la clase Acto, Rol y entidad.

#### 4.2.1.2.4. Modelo de Casos de Uso

Para el desarrollo del sistema SCMP-BM, se partió de cada caso de uso para el diseño del mismo. En esta parte el análisis de cada caso de uso permitirá conocer las funciones o métodos a ser programados, ya que forman parte de los requerimientos del estándar HL7.

#### Caso de Uso del Administrador

En el siguiente diagrama de casos de uso se muestra uno de los escenarios que da inicio a la administración de la mayoría de los actores, siendo Administrador el principal actor que realizará altas, consultas y actualizaciones al sistema de los médicos, dispositivos y de otros administradores (*véase Figura 4.11*).



El caso de uso del biodispositivo o dispositivo médico está compuesto por dos actores: el dispositivo y el paciente. El dispositivo realiza las mediciones de los pulsos por minuto, la temperatura corporal y el nivel de oxígeno en la sangre. Estas mediciones son enviadas a la base de datos del sistema (véase Figura 4.12).

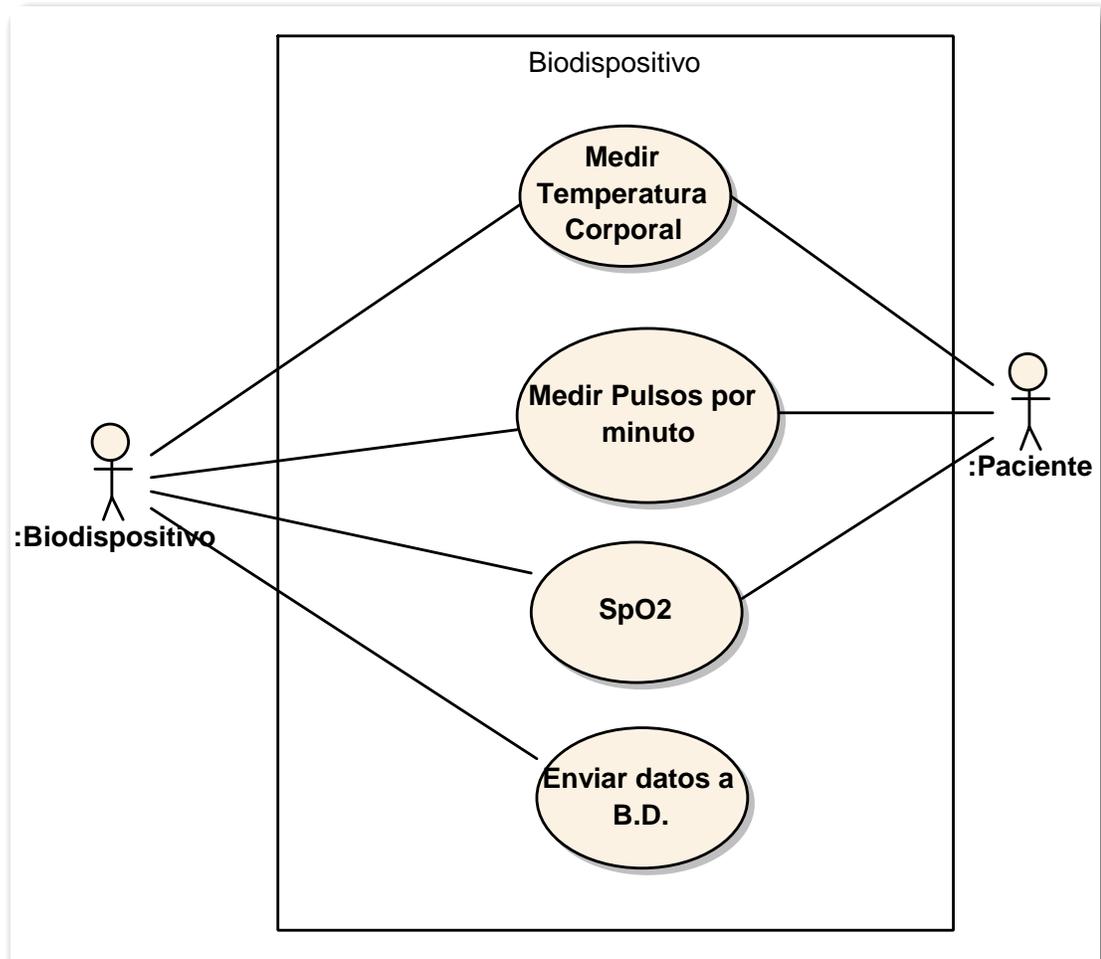


Figura 4.12: Diagrama de Caso de Uso: Biodispositivo

Fuente: Elaboración propia (2014)

### Caso de Uso de Médico

En el siguiente diagrama de casos de uso se muestra el caso del uso del médico, las acciones que realiza son: consultar el historial del paciente, realizar consultas, asignar un dispositivo y dar un diagnóstico al paciente. Puede generar reportes en formato PDF, exportar o importar el expediente clínico del paciente en formato XML. Además, puede consultar la información de su perfil y actualizar su contraseña (véase Figura 4.13).

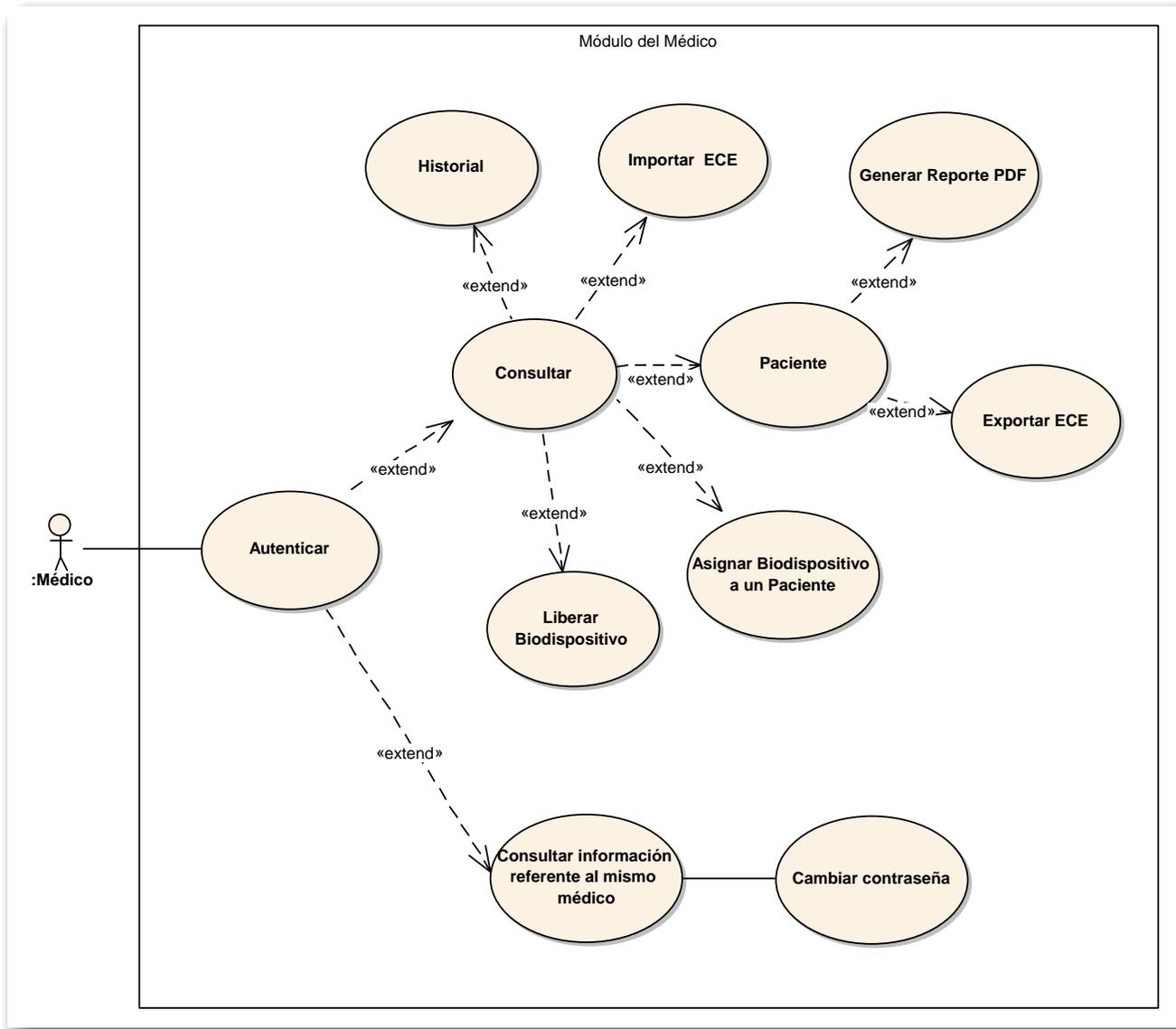


Figura 4.13: Diagrama de Caso de Uso: Médico

Fuente: Elaboración propia (2014)

## Caso de Uso del Paciente

En el siguiente diagrama de casos de uso se muestra el caso de uso del paciente, quien tiene el derecho a consultar su información personal, como el expediente clínico electrónico, y puede consultar información de contactos, como nombres y números de teléfono, para cualquier emergencia o aclaración, ya sea información del médico o de un trabajador social (véase Figura 4.14).

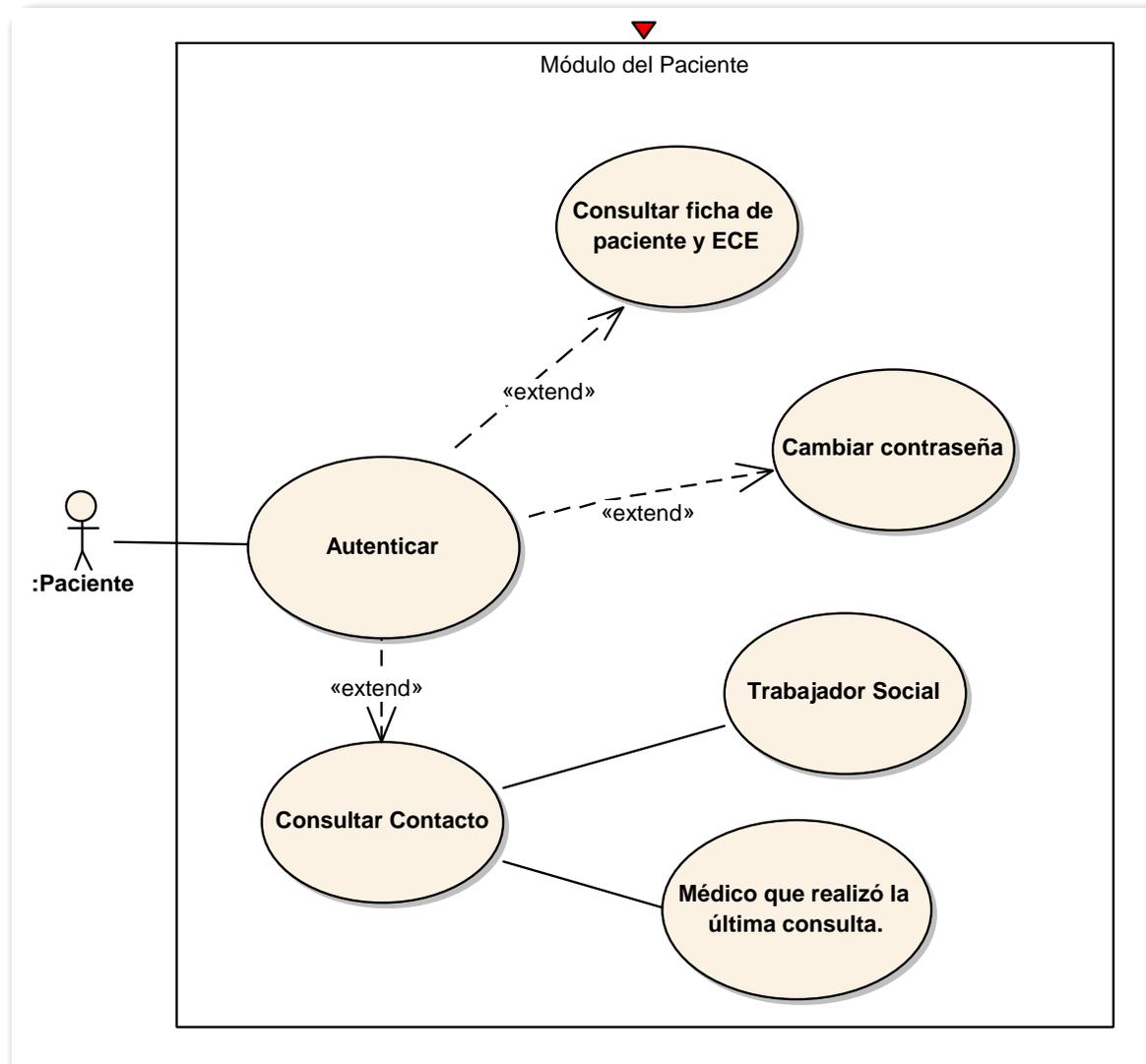


Figura 4.14: Diagrama de Caso de Uso: Paciente

Fuente: *Elaboración propia (2014)*

### Caso de Uso del Trabajador Social

En el siguiente diagrama de casos de uso se muestra el escenario del trabajador social, quien es el encargado de registrar, consultar y actualizar los datos de los pacientes. También puede consultar la información de su perfil y actualizar la contraseña. Este diagrama de uso da inicio a la reducción de tiempos, ya que con una sola captura de los datos del paciente se vuelve innecesario llenar y llenar formatos en papel (véase Figura 4.15).

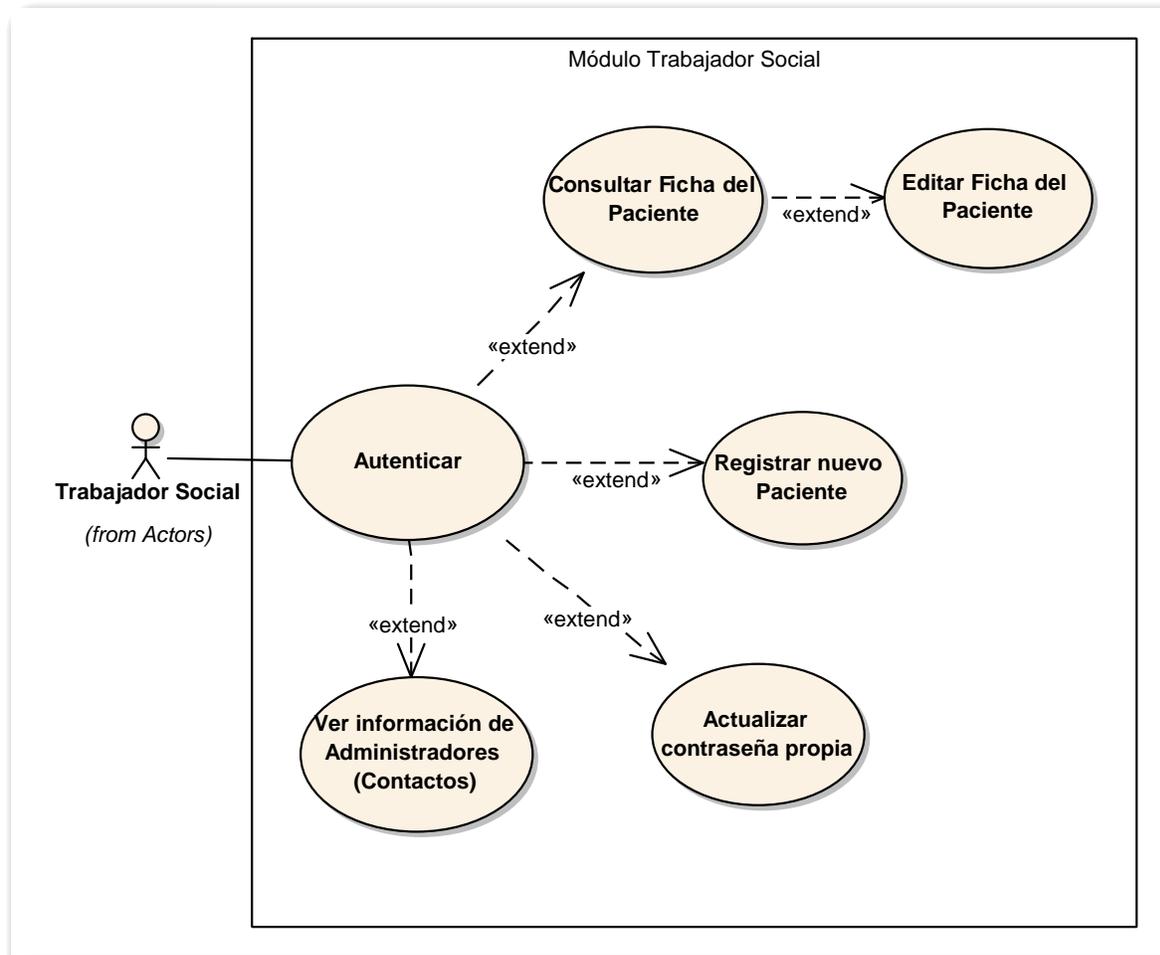


Figura 4.15: Diagrama de Caso de Uso: Trabajador Social

Fuente: Elaboración propia (2014)

#### 4.2.1.2.5. Diagrama de Estado para la Lectura y Monitorización de Signos Vitales

En la figura 4.16 se muestra el diagrama de estados de la lectura y monitorización de signos vitales. Los estados que se muestran son:

- **Disponible:** Este estado indica que el médico ha asignado un dispositivo a un paciente y está listo para realizar las lecturas.
- **Operando:** El dispositivo está realizando las mediciones de SpO<sub>2</sub> %, Ppm y temperatura corporal. Estas mediciones se envían a la base de datos.
- **Mostrar datos:** Los datos recolectados se muestran por medio de gráficas y en formularios de forma clara y ordenada para ser interpretados por el médico.

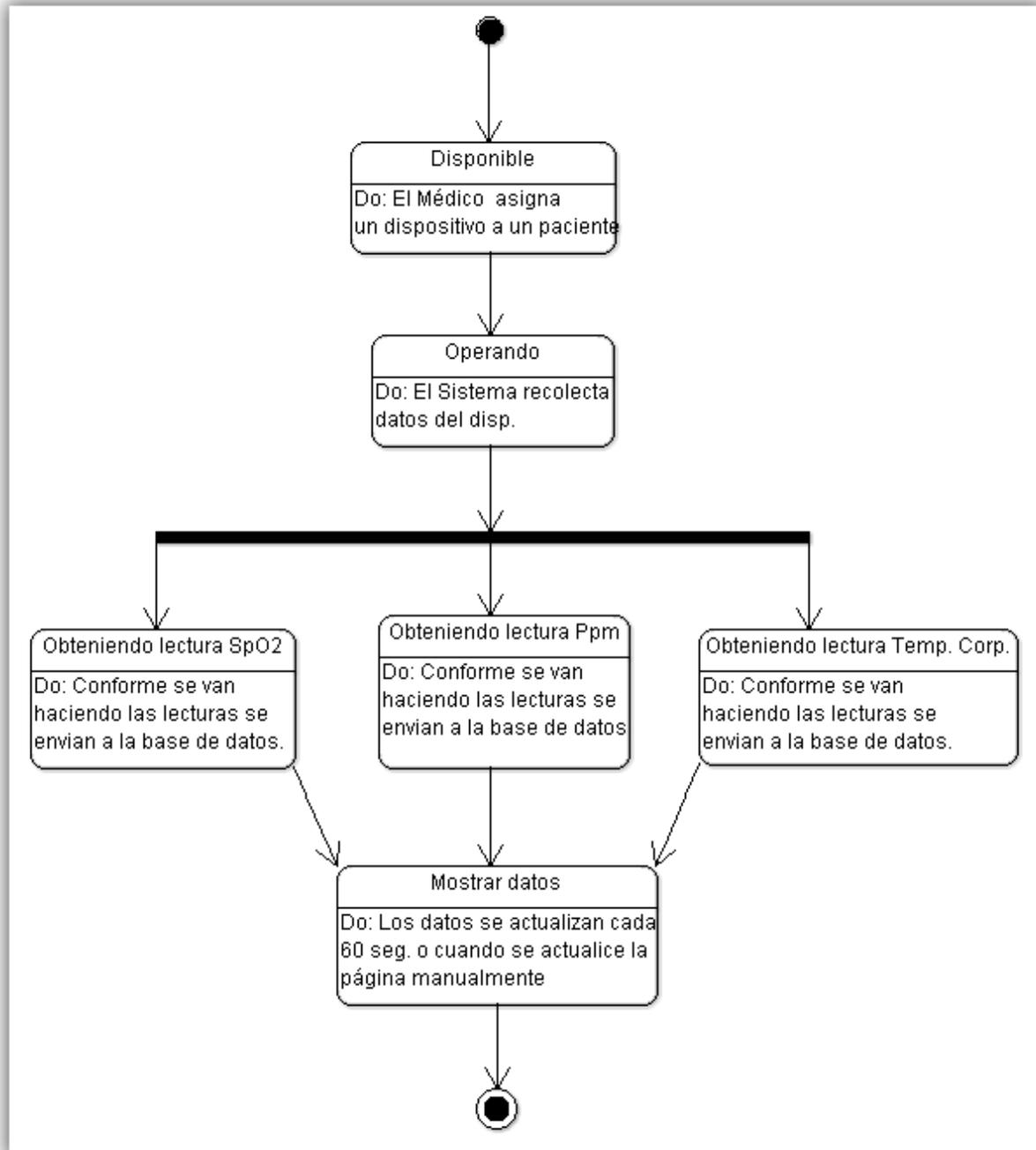


Figura 4.16: Diagrama de Estados de la lectura y monitorización de signos vitales  
Fuente: *Elaboración propia (2014)*

#### 4.2.1.2.6. Diagrama de Actividades

En los diagramas de actividades de las figuras 4.17 y 4.18 se detallan las actividades que integran el proceso para exportar e importar un ECE y el flujo de control de una actividad a otra.

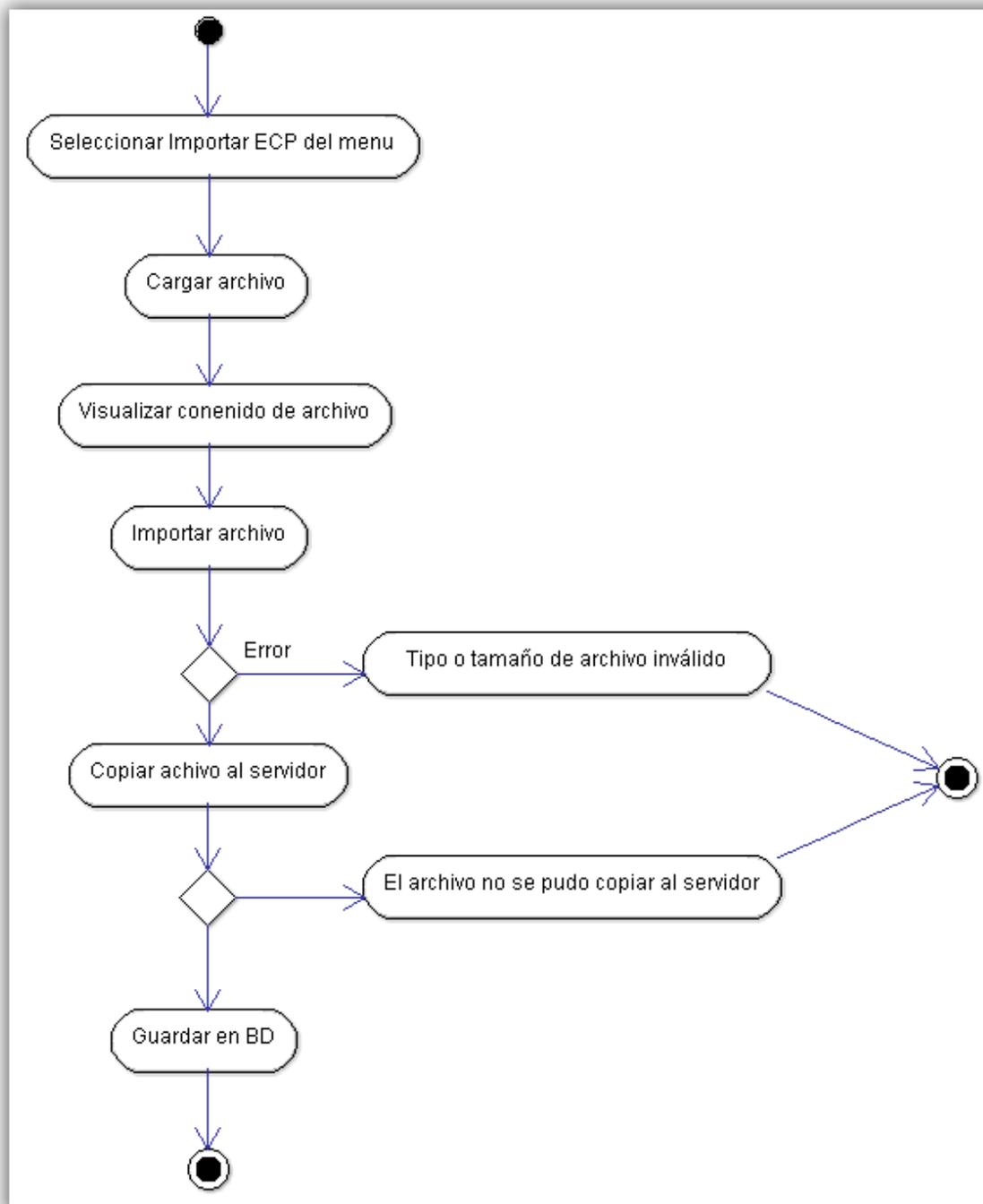


Figura 4.17: Diagrama de Actividades Importar ECE.

Fuente: *Elaboración propia (2014)*



Figura 4.18: Diagrama de Actividades Exportar ECE

Fuente: *Elaboración propia (2014)*

## 4.2.2. Diseño del Sistema

### 4.2.2.1. Ingeniería de Software y sus Requerimientos IEEE

Todo sistema de información se basa en un estándar SRS (SRS, por sus siglas en inglés *Software Requirements Specifications*). Dado que la industria ya ha recorrido un largo camino cometiendo errores en el desarrollo de sistemas [126] y para minimizar costos en el desarrollo y evitar lo ya mencionado, es conveniente aplicar un conjunto de reglas que ayuden a tener más claros los requerimientos iniciales de todo sistema tomando en cuenta las especificaciones del software, como el entorno, las características, el desarrollo, los prototipos, la conectividad, etc. Para este trabajo se hará uso del IEEE Std 830-1998 [127].

#### 4.2.2.1.1. Requerimientos Funcionales y No Funcionales

Tabla 4.2: Requerimientos No Funcionales

Fuente: *Elaboración Propia (2014).*

Propiedad	Medida
Disponibilidad	Al ser una aplicación web, se tiene la certeza de que se podrá acceder a la información a cualquier hora del día, siempre y cuando se cuente con una computadora, celular inteligente, tableta o cualquier otro dispositivo con conexión a internet.
Confidencialidad	Se debe contar con diferentes tipos de perfiles para cada usuario. Cada uno de ellos (como puede notarse en los casos de uso) debe tener definidos diferentes permisos para tratar la información y consultarla. Se permite acceder al sistema si y solo si se tienen las credenciales necesarias (nombre de usuario y contraseña). Con el manejo de sesiones que ofrece PHP es posible implementar este requerimiento crítico. MySQL cuenta con mecanismos de seguridad intrínsecos.
Integridad	HTML5 permite validar los datos de un formulario por medio de la especificación de los tipos de datos, definición de rangos y patrones de formatos. El dispositivo médico enviará automáticamente los registros de las lecturas a la base de datos, registros como signos vitales, hora y fecha, disponibilidad del dispositivo. Así se reduce al máximo la probabilidad de que el personal involucrado cometa errores al introducir los datos en el sistema.
Capacidad de almacenamiento	El espacio de almacenamiento en disco será ilimitado (característica que brinda el servicio de alojamiento web elegido).
Velocidad	El ancho de banda será ilimitado (característica que brinda el servicio de alojamiento Web elegido).
Facilidad de uso	El diseño de la interfaz del sistema deberá ser intuitivo, con una estructura bien organizada y con una vista atractiva a los usuarios. Estos requerimientos serán cubiertos por medio del uso de CCS, HTML5 y Javascript.

#### 4.2.2.1.2. Generar Reportes

Cada vez que un médico, un trabajador social o un paciente acceden a cada módulo, se está creando un reporte con información que está en la base de datos. Una vez establecida la conexión con la misma (véase *Ejemplo 3.2*) la información es extraída a través de un JavaBean [3.1.8.2.1.1](#), el cual permitirá un manejo más dinámico de la información a tratar y así se podrá desplegar en pantalla, exportar en un xml, generar un reporte en formato PDF, etc.

Veamos un ejemplo en MySQL de lo previamente mencionado.

Código Fuente 4.1: Ejemplo de uso de un Bean

```

/**
 * Obtiene todos los datos del paciente con base en su CURP.
 * @param curpPaciente CURP del paciente
 * @return Detalle del expediente del paciente
 */
public FullExpedientePacienteyConsultas
getBuscarDatosPaciente(String curpPaciente) {

    ResultSet rs = null;

```

```

// Crea la instancia donde se guardara el resultado de la base
de datos
FullExpedientePacienteyConsultas resultado = new
FullExpedientePacienteyConsultas ();

try {
// Crea un objeto con la consulta a realizar en al base de datos
preparedStmtSQL = conectorBD.prepareStatement(
"SELECT * " + "FROM ExpedienteClinicoPaciente " +
"WHERE curpPaciente = ?");
// Asigna el valor de curpPaciente al primer ? del query anterior
preparedStmtSQL.setString(1, curpPaciente);
// Ejecuta la consulta
rs = preparedStmtSQL.executeQuery();

// Valida si hay un siguiente registro en la lista de resultados
while (rs.next()) {
// Guarda en la variable resultado los datos que se
obtienen de la BD

resultado.setIdExpedientePaciente(rs.getInt("idExpedientePaciente"));
resultado.setNombrePaciente(rs.getString("nombrePaciente"));
}

//Valida si hay alguna exception al realizar las consultas
} catch (SQLException e) {

```

#### 4.2.2.1.3. Generar Reporte de Consulta en Formato PDF

Con ayuda del *framework* y reutilizando algunos JavaBeans se genera el reporte en PDF; el formato está definido por un esquema que es interpretado por iReports.

Código Fuente 4.2: Ejemplo para generar un PDF

```

/**
 * Genera un reporte en pdf a partir de una plantilla en jasper
 * @param evt
 */
private void jButton2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {

// Genera un filtro para obtener solamente los archivos con
extension .pdf
FileNameExtensionFilter pdffilter = new
FileNameExtensionFilter("PDF files (*.pdf)", "pdf");
fileChooser.setFileFilter(pdffilter);

// Muestra el dialogo para seleccionar un archivo
int returnVal = fileChooser

.showSaveDialog(vistaPacienteVistaMedicoAsignacionBiodipositivo.this);

// Valida si se selecciono un documento
if (returnVal == JFileChooser.APPROVE_OPTION) {
File file = null;
try {

// Obtiene el archivo seleccionado
file = fileChooser.getSelectedFile();
System.out.println("Saving: " + file.getName() +
".pdf" + newline);
// Crea un mapa para almacenar los parametros que se
enviaran al reporte
HashMap<String, Object> hm = new HashMap<String, Object>();
// Almacena el id de consulta para enviar al reporte
hm.put("idConsulta",
Integer.parseInt(jTextFieldIDConsulta.getText()));

```

```

// Genera una instancia para crear un reporte con Jasper
JasperReport jasperReport;
// Genera una instancia para imprimir un reporte con Jasper
JasperPrint jasperPrint;
// Se obtiene la plantilla para generar el reporte
jasperReport = JasperCompileManager

.compileReport("C:/Users/VictorJalil/Documents/NetBeansProjects/Reportes/reporte.jrxml");
// Se crea una conexion a la base de datos que se
utilizara al crear el reporte
establecerConexion.abrirConexionDB();
// Se genera el reporte en formato binario
jasperPrint = JasperFillManager.fillReport(jasperReport, hm,
establecerConexion.getConnection());
// Se imprime el formato binario a un archivo pdf
JasperExportManager.exportReportToPdfFile(jasperPrint,
file + ".pdf");

establecerConexion.cerrarConexionDB();

```

El archivo “reporte.jrxml” es un archivo que produce el IDE de la aplicación **iReports** para generar el reporte.

Será de dos formas; capturar los datos desde la vista del trabajador social o por importación del ECE via XML basado en HL7.

#### 4.2.2.1.4. Buscar un Paciente

Código Fuente 4.3: Ejemplo para buscar un Paciente en la BD

```

/**
 * Obtiene los datos del expediente clinico del paciente
 * @param curpPaciente CURP del paciente
 * @return Detalle del expediente clinico del paciente
 */
public FullExpedientePacienteyConsultas
getBuscarDatosPaciente(String curpPaciente) {

    ResultSet rs = null;
    FullExpedientePacienteyConsultas resultado = new
FullExpedientePacienteyConsultas();

    try {
        // Crea un objeto con la consulta a realizar en al base de datos
        preparedStmtSQL = conectorBD.prepareStatement("SELECT * "
+ "FROM ExpedienteClinicoPaciente " + "WHERE
curpPaciente = ?");
        // Asigna los valores de las variables a los ? de acuerdo
a su posicion
        preparedStmtSQL.setString(1, curpPaciente);
        // Ejecuta la consulta
        rs = preparedStmtSQL.executeQuery();

        // Valida si hay un siguiente registro en la lista de resultados
        while (rs.next()) {
            // Guarda en la variable resultado los datos que se
obtienen de la BD

            resultado.setIdExpedientePaciente(rs.getInt("idExpedientePaciente"));
            resultado.setNombrePaciente(rs.getString("nombrePaciente"));

            resultado.setApellidoPaternoPaciente(rs.getString("apellidoPaternoPaciente"));
        }
        //Valida si hay alguna exception al realizar las consultas
    } catch (SQLException e)

```

#### 4.2.2.1.5. Importación y Exportación en XML basado en HL7

Después de haber especificado el tipo de mensaje que enviará la información y el medio por el cual va a ser enviado, es necesario crear el código que extraiga la información de la base de datos y la empaquete en el mensaje. La implementación de esta etapa será particular al sistema en el que se esté desarrollando, ya que depende de los esquemas de la base de datos y el lenguaje de programación que utiliza el sistema. En Java es recomendable generar una clase correspondiente a cada elemento del mensaje, así se puede crear un objeto con la información que debe contener el elemento. Al crear estas clases es necesario contemplar los elementos que pueden repetirse y los que solamente pueden aparecer una vez en el mensaje. Para lograrlo, se puede utilizar la herramienta XJC, la cual es parte del JDK (Java Developer Kit). Esta herramienta recibe como entrada un archivo XSD y genera las clases correspondientes a cada uno de los elementos indicados en el XSD.

Dentro del estándar HL7, en la sección [EHR-S](#), se establecen los lineamientos para el manejo de información médica, para lo cual se hará uso de un archivo XSD (XML Schema Definition), que contiene las definiciones necesarias para la implementación del estándar HL7. Para más detalles en el código, (véase *Apéndice .0.2*).

#### 4.2.3. Diseño de la Base de Datos

Se propone el uso del protocolo HL7, por ello el uso de las registros como: idMedicionDispositivo, idDispositivo, fechaServer, horaServer, spo2, ppm, temperatura, estadoBateria, numeroSerieDispositivo, wifiMacAddress, estadoDispositivo, medicionValida, pletismografia, calidadSenial, amplificacionSenial, falla, mensajeErrorDispositivo, tomando como ejemplo la comunicación OBX (*Observation Result Segment*) a nivel de hardware; esta es la propuesta para almacenar las lecturas del Paciente en la Base de Datos directamente.

Utilizando el diagrama E-R de la sección [4.2.1.2.1](#) se ha definido el esquema de la base de datos relacional. En este esquema se definen las tablas, los campos en cada tabla, sus relaciones y sus llaves primarias para identificar de forma única a cada una de las filas que integran cada una de las tablas (véase *Figura 4.10*).

- Tabla: **administrador**
- Tabla: **asignaciondispositivo**
- Tabla: **dispositivo**
- Tabla: **expedienteclinicopaciente**
- Tabla: **expedienteclinicopacienteconsultas**
- Tabla: **mediciondispositivo**
- Tabla: **medico**
- Tabla: **trabajadorsocial**

MENSAJE POR MEDICIÓN												
idMedicionDispositivo	idDispositivo	fechaServer	horaServer	spo2	ppm	temperatura	estadoBateria	numeroSerieDispositivo	wifiMacAddress	estadoDispos	medicionValida	
1001	15	10/11/2013	11:00	89	78	32	90	OXI00011AS	ABBABS88	ok	si	
DA_DB	DA_DB	DA_DB	DA_DB	DA_D	DA_D	DA_Dispo	DA_Dispo	DA_Dispo	DA_Dispo	DA_Dispo	DA_Dispo	

Figura 4.19: Trama de datos que generará el Biodispositivo

Fuente: *Elaboración propia (2014)*

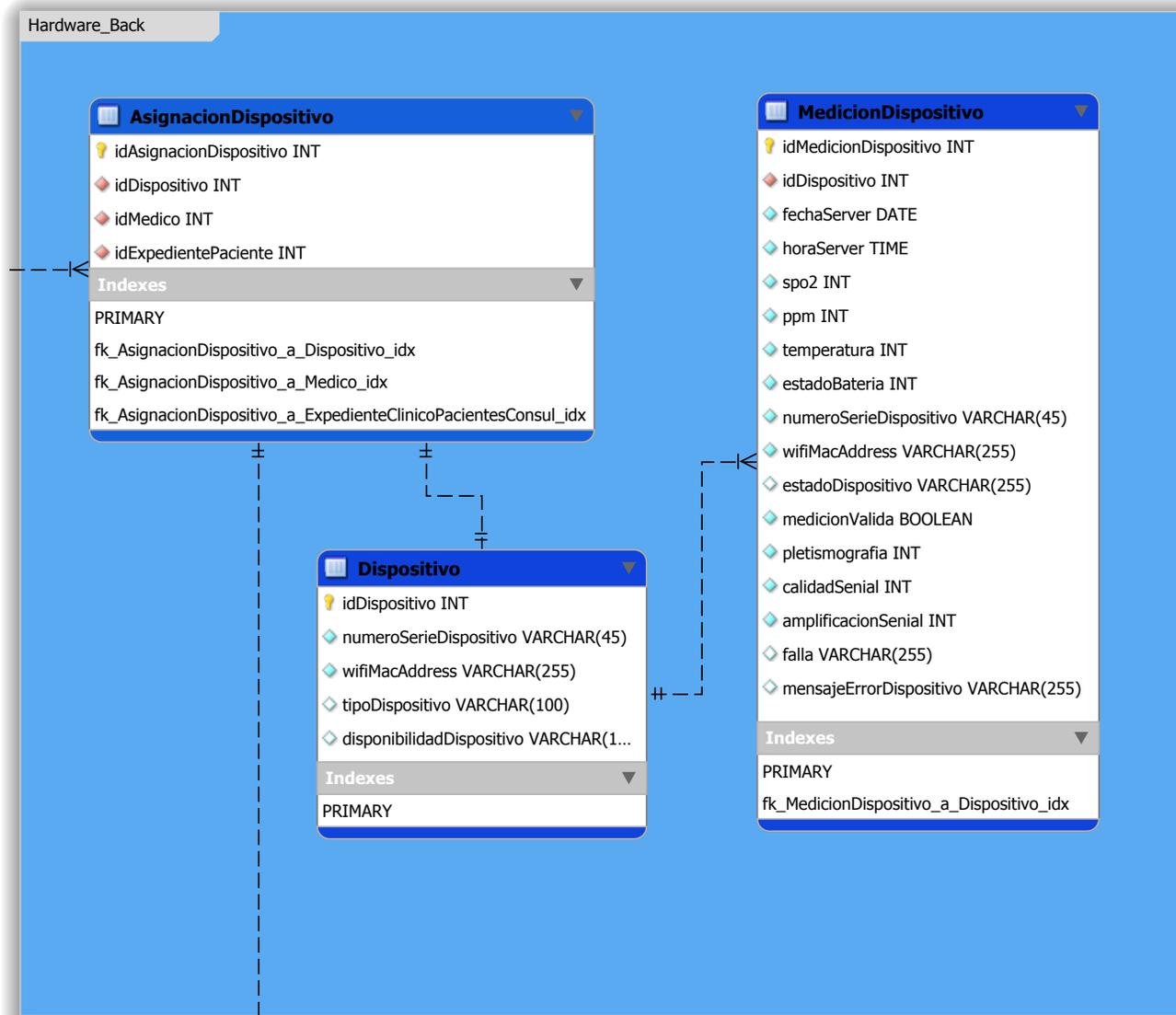


Figura 4.20: Tablas para el control de los Biodispositivos

Fuente: Elaboración propia (2014)

Para la parte del paciente y su expediente clínico se propone el uso del ECE “Expediente Clínico Electrónico”. Para este punto se ha tomado en cuenta al mismo HL7 y la NOM Mexicana correspondiente, y para ello necesitamos la siguiente información del paciente, desde su propio ExpedienteClinicoPaciente, así como un control de cada visita que tiene el paciente con su médico tratante ExpedienteClinicoPacienteConsultas.



Figura 4.21: Tablas que hacen uso del estándar HL7

Fuente: Elaboración propia (2014)

Finalmente, así es el primer prototipo de la BD del Sistema, tanto para la versión Escritorio como para la versión Web.

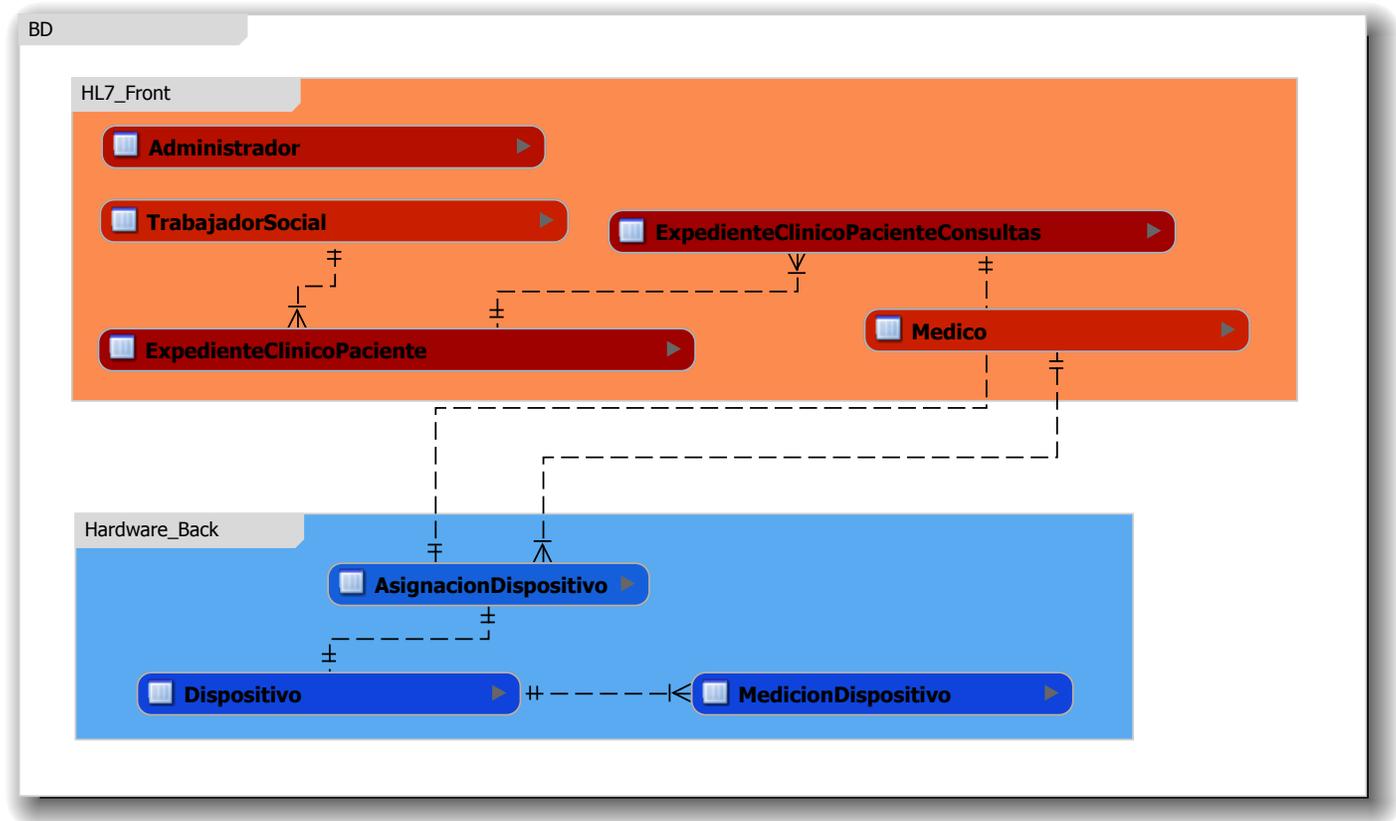


Figura 4.22: Base de Datos completa  
Fuente: *Elaboración propia (2014)*

Con esta Base de Datos se realizarán las dos versiones del sistema.

#### 4.2.4. Diseño de la Aplicación

Tomando en cuenta todo el conocimiento previo y análisis se proponen dos versiones de la aplicación, como se muestra en la *Figura 4.23*. Sistemas Operativos diferentes y lenguajes de programación diferentes cumpliendo con el mismo propósito.

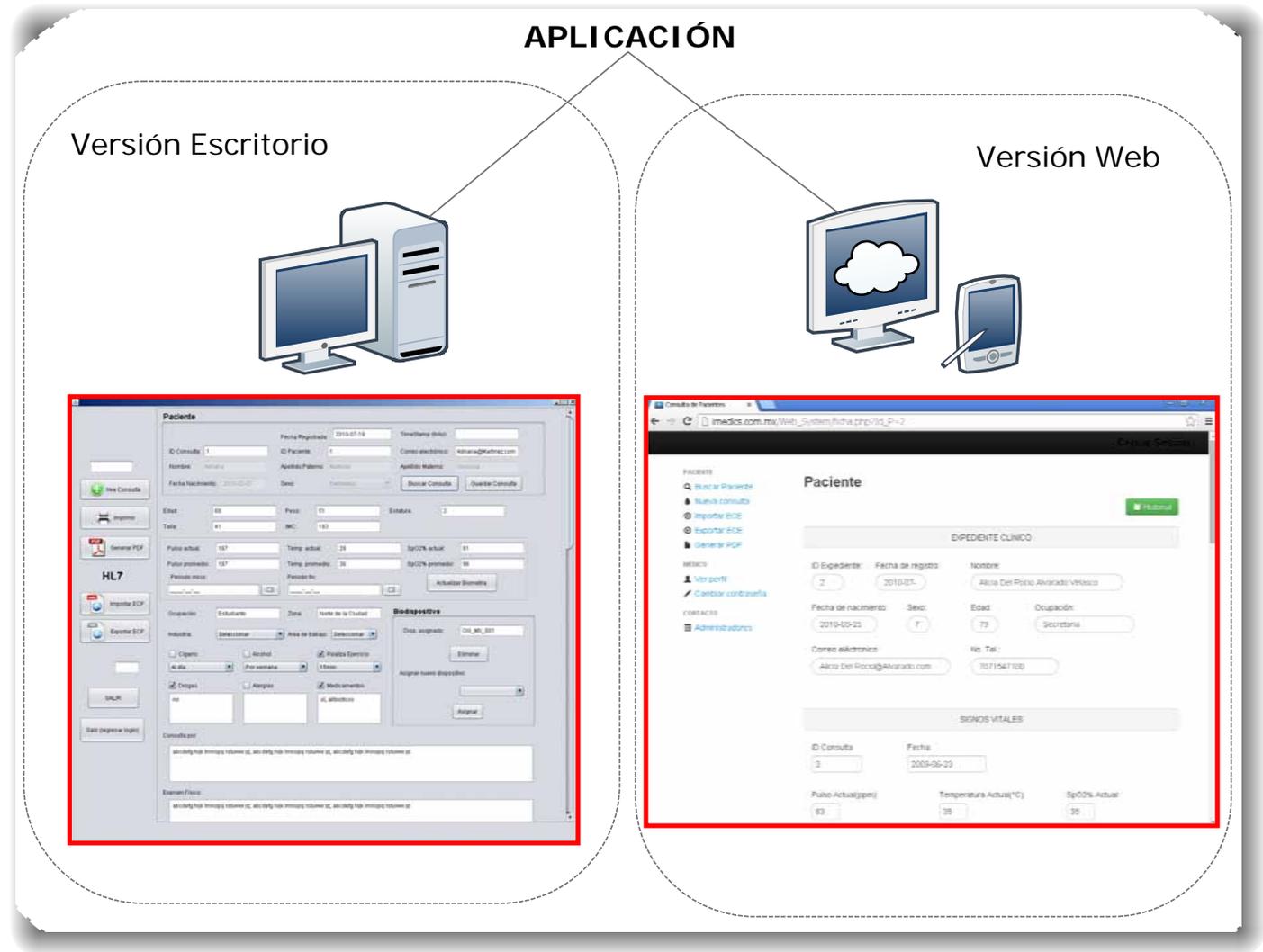


Figura 4.23: Tipos de aplicación

Fuente: *Elaboración propia (2014)*

##### 4.2.4.1. Sistema *Desktop*

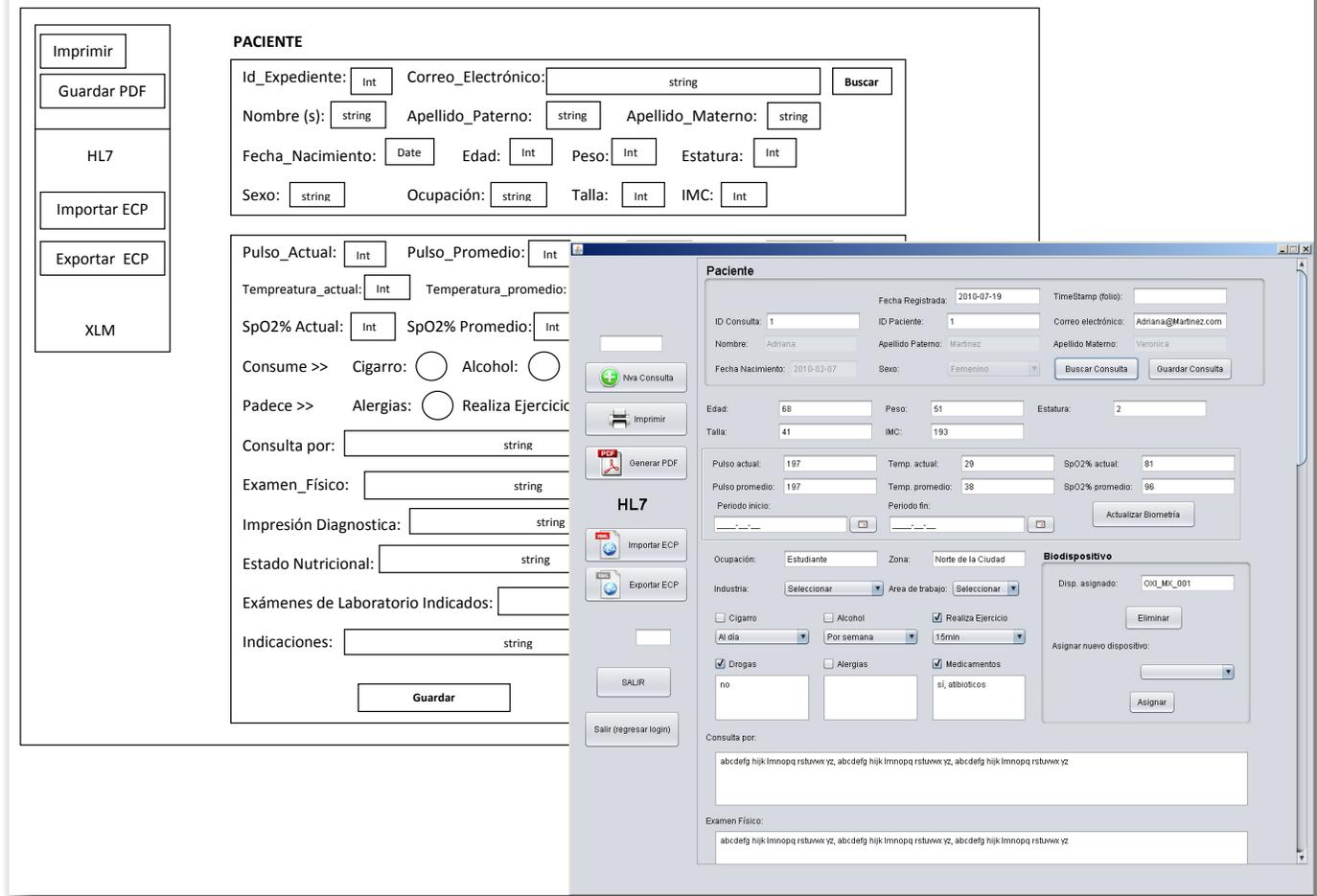
Aquí se mostrará el resultado del sistema realizado en Java, y es la versión de Escritorio o *Desktop*, debido a que su ejecución será de manera local, ya sea en la clínica o el hospital.

##### 4.2.4.2. FrontEnd

Para la parte “Frontal” o *FronEnd*, es la vista que ve el usuario final, en este caso el médico, el trabajador social o el propio paciente dentro del hospital.

#### 4.2.4.2.1. Vista Básica Funcional según la Norma Mexicana El diseño está basado en la norma mexicana [11].

Vista: Paciente Vista de Médico y Asignación de Biodispositivo (Médico)

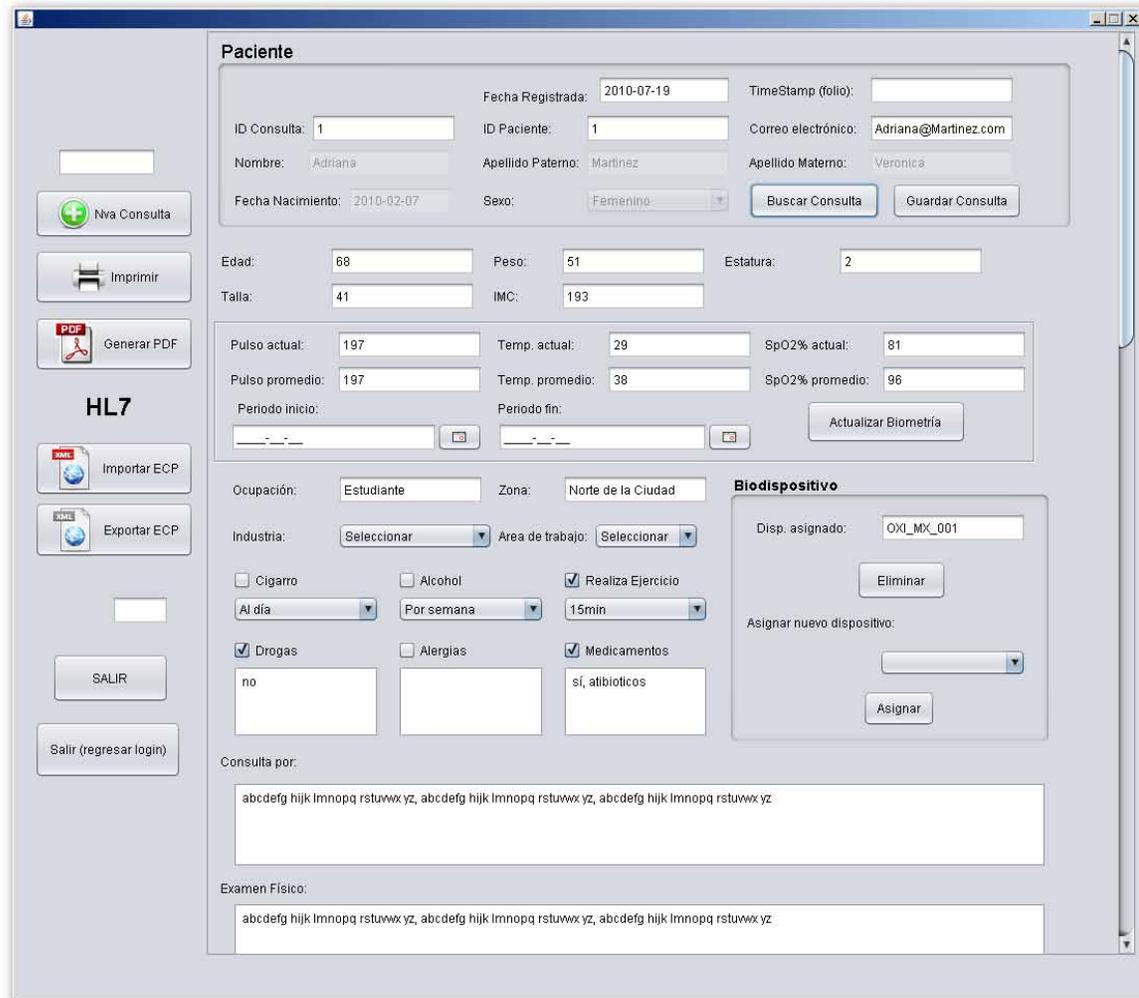


The screenshot displays a web-based form for patient data entry and device assignment. The form is organized into several sections:

- Left Sidebar:** Contains navigation and action buttons: 'Imprimir', 'Guardar PDF', 'HL7', 'Importar ECP', 'Exportar ECP', and 'XLM'.
- PACIENTE Section:**
  - Fields: Id\_Expediente (Int), Correo\_Electrónico (string), Nombre (s) (string), Apellido\_Paterno (string), Apellido\_Materno (string), Fecha\_Nacimiento (Date), Edad (Int), Peso (Int), Estatura (Int), Sexo (string), Ocupación (string), Talla (Int), IMC (Int).
  - Buttons: 'Buscar'.
- Vital Signs Section:**
  - Fields: Pulso\_Actual (Int), Pulso\_Promedio (Int), Temperatura\_actual (Int), Temperatura\_promedio (Int), SpO2% Actual (Int), SpO2% Promedio (Int).
  - Buttons: 'Nva Consulta', 'Imprimir', 'Generar PDF'.
- HL7 Section:**
  - Buttons: 'Importar ECP', 'Exportar ECP'.
- Form Fields:**
  - Consumo >>: Cigarro (radio), Alcohol (radio).
  - Padece >>: Alergias (radio), Realiza Ejercicio (radio).
  - Consulta por: (string)
  - Examen\_Físico: (string)
  - Impresión Diagnostica: (string)
  - Estado Nutricional: (string)
  - Exámenes de Laboratorio Indicados: (string)
  - Indicaciones: (string)
  - Buttons: 'Guardar', 'SALIR', 'Salir (regresar login)'.
- Paciente (Detailed View) Section:**
  - Fields: ID Consulta (1), ID Paciente (1), Correo electrónico (Adriana@Martinez.com), Nombre (Adriana), Apellido Paterno (Martinez), Apellido Materno (Veronica), Fecha Nacimiento (2010-02-07), Sexo (Femenino), Edad (68), Peso (51), Estatura (2), Talla (41), IMC (193).
  - Vital Signs: Pulso actual (197), Temp. actual (29), SpO2% actual (81), Pulso promedio (197), Temp. promedio (38), SpO2% promedio (96).
  - Buttons: 'Actualizar Biometria'.
  - Occupation: Estudiante, Zona: Norte de la Ciudad.
  - Industry: (dropdown), Area de trabajo: (dropdown).
  - Health Status: Cigarro (checkbox), Alcohol (checkbox), Realiza Ejercicio (checkbox checked), Drogas (checkbox checked), Alergias (checkbox), Medicamentos (checkbox checked).
  - Device Assignment:
    - Disp. asignado: OXI\_MX\_001.
    - Buttons: 'Eliminar', 'Asignar'.
    - Field: 'Asignar nuevo dispositivo:' (dropdown).
  - Consultas por: (text area with placeholder text).
  - Examen Físico: (text area with placeholder text).

Figura 4.24: Diseño: Vista Médico versión Escritorio  
Fuente: Elaboración propia (2014)

#### 4.2.4.2.1.1. Interfaz Gráfica del Médico



**Paciente**

Fecha Registrada: 2010-07-19    TimeStamp (folio):

ID Consulta: 1    ID Paciente: 1    Correo electrónico: Adriana@Martinez.com

Nombre: Adriana    Apellido Paterno: Martinez    Apellido Materno: Veronica

Fecha Nacimiento: 2010-02-07    Sexo: Femenino    **Buscar Consulta**    **Guardar Consulta**

Edad: 68    Peso: 51    Estatura: 2

Talla: 41    IMC: 193

Pulso actual: 197    Temp. actual: 29    SpO2% actual: 81

Pulso promedio: 197    Temp. promedio: 38    SpO2% promedio: 96

Periodo inicio:    Periodo fin:    **Actualizar Biometria**

Ocupación: Estudiante    Zona: Norte de la Ciudad

Industria: Seleccionar    Area de trabajo: Seleccionar

Cigarro     Alcohol     Realiza Ejercicio

Al día    Por semana    15min

Drogas     Alergias     Medicamentos

no       sí, antibioticos

**Biodispositivo**

Disp. asignado: OXI\_MX\_001

**Eliminar**

Asignar nuevo dispositivo:

**Asignar**

Consulta por:

abcdefghijklmnpqrstuvwxy, abcdefghijklmnpqrstuvwxy, abcdefghijklmnpqrstuvwxy

Examen Físico:

abcdefghijklmnpqrstuvwxy, abcdefghijklmnpqrstuvwxy, abcdefghijklmnpqrstuvwxy

**HL7**

**Nva Consulta**

**Imprimir**

**Generar PDF**

**Importar ECP**

**Exportar ECP**

**SALIR**

Salir (regresar login)

Figura 4.25: Vista: Médico versión Escritorio

Fuente: Elaboración propia (2014)

#### 4.2.4.3. Sistema Web

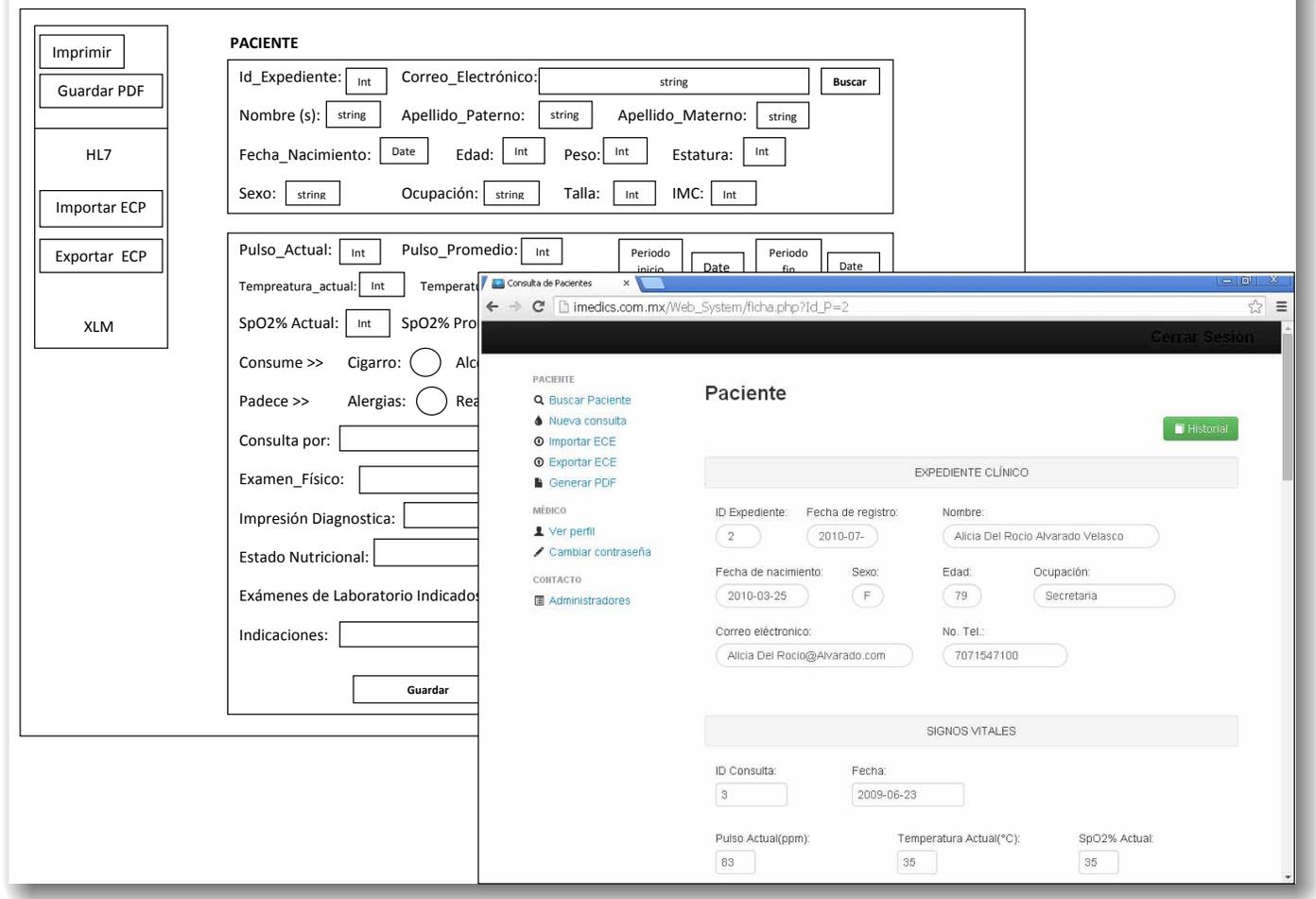
Aquí se mostrará el resultado del sistema realizado en PHP, y es la versión Web, debido a que su ejecución será de manera remota.

#### 4.2.4.4. FrontEnd

Para la parte “Frontal” o *FronEnd*, es la vista que ve el usuario final, en este caso el médico, el trabajador social o el propio paciente dentro del hospital.

#### 4.2.4.4.1. Vista Básica Funcional según la Norma Mexicana El diseño está basado en la norma mexicana [11].

Vista: Paciente Vista de Médico y Asignación de Biodispositivo (Médico)



**PACIENTE**

Id\_Expediente:  Correo\_Electrónico:

Nombre (s):  Apellido\_Paterno:  Apellido\_Materno:

Fecha\_Nacimiento:  Edad:  Peso:  Estatura:

Sexo:  Ocupación:  Talla:  IMC:

Pulso\_Actual:  Pulso\_Promedio:  Periodo\_inicio:  Periodo\_fin:

Temperatura\_actual:  Temperatura:

SpO2% Actual:  SpO2% Promedio:

Consumo >> Cigarro:  Alcoolismo:

Padece >> Alergias:  Reacciones:

Consulta por:

Examen\_Físico:

Impresión Diagnostica:

Estado Nutricional:

Exámenes de Laboratorio Indicados:

Indicaciones:

**Paciente**

EXPEDIENTE CLINICO

ID Expediente:  Fecha de registro:  Nombre:

Fecha de nacimiento:  Sexo:  Edad:  Ocupación:

Correo electrónico:  No. Tel.:

SIGNOS VITALES

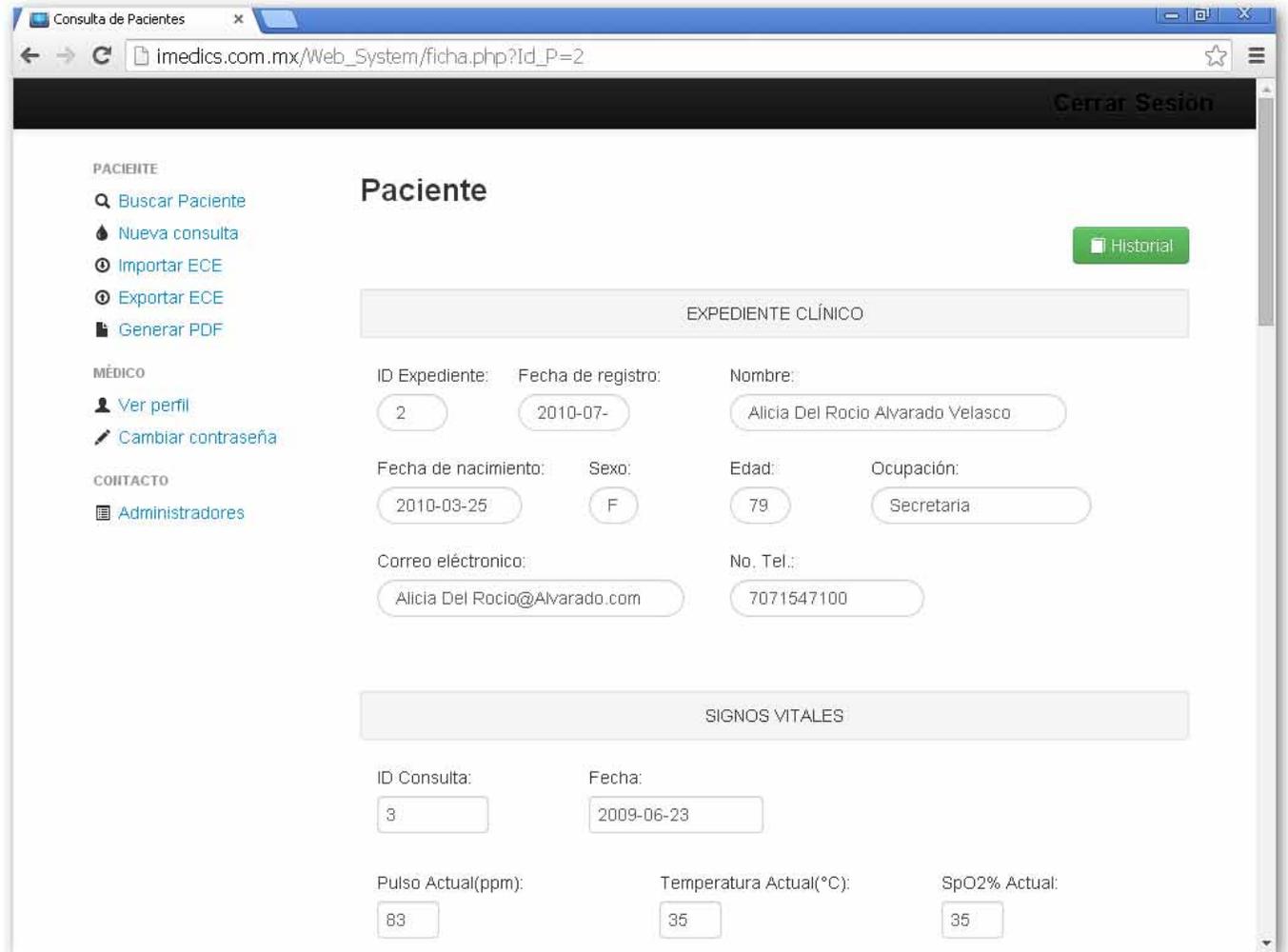
ID Consulta:  Fecha:

Pulso Actual(ppm):  Temperatura Actual(°C):  SpO2% Actual:

Figura 4.26: Diseño: Vista Médico versión Web

Fuente: Elaboración propia (2014)

#### 4.2.4.4.1.1. Interfaz Gráfica del Médico



The screenshot shows a web browser window titled 'Consulta de Pacientes' with the URL 'imedics.com.mx/Web\_System/ficha.php?Id\_P=2'. The page has a 'Cerrar Sesión' button in the top right corner. On the left, there are three menu sections: 'PACIENTE' with options like 'Buscar Paciente', 'Nueva consulta', 'Importar ECE', 'Exportar ECE', and 'Generar PDF'; 'MÉDICO' with 'Ver perfil' and 'Cambiar contraseña'; and 'CONTACTO' with 'Administradores'. The main content area is titled 'Paciente' and features a 'Historial' button. It is divided into two main sections: 'EXPEDIENTE CLÍNICO' and 'SIGNOS VITALES'. The 'EXPEDIENTE CLÍNICO' section contains fields for 'ID Expediente' (2), 'Fecha de registro' (2010-07-), 'Nombre' (Alicia Del Rocio Alvarado Velasco), 'Fecha de nacimiento' (2010-03-25), 'Sexo' (F), 'Edad' (79), 'Ocupación' (Secretaria), 'Correo electrónico' (Alicia Del Rocio@Alvarado.com), and 'No. Tel.' (7071547100). The 'SIGNOS VITALES' section contains fields for 'ID Consulta' (3), 'Fecha' (2009-06-23), 'Pulso Actual(ppm)' (83), 'Temperatura Actual(°C)' (35), and 'SpO2% Actual' (35).

Figura 4.27: Vista: Médico versión Web

*Fuente: Elaboración propia (2014)*

Finalmente, con la integración de las dos aplicaciones a la base de datos y el biodispositivo, se puede comprobar que la interoperabilidad entre estos se ha logrado.

## 4.3. Biodispositivos (Hardware)

Aquí se describe que se ha creado o se quiere crear un marco común para otro tipo de biodispositivos y no solo para el oxímetro.

### 4.3.1. Versiones del Oxímetro

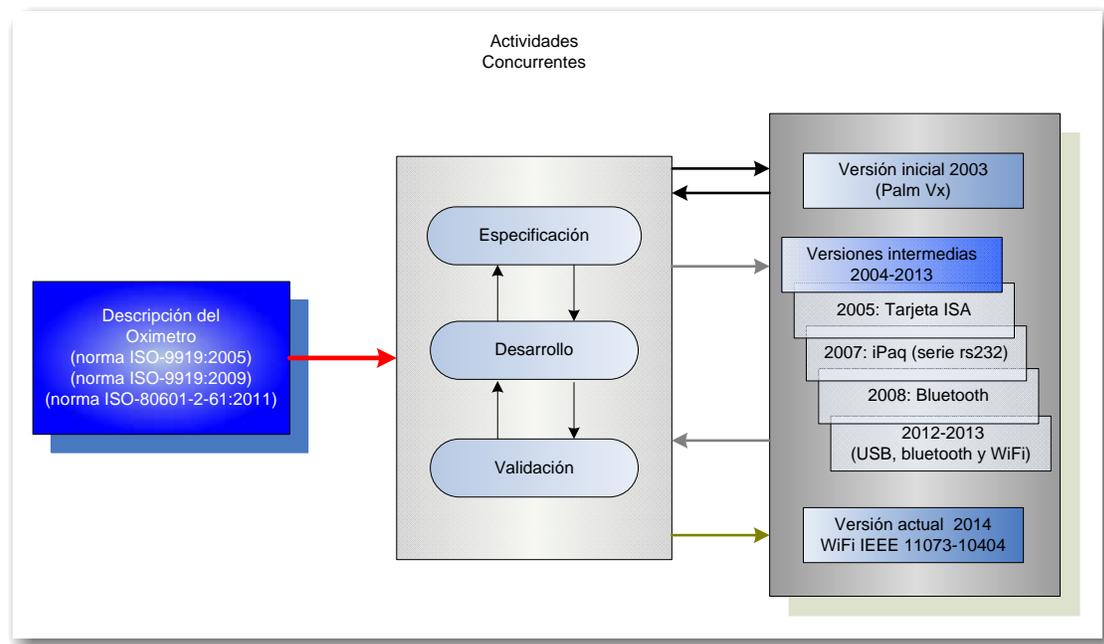


Figura 4.28: Evolución del biodispositivo a través del tiempo

Fuente: Elaboración propia (2014)

### 4.3.2. Rediseño del Oxímetro

Como se planteó inicialmente en el trabajo “Implementación de un Oxímetro en un Dispositivo Móvil” [128], el oxímetro existente ha pasado por un rediseño y como se mostró “*Design of Pulse Oximeter with WiFi Connectivity*” [12], el biodispositivo opera sobre el estándar IEEE 11073-10404:2008 para oxímetros.

Esta vez el rediseño se vio beneficiado de pruebas bajo simulaciones y pruebas más rigurosas como del uso de convertidores de mayor precisión, componentes analógicos de calidad, etc.

A continuación en lavéase *Figura 4.29* se muestra la nueva versión-prototipo del Oxímetro WiFi.

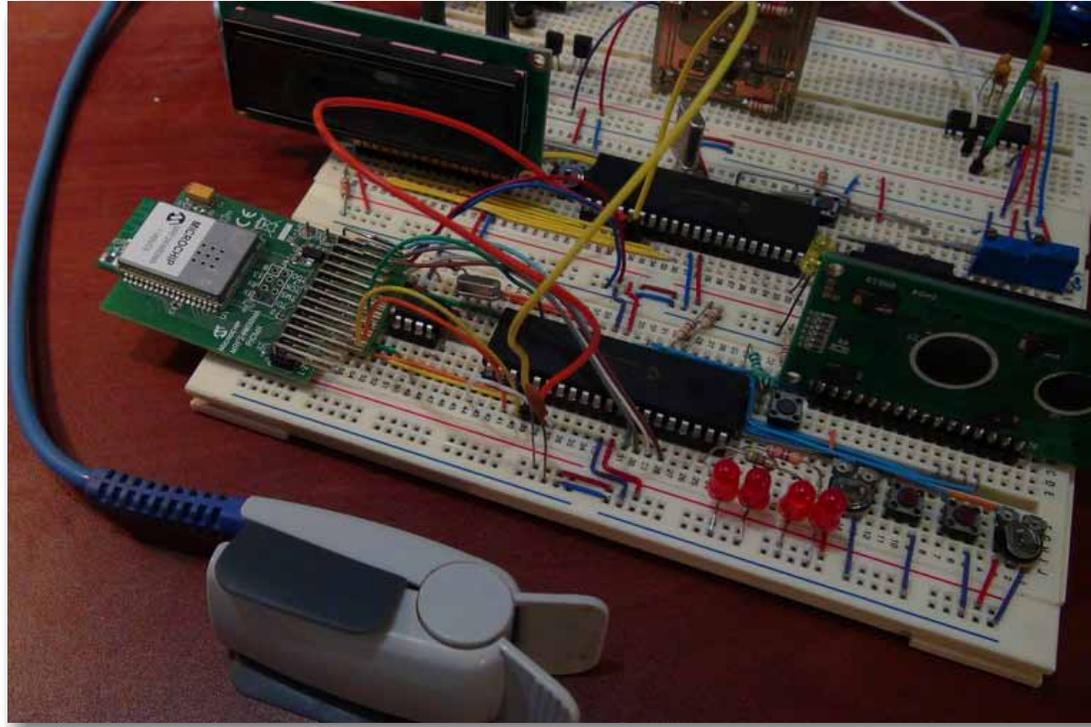


Figura 4.29: PROTOTIPO DEL OXÍMETRO WIFI

Fuente: Elaboración propia (2014)

#### 4.3.2.1. Transferencia de la información

Como se mencionó en el capítulo 4 de este trabajo, el marco para transmitir información del oxímetro WiFi bajo el estándar HL7 obedece a un patrón de comunicación llamado OBX.

Para el presente trabajo informático, es de vital importancia registrar el comportamiento del biodispositivo propuesto en este trabajo de tesis, que es un oxímetro, el cual debe apearse al estándar HL7, bajo la sección HESS Versión 2.5.1, donde se definen los segmentos de cada mensaje (Message Segment Definition) en el segmento OBX (Observation Result Segment Definition), esto es profundizando en el formato de comunicación.

A continuación se presentan algunos ejemplos:

Ejemplo de OBX con códigos y excepciones **CWE** tipo de valor, lectura principal crítica del paciente: en este caso dolor de estómago.

```
OBX|1|CWE|8661-1^CHIEF COMPLAINT:FIND:PT:PATIENT:NOM:REPORTED^LN||^STOMACH
ACHE|||||F|||201112171531<cr>
```

Figura 4.30: Mensaje OBX segmentado.

Fuente: Elaboración propia, basado en 3.3.10.4 (2014)

Se ejemplifica la forma en que el estándar HL7 pide que un instrumento médico se comunique a través del protocolo TCP/IP mediante tramas de información.

Se muestran las tramas de comunicación sobre el protocolo TCP/IP donde su destino final será la Base de Datos.

La propuesta es la siguiente y se apega al estándar tal y como se describe.

## 4.4. Detección de Falsos Positivos

Hay dos tipos de errores que pueden ocurrir cuando mostramos un análisis estadístico. Según Ropella estos errores son llamados como Tipo I y II [129].

Errores Tipo I:

1. son referidos como un error falso-positivo;
2. ocurren cuando aceptamos la Hipotesis<sub>1</sub> cuando la Hipotesis<sub>0</sub> es verdadera;
3. pueden dar lugar a un falso diagnóstico de la enfermedad.

Errores Tipo II:

1. son referidos como un error falso-negativo;
2. ocurren cuando aceptamos la Hipotesis<sub>0</sub> cuando la Hipotesis<sub>1</sub> es verdadera;
3. pueden resultar en un mal diagnóstico (suele ser más grave que un error de tipo I).

Desde el punto de vista médico, un error de tipo I puede ocurrir cuando una persona se somete a una prueba de diagnóstico para detectar la bacteria estreptococo, y la prueba indica que la persona tiene la bacteria estreptococo, cuando en realidad no la tiene. El resultado de este tipo de error significa que la persona gasta dinero en un antibiótico que no le servirá para ningún propósito [129].

El error tipo II puede ocurrir cuando la misma persona en realidad sí tiene la bacteria estreptococo, pero los resultados de las pruebas de diagnóstico dan un resultado negativo, y llegamos a la conclusión de que la persona no tiene la bacteria estreptococo. En este ejemplo, este tipo de error tipo II es más grave que el error tipo I debido a que la bacteria estreptococo no es tratada y puede conducir a una serie de graves complicaciones para el organismo [129].

### 4.4.1. Detección por parte del Oxímetro MX WiFi

Y como menciona Atlee, un oxímetro de pulso también puede generar errores tipo I en sus lecturas, es decir un falso positivo, en otras palabras, se reporta un hipoxia que no existe [130].

Tomando en cuenta ciertas recomendaciones que se hicieron presentes en la patente [131] el biodispositivo envía la lectura si es correcta o no; es decir si se trata de un falso-positivo, donde sí se ha llevado a cabo la lectura pero está reportando un valor que pudiera ser considerado como una posible hipoxia, es detectado. Y para evitar esto, el biodispositivo internamente determina este error y cuando envía la información hacia la web, esta lectura ya es considerada un error tipo I (esto en el campo OBX “**medicionValida**” , la cual servirá para futuros trabajos, con el SCMP-BM).

## Capítulo 5

# Implementación

La implementación es una parte muy importante de este trabajo porque es la manera en que se va a aplicar el planteamiento teórico para solucionar un problema real. Este trabajo se implementó en las camas de una clínica mexicana.

En este capítulo se muestran algunos casos donde se ha probado satisfactoriamente el sistema planteado en el presente trabajo de tesis. Por mencionar algunos casos, se muestra la implementación en el INER (véase Anexo B y A), en el Hospital Santa Rosa (véase Anexo D), en Clínica Unidad Médico Familiar 170 Turno Vespertino (véase Anexo C), en Clínica Alemana de Valdivia (Valdivia - Chile, donde los expertos aportaron observaciones e ideas valiosas para el presente trabajo véase Anexo E) y en algunos consultorios particulares.

También se mostrará una breve encuesta para conocer el resultado obtenido del desarrollo del sistema, donde se tomó muy en cuenta la opinión de médicos y pacientes.

### 5.1. Consideraciones Previas

#### 5.1.1. Tecnología: Patentada

Como es del conocimiento en el sector industrial, el uso de una tecnología propietaria o patentada encarece altamente toda solución cuando no se cuenta con los títulos apropiados, pero haciendo uso de tecnología propia, el pago de regalías por uso y explotación puede marcarse a niveles que permitan precios accesibles al sector, como se ha venido exponiendo a lo largo de este trabajo [2].

#### 5.1.2. Implementación de seguridad: Solo en la conexión del Oxímetro al acceso a internet más cercano (access point)

Dadas las nuevas aplicaciones para ingresar indebidamente al punto de acceso, es necesario tomar esto en gran consideración para evitar intrusos en cada biodispositivo conectado a “red de salud”, poner el tipo de red.

Se ha optado por hacer uso de una conexión WiFi con el sistema de seguridad WAPA 2, que es un estándar soportado actualmente.

### 5.1.3. Servicios en Tiempo Real

Es necesario entender que un servidor es la unidad básica de un sistema; en el servidor está implementado cierto servicio que mantiene detalles operacionales ocultos para los usuarios, quienes solo necesitan saber acerca de la especificación del servicio en sí. Las especificaciones del servicio determinan la cantidad de operaciones a realizar y el comportamiento de este servicio a través del tiempo, dado por las entradas de información del servicio y sus salidas, el lapso de tiempo que transcurre entre la entrada y el servicio produce un cambio de estado en el servidor. Un servidor puede ejecutar una o más peticiones de servicio al mismo tiempo [132, pág. 21].

Un sistema en tiempo real se define como el sistema que entrega un servicio en tiempo real. Un **servicio en tiempo real** es un servicio que se requiere para ser entregado en un cierto intervalo de tiempo determinado por el ambiente en producción [132, pág. 22]. Por lo tanto, el tiempo o el “tiempo real” de un servicio está determinado por todas las características del servidor, desde el hardware hasta el software.

En la presente época hemos sido testigos del incremento de los servicios ofertados en la actualidad, y en paralelo el incremento de dispositivos móviles en espera de estos servicios. Esto hace que para medir un servicio y su duración muchos factores estén en juego [133, pág. 161].

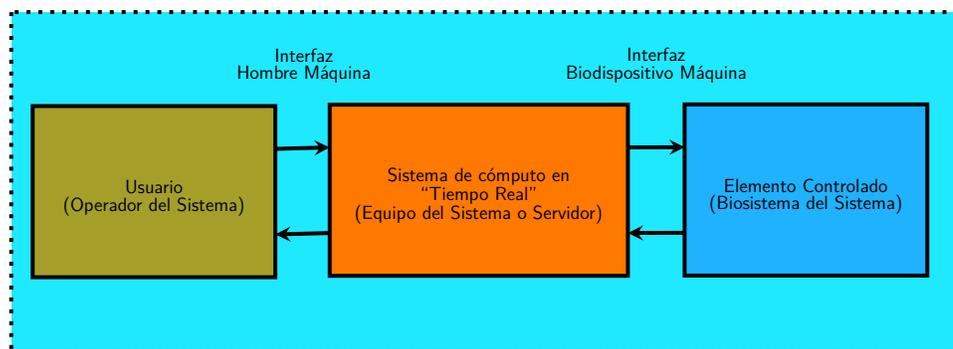


Figura 5.1: Sistema en Tiempo Real  
Fuente: Elaboración propia, basado en Kopetz

En el ámbito informático, todo servicio con tiempos de respuesta dentro de 30 segundos de espera cae dentro de un “buen sistema”.

Las pruebas efectuadas al sistema realizado caen dentro del intervalo, por lo tanto es un sistema con respuestas en tiempo aceptables usualmente.

Para tener una idea mucho más clara podemos citar a Ferrari [135], donde muestra un ejercicio muy completo al respecto.

Por lo anterior, se puede decir que el Sistema para Controlar y Monitorizar a Pacientes basado en los estándares HL7 e IEEE 11073 aplicados a Biodispositivos Móviles (SCMP-BM) opera como un sistema en tiempo real, que está interconectado a través de diversos protocolos y canales de comunicación, con tiempos de respuesta aceptables.

## 5.2. Caso: INER

El Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias se encuentra ubicado en Calz. de Tlalpan 4502, Belisario Domínguez, Sección 16, Tlalpan, 14080 Ciudad de México, Distrito Federal.

Y desde el año 2012 a través del proyecto de investigación SIP: 20120607 del IPN se ha realizado una serie de pruebas (véase *Anexo B y A*). Y se sigue trabajando con ellos.

## 5.3. Caso de estudio: Hospital Santa Rosa

El caso de estudio para este trabajo se realizó en las instalaciones del Hospital Santa Rosa, localizado en: Calle 7 No.104 Col Pantitlán, 08100 Ciudad de México, Distrito Federal.

## 5.4. Caso: Clínica Unidad Médico Familiar 170 Turno Vespertino

Así también caso de estudio para la Clínica UMF 170 TV localizada en: 20 de Noviembre 221, Col. Palmar de Aramara, El Pitallal, Puerto Vallarta, Jal.

## 5.5. Caso: En el Consultorios Médicos

Diversos médicos particulares han visto la solución y les ha parecido atractiva la idea de poder monitorizar al paciente con un biodispositivo WiFi. Además de operar con el ECE.

## 5.6. Evaluación del Sistema por los Médicos

El objetivo de la evaluación del sistema mediante el **instrumento de validación** o cuestionario fue identificar la facilidad de uso, beneficio y desempeño, y verificar si el trabajo en el proceso de atención al paciente se puede realizar en menos tiempo.

### 5.6.1. Metodología

A fin de obtener información relevante de la población en cuanto al objetivo planteado acerca del sistema de información propuesto, se usó la teoría del muestreo no probabilístico selectivo, que permite establecer un diseño de muestra tal que sea representativa de la población dada [136, pág. 296].

Es importante mencionar que cuando se desea realizar un muestreo en poblaciones cuyo total no es superior a los 30 casos, es preferible realizar un censo, donde se incluye cada uno de los casos presentes. De esta manera, siguiendo con esta propuesta, se realizó el sondeo con los médicos participantes de diversas instituciones, como se muestra a continuación:

Tabla 5.1: Médicos por Institución  
Fuente: *Elaboración Propia (2014)*.

Institución	Número de Médicos
INER	9
Hospital Santa Rosa	5
Clínica Unidad Médico Familiar 170 TV	3
Médicos particulares	3
<b>Total de la población</b>	<b>20</b>

Muestras para estudios complejos [136, pág. 304].

En caso de que se presenten las circunstancias de tener:

- a) Una población pequeña (menor a 10,000 elementos. Este número es más bien convencional. Algunos autores consideran como una población pequeña menos de 5,000 elementos);
- b) Varios grupos entre los que se fijará la muestra;
- e) Un cuestionario con demasiadas preguntas (más de cincuenta), y
- d) Numerosas preguntas abiertas.

Es más conveniente emplear la fórmula siguiente de Sukhatme y Pascual [137].

$$n = \frac{\frac{z^2 q}{E^2 p}}{1 + \frac{1}{N} \left( \frac{z^2 q}{E^2 p} - 1 \right)} \quad (5.1)$$

Donde:

Nivel de confianza ( $Z$ ): 90 por ciento (1.654 en áreas bajo la curva normal).

Nivel de precisión con que se generalizarán los resultados ( $E$ ): 10 por ciento (.1).

Variabilidad del fenómeno estudiado:  $p = .6$  y  $q = .4$

Población a tratar ( $N$ ): 20 Médicos

Sustituyendo:

$$n_{\text{médicos}} = \frac{\frac{(1.645)^2(0.4)}{(0.1)^2(0.6)}}{1 + \frac{1}{20} \left( \frac{(1.645)^2(0.4)}{(0.1)^2(0.6)} - 1 \right)}$$

Resolviendo:

$$n_{\text{médicos}} = 18$$

Es preciso mencionar que se requirió hacer un ajuste en el número de médicos encuestados, ya que no fue posible levantar más de 12 casos.

## 5.6.2. Diseño del Instrumento de Validación

La evaluación del sistema realizada por los médicos fue a través de cuestionario o instrumento de validación, basado en el estándar ISO/IEC 12207, y hace referencia a la usabilidad del sistema. El cuestionario debe ser procesado de una manera especial por lo que este término abarca.

De acuerdo con el *U.S. Department of Health and Human Services* la usabilidad es: “la medida de la calidad de la experiencia del usuario cuando interacciona con un producto o sistema, ya sea un sitio web, una aplicación de software, una tecnología móvil o cualquier dispositivo operado por usuario”[138].

Para completar el diseño del cuestionario se tomó como ejemplo el [SUS](#). Según John Brooke, este fue desarrollado en 1986 durante la introducción de la ingeniería de usabilidad en los sistemas. El instrumento de validación se estructuró de la siguiente manera:

- A. Conocer el impacto que tiene el sistema como herramienta para la toma de decisiones médicas. Preguntas 2, 6, 11 y 15.
- B. Conocer si el sistema facilita y reduce los tiempos de atención al paciente. Preguntas 1, 3, 4, 7 y 13.
- C. Conocer si es necesario hacer mejoras al sistema. Preguntas 5, 8-9, 10, 12, 14 y 16.

En una encuesta a 12 médicos de diversas instituciones, se les realizaron las siguientes preguntas:

1. ¿Utilizando este sistema en mi trabajo podría llevar a cabo mis tareas más rápidamente?
2. ¿Utilizando este sistema haría que fuesen más fáciles las tareas de mi trabajo?
3. ¿Utilizando este sistema mejoraría mi desempeño laboral?
4. ¿Aprender a operar este sistema sería fácil para mí?
5. ¿Interaccionar con el sistema es claro y entendible?
6. ¿Es fácil llegar a dominar el uso del sistema?
7. ¿Me gustaría utilizar este sistema con frecuencia?
8. ¿Encontré el sistema innecesariamente complejo?
9. ¿Pensé que era fácil utilizar el sistema?
10. ¿Creo que necesitaré el apoyo de un técnico para utilizar el sistema?
11. ¿Encontré que las diversas funciones del sistema estuvieron bien integradas?
12. ¿Pensé que había demasiada inconsistencia en el sistema?
13. ¿Considero que la mayoría de las personas aprendería a utilizar muy rápidamente el sistema?
14. ¿Encontré el sistema muy pesado de utilizar?
15. ¿Me sentí muy confiado manejando el sistema?
16. ¿Necesité aprender muchas cosas antes de poder manejar el sistema?

De las cuales, las más relevantes son:

- ¿Utilizando este sistema en mi trabajo podría llevar a cabo mis tareas más rápidamente?
- ¿Utilizando este sistema mejoraría mi desempeño laboral?
- ¿Interaccionar con el sistema es claro y entendible?
- ¿Pensé que era fácil utilizar el sistema?
- ¿Creo que necesitaré el apoyo de un técnico para utilizar el sistema?
- ¿Necesité aprender muchas cosas antes de poder manejar el sistema?

Y los resultados fueron:

Preguntas positivas

1. *¿Utilizando este sistema en mi trabajo podría llevar a cabo mis tareas más rápidamente?*



Figura 5.2: Resultado de la pregunta: *¿Utilizando este sistema en mi trabajo podría llevar a cabo mis tareas más rápidamente?*

Fuente: *Elaboración propia (2014)*

Tabla 5.2: Resultados de la pregunta: *¿Utilizando este sistema en mi trabajo podría llevar a cabo mis tareas más rápidamente?*

Fuente: *Elaboración Propia (2014).*

Pregunta	Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo
¿Utilizando este sistema en mi trabajo podría llevar a cabo mis tareas más rápidamente?	0	2	2	3	5

Como se puede apreciar en la Figura 5.2 que el 41 % de los médicos consultados están completamente de acuerdo en que el SCMP-BM en su versión Escritorio y Web, será de apoyo en sus tareas con mayor velocidad y en la Tabla 5.2 muestra el conteo de los médicos tomados en cuenta.

## 2. ¿Utilizando este sistema haría que fuesen más fáciles las tareas de mi trabajo?

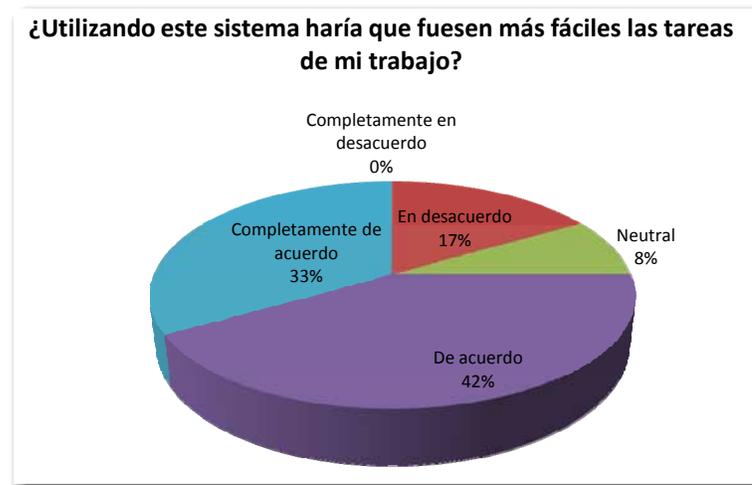


Figura 5.3: Resultado de la pregunta: ¿Utilizando este sistema haría que fuesen más fáciles las tareas de mi trabajo?

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 5.3: Resultados de la pregunta: ¿Utilizando este sistema haría que fuesen más fáciles las tareas de mi trabajo?

Fuente: Elaboración Propia (2014).

Pregunta	Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo
¿Utilizando este sistema mejoraría mi desempeño laboral?	0	2	1	5	4

Del mismo modo se puede apreciar en la Figura 5.3 que el 42% de los médicos consultados están completamente de acuerdo en que el SCMP-BM en su versión Escritorio y Web, permitirá que sus tareas en su trabajo sean más fáciles ya que el sistema evitará cierto papeleo, búsqueda de expedientes, esperas por el transporte del mismo, del archivo al consultorio. La Tabla 5.3 muestra el conteo de los médicos tomados en cuenta, para este punto.

### 3. ¿Interaccionar con el sistema es claro y entendible?



Figura 5.4: Resultado de la pregunta: ¿Interaccionar con el sistema es claro y entendible?

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 5.4: Resultados de la pregunta: ¿Interaccionar con el sistema es claro y entendible?

Fuente: Elaboración Propia (2014).

Pregunta	Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo
¿Interaccionar con el sistema es claro y entendible?	0	0	2	6	4

Como se puede apreciar en la Figura 5.4 que el 50% de los médicos consultados están completamente de acuerdo en que el SCMP-BM en su versión Escritorio y Web, es claro y entendible en el momento en que se está utilizando para los fines que fue diseñado. A su vez la Tabla 5.4 muestra el conteo de los médicos tomados en cuenta, con 6 médicos que están “de acuerdo” y 4 que está “completamente de acuerdo”.

Preguntas negativas

#### 4. ¿Pensé que era fácil utilizar el sistema?



Figura 5.5: Resultado de la pregunta: ¿Pensé que era fácil utilizar el sistema?

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 5.5: Resultados de la pregunta: ¿Pensé que era fácil utilizar el sistema?

Fuente: Elaboración Propia (2014).

Pregunta	Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo
¿Pensé que era fácil utilizar el sistema?	2	1	9	0	0

Aquí es un punto interesante de cómo el usuario, en este caso el médico, percibe al sistema como una herramienta más para sus labores esto se puede apreciar en la Figura 5.5 que el 75% de los médicos consultados están tienen una opinión neutral acerca del SCMP-BM en su versión Escritorio y Web, información reflejada en la Tabla 5.5.

### 5. ¿Creo que necesitaré el apoyo de un técnico para utilizar el sistema?

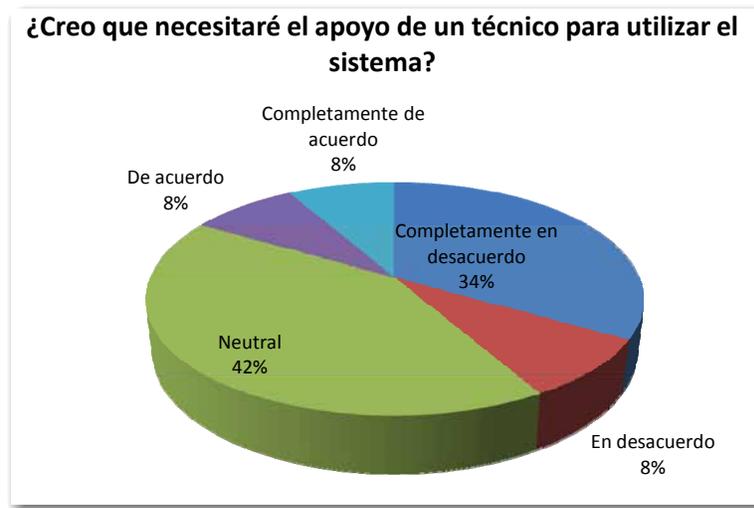


Figura 5.6: Resultado de la pregunta: ¿Creo que necesitaré el apoyo de un técnico para utilizar el sistema?

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 5.6: Resultados de la pregunta: ¿Creo que necesitaré el apoyo de un técnico para utilizar el sistema?

Fuente: Elaboración Propia (2014).

Pregunta	Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo
¿Creo que necesitaré el apoyo de un técnico para utilizar el sistema?	4	1	5	1	1

Como se puede apreciar en la Figura 5.6 que el 50% de los médicos consultados una opinión neutral, lo que muestra que hay que tomar en cuenta más al médico, para descartar un problema de diseño o funcionalidad, para así proponer que el médico se capacite previamente para el uso del sistema.

## 6. ¿Necesité aprender muchas cosas antes de poder manejar el sistema?

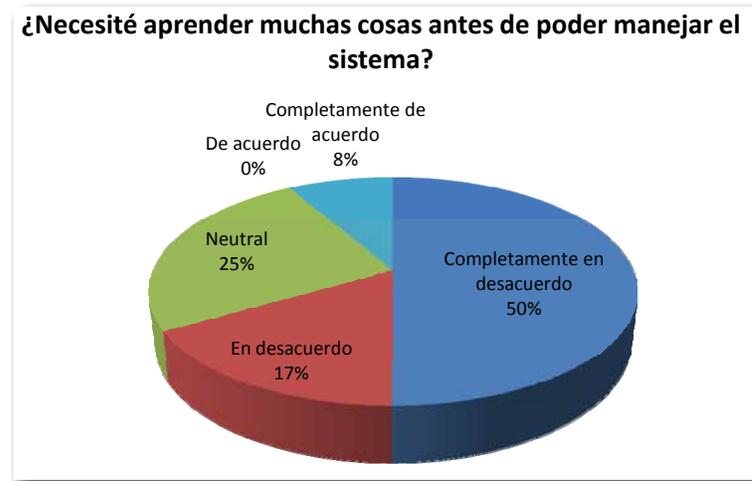


Figura 5.7: Resultado de la pregunta: ¿Necesité aprender muchas cosas antes de poder manejar el sistema?

Fuente: Elaboración propia (2014)

Tabla 5.7: Resultados de la pregunta: ¿Necesité aprender muchas cosas antes de poder manejar el sistema?

Fuente: Elaboración Propia (2014).

Pregunta	Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo
¿Necesité aprender muchas cosas antes de poder manejar el sistema?	6	2	3	0	1

Finalmente, la Figura 5.7 que el 41% que como toda tecnología al momento de probarse es necesario un tiempo de adaptación para que el usuario se familiarice con la nueva herramienta y esto sugeriré que se contemplen actualizaciones al SCMP-BM. de los médicos consultados están completamente de acuerdo en que el SCMP-BM la Tabla 5.2 corrobora la respuesta de los médicos tomados en cuenta.



Página dejada intencionalmente en blanco.

# Conclusiones

## CAPITULO 5

**Conclusión número 1:** Es importante el haber tomado en cuenta la opinión del experto en la temática, como lo es el médico, ya que con esta información, se pueden hacer más mejoras al presente trabajo.

**Conclusión número 2:** El realizar este trabajo enfocado al sector salud, abre totalmente el panorama para aplicar los conocimientos adquiridos en un sector, que por lo menos en México necesita de mucho trabajo.

**Conclusión número 3:** El comprender la complejidad que es realizar un sistema en tiempo real, es muy valioso.

**Conclusión número 4:** Realizar pruebas en diversas Instituciones ha permitido vislumbrar que la necesidad es real, así como aprender de los expertos en salud.

## CAPITULO 4

**Conclusión número 5:** El implementar la ingeniería del software en una solución de este tipo permite abarcar problemas grandes y complejos.

**Conclusión número 6:** El realizar la arquitectura de un sistema, permite detallar cada uno de sus elementos para así solucionar parte por parte.

**Conclusión número 7:** El modelado es de gran utilidad para administrar sistemas de este tipo.

**Conclusión número 8:** La integración de un biodispositivo móvil abre un panorama para abordar soluciones médicas a nivel nacional.

## CAPITULO 3

**Conclusión número 9:** El realizar una investigación a profundidad, permite encontrar información que es vital para tomar decisiones en el diseño y programación de un sistema informático.

**Conclusión número 10:** El comprender el área de la salud no es tarea fácil, pero dividiendo en temas y especialidades es más sencillo comprender el conocimiento existente.

**Conclusión número 11:** La interoperabilidad es un gran reto en México y un día se podrá llegar, esto en beneficio del paciente.

**Conclusión número 12:** Conocer cada estándar involucrado para los dispositivos médicos y la comunicación entre biodispositivos es vital, para poder construir sistemas que esten en armonía con las normas establecidas.

## CAPITULO 2

**Conclusión número 13:** Los resultados obtenidos fueron estrictamente en apego a las metodologías propuestas para llegar a la solución de un problema.

## CAPITULO 1

**Conclusión número 14:** La operación y la construcción del sistema SCMP-BM y el rediseño de Oxímetro requieren de la interdisciplina entre las áreas de conocimiento de la medicina y la informática.

**Conclusión General:** Inicialmente se concluye que este es un trabajo que abarca muchas áreas, desde el diseño del software, base de datos, hasta la comunicación entre estándares muy específicos a nivel de hardware, pero poco a poco se va avanzando hacia una solución más refinada, eso lo deja ver la primera apreciación del usuario final, en este caso los médicos.

## Respuestas a las Preguntas de Investigación

Tabla 5.8: Respuestas a las Preguntas de Investigación, planteadas en la Matriz de Congruencia Metodológica

Fuente: Elaboración Propia (2014).

PREGUNTAS	RESPUESTAS
1. ¿El presente trabajo sustituye a la norma mexicana NOM-024-SSA3-2012?	No, sin embargo la complementa ya que la norma mexicana NOM-024-SSA3-2012 actual no considera a los biodispositivos.
2. ¿Existe una incompatibilidad entre lenguajes de programación para cumplir con la norma mexicana NOM-024-SSA3-2012?	No, un lenguaje de programación permite crear el programa o software para cumplir con la norma ya mencionada.
3. ¿El presente trabajo sustituye a los médicos y enfermeras?	No, es una herramienta de apoyo para los médicos y enfermeras.
4. ¿Cuáles son las diferencias entre el sistema propuesto y otros?	La principal diferencia radica en que el sistema propuesto en este trabajo sí incorpora la utilización de un biodispositivo.
5. ¿El biodispositivo puede operar sin el Expediente Clínico Electrónico (ECE)?	Sí, el beneficio que se tiene al utilizar el ECE, es generar un historial clínico del paciente, entre otros beneficios.
6. ¿Sería posible detectar una pandemia por influenza, aunque el ECE no esté implementado en todo México?	Si, sería posible detectar una pandemia por influenza, solo basta con la monitorización aleatoria en todo el país para poder detectar un patrón en la población mediante el uso de la Inteligencia Artificial.
7. ¿Se diseñará una Base de Datos que sea compatible con varios sistemas informáticos médicos?	Sí, ese es uno de los principales objetivos de este trabajo.
8. ¿Cuál es la principal diferencia entre el estándar HL7 y el estándar IEEE 11073?	1. El estándar HL7 se encarga de establecer "las reglas" para la interoperabilidad entre diversas plataformas y sistemas médicos. 2. El estándar IEEE 11073 se encarga de establecer los lineamientos que deben cumplir los biodispositivos al comunicarse con otro sistema.
9. ¿Es posible adaptar la tecnología patentada MX/No.2416 a un estándar?	Sí, ya que se posee con el conocimiento científico y tecnológico para lograrlo.
10. ¿El sistema puede operar con otros sistemas diferentes?	Si, a través del uso de mensajes XML con el formato del estándar HL7 con el uso de segmentos OBX.
11. ¿Existen varios estándares para la comunicación entre sistemas médicos y los biodispositivos?	Sí, algunos ejemplos son: HL7, IHE, Continua Health Alliance, IEEE 11073, etc.

## Conclusión Final

**La solución más cara es la que no se ha hecho.**

Llegar a una primer solución es lo que le da sentido al esfuerzo y tiempo invertido.

## Productos Obtenidos

A continuación se muestran los productos obtenidos a lo largo de la realización del presente trabajo.

Dos marcas registradas ante el [IMPI](#):

- Marca Registrada N° 1433481.
- Marca Registrada N° 1233567.

Una patente registradas ante el [IMPI](#):

- Patente MX/u/2009/000216/No.2416 titulada: “Dispositivo Electrónico no invasivo para la determinación de signos vitales, ritmo cardiaco, oxígeno y glucosa.” [2]

Cinco registros ante el [INDAUTOR](#):

- Aplicación No. 03-2014-061712022900-01.
- Aplicación No. 03-2014-061712062400-01.
- Manual No. 03-2014-061712043800-01.
- Manual No. 03-2014-061712081700-01.
- Base de Datos No. 03-2014-061711595700-01.

## La participación como ponente en Congresos Internacionales

- ANIEI - XXV Congreso Nacional y XI Congreso Internacional de Informática y Computación 2012 (Ponente).
- ANIEI - XXVI Congreso Nacional y XII Congreso Internacional de Informática y Computación 2013 (Ponente).
- CIC - Advances in Computing Science Vol. 63 (Ponente).
- UAM - The First International Conference on Semantic Web and Information Systems (SWEBIS 2013) (Ponente).
- Bio-and Medical Informatics and Cybernetics "BMIC 2014", Orlando Florida, E.U.A. (Ponente).
- UAM - IX Semana Nacional de Ingeniería Electrónica Senie 2013 (Ponente).



## Trabajos futuros

A continuación se enumeran:

Primero: El sistema integrará las lecturas de los signos vitales provenientes de los biodispositivos dentro del sistema día tras día, y el paciente contará con un Historial Clínico. Esto permitirá en un futuro identificar patrones, es decir si el paciente padece de una EPOC o SAOS, y así su enfermedad tendrá un destino diferente.

Proponer una alternativa a la escasez de biodispositivos que tienen la habilidad de ser interconectados a un sistema de control hospitalario, además de que son pocos y de elevado costo.

Segundo: Implementar la Inteligencia Artificial y la Minería de Datos. Para lograr emitir un diagnóstico es importante que el sistema aprenda del médico tratante.

Tercero: Para detectar una pandemia, solo se dejarán los antecedentes de cómo poder predecir el brote de este tipo, ya que para ello se necesitaría de miles de biodispositivos.

- Elaboración de libros y artículos sobre Sistemas Médicos.
- Elaboración de libros, artículos y manuales sobre el diseño y uso de Biodispositivos.



Página dejada intencionalmente en blanco.

## Apéndice A. Código de Ejemplo de un Mensaje

Ahora veremos un ejemplo de mensaje de prueba .XML (eXtensible Markup Language).

### Código Fuente .0.1: Ejemplo de un Mensaje XML bajo ECE y HL7

```

1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
2  <hl7PacienteInfomacion>
3      <idExpedientePaciente>1</idExpedientePaciente>
4      <nombrePaciente>Adriana</nombrePaciente>
5      <apellidoPaternoPaciente>Martinez</apellidoPaternoPaciente>
6      <apellidoMaternoPaciente>Veronica</apellidoMaternoPaciente>
7      <edadPaciente>68</edadPaciente>
8      <pesoPaciente>57</pesoPaciente>
9      <sexoPaciente>1</sexoPaciente>
10     <estadoCivilPaciente>Soltero</estadoCivilPaciente>
11     <fechaNacimientoPaciente>2010-02-07</fechaNacimientoPaciente>
12     <documentoIdentificacionPaciente>IFE</documentoIdentificacionPaciente>
13     <numeroIdentificacionPaciente>1234567890123</numeroIdentificacionPaciente>
14     <ocupacionPaciente>Estudiante</ocupacionPaciente>
15     <direccionCallePaciente>Margarita</direccionCallePaciente>
16     <direccionNumeroPaciente>244</direccionNumeroPaciente>
17     <direccionColoniaPaciente>Rosas Verdes</direccionColoniaPaciente>
18     <direccionEstadoPaciente>Estado de Mexico</direccionEstadoPaciente>
19     <direccionCiudadPaciente>Toluca</direccionCiudadPaciente>
20     <direccionCodigoPostalPaciente>9000</direccionCodigoPostalPaciente>
21     <telefonoCasaPaciente>63303050</telefonoCasaPaciente>
22     <telefonoCelularPaciente>9396943360</telefonoCelularPaciente>
23     <telefonoOficinaPaciente>59404734</telefonoOficinaPaciente>
24     <nombreProporcionaDatosPaciente>Luis Miguel Casas Murillo</nombreProporcionaDatosPaciente>
25     <tipoParentescoProporcionaDatosPaciente>Tio</tipoParentescoProporcionaDatosPaciente>
26     <documentoIdentificacionProporcionaDatosPaciente>IFE</documentoIdentificacionProporcionaDatosPaciente>
27     <umeroIdentificacionProporcionaDatosPaciente>1234567890123</umeroIdentificacionProporcionaDatosPaciente>
28     <idTrabajadorSocial>2</idTrabajadorSocial>
29     <fechaCapturaExpediente>2010-02-02</fechaCapturaExpediente>
30     <observacionesProporcionaDatosPaciente>Tenia nauseas</observacionesProporcionaDatosPaciente>
31     <folioPaciente>5</folioPaciente>
32     <passwordPaciente>123</passwordPaciente>
33     <emailPaciente>Adriana@Martinez.com</emailPaciente>
34     <curpPaciente>AAMV123456AQZCRT12</curpPaciente>
35     <numeroSeguroSocialPaciente>123456789</numeroSeguroSocialPaciente>
36     <idConsultaPaciente>67</idConsultaPaciente>
37     <fechaConsulta>2014-02-12</fechaConsulta>
38     <consumeCigarrosPaciente>3</consumeCigarrosPaciente>
39     <consumeAlcoholPaciente>1</consumeAlcoholPaciente>
40     <consumeDrogasPaciente>no</consumeDrogasPaciente>
41     <consumeMedicamentosPaciente>si, atibioticos</consumeMedicamentosPaciente>
42     <padeceAlergiaPaciente>aaaa</padeceAlergiaPaciente>
43     <realizaEjercicioPaciente>3</realizaEjercicioPaciente>
44     <idDispositivoHistorico>1</idDispositivoHistorico>
45     <idMedicoHistorico>3</idMedicoHistorico>
46     <pulsoPromedioPacienteConsulta>197</pulsoPromedioPacienteConsulta>
47     <pulsoActualPacienteConsulta>197</pulsoActualPacienteConsulta>
48     <temperaturaPromedioPacienteConsulta>38</temperaturaPromedioPacienteConsulta>
49     <temperaturaActualPacienteConsulta>29</temperaturaActualPacienteConsulta>
50     <spo2PromedioPacienteConsulta>96</spo2PromedioPacienteConsulta>
51     <spo2ActualPacienteConsulta>81</spo2ActualPacienteConsulta>
52     <diagnosticoPacienteConsulta>Gripa sin complicaciones</diagnosticoPacienteConsulta>
53     <tratamientoPacienteConsulta>Medicamento cada 8 hrs zanamivir</tratamientoPacienteConsulta>
54     <examenFisicoPacienteConsulta>Ojos rojos y cuerpo hinchado</examenFisicoPacienteConsulta>
55     <estadoNutricionalPacienteConsulta>Esta comiendo bien</estadoNutricionalPacienteConsulta>
56     <indicacionesPacienteConsulta>Guardar reposo por 2 dias</indicacionesPacienteConsulta>
57     <examenLaboratorioIndicadosPacienteConsulta>No hay por el momento</examenLaboratorioIndicadosPacienteConsulta>
58     <ocupacionPacienteConsulta>Estudiante</ocupacionPacienteConsulta>
59     <ocupacionPacienteZonaConsulta>Norte de la Ciudad</ocupacionPacienteZonaConsulta>
60     <ocupacionPacienteIndustriaConsulta>3</ocupacionPacienteIndustriaConsulta>
61     <ocupacionPacienteAreaTrabajoConsulta>3</ocupacionPacienteAreaTrabajoConsulta>
62     <pesoPacienteConsulta>51</pesoPacienteConsulta>
63     <tallaPacienteConsult>41</tallaPacienteConsult>

```

```
64 <estaturaPacienteConsulta>2</estaturaPacienteConsulta>  
65 <imcPacienteConsulta>193</imcPacienteConsulta>  
66 <folioUnicoDeConsulta>56666.0</folioUnicoDeConsulta>  
67 <cedulaProfesionalMedicoEmitioConsulta>8463758</cedulaProfesionalMedicoEmitioConsulta>  
68 </hl7PacienteInfomacion>
```

Ejemplo de mensaje estándar HL7.

## Apéndice B. Código de Ejemplo de un Esquema XSD para el ECE basado en el HL7

Ahora veremos un ejemplo de mensaje de prueba .XML (eXtensible Markup Language).

### Código Fuente .0.2: Ejemplo de un Mensaje XML bajo ECE y HL7

```

1  <?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
2  <xsd:schema xmlns:jxb="http://java.sun.com/xml/ns/jaxb" jxb:version="2.0" xmlns:xsd="http://www.w3.org
   /2001/XMLSchema">
3  <xsd:element name="Consulta" type="HL7_PacienteInfomacion" />
4  <xsd:complexType name="HL7_fullConsultaInformacion">
5  <xsd:sequence>
6  <xsd:element name="idExpedientePaciente" type="xsd:int" minOccurs="1"/>
7  <xsd:element name="nombrePaciente" type="xsd:string" minOccurs="1"/>
8  <xsd:element name="apellidoPaternoPaciente" type="xsd:string" minOccurs="1"/>
9  <xsd:element name="apellidoMaternoPaciente" type="xsd:string" minOccurs="1"/>
10 <xsd:element name="edadPaciente" type="xsd:int"/>
11 <xsd:element name="pesoPaciente" type="xsd:int"/>
12 <xsd:element name="sexoPaciente" type="xsd:string" minOccurs="1"/>
13 <xsd:element name="estadoCivilPaciente" type="xsd:string"/>
14 <xsd:element name="fechaNacimientoPaciente" type="xsd:date" minOccurs="1"/>
15 <xsd:element name="documentoIdentificacionPaciente" type="xsd:string" minOccurs="1"/>
16 <xsd:element name="numeroIdentificacionPaciente" type="xsd:string" minOccurs="1"/>
17 <xsd:element name="ocupacionPaciente" type="xsd:string"/>
18 <xsd:element name="direccionCallePaciente" type="xsd:string"/>
19 <xsd:element name="direccionNumeroPaciente" type="xsd:string"/>
20 <xsd:element name="direccionColoniaPaciente" type="xsd:string"/>
21 <xsd:element name="direccionEstadoPaciente" type="xsd:string"/>
22 <xsd:element name="direccionCiudadPaciente" type="xsd:string"/>
23 <xsd:element name="direccionCodigoPostalPaciente" type="xsd:int"/>
24 <xsd:element name="telefonoCasaPaciente" type="xsd:int"/>
25 <xsd:element name="telefonoCelularPaciente" type="xsd:int"/>
26 <xsd:element name="telefonoOficinaPaciente" type="xsd:int"/>
27 <xsd:element name="nombreProporcionaDatosPaciente" type="xsd:string"/>
28 <xsd:element name="tipoParentescoProporcionaDatosPaciente" type="xsd:string"/>
29 <xsd:element name="documentoIdentificacionProporcionaDatosPaciente" type="xsd:string"/>
30 <xsd:element name="umeroIdentificacionProporcionaDatosPaciente" type="xsd:string"/>
31 <xsd:element name="idTrabajadorSocial" type="xsd:int" minOccurs="1"/>
32 <xsd:element name="fechaCapturaExpediente" type="xsd:date"/>
33 <xsd:element name="observacionesProporcionaDatosPaciente" type="xsd:string"/>
34 <xsd:element name="folioPaciente" type="xsd:int" minOccurs="1"/>
35 <xsd:element name="passwordPaciente" type="xsd:string" minOccurs="1"/>
36 <xsd:element name="emailPaciente" type="xsd:string"/>
37 <xsd:element name="curpPaciente" type="xsd:string"/>
38 <xsd:element name="numeroSeguroSocialPaciente" type="xsd:string"/>
39 </xsd:sequence>
40 </xsd:complexType>
41 <xsd:complexType name="HL7_PacienteInfomacion">
42 <xsd:complexContent>
43 <xsd:extension base="HL7_fullConsultaInformacion">
44 <xsd:sequence>
45 <xsd:element name="idConsultaPaciente" type="xsd:int" minOccurs="1"/>
46 <xsd:element name="fechaConsulta" type="xsd:date" minOccurs="1"/>
47 <xsd:element name="consumeCigarrosPaciente" type="xsd:int"/>
48 <xsd:element name="consumeAlcoholPaciente" type="xsd:int"/>
49 <xsd:element name="consumeDrogasPaciente" type="xsd:string"/>
50 <xsd:element name="consumeMedicamentosPaciente" type="xsd:string"/>
51 <xsd:element name="padeceAlergiaPaciente" type="xsd:string"/>
52 <xsd:element name="realizaEjercicioPaciente" type="xsd:int"/>
53 <xsd:element name="padecimientosPaciente" type="xsd:string"/>
54 <xsd:element name="idDispositivoHistorico" type="xsd:int" minOccurs="1"/>
55 <xsd:element name="idMedicoHistorico" type="xsd:int" minOccurs="1"/>
56 <xsd:element name="pulsoPromedioPacienteConsulta" type="xsd:int"/>
57 <xsd:element name="pulsoActualPacienteConsulta" type="xsd:int"/>
58 <xsd:element name="temperaturaPromedioPacienteConsulta" type="xsd:int"/>
59 <xsd:element name="temperaturaActualPacienteConsulta" type="xsd:int"/>
60 <xsd:element name="spo2PromedioPacienteConsulta" type="xsd:int"/>

```

```

61     <xsd:element name="spo2ActualPacienteConsulta" type="xsd:int"/>
62     <xsd:element name="diagnosticoPacienteConsulta" type="xsd:string"/>
63     <xsd:element name="tratamientoPacienteConsulta" type="xsd:string"/>
64     <xsd:element name="examenFisicoPacienteConsulta" type="xsd:string"/>
65     <xsd:element name="estadoNutricionalPacienteConsulta" type="xsd:string"/>
66     <xsd:element name="indicacionesPacienteConsulta" type="xsd:string"/>
67     <xsd:element name="examenLaboratorioIndicadosPacienteConsulta" type="xsd:string"/>
68     <xsd:element name="ocupacionPacienteConsulta" type="xsd:string"/>
69     <xsd:element name="ocupacionPacienteZonaConsulta" type="xsd:string"/>
70     <xsd:element name="ocupacionPacienteIndustriaConsulta" type="xsd:string"/>
71     <xsd:element name="ocupacionPacienteAreaTrabajoConsulta" type="xsd:string"/>
72     <xsd:element name="pesoPacienteConsulta" type="xsd:int"/>
73     <xsd:element name="tallaPacienteConsult" type="xsd:int"/>
74     <xsd:element name="estaturaPacienteConsulta" type="xsd:int"/>
75     <xsd:element name="imcPacienteConsulta" type="xsd:int"/>
76     </xsd:sequence>
77   </xsd:extension>
78 </xsd:complexContent>
79 </xsd:complexType>
80 </xsd:schema>

```

Este es un ejemplo de cómo cumplir con el estándar HL7. Y proponer un prototipo de mensajes para dicho estándar.



Página dejada intencionalmente en blanco.

# Bibliografía

## Artículos

- [3] Julio Frenk y col. “Reforma integral para mejorar el desempeño del sistema de salud en México”. En: *salud pública de méxico* 49 (2007), s23-s36.
- [6] Poder Ejecutivo Federal. “Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018”. En: *México: Poder Ejecutivo Federal* (2013). URL: <http://pnd.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PND.pdf>.
- [11] Secretaría de Salud. “Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA3-2012”. En: *Diario Oficial de la Federación* (2012). URL: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5280847&fecha=30/11/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280847&fecha=30/11/2012).
- [14] Ian F Akyildiz y col. “A survey on sensor networks”. En: *Communications magazine, IEEE* 40.8 (2002), págs. 102-114.
- [17] Nilesh Rajbharti. “The Microchip TCP/IP Stack”. En: *Application Note AN833* (2002).
- [20] Hossam Fattah y Cyril Leung. “An overview of scheduling algorithms in wireless multimedia networks”. En: *Wireless Communications, IEEE* 9.5 (2002), págs. 76-83.
- [21] Amjad Soomro y Dave Cavalcanti. “Opportunities and challenges in using WPAN and WLAN technologies in medical environments [Accepted from Open Call]”. En: *Communications Magazine, IEEE* 45.2 (2007), págs. 114-122.
- [23] Guido R Hiertz y col. “The IEEE 802.11 universe”. En: *Communications Magazine, IEEE* 48.1 (2010), págs. 62-70.
- [56] Shangzhu Wang, George S Avrunin y Lori A Clarke. “Architectural building blocks for plug-and-play system design”. En: (2006), págs. 98-113.
- [61] Héctor Vázquez Leal y col. “Un expediente clínico electrónico universal para México: características, retos y beneficios”. En: *Revista Médica de la Universidad Veracruzana* 11.1 (2011), págs. 44-53. URL: [http://www.uv.mx/rm/num\\_anteriores/revmedica\\_vol11\\_num1/articulos/expediente.pdf](http://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol11_num1/articulos/expediente.pdf).
- [68] Secretaría de Salud. “Norma Oficial Mexicana NOM-168-SSA1-1998”. En: *Diario Oficial de la Federación* (1998). URL: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/168ssa18.html>.
- [72] Ma del Carmen Gogeoascoebea-Trejo, Miguel Ramírez-Muro MASS y Victor Landa-ortiz. “Evaluación del expediente clínico en la atención obstétrica”. En: *Revista Médica de la Universidad Veracruzana* (). Consultado el 14 de febrero de 2014. URL: <http://www.medigraphic.com/pdfs/veracruzana/muv-2002/muv021b.pdf>.

- [76] Nancy Gertrudiz. “e-Salud: El caso de México”. En: *Latin Am J Telehealth, Belo Horizonte* 2.2 (2010), págs. 127-167. URL: <http://cetec.medicina.ufmg.br/revista/index.php/rlat/article/download/71/109>.
- [78] Ramón García-Rochín. “¿Qué es la informática de la salud?” En: *Salud en Tabasco* 13.1 (2007), pág. 607.
- [79] JC Wyatt y JLY Liu. “Basic concepts in medical informatics”. En: *Journal of Epidemiology and Community Health* 56.11 (2002), págs. 808-812.
- [83] David J. Brailer. “Interoperability: the key to the future health care system”. En: *Health Affairs* 2005 (2005), pages. URL: <http://content.healthaffairs.org/content/early/2005/01/19/hlthaff.w5.19.citation>.
- [84] Hammond WE. “Solving the Interoperability Dilemma”. En: *Paper Kills: Transforming Health and Healthcare with Information Technology* (2007), págs. 31-46.
- [85] Rita Kukafka y William A. Yasnoff. “Public health informatics”. En: *J Biomed Inform* 40.4 (2007), 365–369. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046407000640>.
- [86] Leah Hoffmann. “Implementing Electronic Medical Records”. En: *Communications of the ACM* 52.11 (2009), págs. 18-20. URL: <http://cacm.acm.org/magazines/2009/11/48440-implementing-electronic-medical-records/fulltext>.
- [87] C. Cuenca, J. Gomez y S. Scotti. “Design an Architecture that Allows the Interoperability between Information Systems, Software or Medical Device Adopting the Standard HL7 V2.x”. En: *IEEE Colombian Communications Conference (COLCOM)* (2012).
- [88] Magdi N. Kamel y Nabil N. Kamel. “Federated database management system: Requirements, issues and solutions”. En: *Computer Communications* 15.4 (1992), págs. 270-278. URL: [http://dx.doi.org/10.1016/0140-3664\(92\)90110-Z](http://dx.doi.org/10.1016/0140-3664(92)90110-Z).
- [89] Sarah Humpage. “Benefits and Costs of Electronic Medical Records: The Experience of Mexico’s Social Security Institute”. En: *Inter-American Development Bank. Department of Research and Chief Economist. Technical Notes IDB-TN-122* (2010), págs. 1-38. URL: [http://www.iadb.org/en/research-and-data/access-document,3181.html?pub\\_id=35219845](http://www.iadb.org/en/research-and-data/access-document,3181.html?pub_id=35219845).
- [90] Judith Mariscal Avilés, J. Ramón Gil-García y Fernando Ramírez-Hernández. “e-Salud en México: antecedentes, objetivos, logros y retos”. En: *Redalyc* 15.34 (2012), págs. 65-94. URL: <http://www.redalyc.org/pdf/676/67623463015.pdf>.
- [91] Mihaela Vida y col. “Interoperability Evaluation Case Study: An Obstetrics-Gynecology Department and Related Information Systems”. En: *Studies in health technology and informatics* 186 (2013), págs. 177-181. URL: <http://ebooks.iospress.nl/publication/32788>.
- [92] Mustafa Yuksel y Asuman Dogac. “Interoperability of medical device information and the clinical applications: an HL7 RMIM based on the ISO/IEEE 11073 DIM”. En: *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* 15.4 (2011), págs. 557-566.
- [99] Steven D Baker y David H Hoglund. “Medical-grade, mission-critical wireless networks [designing an enterprise mobility solution in the healthcare environment]”. En: *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE* 27.2 (2008), págs. 86-95.

- [100] Alexandros Pantelopoulos y Nikolaos G Bourbakis. “A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis”. En: *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on* 40.1 (2010), págs. 1-12.
- [101] Upkar Varshney y Sweta Sneha. “Patient monitoring using ad hoc wireless networks: reliability and power management”. En: *Communications Magazine, IEEE* 44.4 (2006), págs. 49-55.
- [102] Ken Pearson y Phillipa Marks. “European policies supporting wireless broadband”. En: *Telecommunications Journal of Australia* 62.1 (2012).
- [103] “Health Informatics - PoC Medical Device Communication - Part 00101: Guide–Guidelines for the Use of RF Wireless Technology”. En: *IEEE Std 11073-00101-2008* (dic. de 2008), págs. 1-99. DOI: [10.1109/IEEESTD.2008.4736537](https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2008.4736537).
- [108] “IEEE Health informatics–Personal health device communication Part 20601: Application profile–Optimized Exchange Protocol.–Amendment 1”. En: *IEEE 11073-20601a-2010 (Amendment to IEEE Std 11073-20601-2008)* (ene. de 2011), págs. 1-119. DOI: [10.1109/IEEESTD.2011.5703192](https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2011.5703192).
- [109] J.H. Oum y col. “Non-contact heartbeat and respiration detector using capacitive sensor with Colpitts oscillator”. En: *Electronics Letters* 44.2 (ene. de 2008), págs. 87-88. ISSN: 0013-5194. DOI: [10.1049/el:20082336](https://doi.org/10.1049/el:20082336).
- [110] Randall D. Cebul y col. “Electronic Health Records and Quality of Diabetes Care”. En: *New England Journal of Medicine* 365.9 (2011). PMID: 21879900, págs. 825-833. DOI: [10.1056/NEJMSa1102519](https://doi.org/10.1056/NEJMSa1102519). URL: <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMSa1102519>.
- [111] Eréndira Salgado Ledesma. “Lo que no se dice del expediente clínico electrónico. Su impacto en los datos sensibles del paciente”. En: *Revista del Colegio de Profesionistas Posgraduados En Bioética* 22.3 (2012), págs. 123-140. URL: <http://www.comexbio.org.mx/comexbio/Etbio/Year2Num3/SALGADO%20LEDESMA%20ERENDIRA.pdf>.
- [113] “IEEE Health informatics Personal health device communication Part 20601: Application profile Optimized exchange protocol”. En: *IEEE Std 11073-20601-2008* (dic. de 2008), págs. 1-210. DOI: [10.1109/IEEESTD.2008.4723887](https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2008.4723887).
- [123] Beeler G y col. “HL7 Reference Information Model”. En: *Ann Arbor, MI: HL72003* (2003). URL: <http://www.hl7.org/library/data-model/RIM/C30204/rim.htm>.
- [124] Amanda Ryan, Peter Eklund y Brett Esler. “Toward the interoperability of HL7 v3 and SNO-MED CT: a case study modeling mobile clinical treatment”. En: *IOS Press* 129.1 (2007), págs. 626-630. URL: <http://ebooks.iospress.nl/publication/11051>.
- [126] Sylvie Trudel y Alain Abran. “Improving quality of functional requirements by measuring their functional size”. En: (2008), págs. 287-301.

## Patentes

- [2] Víctor Jalil Ochoa Gutiérrez. “Dispositivo Electrónico no invasivo para la determinación de signos vitales, ritmo cardiaco, oxígeno y glucosa.” Patent 2416 (MX). 25 de abr. de 2011.
- [131] S.P. Gallagher y D.A. Sitzman. “False positive reduction in SPO2 atrial fibrillation detection using average heart rate and NIBP”. Patent US7806832 B2 (US). 5 de oct. de 2007.

## Libros

- [4] W.C. Kim y R. Mauborgne. *Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make Competition Irrelevant*. Harvard Business School Press. Harvard Business School Press, 2005, págs. 359-366. ISBN: 9781591396192.
- [5] World Health Organization. *World health statistics 2013*. World Health Organization, 2013.
- [7] A.P. Espejel y M.C.C. Estrada. *Metodología Crítica de la investigación: lógica, procedimiento y técnicas*. Grupo Patria Cultural, 2006. ISBN: 9789702408444.
- [8] F.G.O. Uribe y M.P.G. Nieto. *Metodología de la investigación: el proceso y sus técnicas*. Limusa, 2000. ISBN: 9789681860752.
- [9] M.A. Vázquez y G.E. Valenzuela. *Método de investigación: el conocimiento, la ciencia y el proceso de investigación*. Publicaciones Cultural, 2003. ISBN: 9789702404484.
- [13] U.A. Bakshi y A.P. Godse. *Basic Electronics Engineering*. Technical Publications, 2009. ISBN: 9788184315806.
- [15] A.S. Tanenbaum y D.J. Wetherall. *Computer Networks*. Pearson Prentice Hall, 2010. ISBN: 9780132126953.
- [16] C.M. Kozierok. *The TCP/IP Guide: A Comprehensive, Illustrated Internet Protocols Reference*. No Starch Press Series. No Starch Press, 2005. ISBN: 9781593270476.
- [19] Jochen H Schiller. *Mobile communications*. Pearson Education, 2003.
- [22] B. O'Hara y A. Petrick. *IEEE 802.11 Handbook: A Designer's Companion*. IEEE standards wireless networks series. Wiley, 2005. ISBN: 9780738144498.
- [24] M. Burgess. *Principles of Network & System Admin. 2nd Ed.* Wiley India Pvt. Limited, 2004. ISBN: 9788126504985.
- [26] M. Pradhan. *Applications for Digital Signals*. Media Creations, Incorporated, 2004. ISBN: 9781595263513.
- [27] U. Wahli y col. *Rational Application Developer V7.5 Programming Guide*. IBM redbooks. IBM Redbooks, 2009. ISBN: 9780738432892.
- [28] A. Dennis, B.H. Wixom y R.M. Roth. *Systems Analysis and Design*. John Wiley & Sons, 2008. ISBN: 9780470228548.
- [30] S. Jablonski y col. *Guide to Web Application and Platform Architectures*. Springer Professional Computing Series. Springer, 2004. ISBN: 9783540009474.
- [31] L. Shklar y R. Rosen. *Web Application Architecture: Principles, Protocols and Practices*. Wiley, 2004. ISBN: 9780470090848.
- [32] M. Kalin. *Java Web Services: Up and Running*. O'Reilly Media, 2009. ISBN: 9780596555443.
- [33] G. Alonso. *Web Services: Concepts, Architectures and Applications*. Data-Centric Systems and Applications. Springer, 2004. ISBN: 9783540440086.
- [34] G.M. Weinberg. *The psychology of computer programming*. Dorset House Pub., 1998. ISBN: 9780932633422.
- [35] F. Turbak, D. Gifford y M.A. Sheldon. *Design Concepts in Programming Languages*. MIT Press, 2008. ISBN: 9780262201759.

- [36] D.P. Friedman y M. Wand. *Essentials of Programming Languages*. Essentials of Programming Languages. MIT Press, 2008. ISBN: 9780262062794.
- [37] K.D. Lee. *Programming Languages: An Active Learning Approach*. Springer, 2008. ISBN: 9780387794228.
- [39] V.J.E. Muñoz. *Aprendiendo a programar paso a paso con C*: 2012. ISBN: 9788468610610.
- [40] Bjarne Stroustrup. *The C++ Programming Language, Third Edition*. 3rd. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1997. ISBN: 0201889544.
- [41] PJ Deitel y HM Deitel. *Java How to Program 9 th Edition (International Edition)*. Prentice Hall, 2007.
- [44] C.S. Horstmann. *Java Concepts for Java 5 and 6*. Wiley, 2007. ISBN: 9780470105559.
- [45] B. Spell. *Pro Java Programming*. Experts voice in Java. Apress, 2005. ISBN: 9781430200321.
- [48] B. Van Haecke. *JDBC 3.0: JAVA Database Connectivity*. M&T Books. Wiley, 2002. ISBN: 9780764548758.
- [51] T.M. Thomas. *Java Data Access: JDBC, JNDI, and JAXP*. M&T Books. Wiley, 2002. ISBN: 9780764548468.
- [53] J. Fawcett, D. Ayers y L.R.E. Quin. *Beginning XML, 5th Edition*. ITPro collection. Wiley, 2012. ISBN: 9781118226124.
- [55] T. Shanley e Inc MindShare. *Plug and Play System Architecture*. PC system architecture series. Addison-Wesley, 1995. ISBN: 9780201410136.
- [58] S. Suehring. *MySQL Bible*. Bible (Wiley). Wiley, 2002. ISBN: 9780764549328.
- [59] J. Groff, P. Weinberg y A. Opper. *SQL The Complete Reference, 3rd Edition*. The Complete Reference. McGraw-Hill Education, 2009. ISBN: 9780071592567.
- [60] M. Tamer Özsu y Patrick Valduriez. "Chapter 4 Database Integration." *Principles of Distributed Database Systems*. Third. Springer, 2011, págs. 131-160.
- [67] H. Schott. *Crónica de la medicina*. Intersistemas, 2003. ISBN: 9789706556370.
- [71] C.T. Tamayo y H.O.F. -. *La comunicación humana en la relación medico-paciente*. Prado, 2005. ISBN: 9789686899740.
- [93] A.D. Lantada. *Handbook on Advanced Design and Manufacturing Technologies for Biomedical Devices*. SpringerLink : Bücher. Springer, 2013. ISBN: 9781461467892.
- [95] A. Sadana. *Binding and Dissociation Kinetics for Different Biosensor Applications Using Fractals*. Progress in brain research. Elsevier Science, 2006. ISBN: 9780080463698.
- [96] D.G. Buerk. *Biosensors: Theory and Applications*. Taylor & Francis, 1995. ISBN: 9780877629757.
- [97] J.D. Bronzino. *The biomedical engineering handbook. 1*. Electrical engineering handbook series. CRC Press, 2000. ISBN: 9783540663515.
- [129] K.M. Ropella. *Introduction to Statistics for Biomedical Engineers*. Synthesis lectures on biomedical engineering. Morgan & Claypool, 2007. ISBN: 9781598291964.
- [130] J.L. Atlee. *Complications in Anesthesia*. Elsevier Health Sciences, 2006. ISBN: 9781437710496.
- [132] S. Poledna. *Fault-Tolerant Real-Time Systems: The Problem of Replica Determinism*. Kluwer international series in engineering and computer science: Real-time systems. Springer, 1996. ISBN: 9780585295800.

- [133] D. Krishnaswamy y col. *Real-Time Mobile Multimedia Services: 10th IFIP/IEEE International Conference on Management, of Multimedia and Mobile Networks and Services, MMNS 2007, San José, USA, October 31 - November 2, 2007, Proceedings*. LNCS sublibrary: Computer communication networks and telecommunications. Springer, 2007. ISBN: 9783540758686.
- [134] H. Kopetz. *Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications*. Real-Time Systems Series. Springer, 2011. ISBN: 9781441982377.
- [136] R.R. Soriano. *Guía para realizar investigaciones sociales*. Colección Folios universitarios. Plaza y Valdés, 1995. ISBN: 9789688562642.
- [137] P.V. Sukhatme y J.N. de Pascual. *Teoría de encuestas por muestreo con aplicaciones*. Sección de obras de economía. Fondo de Cultura Económica, 1956.

## Congresos

- [10] Víctor Ochoa y Fernando Vázquez. “Design of Pulse Oximeter controlled by a microcontroller”. En: *Memorias del XXVI Congreso Nacional y XII Congreso Internacional de Informática y Computación*. ANIEI. 2013, págs. 295-302.
- [12] Víctor Ochoa, Fernando Vázquez y Martha Jimenez. “Design of Pulse Oximeter with Wi-Fi Connectivity”. En: *Advances in Computing Science*. Vol. 63. Centro de Investigación en Computación del IPN. 2013, págs. 101-110.
- [18] MK da Frota Mattos, PH Biagioni y W Bassi. “Electric field measurement on time domain generated by corona on insulators on distribution systems”. En: *Electrical Insulation, 1996., Conference Record of the 1996 IEEE International Symposium on*. Vol. 1. IEEE. 1996, págs. 328-330.
- [114] Jae-Choong Nam y col. “Design and development of a u-Health system based on the ISO/IEEE 11073 PHD standards”. En: *Communications (APCC), 2011 17th Asia-Pacific Conference on*. Oct. de 2011, págs. 789-793. DOI: [10.1109/APCC.2011.6152915](https://doi.org/10.1109/APCC.2011.6152915).
- [115] M. Clarke y col. “Building point of care health technologies on the IEEE 11073 health device standards”. En: *Point-of-Care Healthcare Technologies (PHT), 2013 IEEE*. Ene. de 2013, págs. 117-119. DOI: [10.1109/PHT.2013.6461298](https://doi.org/10.1109/PHT.2013.6461298).
- [116] M. Benner y L. Schope. “Using Continua Health Alliance Standards - Implementation and Experiences of IEEE 11073”. En: *Mobile Data Management (MDM), 2011 12th IEEE International Conference on*. Vol. 2. Jun. de 2011, págs. 40-45. DOI: [10.1109/MDM.2011.25](https://doi.org/10.1109/MDM.2011.25).
- [117] F. Wartena, J. Muskens y L. Schmitt. “Continua: The Impact of a Personal Telehealth Ecosystem”. En: *eHealth, Telemedicine, and Social Medicine, 2009. eTELEMED '09. International Conference on*. Feb. de 2009, págs. 13-18. DOI: [10.1109/eTELEMED.2009.8](https://doi.org/10.1109/eTELEMED.2009.8).
- [127] IEEE Computer Society. Software Engineering Standards Committee y IEEE-SA Standards Board. “IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications”. En: Institute of Electrical y Electronics Engineers. 1998.
- [128] Víctor Ochoa, Gael Cruz y Karla Cruz. “Implementación de un Oxímetro en un Dispositivo Móvil”. En: *Memorias del XXV Congreso Nacional y XI Congreso Internacional de Informática y Computación*. ANIEI. 2012, págs. 288-294.

## Tesis

- [1] Víctor Jalil Ochoa Gutiérrez. “Diseño de un oxímetro portátil controlado por un PDA que se implementará en la unidad de reanimación del servicio de urgencias del Hospital Magdalena de las Salinas”. Undergraduate Honors Thesis. Av Té 950, Granjas México, Iztacalco, 08400 Ciudad de México, Distrito Federal: IPN-UIICSA, 2007. URL: [http://www.buscadedirbibliotecas.ipn.mx:80/F/?func=direct&doc\\_number=000225420&local\\_base=IPN\\_OPAC](http://www.buscadedirbibliotecas.ipn.mx:80/F/?func=direct&doc_number=000225420&local_base=IPN_OPAC).
- [57] A. Zisman y J. Kramer. *Towards Interoperability in Heterogeneous Database Systems*. Inf. téc. 11. Department of Computing, Imperial College of Science, Technology y Medicine, 1995. URL: <http://www.doc.ic.ac.uk/research/technicalreports/1995/DTR95-11.pdf>.
- [112] Esteban Arrangoiz Arechavala. “Interoperabilidad de Bases de Datos. Caso de Estudio: Expediente Clínico Electrónico”. Master Degree Thesis. Apdo. Postal 20-726, Deleg. Alvaro Obregón, México D.F., CP 01000, México.: UNAM-IIMAS, En proceso.

## Otras referencias

- [25] Seventh Framework Programme. *D5-1 Communication standards within BAN and PAN Version 1.1*. Consultado el 9 de mayo de 2014. 2010. URL: [http://www.reaction-project.eu/downloads/deliverables/D5-1\\_Communication\\_standards\\_within\\_BAN\\_and\\_PAN.pdf](http://www.reaction-project.eu/downloads/deliverables/D5-1_Communication_standards_within_BAN_and_PAN.pdf).
- [29] *Getting Started With UML*: Consultado el 15 de abril de 2014. URL: <http://www.uml.org/>.
- [38] Lenguajes de Programación. *Lenguajes de programación*. Consultado el 7 de mayo de 2014. 2011. URL: <http://lenguajes-de-programacion.com/lenguajes-de-programacion.shtml>.
- [42] *Introduction to Object Oriented Programming Concepts (OOP) and More*. Consultado el 15 de abril de 2014. URL: <http://www.codeproject.com/Articles/22769/Introduction-to-Object-Oriented-Programming-Concep>.
- [43] Nirosh L.W.C. *Conceptos básicos de Programación Orientada a Objetos*. Consultado el 13 de abril de 2014. URL: <http://www.upv.es/amiga/43.htm>.
- [46] *The NetBeans JavaBeans Tutorial*. Consultado el 15 de abril de 2014. URL: <http://wiki.netbeans.org/NetBeansJavaBeansTutorial>.
- [47] *JDBC Overview*. Consultado el 15 de abril de 2014. URL: <http://www.oracle.com/technetwork/java/overview-141217.html>.
- [49] *JSR-000221 JDBC Evaluation 4.0 Final Release*. Consultado el 16 de abril de 2014. URL: <http://download.oracle.com/otndocs/jcp/jdbc-4.0-fr-eval-oth-JSpec/>.
- [50] *Java SE Technologies - Database*. Consultado el 17 de abril de 2014. URL: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/jdbc/index.html>.
- [52] Tim Bray y col. *Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition)*. Consultado el 27 de mayo de 2013. 2013. URL: <http://www.w3.org/TR/xml/>.

- [54] David S Lawyer. *Plug-and-Play-HOWTO*. 1998. URL: <ftp://ftp.scc.kit.edu/pub/sunsite/docs/howto/other-formats/pdf/Plug-and-Play-HOWTO.pdf>.
- [62] *Problemas respiratorios*. Consultado el 20 de abril de 2014. URL: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/breathingproblems.html>.
- [63] *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica*. Consultado el 20 de abril de 2014. URL: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000091.htm>.
- [64] *¿Qué es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica o EPOC?* Consultado el 20 de abril de 2014. URL: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000091.htm#D>.
- [65] *Apnea obstructiva del sueño*. Consultado el 20 de abril de 2014. URL: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000811.htm>.
- [66] *¿Qué es la apnea del sueño?* Consultado el 20 de abril de 2014. URL: [http://www.nhlbi.nih.gov/health-spanish/health-topics/temas/sleep\\_apnea/](http://www.nhlbi.nih.gov/health-spanish/health-topics/temas/sleep_apnea/).
- [69] Dr. Nicolás Bañuelos Delgado. *Expediente Clínico*. Consultado el 18 de abril de 2014. URL: [http://www.conamed.gob.mx/comisiones\\_estatales/coesamed\\_nayarit/publicaciones/pdf/expediente\\_clinico.pdf](http://www.conamed.gob.mx/comisiones_estatales/coesamed_nayarit/publicaciones/pdf/expediente_clinico.pdf).
- [70] Hallvard Lærum. *Evaluation of electronic medical records A clinical task perspective*. Consultado el 19 de abril de 2014. 2004.
- [73] Tyler Chin. *What is an EMR? Health leaders come up with a definition*. Consultado el 14 de febrero de 2014. URL: <http://www.amednews.com/article/20030908/business/309089999/7/>.
- [74] *Clasificación de Instituciones de Salud*. Consultado el 14 de febrero de 2014. URL: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/ClasificadoresyCatalogos/default.aspx?\\_file=/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/clasificadoresycatalogos/doc/clasificacion\\_de\\_instituciones\\_de\\_salud.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/ClasificadoresyCatalogos/default.aspx?_file=/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/clasificadoresycatalogos/doc/clasificacion_de_instituciones_de_salud.pdf).
- [75] *El sistema de salud mexicano, una historia de casi 60 años*. Consultado el 2 de enero de 2014. URL: [http://www.salud.gob.mx/apps/htdocs/gaceta/gaceta\\_010702/hoja7.html](http://www.salud.gob.mx/apps/htdocs/gaceta/gaceta_010702/hoja7.html).
- [77] Institute of Health Policy Management y Evaluation. *What is Health Informatics?* Consultado el 18 de mayo de 2014. URL: <http://www.ihpme.utoronto.ca/about/pp/mhi/what-hi.htm>.
- [80] Department of Emergency Medicine. *Clinical Informatics Fellowship Program*. Consultado el 19 de mayo de 2014. URL: <http://www.umcig.com/education.htm>.
- [81] Thomas H. Gosnell School of Life Sciences. *What is Bioinformatics?* Consultado el 22 de mayo de 2014. URL: <http://www.rit.edu/cos/bioinformatics/>.
- [82] IEEE. *Glosario de estándares*. Consultado el 3 de junio de 2013. URL: [http://www.ieee.org/education\\_careers/education/standards/standards\\_glossary.html](http://www.ieee.org/education_careers/education/standards/standards_glossary.html).
- [94] *Signos vitales*. Consultado el 2 de marzo de 2014. URL: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002341.htm>.

- [98] ISO. *Medical electrical equipment – Part 2-61: Particular requirements for basic safety and essential performance of pulse oximeter equipment*. Consultado el 21 de abril de 2014. URL: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=51847](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51847).
- [104] Consultado el 2 de enero de 2014. URL: <http://www.ce-marking.org/index.html>.
- [105] *Medical devices – Quality management systems – Requirements for regulatory purposes*. Consultado el 6 de enero de 2014. URL: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=36786](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=36786).
- [106] *Health Informatics - Point-Of-Care Medical Device Communication - Part 10101: Nomenclature*. Consultado el 15 de enero de 2014. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=9574>.
- [107] ISO/IEC/IEEE. *Health informatics – Personal health device communication – 11073 Part 20601: Application profile – Optimized exchange protocol*. Consultado el 24 de enero de 2014. URL: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/11073-20601-2008.html>.
- [118] IHE International. *Integrating the Healthcare Enterprise*. Consultado el 23 de mayo de 2014. URL: <http://www.ihe.net/>.
- [119] Digital Imaging y Communications in Medicine. *Digital Imaging and Communications in Medicine*. Consultado el 23 de mayo de 2014. URL: <http://medical.nema.org/Dicom/about-DICOM.html>.
- [120] *Health Level Seven International*. Consultado el 10 de abril de 2013. URL: <http://www.hl7.org>.
- [121] *Capítulo HL7 México*. Consultado el 13 de marzo de 2014. URL: <http://hl7.org.mx/>.
- [122] *Glossario de términos de HL7*. Consultado el 10 de abril de 2013. URL: [http://www.hl7.org/search/viewSearchResult.cfm?search\\_id=323429&source=suggest&search\\_result\\_url=/documentcenter/public/calendarofevents/FirstTime/Glossary%20of%20terms.pdf](http://www.hl7.org/search/viewSearchResult.cfm?search_id=323429&source=suggest&search_result_url=/documentcenter/public/calendarofevents/FirstTime/Glossary%20of%20terms.pdf).
- [125] *HL7 Reference Information Model*. Consultado el 10 de agosto de 2013. URL: <http://www.hl7.org/implement/standards/rim.cfm>.
- [135] Domenico Ferrari. *Client requirements for real-time communication services*. Consultado el 3 de mayo de 2014. 1990.
- [138] U.S. Department of Health y Human Services. *System Usability Scale (SUS)*. Consultado el 21 de mayo de 2014. URL: <http://www.usability.gov/how-to-and-tools/resources/templates/system-usability-scale-sus.html>.



Página dejada intencionalmente en blanco.

## Glosario

### A

#### anatomopatológicas

Referente a las alteraciones anatómicas de los órganos a nivel macroscópico y microscópico.

### I

#### isobéptica

es el punto en el que los espectros de luz infrarroja y roja se cortan.

### L

#### legados

software que ha quedado anticuado pero continúa siendo utilizado por el usuario.

### M

#### Malware

del inglés **malicious software**), también llamado *badware*, código maligno, software malicioso o software malintencionado.

## Acrónimos

**ABMS** American Board of Medical Specialties

**ACR** American College of Radiology

**ADT** Admission Discharge Transfer

**AIMDD** Active Implantable Medical Device Directive

**ANSI** American National Standards Institute

**AP** Access Point

**API** Application Programming Interface

**ASN.1** Abstract Syntax Notation One

**BAN** Body Area Network

**CDA** Clinical Document Architecture

**CEM** Clínica de Especialidades de la Mujer

**CHA** Continua Health Alliance

**CM** Communication Model

**COPD** Chronic Obstructive Pulmonary Disease

**CURP** Clave Única de Registro de Población

**CWE** Coded With Exceptions

**DARPA** Defense Advanced Research Projects Agency

**DGTI** Dirección General de Tecnologías de Información

**DICOM** Digital Imaging and Communications in Medicine

**DIM** Domain Information Model  
**DSSS** Direct Sequence Spread Spectrum  
  
**EC** Expediente Clínico  
**ECE** Expediente Clínico Electrónico  
**EHR** Electronic Health Record  
**EHR-S** Electronic Health Record System  
**EMC** Electromagnetic Interference and Compatibility  
**EPOC** Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica  
  
**FDA** Food and Drug Administration  
**FHSS** Frequency-Hopping Spread Spectrum  
  
**HI** Health Informatics  
**HIS** Hospital Information System  
**HL7** Health Level Seven  
**HTML** HyperText Markup Language  
**HTTP** Hypertext Transfer Protocol  
  
**IDE** Integrated Development Environment  
**IEC** International Electrotechnical Commission  
**IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers  
**IMPI** Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial  
**IMSS** Instituto Mexicano del Seguro Social  
**INDAUTOR** Instituto Nacional del Derecho de Autor  
**INER** Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias  
**IP** Internet Protocol  
**IPN** Instituto Politécnico Nacional  
**IR** Infrared light  
**ISM** Industrial, Scientific and Medical  
**ISO** International Organization for Standardization  
**ISSSTE** Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado  
**ITU** International Telecommunications Union  
**ITU-R** ITU Radiocommunication Sector  
**IVDMDD** In Vitro Diagnostic Medical Devices Directive  
  
**JDBC** Java Database Connectivity  
  
**LAN** Local Area Network  
**LIS** Laboratory Information System  
**LOINC** Logical Observation Identifiers Names and Codes  
  
**MAC** Medium Access Control  
**MDD** Medical Devices Directive  
**MI** Medical Informatics  
**MOF** Meta Object Facility  
**MS** Microsoft  
  
**NEMA** National Electrical Manufacturers Association  
**NOM** Norma Oficial Mexicana

- OBX** Observation Result Segment  
**OMS** Organización Mundial de la Salud  
**OOP** Object-Oriented Programming  
**OSAS** Obstructive Sleep Anpea Syndrome  
**OSI** Open Systems Interconnection Reference Model
- PACD** Picture Archiving and Communication System  
**PAN** Personal Area Network  
**PEMEX** Petróleos Mexicanos  
**PHD** Personal Home Data  
**PHP** Personal Home Page Tools  
**PHY** Physical Layer  
**PnP** plug-and-play
- QoS** Quality of Service
- RIM** Reference Information Model  
**RoHS** Restriction of Hazardous Substances Directive
- SAHO** Sistema de Administración Hospitalaria  
**SAOS** Síndrome de la Apnea Obstruktiva del Sueño  
**SCMP-BM** Sistema para Controlar y Monitorizar a Pacientes basado en los estándares HL7 e IEEE 11073 aplicados a Biodispositivos Móviles  
**SDO** Standards Developing Organization  
**SEDENA** Secretaría de la Defensa Nacional  
**SEMAR** Secretaría de Marina  
**SIEDI** Sistema Interno de Evaluación del Desempeño Institucional  
**SINAIS** Sistema Nacional de Información en Salud  
**SIP** Secretaría de Investigación y Posgrado  
**SM** Service Model  
**SNOMED** Systematized Nomenclature of Medicine  
**SOAP** Simple Object Access Protocol  
**SQL** Structured Query Language  
**SSA** Secretaría de Salud  
**SUS** System Usability Scale
- TCP** Transmission Control Protocol
- UML** Unified Modeling Language  
**USB** Universal Serial Bus
- W3C** World Wide Web Consortium  
**WAN** Wide Area Network  
**WEB** World Wide Web  
**WiFi** Wireless Fidelity  
**WLAN** Wireless Local Area Networks  
**WMAN** Wireless Metropolitan Area Networks  
**WMTS** Wireless Medical Telemetry Systems  
**WS** Web Service

**WSDL** Web Services Description Language

**WWAN** Wireless Wide Area Networks

**XML** Extensible Markup Language

**XSD** XML Schema Definition

## Lista de Símbolos

- $\lambda$  En el presente trabajo el símbolo “Lambda” indica la longitud de onda de un rayo de luz expresado en manómetros.

# **Design of Pulse Oximeter with WiFi connectivity and interoperability with standard HL7 and IEEE 11073-10404:2008**

**Victor OCHOA**

**Computer Academy, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas, Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, C.P. 08400, México**

**and**

**Raul SANDOVAL**

**Research Department, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas, Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, C.P. 08400, México**

## **ABSTRACT**

Given that health is so relevant for global productivity and competitiveness, and that the ICTs play an important role in all of the productivity factors, this work makes use of the ICTs in health matters proposing the to use a WiFi oximeter. This article describes the operating principles of a Pulse Oximeter (PO) which is an opto-electronic non-invasive medical instrument capable of measuring changes in HR and SpO<sub>2</sub> at the fingertip and its upgrade to the standards; HL7 and IEEE 11073-10404:2008, its design, and its validation against the three existing devices. Variables (SpO<sub>2</sub>%, Ppm, Temperature) were compared, and its performance and impact were discussed the addition of the WiFi technology allows a better communication between devices, causing a greater impact in global competitiveness.

**Keywords:** HL7, OBX message, Pulse Oximetry, Optical Sensor, Heart Rate level, WiFi protocol.

## **1. INTRODUCTION**

Health is very important to be a competitive person in a world like ours, so this paper is related about a biodevice (Oximeter WiFi) for health. Pohjola, Venturini (2009) say that ICT investments have a positive impact on economic growth of GDP, also Edwards (2001) said that areas need large investments in ICT research, development, education, infrastructure and health to generate economic growth. Baily, Katz and West (2011) suggest that investment of ICT innovation as a key factor in the economy, so we can say that the oximeter is a technology that can help economic growth regardless of health satisfier. [2-3], [4], [5].

The pulse oximeter has become a vital NICU instrument [15], [16] and may have been adopted as a standard [17]. Various studies have concluded that with better technology, pulse oximeters would provide highly accurate measurements of oxygenation [17-18]. Bierman demonstrated that with other factors being equal, pulse oximetry significantly reduced the need for arterial blood gas collection [17], [19-20]. Zengel examined the effects of subareolar isosulfan blue injection on pulse oximeter (SpO<sub>2</sub>) readings and concluded that Time to peak SpO<sub>2</sub> fall, and the recovery period, are delayed in the subareolar technique [21].

On another hand Rodríguez, Garrido, Martínez, & García (2013) presented a paper related to the accuracy of pulse oximeters, including a brief introduction to the pulse oximetry operation principles, calibration procedure, and discussing the main aspects related to the accuracy of measurements and stating that the magnitudes of the errors due to variations of the wavelengths of the LEDs used were highlighted together with the risks that those errors produced to the patients [1].

Hülsbusch, et. al (2010) studied cardiovascular diseases of irregularities in the human cardiovascular system developing a miniaturized in-ear pulse oximeter, based on a micro-optic in-ear sensor. The resulting signal was then transferred wirelessly to a personal digital assistant (PDA) smart phone or PC where the heart beat, oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>), breathing frequency and slower perfusion rhythms could be calculated. This contribution introduced the system concept of the monitoring [13].

Besides, the oxygen is vital to the functioning of each cell in the human body. Without oxygen for a prolonged amount of time, cells will die. Thus, oxygen delivery to cells is an important indicator of a patient health. Several methods have been developed to analyze oxygen delivery. Pulse oximetry is a common, noninvasive method used in clinical environments [6].

Blood red cells contain a protein called hemoglobin. Red cells with oxygenated hemoglobin circulate in the blood through the whole body, irrigating tissues. When blood gets in contact with a cell, the red cells hemoglobin releases oxygen and becomes Deoxyhemoglobin (Hb) (deoxygenated hemoglobin) [7].

More over pulse oximetry is the non-invasive measurement of the oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>). And pulse oximetry systems are based on two principles related to the characteristic of blood flow rate in the context of the oxy-hemoglobin and deoxy-hemoglobin status. Both oxy-hemoglobin and deoxy-hemoglobin are different in their absorption of red (660 nm to 750 nm) and infrared light (850nm-1000nm), and because the volume of the arterial blood in tissue changes as the pulse changes. With each heartbeat, the volume of the arteries becomes larger before the blood enters the capillaries. This change makes possible for the oximetry system to differentiate the arterial blood from all other absorbing substances [8], [9].

When light is emitted into the body tissue, some light will be absorbed by the skin, bones and muscle tissue. This represents the static direct current (DC) component of the signal received

at the photo detector receiver. The pulsatile flow in arteries and arterioles during diastole and systole will create some variation in light intensity. This will produce the alternating current (AC) part of the signal [9]. At this point the absorption that occurs is known as the Beer-Lambert Law. Both AC and DC components are shown in Figure 1. [10].

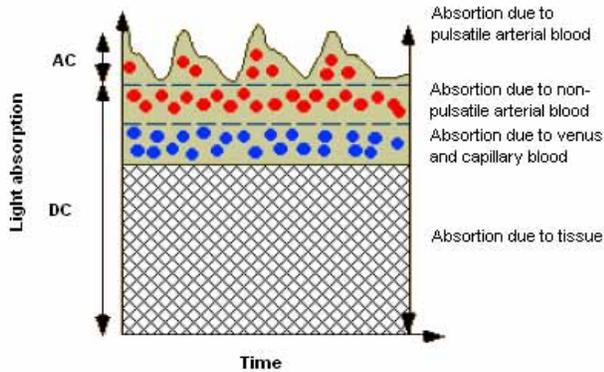


Fig. 1. Light absorption through living tissue

As mentioned above, we agree with Shafique, Kyriacou, & Pal (2012), who investigated Photoplethysmography (PPG), a technique widely used to monitor volumetric blood changes induced by cardiac pulsations. Pulse oximetry uses the technique of PPG to estimate arterial oxygen saturation values (SpO<sub>2</sub>) [14].

## 2. DESCRIPTIVE AND METHODOLOGICAL SECTION

This research was supported by an experiment, at the “Hospital de Ortopedia y Traumatología - Dr. Victorio de la Fuente Narváez” in Mexico City, in 2013, with a sample of 32 patients. The experiment consisted of taking samples of variables 1) SpO<sub>2</sub>%, 2) Ppm and 3) The temperature, which are shown in Figure 8 and are described in Table 1. The measurement were taken by three different devices: Nonin, Mazimo, and WiFi oximeter.

Table 1. Study variables

Variable	Description
SpO <sub>2</sub> %	Oxygen level (0 to 100%)
Ppm	Pulses per minute (0 to 200ppm)
Temperature	Body Temperature (0 to 100°C)

An intensive care monitor alarm has been a major burden on both nurses and patients. Between 44% and 63 % of alarms are caused by pulse oximeters, with 94 % of these being non-significant [22-24]. Any technique for measuring pulse oximeter saturation (SpO<sub>2</sub>) has been developed using a mathematical manipulation of the pulse oximeter red light and infrared light absorbance to identify and subtract the noise components associated with these signals [25]. Theoretically the pulse oximeter analyzes the light absorption of two wavelengths from the pulsatile-added volume of oxygenated arterial blood

(AC<sub>red light</sub>/DC<sub>infrared light</sub>) and calculates the absorption ratio "R" using the following Eq. 1.

$$R = \frac{AC_{660}/DC_{660}}{AC_{940}/DC_{940}} \quad (1)$$

SpO<sub>2</sub> is taken out from a table stored on the memory calculated with empirical formulas. A ratio of 1 represents a SpO<sub>2</sub> of 85%, a ratio of 0.4 represents SpO<sub>2</sub> of 100 %, and a ratio of 3.4 represents SpO<sub>2</sub> of 0 %. For more reliability, the table must be based on experimental measurements of healthy patients.

Another way to calculate SpO<sub>2</sub> is taking the AC component only of the signal and determines its ratio by using Eq. 2. SpO<sub>2</sub> is the value of "R" X 100.

$$R = \frac{\log_{10}(I_{AC660})}{\log_{10}(I_{AC940})} \times 100 \quad (2)$$

Where:

I<sub>ac</sub> = Light intensity at 1 (660 nm) or 2 (940 nm), where only the AC level is present.

R= Absorption ratio of light.

The system consist of five parts; sensor, amplifier, processing, LCD display and WiFi communication protocol, as shown in Figure 2.

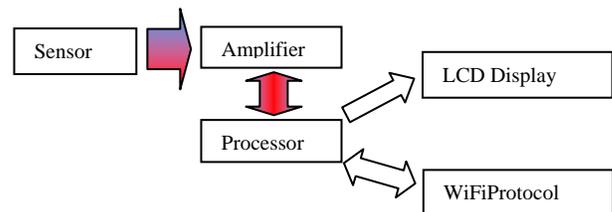


Fig. 2. Block diagram showing the flow of operation for the Pulse Oxymetry WiFi System

### Sensor of Pulse Oximetry

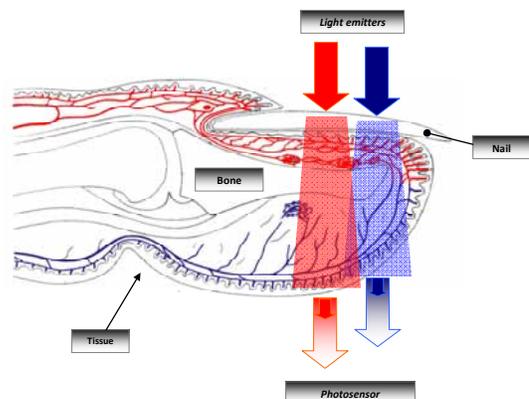
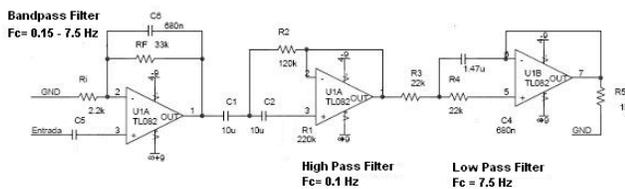


Fig. 3. Sensor orientation for light transmittance in the designed pulse oximeter.

The WiFi Pulse Oximeter system have a probe (sensor), is composed by two LEDs, and a photo-detector. The two LEDs used in the sensor part are the red and infrared (See Figure 3), and the signal collected by from the photo-detector. To perform our tests, we used the finger. The detectors must be highly sensitive and be able to measure the weak emission through to the tissues.

**Acquiring the signal**

The optical receiver element is a photodiode. The adquisition of the signal is obtained by amplifying and filtering the output of the photodetector. The amplified photocurrent is a moderate-voltage, low-impedance output, which is then taken to a bandpass filter section designed to operate at frequencies of 0.15 Hz to 7.5 Hz. This is mainly intended to eliminate the DC component and high frequency noise, as seen in Figure 4. [12]



**Fig. 4.** Filtering and Amplifying Circuits.

**Processing Pulse Oximetry Signal**

The aquired is supplied to a Programmable Interface Controller (PIC) which will be converted it from analogue into digital signal through the built-in 12bit Analogue to Digital Converter. However, this conversion requires a C programming software and C18 compilation process to generate the Hexadecimal “hex” file. An example of line code in C18 to calculate de SPO<sub>2</sub>%, applying (2) is given in Eq. 3

$$\text{calculoSpo2} = (((\log((1 / \text{red}))) / (\log((1 / \text{infrared})))) * 100); \quad (3)$$

**Display of Pulse Oximetry**

For the device to be user friendly, the measured values are shown; the output produced by the PO will be displayed via a Liquid Crystal Display (LCD) screen. The organization chacters are as shown in Figure 5.

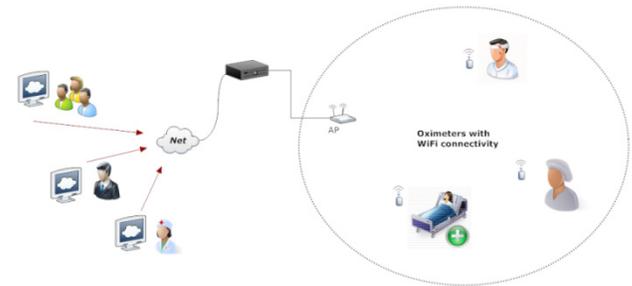
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
P	p	m	=				S	p	O	2	%	=			
T	e	m	p	=			P	r	e	=	n	o	r	m	

**Fig. 5.** Display test data processed as the Table 1

**The WiFi protocol and communication**

The implementation of the WiFi protocol uses the Microchip TCP/IP Stack, a suite of programs that provides services to standard TCP/IP-based applications (HTTP Server, Mail Client, etc.). The software stack has an integrated driver that implements the API that is used in the modules for command, control, management and data packet traffic [11].

When the device has the final results (SpO<sub>2</sub>% and the HR), we use a micro embedded WiFi card to communicate the microcontroller with the most nearest access point (AP) to enable the WiFi Pulse Oximeter system to be reachable for other devices like laptops, computers, Smartphones connected to the same AP, as shown in figure 6.



**Fig. 6.** Oximeters with WiFi connectivity over the network

**The standars; HL7 and IEEE 11073-10404:2008**

It is esential for systems such as health devices, to interoperate among each other to have a common communication standard. The ISO/IEEE 11073 family of standards for medical devices has existed for many years and was originally developed for hospital based equipment and specifically for the intensive care environment. The original protocol, based on the full OSI 7 layer model, was often criticised as being heavyweight and complex. In its current form, it was not considered appropriate as the basis of a new standard for personal health data (PHD) devices. [27]

In oder to solve interoperability among PHDs, a non-profit organization involved in the development of international health care informatics interoperability standars, brought out the Healt Leve Seven (HL7) standar (e.g., HL7 v2.x, v3.0, HL7 RIM).



**Fig. 7.** Overview of the IEEE PHD 11073 Framework.

Once the results were ready to be transmitted, the standard IEEE 11073-10404 [28] was used to create a data frame, which contains the variables: idDevice, date and time, idMeasure, deviceSerialNumber, wifiMacAdrees, batteryState, temperature, spo2, ppm, etc. All those data were packaged into an OBX (Observation Segment) message, which is a segment used to transmit a single observation or observation fragment. It represents the smallest indivisible unit of a report. It is used to communicate trough all the platforms, who uses the Health Level Seven (HL7).

### 3. IMPLEMENTATION

Following [26], measurments were taken by three devices (Nonin, Mazimo and WiFi Oximeter), SpO<sub>2</sub>% values below 95% where, then by a second measurement, and only the highest value was recorded.

The first implementation was made at the “Hospital de Ortopedia y Traumatología - Dr. Victorio De La Fuente Narváez” in Mexico City, with optimum results at the moment of testinf the WiFi Oximeter [8]. All tests were reviewed by specialist doctors under the ISO 9919:2005, in which ISO defines the procedure to prove the Oximeters. [14] Figure 8 shows the tests.



Fig. 8. Oximeters test; Mazimo, Nonin and Oximeter WiFi in a patient.

### 4. RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained from the three devices Nonin, Mazimo and Oximeter WiFi, are quite similar as shown in Table 2. Regarding the temperature, only the WiFi Oximeter device, Table 2 shows the values.

Table 2. Results from the Three Treatments

	Nonin		Mazimo		Oximeter WiFi		
	SpO <sub>2</sub> %	PPM	SpO <sub>2</sub> %	PPM	SpO <sub>2</sub> %	PPM	Temperature
Min.	87.00	70.00	86.00	69.00	86.00	70.00	29.00
Max.	99.00	94.00	100.00	93.00	100.00	94.00	32.00
Average	94.16	82.84	93.72	82.78	93.78	83.00	30.38

Figure 9 shows visually the values obtained for the SpO<sub>2</sub>% variable, which gives reliability on the results by using the proposed WiFi device.

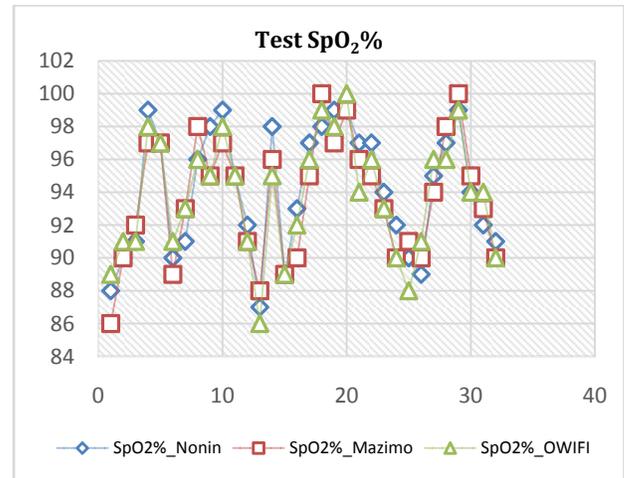


Fig. 9. Test Results SpO<sub>2</sub>%

**Discussion:** Many authors have stated the need of interoperability aiming to obtain fast and realive masurements. Additionally, as observe in Figure 8, though the similarity of the measurements the WiFi Oximeter device gives the temperature, which can be consider as an added value. This would promote an econimich growth of the Health Care Industry by having low-cost, hight-reliable measurement devices obtaining more variables, as pointed out by Pohjola [4] and Venturini [5].

### 5. CONCLUSIONS AT THE MOMENT

The preliminary conclusions are: **First**, from the electronic point of view: the needed research and tests were carried out to join the project and brought it to a first phase, its construction. **Secondly**, notwithstanding that results were successful in its implementation, doctors made it clear that further testing in a more specialized area is needed, and of course, this is a more advanced version of this oximeter. Because doctors **asked if the oximeter could autosave the results into a system or database and the answer was yes**, this question gave us the opportunity to develop as a second phase of the oximeter. The features are emphasized: scalable technology, on-line monitoring, provides connectivity and networking, will provide more timely and easy monitoring, use of Standard ISO

9919:2005, standard HL7 and IEEE 11073-10404:2008 and others. This design is protected in Mexico by the Patent, Number: **MX/u/2009/000216**.

## 6. ACKNOWLEDGEMENTS.

The authors would like to take this opportunity to express his heartfelt appreciation and thanks to the Instituto Politécnico Nacional and the UPIICSA, IMSS especially to the Hospital de Ortopedia y Traumatología - Dr. Victorio De La Fuente Narváez for their support, which made it possible for the authors to produce this paper.

## REFERENCES

- [1] Rodríguez, J., Garrido, H., Martínez, A., & García, M. (2013). **Exactitud y Errores de la Oximetría de Pulso**. IFMBE Proceedings (33), 758–761. Retrieved on: 16th of August of 2013, URL: [http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-21198-0\\_193.pdf](http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-21198-0_193.pdf)
- [2] Baily, M., Katz, B., & West, D. (May de 2011). Brookings. Retrieved on: 20th of November of 2012, URL: <http://www.brookings.edu/research/papers/2011/05/growth-innovation>
- [3] Edwards, S. (2001). **Information Technology and Economic Growth in the Emerging Economies**. 1-22.
- [4] Pohjola, M. (2000). **Information technology and economic growth: a cross-country analysis**. UNU World Institute for Development Economics Research, Working Papers No. 173, pp 1.
- [5] Venturini, F. (2009). **The long-run impact of ICT**. *Empirical Economics*, 37(3), 497–515.
- [6] John G. Webster, (1997). **Design of Pulse Oximeters**. On: John G II, USA: Taylor & Francis; pages. 12-25
- [7] Santiago L. (2012) **Pulse Oximeter Fundamentals and Design**, Freescale Semiconductor Document Number: AN4327
- [8] Hoff, D. Zhang, R. Stalter, T. and Carlson, M. (2003). **Pulse Oximetry**. Undergraduate Thesis Electrical and Computer Engineering, North Carolina State University, USA.
- [9] Oximetry.org: Principles of Pulse Oximetry Technology. Retrieved on: 16th of June 2013 URL: (<http://www.oximeter.org/pulseox/principles.htm>)
- [10] The analysis of transesophageal oxygen saturation photoplethysmography from different signal sources. Retrieved on: 16th of June 2013 URL: (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23475176>)
- [11] Nilesh R (2002) **The Microchip TCP/IP Stack**, Microchip Document Number: AN833.
- [12] J. T. B. Moyle, **Pulse Oximetry**, 1st ed. London, U.K.: BMJ, 1994.
- [13] Hülsbusch, M., Blazek, V., Herzog, M., Vogel, S., Wartzek, T., Starke, D., & Hennig, T. (2010). **Development of a miniaturized in-ear pulse oximeter for long term monitoring of risk patients**. En O. Dössel, & W. C. Schlegel, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering (Vol. 25, pags. 779-781). Springer. doi:10.1007/978-3-642-03882-2\_207
- [14] ISO 9919:2005 **Medical electrical equipment - Particular requirements for the basic safety and essential performance of pulse oximeter equipment for medical use**. Retrieved on: 16th of June 2013, URL: [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?csnumber=33780](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=33780)
- [15] Cresi, F., Pelle, E., Calabrese, R., Costa, L., Farinasso, D., & Silvestro, L. (2010). **Perfusion index variations in clinically and hemodynamically stable preterm newborns in the first week of life**. Italian journal of pediatrics, 36(1), 1-5.
- [16] Salyer JW: **Neonatal and pediatric pulse oximetry**. *Respir Care* 2003,48(4):386-396
- [17] Shah, A., & Shelley, K. H. (2013). **Is pulse oximetry an essential tool or just another distraction? The role of the pulse oximeter in modern anesthesia care**. *Journal of clinical monitoring and computing*, 1-8.
- [18] Aoyagi T. **Pulse oximetry: its invention, theory, and future**. *J Anesth*. 2003;17(4):259–66.
- [19] Pedersen T, Moller A, Pedersen B. **Pulse oximetry for perioperative monitoring: systemic review of randomized, controlled trials**. *Anesth Analg*. 2003;96(2):426.
- [20] Bierman M, Stein K, Snyder J. **Pulse oximetry in the postoperative care of cardiac surgical patients**. A randomized controlled trial. *Chest*. 1992;102(5):1367–70.
- [21] Zengel, B., Yasarbas, U., Bingolballi, O., & Denecli, A. G. (2012). **The Effect of Subareolar Isosulfan Blue Injection on Pulse Oximeter Readings**. *Indian Journal of Surgery*, 1-5.
- [22] Sabar R, Zmora E (1997) **Nurses' response to alarms from monitoring systems in NICU**. *Pediatr Res* 41: 174A
- [23] Lawless ST (1994) **Crying wolf: false alarms in a pediatric intensive care unit**. *Crit Care Med* 22:981-985
- [24] Bohnhorst, B., & Poets, C. F. (1998). **Major reduction in alarm frequency with a new pulse oximeter**. *Intensivecare medicine*, 24(3), 277-278.
- [25] Dumas C, Wahr JA, Tremper KK (1996) **Clinical evaluation of a prototype motion artifact resistant pulse oximeter in the recovery room**. *Anesth Analg* 83:269.
- [26] Corrad, F., de La Rocque, F., Martin, E., Wollner, C., Elbez, A., Koskas, M., & Cohen, R. (2013). **Food intake during the previous 24 h as a percentage of usual intake: a marker of hypoxia in infants with bronchiolitis: an observational, prospective, multicenter study**. *BMC pediatrics*.
- [27] Clarke, M., Bogia, D., Hassing, K., Steubesand, L., Chan, T., & Ayyagari, D. (2007, August). **Developing a standard for personal health devices based on 11073**. In Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. 29th Annual International Conference of the IEEE (pp. 6174-6176). IEEE.

- [28] 11073-10404-2008 - **Health Informatics - Personal Health Device Communication** - Device Specialization - Pulse Oximeter. Retrieved on: 26th of March 2014, URL: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/11073-10404-2008.html>

Versiones: pdfTeX, Version 3.1415926-2.5-1.40.14 (MiKTeX 2.9)  
Ghostscript: Version 9.07  
Autor: Víctor Jalil Ochoa Gutiérrez  
Versión de la Tesis: **Compilación 4.2**