



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES



**SISTEMA INALÁMBRICO DE SUPERVISIÓN DEL FLUIDO DE UNA
TERAPIA INTRAVENOSA EN PACIENTES DENTRO DE UN CENTRO
HOSPITALARIO.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR:

Gabriel Romero

Katheryne Schmidt

TUTOR:

Ing. Biagio Cante

FECHA:

Caracas, Octubre de 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES



**SISTEMA INALÁMBRICO DE SUPERVISIÓN DEL FLUIDO DE UNA
TERAPIA INTRAVENOSA EN PACIENTES DENTRO DE UN CENTRO
HOSPITALARIO.**

**Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su
contenido con el resultado: veinte (20) puntos**

JURADO EXAMINADOR

Firma: _____ **Firma:** _____ **Firma:** _____

Nombre: José Pirrone **Nombre:** Nicola Buonanno **Nombre:** Biagio Cante

REALIZADO POR: Gabriel Romero
Katheryne Schmidt

TUTOR: Ing. Biagio Cante

FECHA: Caracas, Octubre 2012

Dedicatoria

En especial a mis padres que con su apoyo y esfuerzo lograron darme la ayuda necesaria
para poder lograr esta meta tan importante en mi vida.

A todos y cada uno de mis amigos, y todas aquellas personas que de alguna manera
brindaron soporte para salir adelante y cumplir con el objetivo planteado.

Y a mi compañera de tesis y amiga, por juntos convertirnos en ingenieros de
telecomunicaciones de esta nuestra universidad.

Gabriel Alexander Romero Arteaga

A Dios en primer lugar por brindarme la maravillosa vida que tengo.

A mis padres y familiares por su apoyo incondicional.

Gracias a mis amigos por ser tan increíbles conmigo, en especial a Gina, Ana, José y
Rossana.

Este es nuestro logro Gabriel, mi mejor amigo y compañero por 7 años.

Katheryne Schmidt Londoño

Agradecimientos

Agradecemos a todas aquellas personas que con su apoyo y dedicación hicieron que este Trabajo Especial de Grado fuera posible:

A nuestro tutor, el Ing. Biagio Cante, cuyas ideas y consejos fueron útiles para el desarrollo del proyecto.

A Kenny Torrealba, por su continuo apoyo, paciencia y tiempo dedicado a este trabajo.

En especial, un gran reconocimiento al Ingeniero José Gregorio Castillo, por la asesoría y apoyo brindado para la ejecución del Trabajo Especial de Grado.

Y a todos aquellos amigos, familiares y conocidos, que han colaborado ya sea directa o indirectamente.

¡A todos ustedes, muchas gracias!

Resumen

El deterioro del sistema de salud en Venezuela, es la consecuencia que mayor impacto ha causado en la sociedad durante las últimas décadas. La falta de personal médico especializado, las fallas en los equipos y el déficit de atención por saturación de las áreas de emergencia, son una de las razones de la inmensa carencia que existe en el mantenimiento y preservación de los equipos hospitalarios. Por lo tanto, con la intención de brindar soluciones que facilitarán tecnológicamente el área médica, se elaboró un proyecto para la creación de un sistema de supervisión y alarma de terapia intravenosa en pacientes, con el fin de lograr un mejor control del tratamiento a bajo costo y funcionamiento eficiente.

Por lo que se tuvo que realizar la búsqueda de información, asesoría profesional, y reconocimiento de términos para el desarrollo del proyecto planteado. Luego se realizó la selección del protocolo inalámbrico y el sensor presente en el detector de fluidos mediante una comparación de distintas tecnologías y elementos para satisfacer los requerimientos básicos del sistema. Una vez establecido los requerimientos principales, se procedió al diseño y construcción del detector de fluidos, *software* de gestión y reconocimiento del lugar para el diseño de la red inalámbrica.

Se solicitaron los permisos necesarios para el desarrollo de las pruebas, se puso en funcionamiento y se comprobó el desempeño del sistema para la obtención de los objetivos planteados. En el presente Trabajo Especial de Grado, se empleó el entorno de programación JAVA para la elaboración del *software* de gestión, los dispositivos JAVA SUN SPOT de SUN MICROSYSTEMS (actualmente ORACLE) y el módulo de mensajería GM29 de SONY-ERICSSON, prestados por la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Católica Andrés Bello.

Palabras claves: Terapia Intravenosa, protocolos de red inalámbrica, sensores

Índice General

Resumen.....	iii
Índice General.....	iv
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tablas.....	x
Introducción.....	xi
Capítulo I. Planteamiento del Proyecto.....	1
I.1.- Planteamiento del Problema.....	1
I.2.- Objetivos.....	2
I.2.1.- Objetivo General.....	2
I.2.2.- Objetivos Específicos.....	2
I.3.- Alcances y Limitaciones.....	2
I.3.1.- Alcances.....	2
I.3.2.- Limitaciones.....	3
I.4.- Justificación.....	3
Capítulo II. Marco Referencial.....	4
II.1.- Redes Inalámbricas.....	4
II.1.1.- Definición y características.....	4
II.1.2.-Ventajas y debilidades.....	6
II.1.3.- Redes WPAN (IEEE 802.15).....	8
II.1.4.- Redes Wi-Fi (802.11b).....	26
II.1.5.- Comparación entre las redes inalámbricas.....	31
II.1.2.- Sensores.....	32
II.1.2.1 Tipos de Sensores.....	33
II.1.3.- Terapia Intravenosa.....	35
II.1.3.1.- Fundamentos de la Terapia Intravenosa.....	35
II.1.3.2.- Complicaciones de la Terapia Intravenosa.....	37
Capítulo III. Metodología.....	40
III. 1 Investigación y Documentación.....	40
III. 2 Selección y Evaluación.....	41
III. 3 Diseño.....	41

III. 4 Desarrollo y Verificación.....	42
Capítulo IV. Desarrollo.....	43
IV. 1 Investigación y Documentación.....	43
IV. 2 Selección y Evaluación	43
IV.2.2 Selección de la topología de red	45
IV. 3 Diseño	49
IV.3.1 Elaboración del <i>software</i>	53
IV.3.1.1 Módulos del <i>software</i> de gestión.....	58
IV.3.1.2 Activación de Alarmas	68
IV.3.1.3 Consideraciones técnicas.....	69
IV.3.3. Estimación de Costos.....	69
IV. 4 Desarrollo y Verificación.....	70
IV.4.1. Pruebas ejecutadas del sistema	70
Capítulo V. Resultados	72
V.1. Selección de la plataforma inalámbrica	72
V.1.1. Criterios de Selección	72
V.1.2. Resultado de selección.....	73
V.2. Selección del sensor	75
V.2.1. Criterios de Selección	75
V.2.2. Resultado de Selección	76
V.3. Diseño y construcción del detector de fluidos	76
V.4. Desarrollo e implementación del <i>Software</i> de Gestión.....	78
V.5. Estimado de Costos.....	79
V.5.1. JAVA SUN SPOT	79
V.5.2. Módulo de Mensajería	80
V.5.3. Presupuesto	81
V.6. Pruebas ejecutadas del sistema	83
V.6.1. Resultados obtenidos por paciente.....	83
Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones.....	96
V.I.1. Conclusiones.....	96
V.I.2. Recomendaciones	98
Capítulo VII. Referencias Bibliográficas.....	99

Anexos	102
Anexo A: Diagramas de Flujo del <i>Software</i> de Gestión.....	103
Anexo B: Manual de Usuario	108
Anexo C: Carta de Autorización y Ficha de Control de las Pruebas	121
Anexo D: Resultados de las Encuestas	126
Encuesta a Pacientes.....	126
Resultados de las encuesta a Pacientes.....	126
Encuesta al Personal de Salud	128
Resultados de las encuesta al Personal de Salud	128
Anexo E: Fotos y Capturas de las pruebas	131

Índice de Figuras

Figura 1: Tipos de redes según su potencia y alcance	5
Figura 2: Modelo de referencia ISO-OSI vs. Modelo IEEE 802.15	9
Figura 3: Pila de Protocolo de IrDA	10
Figura 4: Topología de red Bluetooth.....	13
Figura 5: Pila de protocolos Bluetooth	14
Figura 6: Formato de trama Bluetooth en la Capa Banda Base.....	17
Figura 7: Topología de Red del Protocolo Zigbee.....	18
Figura 8: Canales IEEE 802.15.4.....	20
Figura 9: Comparación entre el Modelo OSI y del protocolo IEEE 802.15.4.....	21
Figura 10: Formato general de la trama de datos (Data Frame)	23
Figura 11: Parámetros de modulación de la Capa PHY.	23
Figura 12: Estructura de la trama de datos Zigbee	25
Figura 13: Modo Ad-Hoc.	27
Figura 14: Conexión a través de un control de acceso.	28
Figura 15: Canales de transmisión en la banda ISM de 2.4 GHz para 802.11b	28
Figura 16: Trama de datos en la Capa Física del estándar 802.11.....	30
Figura 17: Estructura de la trama 802.11 a nivel de Datos MAC.....	30
Figura 18: Metodología del Proyecto en fases.....	40
Figura 19: Esquema de opciones de plataformas inalámbricas.	44
Figura 20: JAVA SUN SPOT Development Kit	44
Figura 21: Topología en estrella con los dispositivos SUN SPOT.....	45
Figura 22: Topología de árbol con los dispositivos SUN SPOT.	46
Figura 23: Topología de malla con los dispositivos SUN SPOT.	47
Figura 24: Primer prototipo del detector.....	50
Figura 25: Segundo prototipo del detector	50
Figura 26: Prototipo final del detector.	51
Figura 27: Circuito del detector de fluidos	52
Figura 28: Conectores I/O del JAVA SUN SPOT.....	53

Figura 29: Parámetros requeridos del <i>software</i> de gestión.	53
Figura 30: Representación de los estado según las mediciones que se realicen.	55
Figura 31: Módulo de Mensajería GM29 Sony-Ericsson.	58
Figura 32: Módulos del <i>software</i> de gestión.	58
Figura 33: Ventana de Inicio	59
Figura 34: Ventana de Supervisión del <i>Life Sensor</i> según los módulos.	60
Figura 35: Ventana de Supervisión.	61
Figura 36: Ventana para Agregar/Eliminar Paciente	63
Figura 37: Ventana de Información del Paciente.	64
Figura 38: Ventana para Agregar/Eliminar Personal.	65
Figura 39: Ventana de Listado Personal Activo.	66
Figura 40: Modelo de mensaje de prueba.	66
Figura 41: Ventana de Ajustes según las secciones.	67
Figura 42: Modelo de Mensaje de Alerta	69
Figura 43: Enlaces nodos - coordinador.	74
Figura 44: Detección del paso de fluido	77
Figura 45: Captura del envío del mensaje de texto del Paciente 2.	85
Figura 46: Captura del envío del mensaje de texto del Paciente 3.	86
Figura 47: Captura del envío del mensaje de texto del Paciente 4.	87
Figura 48: Captura del envío del mensaje de texto del Paciente 8.	89
Figura 49: Captura del envío del mensaje de texto del Paciente 11.	91
Figura 50: Diagrama de las actividades generales del <i>software</i> de gestión.	103
Figura 51: Diagrama del módulo “Ajustes”.	104
Figura 52: Diagrama de los módulos “Cargar datos”, “Ayuda” y “Salir”.	105
Figura 53: Diagrama del módulo “Iniciar” parte I.	106
Figura 54: Diagrama del módulo “Iniciar” parte II.	107
Figura 55: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #1	132
Figura 56: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #2.	132
Figura 57: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #3.	133
Figura 58: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #4.	133

Figura 59: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #5.	134
Figura 60: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #6.	134
Figura 61: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #7.	135
Figura 62: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #8.	135
Figura 63: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #9.	136
Figura 64: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #10.	136
Figura 65: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #11.	137
Figura 66: Captura de la aplicación <i>Life Sensor</i> y Foto del paciente #12.	137

Índice de Tablas

Tabla 1: Comparación de los protocolos Zigbee, Bluetooth y Wi-Fi.....	31
Tabla 2: Sensores y métodos de detección ordinarios para las magnitudes.	35
Tabla 3: Complicaciones presentes según procedimiento de cateterismo a realizar.	38
Tabla 4: Criterios de selección tomados en cuenta para la elaboración de la tabla comparativa de las diferentes plataformas inalámbricas	73
Tabla 5: Criterios de selección del tipo de sensor.	75
Tabla 6: Especificaciones técnicas del JAVA SUN SPOT.....	79
Tabla 7: Especificaciones técnicas del Módulo de Mensajería	80
Tabla 8: Presupuesto para la fabricación del detector de fluidos.....	81
Tabla 9: Presupuesto General del sistema de supervisión	82
Tabla 10: Presupuesto General para la implementación del sistema en el centro asistencial de salud “Rosario Milano”	83
Tabla 11: Resultados del Paciente 1	84
Tabla 12: Resultados del Paciente 2	84
Tabla 13: Resultados del Paciente 3	85
Tabla 14: Resultados del Paciente 4	86
Tabla 15: Resultados del Paciente 5	87
Tabla 16: Resultados del Paciente 6	88
Tabla 17: Resultados del Paciente 7	88
Tabla 18: Resultados del Paciente 8	89
Tabla 19: Resultados del Paciente 9	90
Tabla 20: Resultados del Paciente 10	90
Tabla 21: Resultados del Paciente 11	91
Tabla 22: Resultados del Paciente 12	92
Tabla 23: Respuesta de la pregunta #1 de la encuesta de pacientes	126
Tabla 24: Respuesta de la pregunta #2 de la encuesta de pacientes	126
Tabla 25: Respuesta de la pregunta #3 de la encuesta de pacientes	127
Tabla 26: Respuesta de la pregunta #4 de la encuesta de pacientes	127
Tabla 27: Respuesta de la pregunta #5 de la encuesta de pacientes	127
Tabla 28: Respuesta de la pregunta #1 de la encuesta del personal de salud	129
Tabla 29: Respuesta de la pregunta #3 de la encuesta del personal de salud	129
Tabla 30: Respuesta de la pregunta #5 de la encuesta del personal de salud	129
Tabla 31: Respuesta de la pregunta #8 de la encuesta del personal de salud	130
Tabla 32: Respuesta de la pregunta #9 de la encuesta del personal de salud	130

Introducción

En este Trabajo Especial de Grado se presentará una solución tecnológica que facilita la supervisión de la terapia intravenosa, con el objetivo de establecer un sistema que permita dicho requerimiento. El sistema de supervisión de fluidos de una terapia intravenosa, permite ofrecer un mejor servicio a los pacientes y brindar un sistema de apoyo al personal de salud, para controlar de forma eficiente el paso de fluido en la vía. Se realizará una explicación sobre las actividades ejecutadas durante la elaboración del proyecto, para establecer los objetivos planteados en el presente documento.

Las actividades realizadas se han logrado satisfactoriamente, entre las cuales están pautadas la investigación documental, la selección del protocolo inalámbrico de comunicación, la elección del sensor, la construcción del detector de fluidos y el *software* de gestión.

El proyecto está constituido por cinco capítulos, estructurados de la siguiente manera:

- **Capítulo I.- Planteamiento del Proyecto:** Se presenta el planteamiento y justificación del problema a solventar. Se explican los objetivos, las limitaciones y alcances planteados para la implementación del sistema.
- **Capítulo II.- Marco Referencial:** Comprende la información teórica que respalda el diseño, desarrollo e implementación del proyecto. Contiene la teoría de las Redes Inalámbricas y las tecnologías que abarca, los tipos de sensores existentes, la información básica de la terapia intravenosa y las complicaciones que pueden surgir durante la administración de un tratamiento.
- **Capítulo III.- Metodología:** En este capítulo, se expone de forma sistemática las fases que abarca el Trabajo Especial de Grado.
- **Capítulo IV.- Desarrollo:** Explica de forma detallada el procedimiento desarrollado en cada una de las fases planteadas en la Metodología,

explicando cada etapa y cómo se realiza cada una de ellas. En este cuarto capítulo, se aprecia el diseño del detector de fluidos, el desarrollo de la red y la elaboración del *software* en el entorno de programación JAVA.

- **Capítulo V.- Resultados:** Presenta el análisis de los resultados alcanzados, en las actividades descritas en los capítulos anteriores, presentados en tablas y figuras que esquematizan la solución al problema.

Como parte final se exponen las conclusiones obtenidas durante la ejecución del Trabajo Especial de Grado y las recomendaciones que se proponen para el progreso del sistema.

El “Sistema inalámbrico de supervisión del fluido de una terapia intravenosa en pacientes dentro de un centro hospitalario” es un modelo que proyecta una forma de simplificar y mejorar la calidad de la atención médica dentro de nuestro país.

Capítulo I. Planteamiento del Proyecto

En este primer capítulo se presenta las causas de elección del tema y la solución técnica ante el mismo, la que plantea mediante una serie de pautas a resolver. Las pautas establecidas se basan en el objetivo general y los específicos, teniendo presente las limitaciones y los alcances que se explican en el Trabajo Especial de Grado.

El proyecto se basa en la monitorización de la vía intravenosa mediante un protocolo de comunicación inalámbrica el cual es concebido en un programa que presenta la condición de cada paciente dentro piso de un centro hospitalario.

I.1.- Planteamiento del Problema

En la práctica médica, la mayoría de los pacientes que acceden al área de hospitalización se les administra una terapia intravenosa, por lo que requieren supervisión constante del personal médico. Sin embargo, en ésta práctica no son tratados con la importancia que amerita, dado a que olvidan o desconocen las complicaciones que se generan, si se deja de revisar o de cambiar. La terapia intravenosa requiere de cambios cada cierta hora, dependiendo de la administración del medicamento necesario y del goteo intravenoso, que puede ser constante o intermitente. Los riesgos que ocurren pueden ser tanto leves como graves, casos como la extravasación, que ocurre cuando hay pérdida de líquido y como consecuencia resulta salida de sangre por la cánula donde se encuentra colocada la jeringa en la vena.

Actualmente en Venezuela, existen problemas en la atención médica, ocasionado por falta de personal, saturación en áreas de emergencia, entre diversas situaciones que suceden, por lo que puede generar desatención de la terapia intravenosa (IV).

Hoy en día, el avance médico es notorio gracias a los avances de la tecnología que permiten dar soluciones a tantos problemas o complicaciones que surgen. Por lo que se pudiera plantear una solución ante este problema, el cual consiste en supervisar constantemente la infusión intravenosa de cada paciente.

Con la elaboración de este proyecto, se pretende tener un control del fluido y del goteo de la infusión intravenosa, almacenando y monitoreando los datos obtenidos mediante su transmisión por un sistema inalámbrico en un *software* de gestión, y dado el caso que acontezca algún evento se genere una alarma para informar en el puesto de enfermeras.

I.2.- Objetivos

I.2.1.- Objetivo General

Diseñar una red inalámbrica, que permita la supervisión de pacientes que requieran de un Tratamiento Intravenoso, para informar al personal médico encargado de un centro hospitalario.

I.2.2.- Objetivos Específicos

1. Identificar las diferentes plataformas inalámbricas, para el envío de datos que se requieren en el prototipo a realizar.
2. Seleccionar el sensor más indicado para el desarrollo del proyecto.
3. Diseñar un detector de fluidos de la terapia intravenosa que permita monitorear el paso de líquido por el mismo.
4. Diseñar un *software* de gestión que muestre las alertas que se generen.
5. Realizar las pruebas necesarias del sistema para garantizar su correcto funcionamiento.
6. Elaborar un estimado de costo de implementación del proyecto.

I.3.- Alcances y Limitaciones

I.3.1.- Alcances

El presente Trabajo Especial de Grado incluye el diseño y la elaboración de un modelo piloto de una red con un protocolo inalámbrico de comunicación para el monitoreo de la Terapia Intravenosa en un centro hospitalario. De esta manera, se

desarrolló una aplicación que informa al personal médico de aquellos pacientes que requieran de atención debido a la interrupción del fluido que se está suministrando.

I.3.2.- Limitaciones

Es un sistema prototipo para ser evaluado y considerado como opción de soporte y ayuda para el personal médico encargado en los centros hospitalarios. Dada la percepción de los sensores sobre los fluidos, la aplicabilidad del detector para los distintos tipos de líquidos que se administran en la Terapia Intravenosa puede no ser la deseada, y es por ello que se limita a garantizar, como mínimo, el funcionamiento del sistema sobre un tipo de fluido seleccionado, determinado por la densidad y composición química de la sustancia que resulta ser la más adecuada para el sensor.

Este proyecto se limita a los equipos que son propiedad de la Escuela de Telecomunicaciones y la Escuela de Informática de la Universidad Católica Andrés Bello, los cuales pueden presentar diferencias pero nos dan una base de comparación con otras tecnologías, lo que puede ser un factor que determine su aplicabilidad en gran escala.

I.4.- Justificación

Con la implementación a desarrollar se busca constatar que la tecnología inalámbrica ofrece mayores beneficios de movilidad y comunicación en el campo de la medicina, brindando una mejora en el cuidado de la terapia intravenosa. Se plantea utilizar distintos tipos de líquidos, con dispositivos inalámbricos donde se ofrezca una solución efectiva y factible económicamente, que permita tener un monitoreo de varios pacientes simultáneamente en una terapia intravenosa.

Capítulo II. Marco Referencial

El presente capítulo se fundamenta la base teórica del Trabajo Especial de Grado, con conceptos, funciones y características de los distintos tópicos que se contiene el proyecto. Entre los distintos temas se encuentran las redes inalámbricas y distintas redes de área personal (WPAN), sensores y la terapia intravenosa.

II.1.- Redes Inalámbricas.

II.1.1.- Definición y características.

Una red inalámbrica se define como una red en la que dos o más terminales (ordenadores portátiles, agendas electrónicas, etc.) se pueden comunicar sin la necesidad de una conexión por cable, por lo cual un usuario puede mantenerse conectado siempre que se encuentre dentro del radio de cobertura de la red. Este tipo de redes surge como una extensión de las redes LAN (Local Area Network) cableadas. Un atractivo de estas redes se encuentra en la rapidez con la que se pueden instalar, presentan gran movilidad y es de bajo costo al remplazar el medio de transmisión.

Según (Medina & Arequipa, 2010) “una red inalámbrica es un sistema de comunicación de datos inalámbricos flexible, muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableada o como extensión de éstas. Utiliza tecnología de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas.”

Las redes inalámbricas según su alcance se definen en distintas categorías, tal como muestra en la Figura 1.

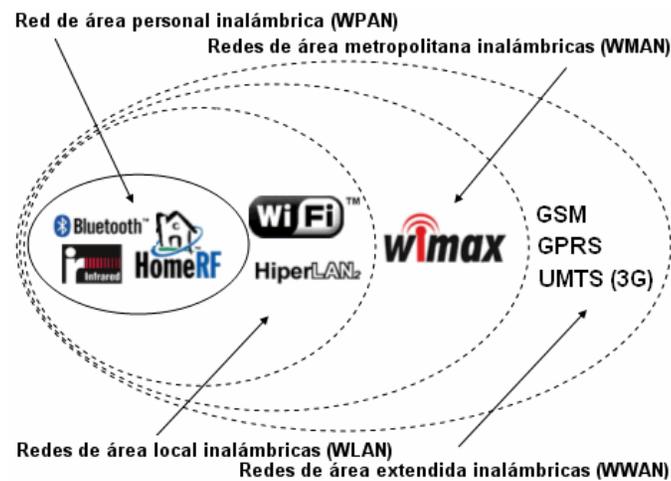


Figura 1: Tipos de redes según su potencia y alcance
Fuente: (Jeff, 2008)

Dependiendo del rango de frecuencias en el que se trabaja son utilizados distintos medios de transmisión, por lo que la red inalámbrica tendrá unas características específicas inherentes al medio por el que se propaga la señal:

- **Ondas de radio:** La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por la lluvia ya que se opera en frecuencias no demasiado elevadas. En este rango se encuentran las bandas desde la ELF (*Extremely Low Frequency*) que va de 3 a 30 Hz, hasta la banda UHF (*Ultra High Frequency*) que va de los 300 a los 3000 MHz. Las ondas electromagnéticas son omnidireccionales por lo que no son necesarias las antenas parabólicas.
- **Microondas terrestres:** Se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbran a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz.

- **Microondas por satélite:** Se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda (señal descendente). Cada satélite opera en unas bandas concretas. Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto terrestres como por satélite, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan en gran medida, por lo que es posible la existencia de interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias.
- **Infrarrojos:** Se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta 384 THz.

II.1.2.-Ventajas y debilidades

Ventajas:

Movilidad: no es necesario que el equipo posea una conexión cableada para que pueda comunicarse.

Poca planificación: antes de montar una red cableada en un edificio, oficinas, etc. se debe diseñar la topología de red para una buena distribución física de las máquinas, mientras que con una red inalámbrica sólo es necesario que el dispositivo se encuentre dentro del área de cobertura de la red.

Robustez: por tratarse de componentes físicos, las redes cableadas se ven muchos más propensas a fallas por motivos de accidentes o sabotajes, como desconexión de cables, falla de los mismos por mordedura de roedores, entre otros; así como también durante catástrofes naturales, las redes cableadas se puede ver afectadas pudiendo quedar completamente inutilizada, mientras que las redes inalámbricas pueden soportar bastante mejor estos tipos de acontecimientos.

Coste: dependiendo del campo en el que se esté trabajando, se puede considerar que es más económico establecer una red inalámbrica debido a los gastos inherentes que existen al momento de instalar una red cableada.

Vulnerabilidades:

Calidad de Servicio: las redes inalámbricas ofrecen una peor calidad de servicio que las redes cableadas, 10 Mbps son lo que habitualmente una red inalámbrica puede ofrecer frente a 100 Mbps que puede alcanzar una red cableada. Por otra parte hay que tener en cuenta también la tasa de error debida a las interferencias, esta se puede situar alrededor de 10^{-4} frente a la 10^{-10} de las redes cableadas. 1 bit erróneo cada 10.000 bits o lo que es lo mismo, aproximadamente de cada Megabit transmitido, 1 Kbit será erróneo.

Soluciones Proprietarias: la estandarización está siendo bastante lenta, ciertos fabricantes han sacado al mercado algunas soluciones propietarias que sólo funcionan en un entorno homogéneo y por lo tanto el cliente se ve atado a ese fabricante. Esto supone un gran problema ante el mantenimiento del sistema, tanto para ampliaciones del sistema como para la recuperación ante posibles fallos. Cualquier empresa o particular que desee mantener su sistema funcionando se verá obligado a acudir de nuevo al mismo fabricante para comprar otra tarjeta, punto de enlace, etc.

Restricciones: estas redes operan en una parte del espectro radioeléctrico que actualmente está muy saturado, como consecuencia las redes deben amoldarse a las reglas que existan dentro de cada país.

Seguridad: las redes inalámbricas no poseen una seguridad tan robusta como la que puede ofrecer una red cableada a la hora de la transmisión de información sensible a ser tomada por terceros no autorizados. Este campo está bastante criticado en casi todos los estándares actuales, por cual no se recomienda su uso en entornos críticos en los cuales un “robo” de datos pueda ser peligroso.

Por otra parte se debe tener en cuenta, a la hora de su diseño, la posible interferencia en la comunicación de otras redes (policía, bomberos, hospitales, etc.).

II.1.3.- Redes WPAN (IEEE 802.15)

Las redes WPAN (*Wireless Personal Area Network*) o redes de área personal son redes de corto alcance que comprenden un radio de cobertura de pocos metros, con este tipo de redes se busca facilitar las comunicaciones entre dispositivos móviles y fijos que se encuentren a pocos metros de distancia eliminando cables de conexión entre estos para la sincronización de datos entre los equipos. Empleada generalmente para conectar dispositivos periféricos, como lo serían impresoras, teléfonos móviles y electrodomésticos, o un asistente personal digital (PDA) sin conexión por cables a un ordenador, así como también permitir la conexión de forma inalámbrica de dos ordenadores cercanos mediante este tipo de redes.

La función principal de los protocolos de comunicación para este tipo de redes es lograr la interacción de varias aplicaciones en distintos dispositivos. Para que esto sea posible es necesario que los dispositivos corran comunicaciones de pila compatibles (*Communication Stacks*) lo que implica que tanto el protocolo de comunicación como las aplicaciones de cada dispositivo que corren sobre dichas pilas sean compatibles.

Como se muestra en la Figura 2 es posible apreciar las diferencias entre las capas del modelo de referencia ISO-OSI y las capas o niveles que presenta el modelo IEEE 802.15, en donde, se observa que el estándar 802.15 divide la Capa de Enlace de Datos (DLL) en subcapas, la subcapa de Control de Enlace Lógico (LLC) el cual es común a todos los estándares 802, mientras que la subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC) depende del *hardware* y varía respecto a la implementación física de esta capa. Por otra parte IEEE 802.15 agrupa las capas del modelo ISO-OSI superiores a DLL en una única capa que agrupa todos los protocolos y normas de comunicaciones que se siguen de acuerdo a la tecnología implementada.

	Modelo ISO-OSI	Modelo IEEE 802.15
7	Capa de Aplicación	Capas superiores.
6	Capa de Presentación	
5	Capa de Sesión.	
4	Capa de Transporte.	
3	Capa de Red.	
2	Capa de Enlace de Datos (DLL)	Control de enlace lógico (LLC)
1		Control de acceso a medios (MAC)
	Capa Física.	Capa física (PHY).

Figura 2: Modelo de referencia ISO-OSI vs. Modelo IEEE 802.15
Fuente: (Archundia Papacetzzi, 2003)

Son diversas las tecnologías que cumplen con el estándar 802.15, entre estas tecnologías se pueden especificar las siguientes:

II.1.3.1.- Infrarrojo

Esta tecnología está basada en rayos luminosos que se mueven en el espectro infrarrojo. Se pueden utilizar para crear conexiones inalámbricas en un radio de unos pocos metros, con velocidades que puedan alcanzar unos pocos megabits por segundo. Esta tecnología se usa ampliamente en aparatos electrónicos del hogar (como los controles remotos), pero puede sufrir interferencias debidas a las ondas de luz. Permite la comunicación bidireccional entre dos extremos a velocidades que oscilan entre los 9,6 Kpbs y los 4 Mbps. Hay dos modos de funcionamiento para IrDA. El modo estándar SIR se comunica con el puerto infrarrojo a través de una conexión serie. Este modo funciona con casi todos los dispositivos y cumple todas las exigencias. El modo más rápido FIR requiere un controlador especial para el chip IrDA, pero no existen controladores para todos los chips

La Asociación de Datos Infrarrojos (IrDA – *Infrared Data Association*) define un estándar físico en la forma de transmisión y recepción de datos por rayos infrarrojos, este grupo se conformó con las compañías HP, IBM, Sharp, entre otros para el año 1993.

De acuerdo a lo señalado por (Espinoza, Useche, & Guilbert) el rango mínimo de conexión entre dos dispositivos es el punto de contacto y el máximo es de hasta aproximadamente un metro, pero puede ser extendido a 2 metros. Una versión de baja potencia reduce el rango a un máximo de 20 cm entre dos dispositivos de baja potencia y 30 cm entre dispositivos de baja potencia y potencia estándar.

Pila de Protocolos IrDA

En pila de protocolos IrDA 1.x representada en la Figura 3 se observa cómo está constituida desarrollada las conexiones ópticas punto a punto, *half-dúplex*, de bajo costo y corto alcance.

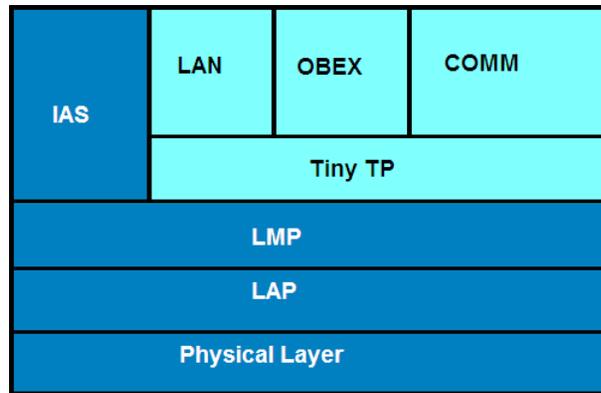


Figura 3: Pila de Protocolo de IrDA
Fuente: (Espinoza, Useche, & Guilbert)

Esta pila de protocolos posee una capa física o IrPHY (IrDA Physical Layer), la cual incluye la construcción de tramas, detección de errores, y en ella se encuentran los componentes ópticos, opto-eléctricos, y electrónicos necesarios para la transmisión de datos seriales a través de medios infrarrojos.

La pila de protocolos posee de igual forma otra capa denominada capa de enlace o IrLAP, en la cual son utilizados tres tipos de tramas:

- *U-frames*: aplicados para el manejo de enlaces, descubrimiento de dispositivos, establecimiento de la conexión y transmisión de datos afuera de la conexión de manera no segura

- *S-frames*: son tramas de supervisión o control aplicados para reportar errores de secuenciación de tramas, recepción de *acknowledgements*, y petición de *acknowledgements*.
- *I-frames*: contienen los datos de usuario, no mayores a 2048 bytes, que se quieren transmitir durante el período de la conexión.

La tercera capa se encuentra constituida por dos subcomponentes: un multiplexador del canal a nivel de aplicación (LM-MUX) y una base de datos de servicios para dar soporte (LM-IAS), adicionalmente posee componentes opcionales del IrDA tales como:

- Tiny TP, el cual es un protocolo de control de flujo a nivel de aplicación.
- IrLAN, permite el acceso a estaciones LAN sobre enlaces de IrDA.
- IrCOMM, emulador de puertos seriales y paralelos en el enlace.
- IrOBEX, facilita el intercambio de objetos de datos simples.

II.1.3.2.- Bluetooth (802.15.1)

El Grupo de Interés Especial de Bluetooth o *Special Interest Group (SIG)*, asociación comercial formada por líderes en telecomunicación, informática e industrias de red, es la encargada del desarrollo e introducción en el mercado de esta tecnología inalámbrica.

En un principio desarrollado por ERICSSON en 1994, ofrece una velocidad máxima de 1 Mbps con un radio de operatividad de corto alcance. La tecnología Bluetooth, también conocida como IEEE 802.15.1, tiene la ventaja de tener un bajo consumo de energía, algo que resulta ideal para usarla en periféricos de poco tamaño. Los dispositivos que implementan este protocolo en sus procesos de comunicación pueden comunicarse entre ellos en el momento que se encuentren dentro del alcance y debido a que implementan radiofrecuencia en la comunicación no tienen que estar alineados o tener una línea de visión directa para lograr establecer una comunicación exitosa. Bluetooth es una tecnología diseñada para la fácil comunicación entre dispositivos sin la implementación de cables para su conexión.

De acuerdo a lo señalado por (Pastrana, 2004) la tecnología Bluetooth fue desarrollada en sus inicios con el fin de no necesitar cableado para la comunicación entre dispositivos cercanos, pero hoy día su implementación ha cambiado y se piensa en su uso para el desarrollo de aplicaciones que necesiten de una comunicación de corto alcance.

Bluetooth opera en la banda libre ISM de los 2.4 GHz. Para evitar la interferencia y pérdida de información es utilizado un transmisor-receptor de salto de frecuencia el cual emplea una modulación binaria de FM, en donde, la tasa de transferencia es de 1 Msímbolo/s.

Este tipo de tecnología es capaz de proporcionar un enlace punto a punto, permitiendo la conexión de dos dispositivos a través de este tipo de enlace, o una conexión punto a multipunto; en este último tipo de conexión una red Bluetooth se encuentra definida por nodos maestros y esclavos. Una *picored* o *piconet* es el enlace establecido entre un maestro y uno o varios esclavos que comparten el mismo canal, siendo posible conectar hasta siete dispositivos esclavos activos a uno maestro, mientras que muchos más esclavos inactivos o latentes pueden permanecer unidos a esta *piconet* al estar sincronizados al maestro sin hacer uso del canal de comunicación. Dentro de una *piconet* un solo dispositivo Bluetooth trabaja como maestro, el cual tiene como función controlar el acceso al canal de los esclavos activos y latentes, mientras que los demás dispositivos trabajan como esclavos. La unión de varias *picoredes* se denomina red dispersa o *scatternet*, esto es posible debido a que un dispositivo que opera como maestro en una *piconet* puede funcionar como esclavo en otra, si dos *picoredes* se encuentran traslapadas es posible la conformación de una red dispersa, tal como se observa en la Figura 4.

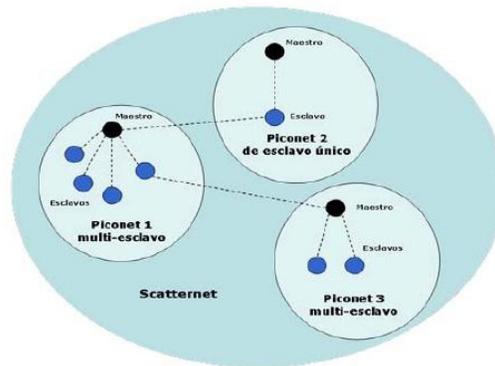


Figura 4: Topología de red Bluetooth
Fuente: (Cantú Jáuregui)

Son cuatro los modos en que puede encontrarse un dispositivo Bluetooth:

- Activo (*Active*): La unidad Bluetooth participa activamente en el canal. Se soportan transmisiones regulares para mantener a los esclavos sincronizados al canal.
- Estacionado (*Park*): En este modo un dispositivo se encuentra aún sincronizado a la *piconet*, pero no participa en el tráfico.
- Olfateo (*Sniff*): Un dispositivo esclavo escucha la *piconet* a una tasa reducida, disminuyendo así su ciclo de trabajo. Tiene el mayor ciclo de vida de los tres modos de ahorro de energía.
- Suspensión (*Hold*): El maestro puede poner a los esclavos en modo *hold*, en el cual sólo está funcionando un contador interno. En cuanto se abandona el modo la transferencia de datos se reanuda de forma instantánea.

Pila de Protocolos Bluetooth

Como todo protocolo de comunicación, Bluetooth está basado en el modelo de referencia ISO-OSI y presenta una arquitectura de protocolos que divide las funciones de red en un conjunto de niveles.

Tal como se observa en la Figura 5 la pila de protocolos Bluetooth se encuentra dividida en dos zonas que permite la comunicación entre dispositivos: el *hardware* Bluetooth encargado de las capas inferiores de comunicación en el envío de la

información a través de la interface de radio; y el *software* Bluetooth, el cual se encarga de las capas superiores del enlace.

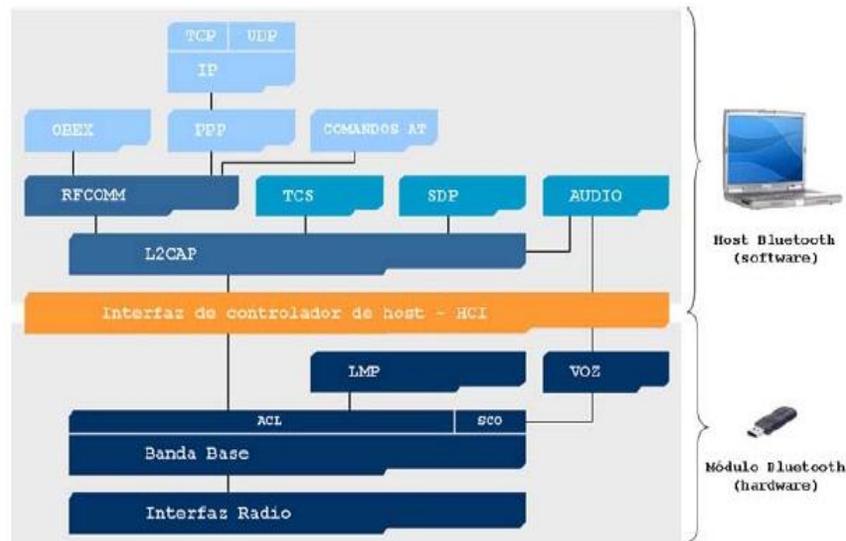


Figura 5: Pila de protocolos Bluetooth
Fuente: (Cantú Jáuregui)

Capa de Interfaz de Radio y Banda Base.

Son las capas encargadas de establecer el enlace físico entre los dispositivos que se encuentran en una *piconet*, en modo síncrono (SCO) o asíncrono (ACL), en donde, se realizan las tareas de modulación y demodulación de los datos en la señal.

Capa de Protocolo de Gestión de Enlace (LMP)

La capa LMP (*Link Manager Protocol*) gestiona la configuración de los dispositivos Bluetooth, realiza intercambio de mensajes para establecer el enlace entre los dispositivos que se encuentre en un mismo radio, agregando mecanismos de seguridad al cifrar los datos al momento de comenzar una sesión Bluetooth. Otra función de esta capa es controlar los ciclos de trabajo de los dispositivos y administrar los niveles de energía. Por último utiliza un gestor de enlace con el cual es posible descubrir otros gestores de enlaces remotos y empezar una comunicación.

Capa de Interfaz de Controlador de Host (HCI)

Esta capa, denominada Interfaz de Host (HCI, *Host Control Interface*) es la frontera entre las capas relacionadas al *hardware* Bluetooth y las capas de *software*, con lo que es posible la comunicación entre el dispositivo y el firmware del módulo Bluetooth, sin importar el fabricante de este.

Según explica (Cantú Jáuregui), los dispositivos Bluetooth poseen una dirección de acceso al medio (MAC) denominada mayormente BD_ADDR. Con esta capa es posible descubrir dispositivos que se encuentren cercanos al radio de cobertura de un dispositivo. Este descubrimiento se hace mediante un paquete de consulta denominado “*inquiry*”, si el dispositivo se encuentra visible estará constantemente en el modo “*inquiry_scan*” en el cual se encuentra disponible para hacer intercambio de mensajes con cualquier otro dispositivo Bluetooth, al momento de recibir un mensaje cambia su estado a “*inquiry_response*” y se envía una respuesta al host origen con su dirección BD_ADDR y otros parámetros. Si el dispositivo se encuentra en modo no visible este permanecerá en modo “*inquiry_response*” lo que no permitirá responder al host origen en el momento que este envíe un paquete “*inquiry_scan*”.

Capa de Protocolo de Adaptación y Control de Enlace Lógico (L2CAP)

La función principal de esta capa es trabajar como un multiplexor de protocolos en el que la banda base se comunicará con los protocolos de las capas superiores a través de esta capa. De igual manera proporciona recomposición de paquetes de banda base a paquetes L2CAP; suministra servicios de segmentación, en donde, se dividen los paquetes en tamaños más pequeños para ser enviados a la banda base; y vigila que se cumpla los contratos de calidad establecidos y control de los recursos utilizados por los protocolos.

Capa de Protocolo de Descubrimiento de Servicios (SDP)

Un servicio es cualquier entidad que ofrece información, ejecuta una acción o controla un recurso.

Esta capa se encarga de descubrir servicios disponibles en los dispositivos Bluetooth que se están comunicando. Mediante los servicios es posible que dos dispositivos puedan ejecutar aplicaciones comunes para intercambiar datos. Mediante el protocolo SDP (*Service Discovery Protocol*) una aplicación cliente obtiene información sobre los servidores SDP disponibles en otros dispositivos Bluetooth cercanos, en los que enumera los servicios que ofrecen y conoce sus características; y luego de haber localizado los servicios disponibles en un dispositivo, permite al usuario elegir aquel que resulte ser el más apropiado para el tipo de comunicación que desea establecer.

Capa RFCOMM

El protocolo RFCOMM (Radio Frequency Communication) proporciona una emulación de los puertos serie RS-232 sobre el protocolo L2CAP. Esta emulación proporciona la capacidad de transporte a los servicios de niveles superiores que utilizan el cable serial como mecanismo de transporte. RFCOMM es un protocolo de transporte sencillo que soporta hasta 9 puertos serie RS-232 y permite hasta 60 conexiones simultáneas (canales RFCOMM) entre dos dispositivos Bluetooth.

Comandos AT

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un terminal módem. Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de *attention*.

Entre las características más relevantes en cuanto a la forma como se estructuran los paquetes y los datos en una comunicación Bluetooth, se encuentra que los paquetes tienen un máximo de 5 espacios de tiempo; los datos en un paquete pueden tener un máximo de 2745 bits; y los tipos de transferencia de datos entre dispositivos que existe en una comunicación mediante Bluetooth son síncronos (SCO) o asíncronos (ACL).

Según señala (Pérez N.) “Cada paquete comienza con 72 bits de código de acceso derivados de la identidad del maestro y que es única para el canal. Cada paquete intercambiado en el canal esta precedido por este código. Ciertos recipientes en la

piconet comparan las señales que arriban con el código de acceso, y si éstos no son iguales, el paquete recibido es considerado no válido en el canal y el resto del contenido es ignorado. Además, el código de acceso es también utilizado para sincronización. El código de acceso es sumamente robusto y resistente a la interferencia. Una cabecera sigue al código de acceso y ésta contiene información de control importante como la dirección de control de acceso al medio (MAC), tipo de paquete, bits de control de flujo, el esquema ARQ de petición de retransmisión automática y un chequeo de error en cabecera. La cabecera está protegida por un código de corrección de error. Los datos (*Payload*) pueden seguir o no a la cabecera y para soportar altas ratas de datos se definen los paquetes multi-slot. Un paquete puede cubrir uno, tres o cinco slots y son siempre enviados en una portadora de salto sencilla”. Esto se evidencia gráficamente en la Figura 6 que se presenta a continuación.



Figura 6: Formato de trama Bluetooth en la Capa Banda Base
Fuente: (Pérez N.)

II.1.3.3.- Protocolo Zigbee (802.15.4)

Este estándar fue creado luego de determinar que era necesario tener una normativa de comunicación inalámbrica bidireccional que trabajara por debajo de Bluetooth. Iniciado por las empresas PHILIPS, HONEYWELL, INENSY y continuado por otras empresas los cuales formaron una alianza para la normalización del protocolo, Zigbee se desarrolló principalmente para ser empleado en dispositivos de domótica, edificios inteligentes, periféricos de PC, sensores médicos, entre otros dispositivos. (Maymé, 2009)

Este protocolo permite un bajo consumo de batería debido a que permanece la mayor parte del tiempo en estado de reposo, y posee un rango de 10 a 75 metros de alcance, dependiendo de las condiciones físicas ambientales, lo que contribuirá en un mayor o menor rango de distancia para la comunicación entre los dispositivos.

Con una velocidad de transmisión desde 20 KB/s hasta 250 Kpbs este protocolo fue creado para trabajar en las bandas libres ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) destinadas para su libre uso en el campo de la industria, ciencia y medicina de 2.4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU) el cual puede estar conformado por hasta 255 nodos. Su nombre se estableció debido a que su topología de red es similar a la de una colmena de abejas en las que cada una de ellas se comunica entre sí alrededor de su panal, tal como se aprecia en la Figura 7.

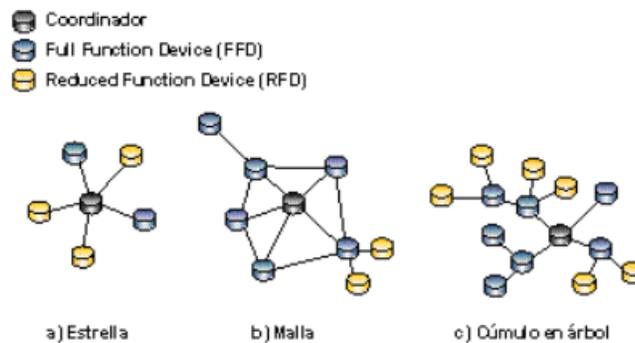


Figura 7: Topología de Red del Protocolo Zigbee.

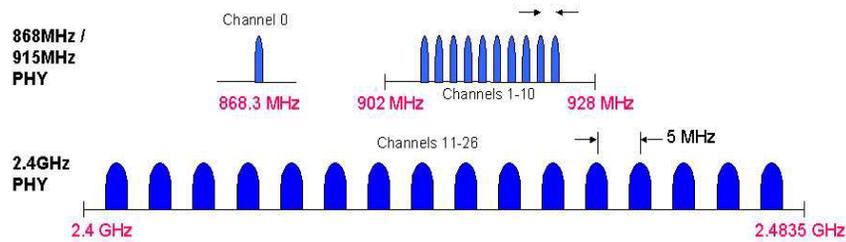
Fuente: (AA.VV., Revisión del Proceso de Identificación de Nodos en las Wireless Sensor Networks, 2009)

Con respecto a la seguridad que se establece en el protocolo Zigbee, se sabe que las claves son la base de la arquitectura de seguridad y, como tal, su protección es fundamental para la integridad del sistema. Las claves nunca deben transportarse utilizando un canal inseguro, si bien existe una excepción momentánea que se da en la fase inicial de la unión de un dispositivo desconfigurado a una red. La red ZigBee debe tener particular cuidado, pues una red ad hoc, definida como una red (especialmente inalámbrica) en la que no hay un nodo central, sino que todos los dispositivos están en igualdad de condiciones, puede ser accesible físicamente a cualquier dispositivo externo y el entorno de trabajo no se puede conocer de antemano. Las aplicaciones que se ejecutan deben confiar entre sí, ya que por motivos de coste no se asume la existencia de un cortafuego entre las distintas entidades del nivel de aplicación.

Con respecto a la potencia y sensibilidad de los dispositivos que emplean el protocolo Zigbee como protocolo de comunicación, se tiene establecido que según el estándar IEEE 802.15.4 cada dispositivo debe ser capaz de transmitir al menos a 1mW, con lo que se espera que abarque un rango de entre 10 y 20 m, pero según las necesidades de la aplicación la potencia de transmisión podrá variar para un mayor aprovechamiento de la batería. Por otra parte dicho estándar también establece que la sensibilidad del receptor debe ser de -85 dBm para la capa física a 2.4 GHz y -92 dBm a 868 MHz y 916 MHz

Referente a la modulación que el protocolo Zigbee emplea, este protocolo utiliza dos tipos de modulación; para la banda de operación de 2.4 GHz con tasa máxima de transferencia de 250 Kpbs modula en O-QPSK (Modulación con desplazamiento de fase en cuadratura con desplazamiento temporal) la cual consiste en realizar una transición de fase en cada intervalo de señalización de bits por portadora en cuadratura. En cuanto a las bandas de 868 MHz y 916 MHz para tasa de datos entre 20 y 40 Kpbs, es utilizada la modulación BPSK (Modulación con desplazamiento de fase binaria), en donde, se tiene como resultados posibles dos fases de salida para la portadora con una sola frecuencia. Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180° fuera de fase.

El estándar IEEE 802.15.4 define la utilización de 27 canales de frecuencia, este estándar establece que para las frecuencias entre 868 y 868.6 MHz se admite un solo canal, diez canales entre las frecuencias 902,0 y 928 MHz, y para la capa física que opera a 2.4 GHz soporta 16 canales entre los 2.4 y los 2.4385 GHz con un espaciamiento entre cada canal de 5 MHz, lo que facilita el filtrado de la señal al momento de transmitir y recibir la misma, lo que es apreciable gráficamente en la Figura 8 que se muestra a continuación.



Estructura de canales del IEEE 802.15.4

Número de Canales	Frecuencia central del Canal (MHz)
k = 0	868.3
k = 1, 2, ... 10	$906 + 2(k - 1)$
k = 11, 12, ...26	$2405 + 5(k - 11)$

Figura 8: Canales IEEE 802.15.4
Fuente (Maymé, 2009)

Según se muestra en la Figura 8, es posible apreciar que se encuentran definidos los 27 canales de frecuencia de operación para el protocolo IEEE 802.15.4 entre las tres bandas definidas para este protocolo, en donde, para las bandas de 868 MHz y 916 MHz, a pesar de que es poco probable que una red utilice los once canales que están establecidos para estas dos bandas, debido al soporte regional, es posible que el mismo *hardware* maneja ambas bandas de operación por la cercanía de las frecuencias.

Pilas de protocolos Zigbee

En relación a la arquitectura que el estándar IEEE 802.15.4, este se fundamenta en el modelo OSI, como se aprecia en la Figura 9, en donde, se realizan modificaciones en la capa física, de acceso y de red. Los dispositivos se comunican a través de una red inalámbrica que prevé del acceso, envío y recepción de tramas.

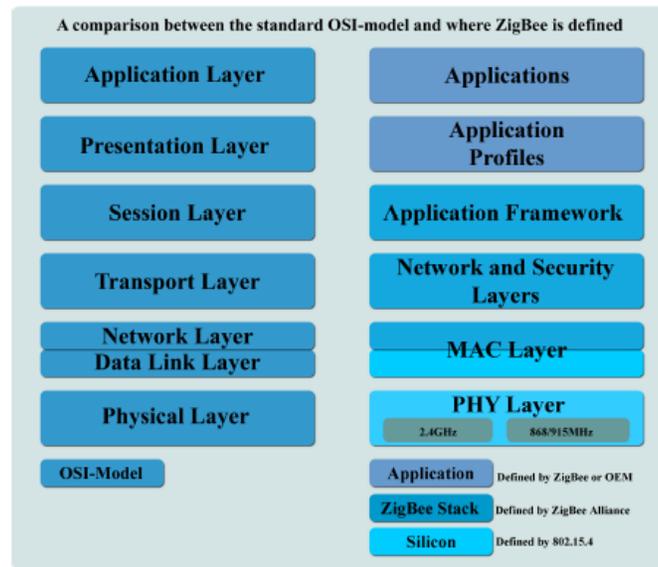


Figura 9: Comparación entre el Modelo OSI y del protocolo IEEE 802.15.4

Fuente: (Lönn & Olsson, 2005)

Las redes ZigBee poseen dos mecanismos para acceder al canal de transmisión, los cuales son ‘con balizas’ (*beacon*) o ‘sin balizas’ (*no beacon*). Las balizas se emplean para sincronizar los dispositivos de la red, identificando la red domótica, y describiendo la estructura de la “super-trama”. Los intervalos de las balizas son determinados por el coordinador de red y pueden variar desde los 15msg hasta los 4 minutos.

El modo sin balizas se usa el acceso múltiple al sistema en una red punto a punto cercano. Funciona como una red de dos caminos, donde cada dispositivo es autónomo y puede iniciar una conversación en donde los otros pueden interferir. El dispositivo destino puede no oír la petición o el canal puede estar ocupado. Es típicamente usado en sistemas de seguridad, donde los dispositivos, por ejemplo, sensores, detectores de movimiento o de rotura de cristales, duermen el 99,999% del tiempo. Estos elementos ‘despiertan’ de manera regular para anunciar que siguen en la red. Cuando un evento tiene lugar (se detecta algo), el sensor se ‘despierta’ instantáneamente y transmite la alarma. El coordinador de red, alimentado de la red principal todo el tiempo, recibe el mensaje y activa la alarma respectiva.

El modo baliza, es un mecanismo de control del consumo de potencia en la red. Este modo permite a todos los dispositivos saber cuando pueden transmitir. Aquí, los dos caminos de la red tienen un distribuidor que controla el canal y dirige las transmisiones. La principal ventaja de este método de trabajo es que se reduce el consumo de potencia. Este modo es más recomendable cuando el coordinador de red trabaja con una batería. Los dispositivos escuchan al coordinador de red durante el ‘balizamiento’ (envío de mensajes a todos los dispositivos, *broadcast*, entre 0.015 y 252 segundos). Un dispositivo se registra para el coordinador y mira si hay mensajes para él. Si no hay mensajes, el dispositivo vuelve a ‘dormir’, despertando según un horario establecido por el coordinador. Una vez hecho todo el ‘balizamiento’ el coordinador mismo vuelve a ‘dormirse’.

Control de Acceso al Medio (MAC)

Su principal función es la transmisión de tramas a través del algoritmo CSMA/CA (*Carrier Sense Medium Access/Collision Avoidance*), para evitar colisiones entre los nodos de la red inalámbrica. Se encarga de la supervisión de sincronizar la trama de la baliza, de garantizar las transmisiones y regular el acceso al medio físico. Tiene un tiempo de latencia de 16 intervalos de tiempo entre las longitudes de baliza.

Las tramas MAC soportan una carga de datos de hasta 104 bytes, predeterminan el tiempo de intervalo en que despiertan a los dispositivos en caso de transmisión, y realiza envíos de mantenimiento por tramas de baliza o sondeo, esto se realiza en un tiempo predeterminado. (Coleri Ergen, 2004)

Como se muestra en la Figura 10 la trama de datos comienza con un encabezado de sincronización (SHR, Synchronization HeaderR), seguido de un encabezado de capa física para indicar la longitud del paquete (PHR, Phy HeaderR), y seguidamente la capa física de la unidad de servicio de datos (PSDU, Phy Service Data Uni).

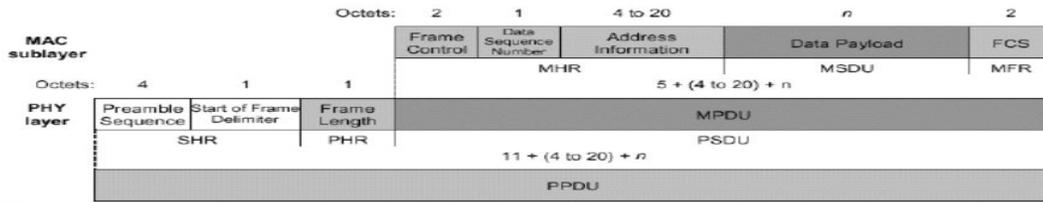


Figura 10: Formato general de la trama de datos (Data Frame)

Fuente: (Mayné, 2009)

Capa Física (PHY)

Transmite información mediante el medio físico y contiene dos interfaces de operación, el servicio de mantenimiento y de datos. Sus funciones son la activación y desactivación de nodos, detección y distribución de energía según el tipo de actividad del canal. Opera en tres bandas de frecuencia, con distintos tipos de modulación y velocidad como se puede apreciar en la Figura 11.

PHY	Frecuencias MHz	Parámetros de los Datos			Parámetros del chip	
		Velocidad de bits (kb/s)	Velocidad de símbolos (kbaud)	Modulación	Velocidad de chip (kchips/s)	Modulación
868/915 MHz	868.0 - 868.6	20	20	BPSK	300	BPSK
	902.0 - 928	40	40	BPSK	600	BPSK
2.4 GHz	2400 - 44835	250	62.5	16-ary ortogonal.	2000	O-QPSK

Figura 11: Parámetros de modulación de la Capa PHY.

Fuente: (Maymé, 2009)

Capa de Red ZigBee (NWK)

Esta capa permite distribuir servicios de exploración y mantenimiento de rutas, de asociación y disociación en la red. El estándar define distintas configuraciones de acuerdo a los tipos de nodos y dispositivos en la red. Dependiendo de la configuración pueden ser hasta 65536 nodos en las cuales son autorizadas por los dispositivos de función para obtener una mejor organización y distribución de comunicación. Tiene una interfaz que consta de dos servicios, el servicio de datos y control, los cuales sirven de enlace entre la capa de Aplicación y la MAC.

Existen tres tipos de dispositivos presentes en el modelo IEEE 802.15.4, el coordinador, el enrutador y el dispositivo final, los cuales se pueden categorizar como dispositivos de funcionalidad completa (FDD) o de funcionalidad reducida (RFD):

1. El Coordinador: Es el encargado de controlar y gestionar en la red, dirige los caminos para permitir la conexión. Existe uno por red, es el más sofisticado y requiere de mayor energía y memoria.
2. El Enrutador: Permite conectar los dispositivos de la red.
3. El Dispositivo Final: no tiene la capacidad de transmitir datos con sus superiores, pero puede comunicarse a ellos.

El enrutador o el coordinador pueden establecerse como los dispositivos FDD, los cuales poseen la memoria adicional y capacidad de procesamiento para realizar las especificaciones del estándar 802.15.4. Los RFD tienen funciones más básicas, no requieren de alto consumo de energía y lo conforman principalmente los dispositivos finales.

Las topologías de red que se implementan en el protocolo Zigbee, contribuyen a las diversas formas en las que se pueden desarrollar dependiendo de la topología física y tipo de datos que se desea transmitir. La capa de red permite la configuración de sus varias topologías, como estrella, árbol, punto a punto y rejilla o *mesh*.

Tal como se aprecia en la Figura 7 la formación de estrella consiste cuando los dispositivos FDD se establecen como coordinador e inician un área de red personal en donde deben los dispositivos conectarse con el coordinador.

En la configuración punto a punto, se establece un solo coordinador y los demás dispositivos se pueden comunicar mientras se encuentren en un rango de distancia de otro. La formación tipo árbol, es una particularidad de punto a punto, debido a que los coordinadores y subordinados pueden ser dispositivos finales.

Una de las topologías más esenciales del protocolo es la de malla, debido a que busca distintas alternativas de comunicación en caso de fallas. Este tipo de formación determina la selección de distintos coordinadores dependiendo de la situación que se presente. (Lönn & Olsson, 2005).

Capa Aplicación (APL)

Esta capa está destinada al ZigBee Alliance, que está subdividido en la subcapa APS, la capa ZDO (*Zigbee Device Objects*) y los objetos de aplicación definidos por cada uno de los fabricantes (Martín Moreno & Ruiz Fernández, 2007).

Según menciona (Pereira, 2008), la subcapa APS, establece seguridad con una clave maestra para las claves de sesión y concuerda con los nodos según las necesidades y la ZDO define los roles de los dispositivos, se enlazan los perfiles en grupos y descubre nuevos servicios de los dispositivos.

Estructura de la trama de datos Zigbee

Zigbee, en el empaquetamiento, presenta cuatro tipos de paquetes básicos, esta estructura permite tener una mayor fiabilidad en condiciones difíciles de transmisión. Los paquetes definidos son: datos, ACK, MAC y baliza (*beacon*) como se puede apreciar en la Figura 12.

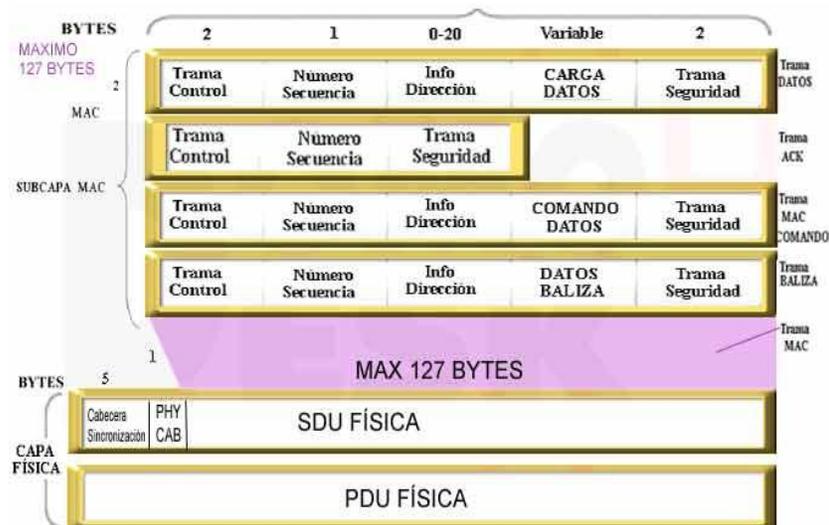


Figura 12: Estructura de la trama de datos Zigbee

Fuente: (AA.VV., Domodesk.com)

El paquete baliza enciende a los dispositivos que se encuentran “escuchando” y luego los coloca en reposo una vez dejen de recibir información. Este paquete es de gran

importancia para lograr que los nodos y dispositivo se mantengan sincronizados sin hacer un gasto innecesario de batería.

El paquete MAC es empleado para la configuración y control remoto de los dispositivos y nodos. Las redes centralizadas utilizan este paquete para mantener configuradas las redes a distancia.

El paquete ACK o de reconocimiento, tiene como objetivo detectar si en el envío de datos hubo errores, esto debido a que se realiza una realimentación desde el receptor al emisor para garantizar que el paquete llegó sin fallos.

La trama de paquete de datos se encuentra numerada para garantizar que todos los paquetes llegan a su destino, esto por medio del paquete ACK. Este paquete posee una carga de datos de hasta 104 bytes.

II.1.4.- Redes Wi-Fi (802.11b)

El estándar 802.11b también llamado 802.11 Alta Velocidad (*High Rate*) o Wi-Fi pertenece a las redes WLAN (*Wireless Local Area Network*) o redes de área local inalámbricas, el cual es el siguiente nivel de clasificación de las redes inalámbricas luego de las redes WPAN. En el año 1999, la IEEE crea la especificación 802.11b, la cual soporta velocidades de hasta 11 Mbit/s, comparable a una Ethernet tradicional. Utiliza la misma frecuencia de radio que el estándar 802.11 (2.4GHz), sin embargo, la tasa de transmisión es superior a la establecida por este estándar la cual solo lograba una máxima velocidad teóricas de 2 Mbit/s.

Siendo esta una frecuencia sin regulación, es posible que existan interferencias con otros aparatos que funcionen en la misma frecuencia. Sin embargo, si las instalaciones 802.11b están a una distancia razonable de otros elementos, estas interferencias son fácilmente evitables. Además de este problema presente, otra desventaja de este tipo de tecnología es que posee un soporte bajo de usuarios a la vez, así como también lo es que la máxima velocidad en la que opera es muy baja en

comparación con otras especificaciones dentro del estándar 802.11, el cual es un tópico a considerar si se desean enlaces de altas velocidades de transmisión.

El estándar 802.11x contempla las especificaciones de la capa física y la subcapa de acceso al medio (MAC) del modelo OSI para las variantes de la norma 802.11, la cual abarca el estándar 802.11b.

La topología de red presente para el estándar IEEE 802.11x se basa en dos modos diferentes mediante los cuales dos o más nodos inalámbricos o estaciones que se reconocen una a la otra pueden transmitir información entre ellos:

- Modo Ad-Hoc o IBSS (*Independent Basic Service Set*): este modo solo permite la transmisión entre los nodos inalámbricos, y no permite la vinculación de esta red con alguna red cableada, como se observa en la Figura 13.



Figura 13: Modo Ad-Hoc.
Fuente: (Jara Werchau & Nazar)

- Conexión a través de un punto de acceso (AP, *Acces Point*): en este modo el AP coordina la transmisión entre los nodos inalámbricos y permite la vinculación con la red cableada ya que el actúa como puente entre las dos redes tal como se aprecia en la Figura 14.

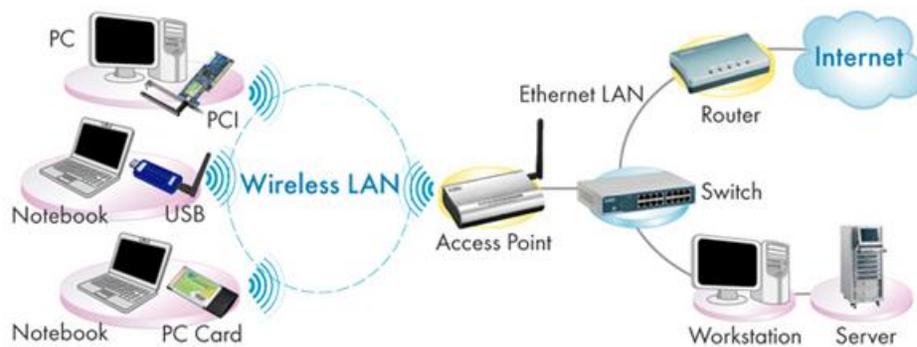


Figura 14: Conexión a través de un control de acceso.
Fuente: (Jara Werchau & Nazar)

Con respecto a la capa física, la técnica que emplea 802.11b para las transmisiones en frecuencias de radio se denomina Secuencia Directa del Espectro Ensanchado (DSSS, *Direct Sequence Spread Spectrum*, “En la técnica de secuencia directa se usa un código de pseudo-ruido generado localmente para codificar la señal digital a transmitir. Este código se ejecuta a frecuencias varias veces más altas que la frecuencia de la señal.

Esta señal, al ser recibida en el otro extremo, es decodificada usando una réplica local del código de pseudo-ruido usado en el emisor. De este modo, el receptor solo decodificará la señal que esté codificada con un código determinado, resultando en un filtro natural para las interferencias y señales espurias.” (Jara Werchau & Nazar).

En necesario un ancho de banda cerca de 20 MHz por canal para alcanzar velocidades de 1, 2, 5.5 y 11 Mbit/s, por lo que el estándar 802.11 solamente posee 3 canales no solapados en la banda de 2.4 GHz como se representa en la Figura 15.

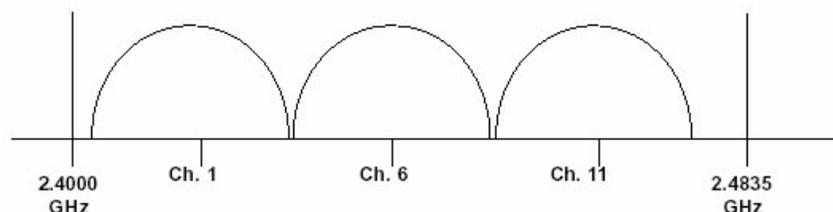


Figura 15: Canales de transmisión en la banda ISM de 2.4 GHz para 802.11b
Fuente: (Jara Werchau & Nazar)

En cuanto a la capa de enlace en 802.11x se divide a esta en dos subcapas, la capa de Control Lógico de Enlace (LLC, *Logical Link Control*) y la capa de Control de Acceso al Medio (MAC, *Media Access Control*).

Para facilitar el punteo entre las redes cableadas y las inalámbricas a través de los puntos de acceso, las redes 802.11 presentan en su subcapa LLC la misma estructura que las que poseen las cableadas de norma 802.3 con un direccionamiento de 48 bits idénticos.

Con respecto a la subcapa de Acceso Múltiple en 802.11 en esta es empleado el método de Acceso Múltiple por Censado de Portadora con Prevención de Colisiones (CSMA/CA, *Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance*). Para este método cada nodo inalámbrico escucha constantemente el medio compartido para saber si otros nodos están transmitiendo, de ser así, el nodo esperará un tiempo aleatorio hasta detectar que el canal se encuentra libre para poder transmitir.

Tramas del estándar IEEE 802.11

Las tramas a nivel físico están estructuradas según se aprecia en la Figura 16, en donde, el contenido del campo “Preámbulo” varía según sea 802.11 a, b, g, debido a que está definido por el estándar en su capa PHY. Este campo contiene las siguientes subdivisiones:

- Sych: el cual es una secuencia de 80 bits de ceros y unos para sincronizar los equipos y realizar comprobaciones de canal, antenas, etc.
- SFD (*Start Frame Delimiter, Delimitador de Inicio de Trama*): es el bit de inicio el cual tiene como función señalar a partir de donde comienza la información útil de la trama.

El campo “Cabecera PLCP” tiene como función proporcional de la compatibilidad necesaria entre estándares y dispositivos diferentes. Contiene información lógica que le servirá a la capa PHY para entender la trama; este campo siempre es transmitido a 1 Mbit/s.

El campo “CRC” son los bits utilizados para la comprobación de la trama.



Figura 16: Trama de datos en la Capa Física del estándar 802.11.

Fuente: (Batalla Alcande, 2009)

Para el campo “Datos MAC” es posible observar con mayor detalle en la Figura 17 su estructura.

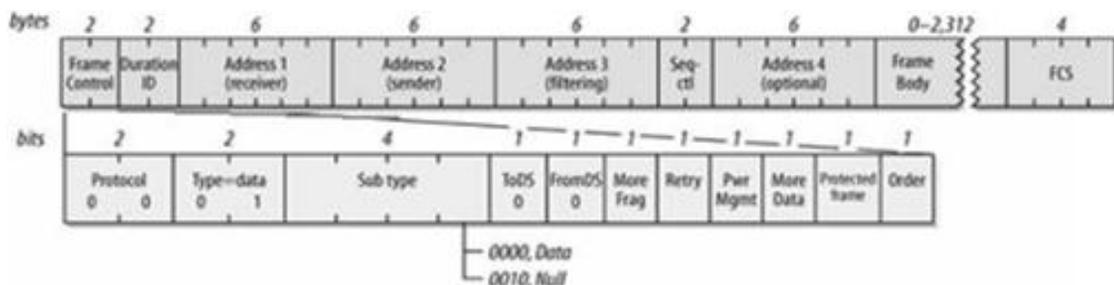


Figura 17: Estructura de la trama 802.11 a nivel de Datos MAC.

Fuente: (Batalla Alcande, 2009)

Según se aprecia en la Figura 17, la trama está compuesta por los siguientes campos explicados a continuación:

- Trama de control o *Frame Control*: en donde su estructura interna está conformada por:
 - Protocolo: donde queda establecida la versión del estándar 802.11.
 - Tipo y subtipo: los cuales especifican si el tipo de trama es de datos, control o gestión.
 - ToDS y FromDs: indican si la trama viene o va hacia el Sistema de Distribución (DS, *Distribuition System*).
 - More Frag: señala si hay más fragmentos de una misma trama.
 - Retry: establece si el fragmento es una retransmisión.
 - Gestor de energía o *Power Managment*: señala si el gestor de energía está establecido.

- Orden u *Order*: indica si es posible hacer el cambio de orden de las tramas *unicast* y *multicast*.
- Duración o *Duration*: se utiliza para el cálculo del tiempo.
- Campo de direcciones: según vengán o se dirijan al Punto de Acceso (*Access Point*) pueden variar, este campo contiene las direcciones del receptor y emisor final, el recetor del siguiente salto y emisor del salto anterior.
- Control de secuencia o *Sequence Control*: establece el orden de las tramas que fueron cortadas en diferentes fragmentos.
- FCS (*Frame Check Sequence*): bits adicionales que sirve como control de errores.

II.1.5.- Comparación entre las redes inalámbricas

Cada tipo de red inalámbrica posee ciertas características que la definen, haciendo que posea factores que la hacen más o menos beneficiosas frente a otras. A continuación se presenta una tabla comparativa entre los tres tipos de redes más importantes que se tomaron en cuenta en la fase de evaluación de este trabajo. No se consideró la tecnología infrarrojo debido a que presenta demasiadas características que la hacen muy poco beneficiosa frente al resto de las tecnologías seleccionadas, la más importante de ellas es que necesita una línea de visión directa para que pueda establecer un enlace de comunicación entre dos dispositivos lo que dificulta la implementación de la misma para solucionar el problema abordado.

Tabla 1: Comparación de los protocolos Zigbee, Bluetooth y Wi-Fi.

	Zigbee 802.15.4	Bluetooth 802.15.1	Wi-Fi 802.11b
Rango	10 – 100 metros	10 – 100 metros	50 – 100 metros
Ancho de Banda	250 Kpbs	1 Mbps	Hasta 11 Mbps
Frecuencia de operación	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Energía de transmisión nominal	(-25) – 0 dBm	0 – 10 dBm	15 – 20 dBm

Sistema inalámbrico de supervisión del fluido de una Terapia Intravenosa en pacientes dentro de un centro hospitalario

Consumo de potencia	30 mA transmitiendo 3 mA en reposo	40 mA transmitiendo 0.2 mA en reposo	40 mA transmitiendo 20 mA en reposo
Topología de red	Ad-Hoc, punto a punto, estrella, malla y árbol.	Ad-Hoc, redes muy pequeñas.	Ad-Hoc, punto a punto y punto a multipunto (<i>Access Point</i>).
Máximo número de nodos simultáneos	Más de 65000	8 (activos)	2007
Complejidad (Impacto de las aplicaciones y dispositivos)	Baja	Alta	Alta
Consumo de batería	Muy bajo	Mediano	Alto
Protección de datos	16 bit CRC	16 bit CRC	32 bit CRC
Aplicaciones típicas	Control y monitoreo industrial, redes de sensores, control y automatización del hogar y edificios, entre otros.	Conectividad entre dispositivos tales como laptops, teléfonos móviles, etc.	Acceso a Internet, Conectividad inalámbrica LAN, transferencia de archivos, entre otros.
Ventajas	Batería de larga duración, bajo costo.	Interoperabilidad, sustituto del cable.	Mayor Ancho de Banda.

Fuente: Autor.

II.1.2.- Sensores.

Los sensores son dispositivos que detectan una acción externa como la temperatura, presión, la luz entre muchos otros parámetros, y es transmitida para ser analizada. (Circulo de Lectores, 2001). Es un dispositivo que depende de la energía del lugar donde se mide, se expresa una señal de salida que se traduce en una función de la variable de medida. (Pallas Areny, 2007). Este convierte la variable de medida en una señal medible, para cuantificarla y emplearla para precisar lo que se desea determinar.

Un sensor posee características propias de cada componente que lo determinan de una forma en particular. Entre los más relevantes podemos destacar, (Universidad Nacional Experimental del Táchira):

1. La precisión del sensor, depende de medir repetitivamente bajo condiciones de la misma naturaleza el mismo valor.
2. La histéresis depende de la señal de salida en comparación con la de la entrada.
3. No linealidad, es la diferencia de la distancia que recorre la señal, durante su funcionamiento.
4. Repetitividad, consiste en realizar diversas pruebas de las cuales se obtiene un valor de mayor probabilidad de ocurrencia.
5. Rango de Medida, es la diferencia entre los valores máximos y mínimos de funcionamiento.
6. Sensibilidad, es la pendiente relacionada con la señal de salida y la que se va a medir.
7. Tiempo de Respuesta

II.1.2.1 Tipos de Sensores.

Los sensores se pueden clasificar según muchos criterios, dependiendo de su aplicación, de su aporte de energía (moduladores o generadores), de modo de operación (deflexión o comparación), de su señal de salida (analógica o digital), pero normalmente son clasificados por sus parámetros variables. (Pallas Areny, 2007)

Los sensores de aporte de energía son clasificados por el tipo de alimentación que poseen, como los sensores moduladores que no dependen de su alimentación de entrada sino de una alimentación auxiliar para obtener energía en la salida del dispositivo; por otra parte se encuentran los sensores generadores, los cuales dependen de la energía de salida y de la energía suministrada a la entrada del sensor para realizar su funcionamiento. Existe otro caso de cómo puede variar el funcionamiento de los sensores y es por deflexión en donde se genera un efecto físico o por comparación en el componente, esto se realiza manteniendo en cero la deflexión, para obtener mediciones más precisas cuando se equilibra el sistema.

Los sensores dependen también de la respuesta del sistema, la cual puede ser en forma continua (analógica) o en datos discretos (digital), debido a que la información está presente en la salida.

Los sensores según sus magnitudes, permite clasificarlos de manera más específica por su condición de funcionamiento, por lo que permite reducir el número de grupos. (Pallas Areny, 2007).

En la Tabla 2, se pueden distinguir los diferentes tipos de sensores según los parámetros que pueden variar en los mismos de acuerdo a sus magnitudes, entre los cuales destacan:

- Resistivos: Se genera un proceso de oposición al paso de la corriente, por lo que la sensibilidad puede cambiar por factores como la luz, temperatura, humedad, ubicación y desplazamiento.
- Capacitivos: Son sensores que permiten tener un rango muy preciso de medida, dependiendo de la proximidad de las placas para establecer su capacidad de carga y descarga.
- Inductivos y Electromagnéticos: están conformados por dos núcleos separados entre sí, creando un medio de flujo de energía y tienen una resolución de gran valor.
- Generadores: está compuesto por elementos que permiten que induzcan fuerza electromotriz en una señal eléctrica, produciendo un cambio de energía.
- Digitales: son sistemas que convierte una señal analógica a digital, que se pueden captar elementos de una forma más rápida y evitando el desgaste del componente.
- Uniones p-n: se caracteriza por tener dos regiones una tipo P y una tipo N, las cuales tienen se pueden polarizar de forma directa e indirecta, resultando una tensión de mayor o menor polarización. Este tipo de

semiconductor es aplicado para diversos componentes como diodos, transistores, convertidores y fotoeléctricos.

- Ultrasonidos: son capaces de medir fluctuaciones y velocidades de flujos dentro de otros tejidos u objetos, lo que proporciona una gran ventaja sobre el reconocimiento de cambios sobre la superficie del objeto.

Tabla 2: Sensores y métodos de detección ordinarios para las magnitudes.

		MAGNITUDES								
		Posición Distancia Desplazamiento	Velocidad	Aceleración Vibración	Temperatura	Presión	Caudal Flujo	Nivel	Fuerza	Humedad
SENSORES	Generadores			Piezoeléctricos + masaresorte	Termopares Piroeléctricos				Piezoeléctricos	
	Digitales	Codificadores incrementales y absolutos	Codificadores incrementales		Osciladores de Cuarzo	Codificador + tubo Bourdon	Vórtices			SAW
	Resistivos	Potenciómetros Galgas Magnetor- resistencia		Galgas + masaresorte	RTD Termistores	Potenciómetros + tubo Bourdon	Anemómetros de hilo caliente Galgas + voladizo Termistores	Potenciómetros + flotador Termistores LDR	Galgas	Humistor
	Capacitivos	Condensador diferencial				Condensador variable + diafragma		Condensador variable	Galgas capacitivas	Dielectrico variable
	Inductivos y Electromagnéticos	LVDT Corrientes Foucault Resolver Efecto Hall Inductosyn	Ley Faraday LVT Efecto Hall Corrientes Foucault	VDT + masaresorte		LVDT + diafragma Reluctancia variable + diafragma	LVDT + rotámetro Ley de Faraday	LVDT + flotador Corrientes Foucault	Magneto- elástico LVDT + célula carga	

Fuente: (Pallas Areny, 2007)

II.1.3.- Terapia Intravenosa

II.1.3.1.- Fundamentos de la Terapia Intravenosa

Se puede definir intravenoso, según el diccionario de Espasa de Medicina de la Universidad de Navarra, como “la vía de administración de fármacos por el cual estos son introducidos en el interior de una vena”. (Universidad de Navarra, 1999).

La terapia o infusión intravenosa engloba diversas aplicaciones en las cuales consisten en la introducción de fluidos directamente en la vena, por lo que existen diversas definiciones que la describen de manera más detallada.

En A.M.A. *The American Medical Association* (1989) refieren a la infusión intravenosa como la introducción de fluidos dentro del torrente sanguíneo y el fluido pasa por un contenedor de plástico o vidrio hasta una cánula la cual es introducida dentro de una vena y la tasa de gotas que entran en circulación es controlado por una valvula ajustable.

Por consiguiente, según (AA.VV., Actualización de Conocimientos en Terapia Intravenosa. IDER Cursos y Asociación de Equipos de Terapia Intravenosa, 2007), la terapia intravenosa puede definirse como aquel procedimiento que tiene por finalidad utilizar una vía venosa con fines terapéuticos, limitando las complicaciones sobre el enfermo y obteniendo el máximo rendimiento curativo.

Esta se presenta en diversas formas de administración del medicamento, puede ser mediante una jeringa o por infusión que esta se puede administrar de forma constante o intermitente, este proceso es conocido como goteo intravenoso. El Goteo Intravenoso, consiste en determinar el camino del fluido, preparando unas determinadas pautas para su administración. Se debe poseer el material necesario, tener en cuenta el tipo de solución, lugar de inyección y mantenimiento de administración. En este proceso, hay que tener en cuenta la velocidad de perfusión, que puede ser en número de gotas; conocida también como macrogotas; o número de microgotas, para un tiempo determinado como lo explica (Botella Dorta, 2004).

La terapia intravenosa se implementa en humanos desde 1818, pero se descubre su funcionalidad a partir del siglo XVII, desde que en 1628 William Harvey descubriera la circulación de la sangre en el cuerpo humano, por lo que desarrollaron investigaciones de la aplicabilidad de la infusión. Usualmente, es empleada para transfusiones de sangre o plasma tras gran pérdida de sangre, para la nutrición e hidratación de pacientes, en este case es generalmente mezclado con glucosa o soluciones salinas, y para administrar drogas o fármacos. Es un tratamiento indispensable en la práctica médica, debido a su acceso inmediato en el conducto venoso, en la que se han desarrollado otras aplicaciones de gran utilidad como obtener muestras de sangre o biopsias.

Los procedimientos de infusión son muy específicos para la administración de fluidos que vienen relacionadas a las recomendaciones de los centros para el control y prevención de las enfermedades infecciosas de los Estados Unidos (*CDC, Center for Disease Control and Prevention*), para la seguridad y protección de la salud de los pacientes, las cuales se basan en categorías dependiendo del uso e impacto económico, son categorías I (A,B y C), II y cuestión no resuelta (AA.VV., Actualización de Conocimientos en Terapia Intravenosa. IDER Cursos y Asociación de Equipos de Terapia Intravenosa, 2007). Las recomendaciones para su aplicación se fundamentan en la educación del personal médico, la vigilancia, supervisión, técnica aséptica, uso, selección y sustitución de los catéteres en los pacientes.

Los catéteres son introducidos en la vía periférica y central, el acceso periférico comprende las venas superficiales ubicadas en las extremidades inferiores (vena safena mayor) o superiores (dorsales metacarpianas, radial, cubital, basilica y cefálica) y el acceso central está conformado por el cuello (vena yugular interna o externa), zona cardiaca (vena cava superior o inferior, subclavia y axilar), también se considera venoso central a la vena femoral ubicada en la parte superior de las extremidades inferiores. Su punción depende de diversos criterios de donde van a ser insertados, como el acceso que está referido a las alteraciones presentes (problemas de coagulación, inquietud del paciente, entre otras) o complicaciones de la inserción, los líquidos que se van a infundir y los riesgos de infección (Sanidad Pública Vasca, 2007)

Ante cada procedimiento de inserción, dependiendo de la técnica que se va a realizar, se deben tener en cuenta la técnica de implantación, el tipo de catéteres, la higiene, el control y mantenimiento de la terapia, para evitar complicaciones posteriores.

II.1.3.2.- Complicaciones de la Terapia Intravenosa

Las complicaciones se presentan por una falta de precaución del personal médico y del paciente, lo que perjudica al paciente. Desde la inserción, mantenimiento y retiro del catéter, debe hacerse de manera minuciosa para evitar que se presenten inconvenientes. (Prieto Moreno)

Las complicaciones que se pueden presentar durante el procedimiento son (A.D.A.M.):

- Extravasación es la pérdida de la sustancia que se coloca en la vena, y a causa de ello ocurre la salida de la cánula.
- Infiltración
- Una perfusión rápida que lesiona la vena, y puede ser tóxica, ocasionan hematomas o alergias adversas.
- Sobrecarga circulatoria, cuando el medicamento no tiene la cantidad exacta y necesaria.
- Flebitis ocurre cuando se inflama la vena.
- Trombosis es la presencia de un coágulo en las venas.
- Necrosis tisular, sucede por la muerte de tejido, debido a sustancias químicas, infecciones o por distintos factores.
- Embolia grasa, es un embolo de grasa que obstruye el torrente sanguíneo.
- Sepsis, una enfermedad rara de ocurrencia, se ocasiona debido a la cantidad de bacterias en el torrente sanguíneo.
- Neumotórax, es la acumulación de aire que rodea a los pulmones.
- Hemotórax, se debe a la acumulación de sangre entre la pared torácica y el pulmón, la cavidad pleural.
- Pueden ocurrir lesiones en la piel, en los nervios o arterias, así como surgir problemas con que se obstruya o se salga la aguja.

A continuación se presenta una tabla de las complicaciones que pueden surgir dependiendo del plazo y cateterismo empleado:

Tabla 3: Complicaciones presentes según procedimiento de cateterismo a realizar.

Cateterismo Venoso	Plazo	Complicaciones
Periférico	Corto y/o Inmediato	<ul style="list-style-type: none">• Punción arterial.• Lesión del Nervio.• Hematoma.• Alergia o reacción al medicamento.• Extravasación.

Sistema inalámbrico de supervisión del fluido de una Terapia Intravenosa en pacientes dentro de un centro hospitalario

	Medio y/o Largo	<ul style="list-style-type: none"> • Extravasación-infiltración. • Flebitis química. • Trombosis. • Infección. • Hematomas. • Lesiones cutáneas. • Necrosis tisular. • Obstrucción de la aguja. • Necrosis tisular. • Obstrucción de la aguja. • Embolia grasa (rara). • Sepsis (rara).
Central	Corto y/o Inmediato	<ul style="list-style-type: none"> • Lesión de un nervio. • Hematoma. • Alergias y reacciones medicamentosas adversas. • Extravasación. • Embolismo aéreo. • Trastornos del ritmo cardiaco, derivados del estímulo de la válvula tricúspide. • Neumotórax. • Hemotórax. • Punción arterial: subclavia, carótida o femoral.
	Medio y/o Largo	<ul style="list-style-type: none"> • Extravasación-infiltración. • Flebitis mecánica e infecciosa. • Trombosis. • Infección. • Hematomas. • Lesiones cutáneas. • Necrosis tisular. • Embolia grasa (rara). • Sepsis (rara).
Central de inserción periférica	Corto y/o Inmediato	<ul style="list-style-type: none"> • Punción arterial. • Lesión neurológica. • Equimosis. • Alergias y reacciones medicamentosas adversas. • Extravasación.
	Medio y/o Largo	<ul style="list-style-type: none"> • Extravasación-infiltración. • Flebitis mecánica e infecciosa. • Trombosis. • Infección. • Hematomas. • Lesiones cutáneas. • Necrosis tisular.

Fuente: (AA.VV., Actualización de Conocimientos en Terapia Intravenosa. IDER Cursos y Asociación de Equipos de Terapia Intravenosa, 2007)

Capítulo III. Metodología

La metodología del Trabajo Especial de Grado se realizó con el fin de establecer una secuencia lógica y ordenada la cual va a ser ejecutada tal como se muestra a continuación en la Figura 18.



Figura 18: Metodología del Proyecto en fases.
Fuente: Autor

III. 1 Investigación y Documentación

Esta primera fase se llevó a cabo con el objetivo de recopilar la información teórica necesaria que sustenta el Trabajo Especial de Grado. Para esta búsqueda se investigó todo lo demás relacionado a las tecnologías inalámbricas, su funcionamiento, protocolos de comunicación, así como las ventajas y desventajas que poseen unos frente a otros, obteniendo como resultado una tabla comparativa de las tecnologías investigadas con lo que sea posible seleccionar la que más se adecue a los requerimientos exigidos. De igual forma se investigó todo lo concerniente a los sistemas de sensores que permiten detectar el paso del fluido que se está supervisando durante la terapia intravenosa, con lo que se consigue diseñar una tabla comparativa de los sensores existentes. Por último, con esta investigación se conoció todo lo relacionado a la terapia

intravenosa, como son los conceptos y procedimientos que se manejan, así como las complicaciones que se pueden generar durante la aplicación de la misma.

III. 2 Selección y Evaluación

En esta fase luego de conocer de manera teórica los protocolos de comunicación que se emplearon en un área de cobertura relativamente pequeña los cuales están enmarcados dentro de la tecnología WPAN (*Wireless Personal Area Network*) o redes inalámbricas de área personal, se seleccionó el protocolo que posea las características que más se adecuaron a los requerimientos presentes, y de igual forma fueron la mejor prestación frente a los otros protocolos existentes. Una vez seleccionado el protocolo de comunicación inalámbrico, se buscó la asesoría necesaria para el manejo de los equipos de comunicación que se implementaron para establecer la conexión entre el equipo coordinador y los nodos remotos, denominados JAVA SUN SPOT. Mediante estos equipos se transmite y recibe toda la información que generan los sensores de fluido al equipo coordinador, y se requiere conocer el manejo de los dispositivos. Junto a esto se hizo igualmente necesario el dominio del lenguaje de programación JAVA por ser el medio con el cual es posible configurar los dispositivos JAVA SUN SPOT, como consecuencia se realizaron pruebas de demostración con los equipos para conocer la forma en la que operan y los procedimientos que se deben implementar para la programación de los mismos. Posterior a la selección del protocolo de comunicación se realizó la selección del sensor que mejor se adecue al desarrollo del Trabajo Especial de Grado, por esto se realizó la evaluación de los distintos sensores para determinar cuál es el más indicado según los resultados que se obtengan de la evaluación.

III. 3 Diseño

Para esta fase se realizó la fabricación y puesta en funcionamiento de los equipos que contienen los sensores de fluidos, en primera instancia se realizó la selección de los materiales que cumplan con los requerimientos para la fabricación del compartimiento donde se ubicó el sensor, razón por la cual se realizaron diversos diseños del dispositivo

sensor de fluido. Se ejecutaron las pruebas necesarias con lo cual se busca determinar cuál es el mejor diseño según los valores que se obtengan, para seleccionar el que posee un mejor rendimiento, tomando como referencia la estabilidad de los valores obtenidos.

Paralelamente se llevó a cabo la programación de los dispositivos de transmisión, así como también la elaboración del *software* de gestión que controla y coordina todo el sistema que se implementa. Se investigó y se puso a prueba el módulo de envío de mensajería instantánea (SMS), y se integraron todos los equipos que conforman el sistema total, lo que permitió la ejecución de pruebas pilotos en la siguiente fase del Trabajo Especial de Grado. En esta fase se realizó un estimado de costo para evaluar las posibilidades de implementación del proyecto dentro de un centro médico.

III. 4 Desarrollo y Verificación

En la ejecución de esta última fase se llevaron a cabo las diferentes pruebas que permitieron observar el comportamiento del sistema completamente integrado. Con estas pruebas se observó el funcionamiento de los dispositivos sensores de fluidos que mediante los dispositivos JAVA SUN SPOT transmiten la información al equipo coordinador, éste opera según la información recibida y responde en función a lo enviado. A través de este procedimiento es posible detectar cualquier falla presente en el sistema lo que permite la corrección de las mismas antes de ejecutar la prueba en un centro hospitalario.

Por último se realizaron las pruebas piloto en un centro hospitalario con lo que se estudió el funcionamiento y maniobrabilidad del sistema en escenarios reales que permiten la evaluación de este mecanismo para su aplicabilidad en situaciones de uso cotidiano.

Capítulo IV. Desarrollo

El siguiente capítulo tiene por objetivo explicar de forma detallada y sistemática cuales fueron los pasos que se realizaron para la elaboración de las fases relacionadas al marco metódico del presente Trabajo Especial de Grado

IV. 1 Investigación y Documentación

En esta fase se realizaron las investigaciones teóricas y documentales, para determinar y resolver las necesidades teóricas y básicas requeridas por el proyecto. Por lo que se realizaron búsquedas de información en bibliotecas de distintas universidades del Distrito Capital e investigaciones en páginas web autorizadas.

La investigación permitió tener presente los requerimientos necesarios para la supervisión de la Terapia Intravenosa, y cuáles son las complicaciones presentes en caso de no ser supervisado.

IV. 2 Selección y Evaluación

Para la selección de la plataforma inalámbrica se realizó una tabla comparativa entre las distintas opciones que se plantearon, las cuales se esquematizan en la Figura 19, basada en diversas variables y partiendo de bases comparativas lo que permitiera elegir el protocolo indicado que serán presentadas en el capítulo V, Resultados, para poder diferenciar y analizar las propuestas.

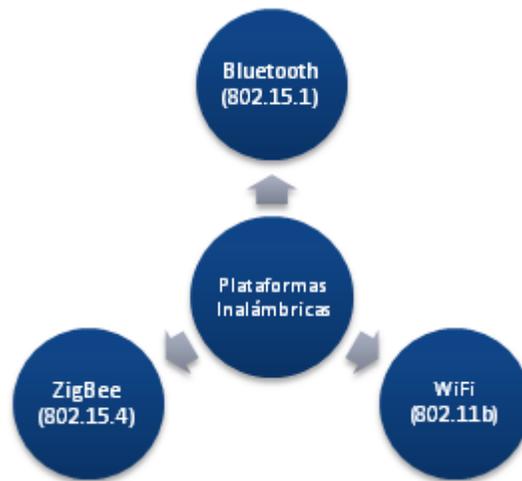


Figura 19: Esquema de opciones de plataformas inalámbricas.
Fuente: Autor

Una vez determinadas las diferentes plataformas inalámbricas se procedió a la elección del sensor para el proyecto, donde se seleccionan las distintas opciones que serán analizadas por una serie de requerimientos que nos permite evaluar la alternativa más adecuada. Luego de seleccionar los requisitos necesarios se eligieron los dispositivos JAVA SUN SPOT, los cuales trabajan con el protocolo seleccionado y tiene una gran variedad de características que permiten realizar diversas aplicaciones con ellas. La aplicación en este proyecto es el envío de la data de forma inalámbrica, el dispositivo recibe una señal continua analógica y este la convierte en digital, para ser transmitida a la *base station* o coordinador que verificar el estado de la terapia colocada al paciente.



Figura 20: JAVA SUN SPOT Development Kit
Fuente: (OracleLabs, 2012)

IV.2.2 Selección de la topología de red

Para la selección de la red inalámbrica se realizó un reconocimiento del lugar, y se eligieron los posibles escenarios, según el protocolo inalámbrico seleccionado, tomando en cuenta que debe tener presente el alcance entre los elementos de la red y garantizar el envío de los datos.

El protocolo de comunicación contiene en la capa de red tres tipos de topología, malla, estrella y árbol, cada una de ellas tiene diferentes formas distintas para posicionar e interconectar los dispositivos.

Escenario 1: Red tipo estrella

Este tipo de red funciona con un coordinador central que gestiona los dispositivos de la red y la comunicación es bilateral entre el coordinador y los nodos, los nodos no se pueden comunicar entre ellos, como se puede observar en la Figura 21. La ubicación del coordinador se colocaría entre los nodos para darle mayor alcance de comunicación, para este caso se debe tener las camas cerca del centro de supervisión.

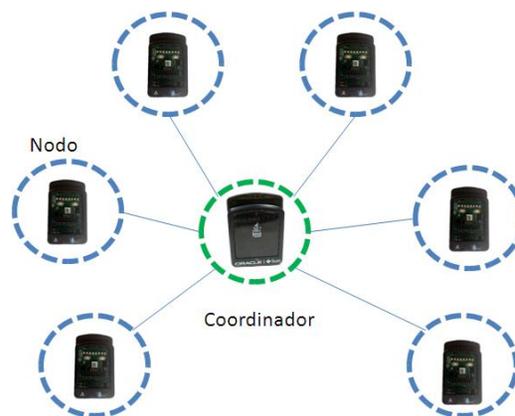


Figura 21: Topología en estrella con los dispositivos SUN SPOT.

Fuente: Autor

Escenario 2: Red tipo árbol

Para implementar la red tipo árbol se requeriría de un enrutador por habitación o zona de atención, que permita la interconexión entre los nodos y el coordinador central, para establecer un nodo troncal para la comunicación (ver Figura 22). En esta topología, se tendría que tener el centro de supervisión en un lugar concéntrico entre las habitaciones o lugares de atención para garantizar el área de cobertura entre el coordinador central y los enrutadores.

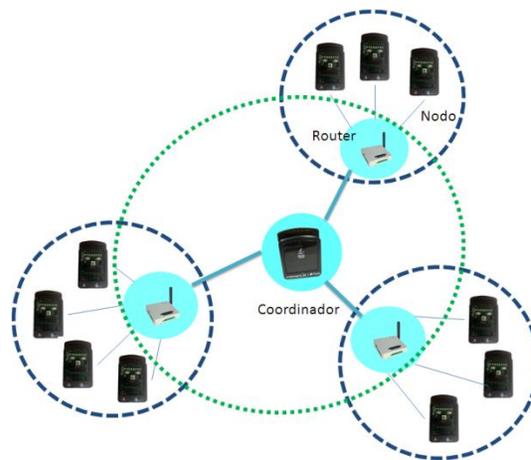


Figura 22: Topología de árbol con los dispositivos SUN SPOT.

Fuente: Autor

Escenario 3: Red tipo malla

El concepto de la red de malla o *mesh*, es que cualquier dispositivo de la red puede conectarse con otro, usando a sus vecinos como repetidores y de esta forma establecer la comunicación hacia el coordinador. Este tipo de enrutamiento consiste en el multi-salto, donde el nodo puede servir de coordinador dentro de su rango de cobertura y retransmitir la información hasta el coordinador de la red.

En este escenario no se requiere colocar el coordinador en un sitio específico, sino que se debe garantizar que dentro de su rango de cobertura se encuentre otro dispositivo, como se presenta en la Figura 23.

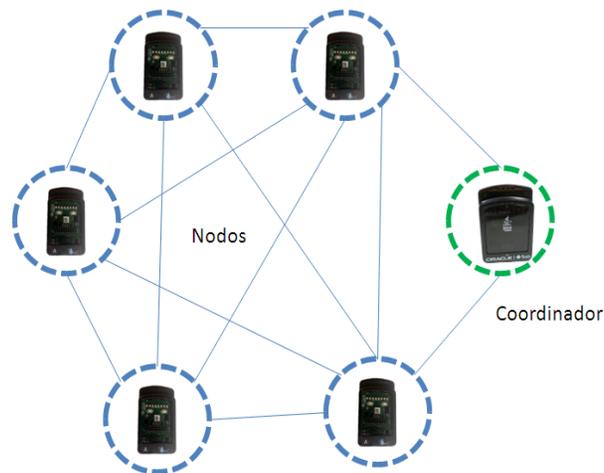


Figura 23: Topología de malla con los dispositivos SUN SPOT.
Fuente: Autor

Selección de la topología a implementar

Tomando en cuenta los escenarios planteados anteriormente, se requirió establecer la ubicación de los equipos de una forma óptima, determinar las posibles rutas de comunicación entre los equipos, los rangos de cobertura y tener presente las posibles causas de pérdida de señal.

Para implementar una red tipo estrella en un centro hospitalario, sería inapropiado por la disposición de red y sus requerimientos de comunicación por las obstrucciones que se presentan, dado a que la comunicación existente es solo entre el coordinador y el nodo, y si se traslada o ubica a un paciente fuera del área de cobertura del coordinador se perdería la interconexión, evitando realizar la supervisión del tratamiento. En consecuencia, se descarta el primer escenario como posible opción para el diseño de la red, porque se establecería para un lugar de pequeñas dimensiones.

Al evaluar la topología árbol, como se mencionó anteriormente, se tendría que disponer de enrutadores para el establecimiento de la comunicación entre el coordinador y los nodos ubicados en las zonas de atención, lo que implicaría disponer de más dispositivos, que incrementan el costo de la red. La ventaja de esta topología es que se podría disponer para centros de mayor dimensión física, y zonas de terapia intensiva.

Una de las principales desventajas que ocasionaría este tipo de red, es que si uno de los nodos no se encuentra dentro de la celda de cobertura del enrutador o enrutador, se perdería la comunicación del tratamiento de los pacientes. También puede ocurrir que se congestione la ruta de comunicación entre los nodos y el enrutador que impediría enviarle la información al coordinador central. Para evitar riesgos de fallas o errores en la conexión se plantea seleccionar el tercer escenario.

Una red nodal o de malla, permite que los datos lleguen a cualquier dispositivo de la red inalámbrica, mientras los elementos sean vecinos y envíen la información dentro de su rango de cobertura. Esta topología, garantiza la comunicación por la interconexión entre los dispositivos y son de baja latencia.

Pero tiene como desventaja que requiere de mayor memoria y de procesamiento de datos en los dispositivos. Tampoco repiten el tráfico destinado a otros nodos, si no se encuentra en su línea de vista, sino que se pueden comunicar a través de un vecino que se encuentra dentro del rango de cobertura de ambos nodos. Este tipo de red es más flexible para implementar, no hay relación jerárquica entre el maestro-esclavo, sino que pueden conectarse directamente, tiene múltiples rutas para el envío de los paquetes y se adapta más fácilmente a las diferentes estructuras de los distintos centros hospitalarios. El coordinador es el encargado de inicializar la red y establecer los posibles caminos para transportar el tráfico.

De esta forma se garantiza una comunicación segura y estable, de amplia cobertura, soportada en gran cantidad de dispositivos los cuales son necesarios y gestionados por un solo elemento de control (coordinador). No requiere configuraciones para la integración de un nuevo nodo a la red y son dispositivos que realizan un manejo eficiente de la batería.

IV.3 Diseño

En esta fase se diseñó y desarrolló la construcción del detector de fluidos, el reconocimiento de los dispositivos que operan en la plataforma seleccionada, la interfaz del *software* de gestión y el envío de mensajes mediante un módulo de mensajería.

Para el desarrollo del detector se tuvo presente las siguientes condiciones:

- Ubicación del detector de fluido.
- Tamaño del detector.
- Distancia que debe existir entre la fuente de luz y el sensor indicado.
- Tipo de material a emplear.
- Apertura del sensor para permitir colocar la vía.
- Cantidad de luz exterior incidente sobre el detector.

Durante la construcción del sensor, se realizaron diversos prototipos que fueron perfeccionando el diseño y solventando los inconvenientes que se presentaban al realizar pruebas de paso de líquido a través del mismo.

Inicialmente se empleó anime de color blanco para la construcción de la caja, el tamaño era de forma rectangular de 10 cm de largo y 8 cm de ancho, que contenía una fotorresistencia, la fuente de luz provenía de un apuntador laser, la distancia entre los elementos era aproximadamente de unos 8 cm a través del cual pasaba el conducto de la terapia entre ellos para poder detectar el paso de líquido. El diseño anteriormente señalado, no arrojó los resultados deseados debido a que la luz del exterior interfería en las mediciones obtenidas y la fuente de luz no era constante, debido a que el apuntador se alimenta de baterías que con el paso del tiempo se iban descargando y no era posible obtener un valor estable durante un lapso de tiempo prolongado.



Figura 24: Primer prototipo del detector
Fuente: Autor

Consecutivamente se empleó un material de anime comprimido con cartulina de color negro y se usó como fuente luz un diodo emisor de luz o led, que emite una intensidad de luz constante conectado a un regulador de voltaje de corriente AC a 5V DC de alimentación. El tamaño de la caja del detector tenía 3cm de largo y 3 cm de ancho, la separación entre el led y el LDR era de 2 cm pasando entre ellos la cánula. Las razones por las cuales no se seleccionó este diseño fueron que la intensidad de luz del ambiente influía en las mediciones y se generaban variaciones en el resultado, se tenía un circuito que debía protegerse y no era posible con el diseño planteado, por último el detector no se podía transportar debido a que se limitaba a estar conectado a una toma de electricidad. Se deseaba obtener un diseño con una mejor presentación física, para que fuese agradable al usuario final.

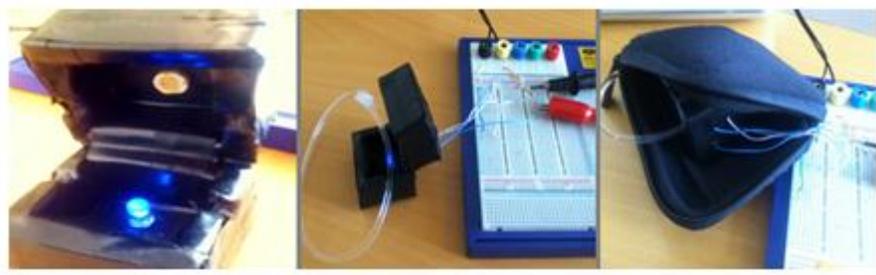


Figura 25: Segundo prototipo del detector
Fuente: Autor

Después de analizar los parámetros necesarios para la construcción del detector se determinó emplear la caja negra de menor tamaño, mejorando el prototipo anterior. Se ubico la caja pequeña que contiene los componentes dentro de una caja de mayor

tamaño y del mismo material, que permite protegerla proporcionando mayor oscuridad para evitar variaciones en las mediciones, protege el circuito y da soporte al dispositivo seleccionado que envía la data obtenida. El detector se sostiene a un paral por medio de una herramienta denominada “sargento” colocada en la parte lateral inferior.



Figura 26: Prototipo final del detector.

Fuente: Autor

El circuito presente en el detector es pasivo porque los componentes eléctricos que lo conforman son elementos que consumen energía y no la generan. Cada componente eléctrico tiene una función específica dentro del circuito de la Figura 27, y permite distinguir el cambio de fluido dentro de la vía. Las funciones de los elementos del circuito son:

- El Diodo Emisor de Luz (LED), es la fuente de luz que incide sobre la cánula.
- Fotorresistencia o LDR, mide la intensidad de luz transformadas en valores de voltajes detectadas por este elemento.
- Resistencia de $1K\Omega$, protege al led de los cambios de energía de la fuente de alimentación.
- Potenciómetro de $50K\Omega$, este componente sirve para regular el voltaje de salida del circuito.
- Interruptor, se encarga de encender o apagar el detector.

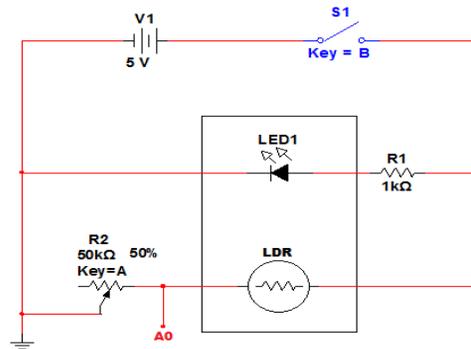


Figura 27: Circuito del detector de fluidos
Fuente: Autor

La salida entre el potenciómetro y la fotorresistencia denominada “A0” en la Figura 27, es para detectar los cambios presentes en la fotorresistencia y regular el voltaje de salida para establecer los valores de medición.

El circuito se alimenta por el JAVA SUN SPOT que transmite la información. La interfaz I/O del dispositivo presenta en uno de sus pines, una salida que genera +5 voltios DC (pin 7), permitiendo que el detector sea móvil debido a que no se encuentra conectado a una fuente fija de energía. Los dos cables de salida del detector son conectados uno a la entrada analógica “A0” (pin 12) que contiene un conversor analógico-digital (A/D) el cual modifica el valor que obtiene en voltios y el segundo se conecta a GND (pin 19 o 20). En la Figura 28 se puede observar cuales son los conectores I/O de los dispositivos JAVA SUN SPOT.

Los sensores JAVA SUN SPOT en sus entradas analógicas tienen un rango de medición de 0 a +3 voltios, si se excede este valor puede ocasionar un daño en el conversor A/D del equipo, por ello se establece que los valores de salida del detector de fluidos sean no mayores a 3 voltios. Cuando se realiza la conversión analógica-digital del voltaje obtenido del detector, se consiguen valores dentro de un rango de 0 a 1023 unidades, donde 1023 corresponde a +3V DC que es el máximo valor que puede generarse dentro del conversor.



Figura 28: Conectores I/O del JAVA SUN SPOT.
Fuente: (SunLabs, 2009)

IV.3.1 Elaboración del *software*

Para garantizar la supervisión del tratamiento de los pacientes y el correcto funcionamiento de los dispositivos se plantearon parámetros funcionales presentes en la Figura 29, que permitieran tomar en cuenta las áreas necesarias para el desarrollo del *software* para la supervisión de los pacientes.



Figura 29: Parámetros requeridos del *software* de gestión.
Fuente: Autor

1. Información básica del sistema, de Pacientes y Personal de Salud

La información básica del sistema consiste en los valores de rango para los líquidos opacos o translucidos, los parámetros de configuración del módulo de mensajería y la clave que permite ajustarlos o modificarlos. También requiere los datos

de pacientes y personal de salud, para realizar el seguimiento del tratamiento de los pacientes, los datos pueden ser ingresados o eliminados.

2. Seguimiento de supervisión del fluido de cada paciente

El seguimiento del tratamiento se basa en verificar cada cierto tiempo la terapia administrada y se manifiestan mediante estados. Estos estados son representados por una imagen que se simula en un led. Dicho led cambia de color dependiendo de la lectura de voltaje que reportan los nodos del detector de fluidos, la medición está representada por rangos de valores que se establece según el paso o no del tipo fluido administrado y se representa de la siguiente manera:

- Color Naranja, indica que el valor que recibe es cero “0”, por lo que puede encontrarse apagado el detector o hay una conexión errónea en los pines del dispositivo SUN SPOT.
- Color Rojo, sucede cuando que no hay paso de fluido, puede ser un líquido opaco o traslucido.
- Color Verde, demuestra que la lectura se encuentra dentro del rango determinado (dependiendo del líquido administrado) para el paso de fluido.
- Color Amarillo, ocurre cuando las mediciones obtenidas se encuentren fuera de rango.

Los valores resultantes de la conversión A/D en el JAVA SUN SPOT del detector de fluidos fueron clasificados en rangos dependiendo del tipo de fluido que se administraba, esto se realizó mediante varias pruebas ejecutadas con los detectores las cuales consistían en administrar diferentes tipos de líquidos, tanto traslucidos como opacos, para diferenciar y definir los posibles rangos que se podían presentar.

Los rangos se establecieron mediante la calibración de los detectores regulando los potenciómetros a medida que se realizaban las pruebas con el dispositivo, para determinar entre que valores se debían colocar dependiendo de la medición obtenida.

Luego de realizar la calibración de los detectores de fluidos, se definieron los rangos por los tipos de fluidos administrados y se concluyó que para los líquidos opacos se obtenía un rango de valores por debajo al rango de los líquidos traslucidos, debido a que un líquido traslucido aporta mayor transparencia a la vía y se obtiene un mayor valor. En la Figura 30, se representan los estados según la medición obtenida y el tipo de líquido.



Figura 30: Representación de los estado según las mediciones que se realicen.

Fuente: Autor

3. Generación de Alarmas Locales y Remotas

La generación de alarmas locales sucede cuando el detector capta que no hay presencia de líquido y se activa una alarma sonora que indica que el sistema realizó un cambio al estado de alerta.

Las alarmas remotas consisten en dos fases, la primera fase sucede en el dispositivo JAVA SUN SPOT y la segunda consiste en enviar un mensaje de texto al personal de salud encargado.

4. Equipos requeridos (SUN SPOT y Módulo de Mensajería)

Para que el *software* se pueda ejecutarse se requieren dos equipos elementales: los dispositivos SUN SPOT de ORACLE y el módulo de mensajería GM29 SONY-ERICSSON, los cuales deben ser instalados (según las indicaciones de los fabricantes)

previo al inicio del programa de supervisión. Para su previamente se deben instalar y seguir las indicaciones de los fabricantes.

JAVA SUN SPOT

Los equipos SUN SPOT que transmiten los datos con el protocolo de comunicación seleccionado están elaborados en el entorno de programación JAVA, y en consecuencia fue el seleccionado para desarrollar la interfaz gráfica del *software* de gestión. Estos dispositivos requieren de una aplicación para el coordinador y otra para los nodos.

Aplicación de los nodos: El programa que ejecutan los nodos está diseñado para que transmita y reciba información por puertos distintos, encienda los leds designados, realice la lectura de las entradas analógicas, envíe su dirección MAC, el estado de la batería, el valor leído y el tiempo en que se realizó la lectura.

Diferentes funciones dependiendo de que esté realizando el nodo JAVA SUN SPOT, las cuales se explican a continuación.

Se enciende y apaga el led “7” cuando:

- ✓ Recibe paquetes de datos provenientes del coordinador, representado por el color azul.
- ✓ Envía los paquete de datos al coordinador, representados por el color verde.

Transmite paquetes de datos cada cinco segundos si:

- ✓ La lectura que recibe es cero voltios, y el led cero se enciende de color naranja mientras la lectura permanezca en dicho valor.
- ✓ Los valores que lee se encuentran en el estado fuera de rango, colocándose los leds “3” y “4” en color amarillo.
- ✓ El valor corresponde al estado alerta, debido a que se encuentra en el rango de valores que indica que no detecta fluido en la cánula. Los leds “3” y “4” se encienden de color rojo.

Cuando el dispositivo detecta que hay paso de líquido, inicialmente realiza la lectura cada 5 segundos y luego de cinco lecturas en este estado, la lectura se realiza cada 30 segundos y no se enciende ningún led para indicar que se encuentra realizando las mediciones.

Aplicación Coordinador: La aplicación del coordinador se encarga de recibir la dirección MAC de los nodos (la dirección MAC tiene la forma 0014.4F01.0000.xxxx, donde “xxxx” corresponde a los dígitos que identifican al JAVA SUN SPOT asociado al detector de fluidos), el estado de la batería, el valor de la entrada analógica, la hora de medición y los límites para los rangos de alarmas que poseen los SPOTs. El programa toma los valores predeterminados en el sistema, luego abre una conexión *broadcast* para escuchar las lecturas enviadas por los diferentes nodos y otra para transmitir los parámetros de control de las alarma. Una vez establecida la comunicación, envía los valores de rango de las alarmas, lee la información y determina por la dirección MAC que nodo envió la lectura.

Módulo GM29 SONY-ERICSSON

El módulo de mensajería GM29 SONY-ERICSSON, opera con comandos de comunicación AT, y es necesario elaborar una aplicación que maneje e interprete la comunicación entre el módulo y el *software* de gestión. Esta aplicación consiste en enviar un mensaje de texto en un tiempo determinado y requiere una serie de parámetros de configuración e información específica para realizar dicha acción, tales como el puerto de comunicación, el valor de la tasa de transmisión, el número de teléfono a quien envía el mensaje y el texto del mensaje. El programa mediante el puerto serial se comunica con el módulo de mensajería y permanece habilitado durante un lapso de tiempo, donde se le envía los parámetros de comunicación, los comandos para el envío del mensaje de texto, el numero designado y el mensaje, luego se deshabilita el puerto y esta acción la realiza cada vez que el *software* de gestión lo solicite.



Figura 31: Módulo de Mensajería GM29 SONY-ERICSSON
Fuente: (Cybrotech, 2006)

IV.3.1.1 Módulos del *software* de gestión

Con el fin de gestionar los diferentes componentes del sistema, se desarrolló una aplicación gráfica que permite integrarlos y administrarlos simultáneamente y en base a los parámetros requeridos, explicados anteriormente, se definieron los módulos del *software* de gestión presentados en el esquema de la Figura 32. La interfaz gráfica contiene una distribución de los módulos en forma sencilla y adecuada para que fueran entendibles y funcionales para el usuario final.

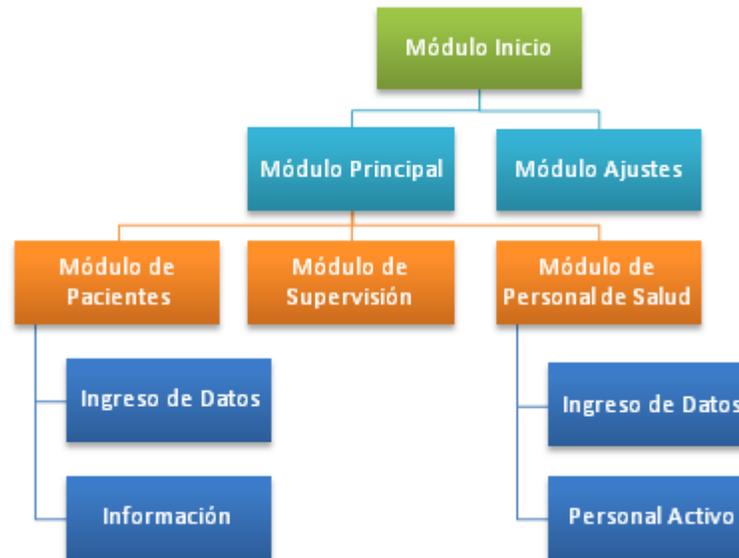


Figura 32: Módulos del *software* de gestión
Fuente: Autor

Módulo Inicio

Corresponde a la ventana de iniciación de la aplicación, esta contiene diversos botones que permiten el acceso a otros módulos, y presentan las múltiples funciones que el *software* posee.



Figura 33: Ventana de Inicio

Fuente: Autor

- ✓ **Botón Iniciar**, accede al módulo principal.
- ✓ **Botón Cargar**, restablece los datos guardados anteriormente.
- ✓ **Botón Ajustes**, permite entrar al módulo de ajustes para la modificación de valores configuración del sistema y del módulo de mensajería.
- ✓ **Botón Ayuda**, inicializa una ventana de información acerca del funcionamiento del *software*, la forma de administración de los equipos y contenido acerca de los dispositivos JAVA SUN SPOT Development Kit.
- ✓ **Botón Salir**, pregunta previamente si desea guardar los cambios realizados en el programa o salir sin guardarlos, y posteriormente se

cierra la aplicación, en caso contrario es posible cancelar la acción y continuar utilización la aplicación.

Modulo Principal

El módulo principal mostrado en la Figura 34, está comprendido por tres módulos; el módulo de supervisión, de personal y de pacientes. Se presentan los botones para el ingreso de datos para los pacientes y el personal de salud, la lista de personas encargadas, los detalles de cada terapia y se muestra el estado de la terapia de cada paciente. Esta ventana contiene una sección que se activa al enviar una alarma remota (mensaje de texto), posteriormente de activarse una alarma sonora que indica que el tratamiento de un paciente ha finalizado y el tiempo establecido para el envío del SMS se haya cumplido.



Figura 34: Ventana de Supervisión del *Life Sensor* según los módulos.

Fuente: Autor

Módulo de Supervisión



Figura 35: Ventana de Supervisión

Fuente: Autor

La ventana principal contiene al módulo de supervisión como se muestra en la Figura 35, en ella se presenta los datos del paciente (nombre y apellido), el detector de fluidos conectado al JAVA SUN SPOT, el estado de la terapia y de la batería del dispositivo, si se desea obtener una información más específica acerca del paciente se accede al botón Detalles.

A los detectores de fluidos se identifican por letras y cada uno tiene asignado un JAVA SUN SPOT, estos se reconocen por la dirección MAC ubicado en la parte posterior del dispositivo, por ello las casillas Sensor –SUN SPOT contienen una letra y la dirección MAC.

En Status, se visualiza el estado del paciente según la lectura que recibe el detector de fluidos. Las lecturas corresponden a la representación de los estados en distintos colores, que varían dependiendo de los límites para los rangos de alarmas que se mencionaron anteriormente y se explican en la Figura 30. La representación de los estados que se presentan en la ventana de supervisión son las siguientes:

-  Sin asignar paciente.
-  El valor de lectura es cero “0”.
-  Fuera del rango establecido.
-  Alerta, atender al paciente.
-  El tratamiento se encuentra en buen estado.

El icono de la batería que se encuentra a continuación del icono Status, indica el estado de la batería que presenta el JAVA SUN SPOT; parámetro el cual es importante monitorear constantemente debido a que de este depende directamente el funcionamiento del detector de fluidos, así como el envío y recepción de los datos que se generan.

Módulo de Pacientes

Para la supervisión del tratamiento se requiere obtener los datos del paciente y de esta forma verificar el seguimiento de la terapia administrada, por lo que se desarrolla el presente módulo. Está compuesto por dos secciones, la primera corresponde a la ventana de ingreso de datos y la segunda contiene la información detallada del seguimiento de la terapia por paciente.

Para que este módulo sea habilitado debe existir al menos una persona del personal de salud agregado al sistema para poder gestionar la información de los pacientes.

Ingreso de Datos

En la Figura 36 se presenta la ventana para agregar o eliminar pacientes, el usuario ingresa los siguientes datos:

- Nombre y apellido del paciente.
- La terapia a administrar.
- El detector de fluidos colocado al tratamiento.

Los datos ingresados permiten tener la información de quien se le administra el tratamiento y el estado del mismo.



Figura 36: Ventana para Agregar/Eliminar Paciente

Fuente: Autor

Información

Es posible obtener la información detallada del paciente ingresando desde la ventana principal de la aplicación al presionar el botón “Detalles” ubicado al lado de cada paciente supervisado. La ventana de información del paciente brinda de una forma más precisa los valores de medición transmitidos desde el detector de fluidos colocado al paciente y la hora en la que se presentó la lectura. En ella se indica los datos del paciente, la terapia aplicada, el SPOT asignado, el estado de la terapia y la batería. En la parte inferior de la ventana se muestran los límites para los rangos de las alarmas que son enviados por los SPOTs al coordinador.



Figura 37: Ventana de Información del Paciente
Fuente: Autor

Módulo de Personal de Salud

El módulo de personal es implementado para gestionar la información del personal encargado ingresado al sistema, su objetivo es contener los datos necesarios del personal para enviar un mensaje de texto indicando las alarmas ocurridas en caso de no atender la generada localmente en el equipo coordinador. Este módulo se compone de dos ventanas, uno para el ingreso de datos del personal de salud encargado y otro que indica la información del personal activo.

Ingreso de Datos

El usuario en esta ventana, puede ingresar o eliminar los datos del personal médico y/o de enfermería que se encarga de la supervisión de los pacientes. Permite limpiar las casillas en caso de errores, y cancelar o guardar los datos que están siendo agregados. Los datos que se ingresan son:

- Nombre y apellido del personal de salud.
- Número de teléfono móvil del personal médico y/o de enfermería.

Con el fin de evitar errores para el envío de la alarma remota (mensaje de texto), se verifica por que el número celular ingresado cumpla con el formato establecido, sean alfanuméricos y los dígitos del código correspondan a las operadoras de telefonía móvil existentes en el país.

También examina que todas las casillas contengan los datos solicitados antes de introducirlos al sistema.



Figura 38: Ventana para Agregar/Eliminar Personal
Fuente: Autor

Personal Activo

La ventana de Listado de Personal Activo se ejecuta al seleccionar el botón Lista Personal ubicado en la parte inferior de la ventana principal, esta contiene una lista del personal ingresado en la aplicación e indica quien está a cargo de vigilar el sistema de supervisión.



Figura 39: Ventana de Listado Personal Activo.
Fuente: Autor

En la lista de encargados se puede elegir cualquier persona registrada para indicar que se encuentra de turno, pero es posible que se seleccione a un usuario que no esté disponible, debido a que esto depende de quien administre el *software* de gestión. El personal que se encuentre en Activo, se le notificará por medio de un mensaje de texto que no ha sido atendida una alarma que informa la culminación del tratamiento de un paciente.

La Figura 39 muestra en la parte inferior un botón denominado “Probar mensajería”, que consiste en enviar un mensaje de prueba estandar al personal encargado activo en el sistema, en la Figura 40 se observa el contenido del SMS. Luego del envío del mensaje de prueba, se puede apreciar en la parte inferior izquierda de la ventana principal del sistema, una notificación que indica si se envió o no el mensaje.

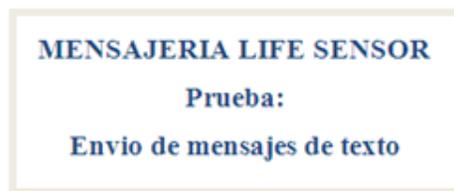


Figura 40: Modelo de mensaje de prueba.
Fuente: Autor

Módulo Ajustes

Presenta una ventana que contiene tres secciones, y se especifican en la Figura 41, la primera sección es para el ingreso o modificación de una contraseña de seguridad que permite el cambio de los valores o parámetros del sistema, la segunda sección corresponde al cambio de los límites de rango de medición para la generación de alarmas del sistema para la generación de alarmas y en la tercera sección se ajustan los parámetros de configuración del módulo de mensajería, el puerto de comunicación, la tasa de transmisión con la cual se comunica la computadora coordinadora con el módulo de mensajería de texto, el número de la SIM Card y el tiempo para notificar al personal de salud sobre la generación de alarmas ocurridas. Es relevante destacar que los cambios que se ejecuten en este módulo deben ser realizados por un personal autorizado dado a que la modificación de algunos de estos campos puede influir de forma negativa en el comportamiento de los equipos y *software* desarrollado.



Figura 41: Ventana de Ajustes según las secciones.

Fuente: Autor

IV.3.1.2 Activación de Alarmas

Las alarmas que se generan para notificar que el estado de la terapia del paciente ha finalizado son locales y remotas. Las alarmas locales se activan cuando no hay el fluido presente en la vía, y consisten en dos tipos:

- La primera se genera en el dispositivo JAVA SUN SPOT, donde se encienden los leds “3” y “4” de color rojo, que representa el estado de alerta.
- Una vez producida la alarma en el JAVA SUN SPOT, en el *software* de gestión el estado del ícono Status ubicado en la ventana de supervisión pasa de color verde a rojo, durante este cambio de estado se emite una alarma sonora indicando una alerta en la terapia del paciente. Al suceder dicho cambio permanece en ese estado hasta que la alarma sea atendida, emitiendo una alerta sonora cada 30 segundos.

La alarma remota se activa luego de generarse las alarmas locales, y transcurrido el tiempo de espera (el cual depende del tiempo establecido en la ventana de Ajustes en la sección de mensajería), realiza el envío de un mensaje de texto al personal encargado que se encuentre activo en el sistema y contiene la información, mostrada en la Figura 42. Cuando inicia el proceso de envío del mensaje, se visualiza en la parte inferior izquierda en la sección de notificación de la ventana el mensaje “Enviando mensaje...”. Caso contrario se hace saber mediante la alerta “Error – mensaje no enviado” seguida de la razón por la cual no pudo ser enviado el mensaje de texto. Luego de quince (15) segundos, la notificación se desaparece de la pantalla, y continua el proceso de monitoreo.

Mientras no sean atendidas las alarmas seguirán ejecutándose hasta que el paciente sea atendido y se haya sustituido la terapia por un nuevo tratamiento o se haya apagado el equipo debido a que el tratamiento finalizó.



Figura 42: Modelo de Mensaje de Alerta
Fuente: Autor

Tomando en cuenta todos los elementos explicados anteriormente, se puede afirmar que se obtuvo una aplicación que permite la supervisión de un tratamiento en pacientes, la visión completa del *software* de gestión se puede apreciar en el Anexo B: Manual de Usuario, que explica de forma detallada cada una de las actividades que se realizan en él.

IV.3.1.3 Consideraciones técnicas

Para que el *software* de gestión pueda ser ejecutado, el computador debe tener los siguientes requerimientos mínimos:

- Sistema Operativo Microsoft Windows XP
- Unidad lectora CD/DVD
- Altavoces
- Dos (2) puertos USB 2.0 ó un (1) puerto USB 2.0 y un (1) puerto serial COM

IV.3.3. Estimación de Costos

Luego de la elaboración del *software* de gestión y construir el dispositivo detector de fluidos se realizó un presupuesto del proyecto para conocer el costo estimado que representa la implementación de este sistema de supervisión en un centro hospitalario, el cálculo del presupuesto a presentar se realizó en función a estimaciones cualitativas del personal de salud y los diseñadores. En esta fase fueron tomadas en cuenta las características y especificaciones técnicas de los equipos que integran al sistema considerados para tener un cálculo aproximado del costo total del proyecto.

IV. 4 Desarrollo y Verificación

IV.4.1. Pruebas ejecutadas del sistema

Se realizaron las pruebas necesarias del sistema en un centro hospitalario para comprobar el funcionamiento del prototipo diseñado. Antes de acceder a las instalaciones del centro se requirió el permiso de la Dirección de Salud del Municipio Los Salias (ver Anexo C: Carta de Autorización y Fichas de Control de las Pruebas), otorgada por el director de salud el Lic. Saúl Chacín, luego se realizó una presentación del Trabajo Especial de Grado al personal de salud del ambulatorio tipo II “Rosario Milano”, centro asistencial donde se efectuaron las pruebas.

Durante la ejecución de las pruebas se realizaron una serie de actividades, que se explican a continuación:

- ✓ Breve explicación a los pacientes sobre el funcionamiento del sistema, para su aprobación de la colocación del detector de fluidos sobre la terapia que se les suministraba. Los pacientes firmaron una carta de autorización donde se le garantiza al paciente que el detector de fluidos no afectan la terapia administrada.
- ✓ Ingreso de los datos del paciente, la terapia aplicada y equipo asignado al sistema.
- ✓ Supervisión de la terapia y registro de control de las actividades.
- ✓ Generación de Alarmas
- ✓ Retiro de la Terapia

El registro de control de las actividades fueron verificadas por un personal autorizado designado en el ambulatorio, como se presenta en el Anexo C: Carta de Autorización y Fichas de Control de las Pruebas. Al personal de salud y a los pacientes se les aplicó una encuesta para determinar su opinión acerca del proyecto (ver Anexo D: Resultados de las Encuestas). Con estas pruebas de verificación se buscó demostrar que

el sistema opera correctamente y cumple con lo esperado, lo que representa una ayuda al personal médico presente en el ambulatorio.

Se debe tener en cuenta que fue necesaria la existencia de un control durante la implementación de las pruebas, por lo que se hizo imprescindible un seguimiento y soporte al personal médico que fue asistido en casos de fallas o mal uso del prototipo. Para ello fue necesario realizar las recomendaciones de uso de los equipos, así como la adecuada colocación del detector de fluidos en la vía, lo que evita lecturas incorrectas del estado de la terapia o problemas de comunicación entre el equipo y el computador coordinador.

Capítulo V. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados referentes a la elaboración del sistema de supervisión del fluido de la Terapia Intravenosa y todo lo referente a los objetivos planteados para este Trabajo Especial de Grado. Luego de aplicar la metodología establecida para la selección de la plataforma de comunicación inalámbrica y el detector de fluidos, la programación de la interfaz gráfica, y realizar las pruebas de verificación del sistema, se presentan a continuación los resultados obtenidos.

V.1. Selección de la plataforma inalámbrica

Durante la primera fase de investigación se realizó una evaluación de diferentes tecnologías sobre las redes WPAN (*Wireless Personal Area Network*) las cuales integran al estándar IEEE 802.15. Entre las redes de comunicación que estuvieron bajo estudio se encuentran: Bluetooth (IEEE 802.15.1), WiFi (IEEE 802.11b) y Zigbee (IEEE 802.15.4), estudiadas para determinar cuál es la que mejor se adapta a las características y necesidades del proyecto. En el capítulo II de este tomo se describen los fundamentos y propiedades de cada tecnología, obteniendo como resultado un cuadro comparativo, apreciable en la Tabla 1, en donde se presentan los criterios de selección elegidos para comparar los protocolos de comunicación inalámbricos anteriormente señalados, y que son explicados a continuación.

V.1.1. Criterios de Selección

Para la selección de la plataforma inalámbrica de comunicación fueron escogidos varios parámetros que permitieron una evaluación precisa de las tecnologías estudiadas. Los criterios de selección se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4: Criterios de selección tomados en cuenta para la elaboración de la tabla comparativa de las diferentes plataformas inalámbricas

Criterio	Descripción
Rango	Es el margen de alcance que tiene la señal en un área de cobertura.
Ancho de banda	Consiste en la cantidad de información que se puede transmitir de un tiempo determinado.
Frecuencia de operación	Es la banda en la trabaja el protocolo.
Energía de transmisión nominal	Es el nivel de potencia de la señal que se le otorga al dispositivo de comunicación.
Consumo de potencia	Cantidad de miliamperios (mA) consumidos por el dispositivo en función del estado en que se encuentra.
Topologías de red	Son los diversos tipos de conexiones que permite la tecnología entre los dispositivos que integran la red.
Máximo número de nodos simultáneos	Consiste en la mayor cantidad de dispositivos conectados a la red.
Consumo de batería	Relación que se establece en cuanto al uso que presenta la batería del dispositivo en función de las tareas que ejecuta.
Complejidad	Es el impacto de las aplicaciones y dispositivos sobre la tecnología.
Protección de datos	Corresponde a la seguridad establecida para el envío de la información.
Ventajas	Son las cualidades más relevantes de la tecnología en estudio
Aplicaciones típicas	Son los tipos de aplicaciones que comúnmente utilizadas para esa tecnología.

Fuente: Autor.

V.1.2. Resultado de selección

Al aplicar los criterios anteriormente explicados, es posible determinar que el protocolo de comunicación a implementar para este proyecto es el estándar IEEE

802.15.4 conocido como Protocolo Zigbee, esta decisión se basó en las características y beneficios que este protocolo aporta.

Como se menciona en la Tabla 1, Zigbee presenta un consumo muy bajo de batería en comparación a las demás tecnologías estudiadas, lo que aporta una gran autonomía al equipo donde será implementado. De igual manera, soporta una gran cantidad de nodos conectados a una misma red, mucho mayor que la cantidad soportadas por el resto de las tecnologías. Por otra parte, se puede señalar que la implementación de esta tecnología presenta un costo mucho menor por equipo implementado que los que existe al implementar otro tipo de redes. Una ventaja importante que presenta este protocolo en relación a las demás tecnologías se encuentra en que si un nodo que tiene comunicación directa con el coordinador es sacado del área de cobertura, el nodo buscará comunicarse con algún otro nodo que se encuentre dentro del área de cobertura del coordinador. Una vez establecida la comunicación con el nodo, este será el nuevo medio para conectar al nodo que no logra comunicarse con el coordinador, tal como se representa en la Figura 43.

Este cambio se realiza de forma automática, lo que garantiza que si se pierde un enlace directo con el coordinador, el nodo en cuestión buscará conectarse con cualquier otro nodo que si tenga conexión a este para que entregue la información al coordinador.

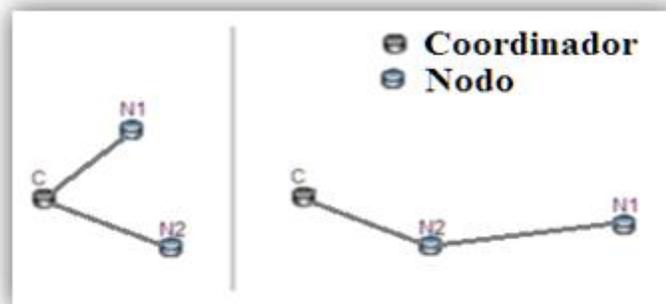


Figura 43: Enlaces nodos - coordinador.

Fuente: Autor.

V.2. Selección del sensor

Como parte de la elaboración del proyecto fue necesario investigar sobre los distintos tipos de sensores existentes, como se presentan en la Tabla 2, tomando en cuenta los requerimientos mencionados en el Capítulo IV que se explican a continuación.

V.2.1. Criterios de Selección

Para la elección del sensor se tomaron en cuentas distintas características y requerimientos del sistema que se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Criterios de selección del tipo de sensor.

Característica	Descripción
Alimentación del sensor	Distintos tipos de fuentes de alimentación que puede recibir un sensor
Condiciones de entorno	Consiste en conocer el medio donde va a ser colocado el elemento.
Magnitudes de medición	Conjunto de valores que se obtienen del sensor.
Propiedad de la señal de salida	Características de la señal resultante que emite el sensor al momento de hacer la medición
Costo	Valor económico asociado al elemento.
Peso	Se requiere que el elemento sea de bajo peso para la construcción del detector.
Tiempo de diseño	Se requiere que el proceso de elaboración sea breve para su pronta adquisición.
Vida útil del sensor	Se requiere que el tiempo de vida del sensor sea extenso.
Disponibilidad	Garantizar la obtención de los elementos necesarios para la construcción del sensor.

Fuente: Autor

V.2.2. Resultado de Selección

Tomando en cuenta los criterios de selección señalados en la Tabla 5, se eligió un sensor resistivo de luz, conocida como LDR o Fotorresistencia, dado a que es un componente sensible al paso de la luz, que funciona inversamente a la incidencia de luz en ella, es decir, a mayor fuente de luz menor es el valor de la resistencia y viceversa.

Dentro de las principales características por las que se escogió este sensor, se encuentra que es una fuente de luz visible que no altera la composición química de las sustancias o líquidos que se administran, es de bajo costo, fácil de adquirir y no es invasivo.

V.3. Diseño y construcción del detector de fluidos

Con el objetivo de desarrollar un dispositivo que mida el paso del medicamento de la terapia intravenosa en pacientes, se realizó un detector que verifica la presencia de líquido dentro de una cánula. La fuente de luz que se utiliza en la terapia intravenosa, se encuentra dentro de una cámara oscura para detectar el paso de líquido a través de ella.

Para determinar la existencia de fluidos se construyó una caja de color negro para evitar que las variaciones de luz externa influyan en la medición obtenida. La fuente de luz proviene de un diodo (Led), que tiene como característica principal la emisión de luz continua y directa a la cánula, siendo medido por un sensor (LDR-Fotorresistencia) que mide la intensidad de luz del medio, estos se encuentran ubicados como se muestra en la Figura 44. La luz del led incide en el conducto, ocurriendo que las ondas de luz se refracten por el cambio del medio físico, luego este rayo refractado es captado por la fotorresistencia. Cuando hay presencia de un líquido dentro del conducto cambia el índice de refracción y se obtienen distintos valores, a diferencia cuando no hay circulación de líquido dentro de la vía.

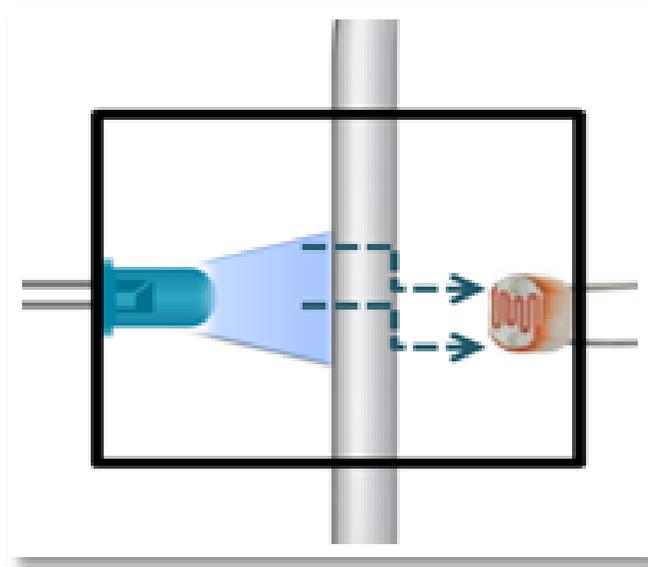


Figura 44: Detección del paso de fluido
Fuente: Autor

El detector está integrado por un circuito que es conectado a los JAVA SUN SPOT, por medio de los pines de entrada del dispositivo lo cual permite obtener los valores resultantes de la conversión de voltaje (valores obtenidos por el sensor) a su equivalente en valores digitales (conversión analógica – digital que realiza el JAVA SUN SPOT), como se explicó en el Capítulo IV. Los valores son enviados continuamente por el dispositivo al coordinador, para que sean presentados y visualizados en la aplicación la condición de la terapia del paciente.

La caja que contiene el detector de fluidos posee una recámara donde es soportado el dispositivo JAVA SUN SPOT asociado a ella. Para ajustar esta caja a un lugar fijo que permite lecturas que no sufran de interferencias por movimientos externos, la misma es asegurada al paral donde se encuentra la solución que se le administra al paciente; para fijar el detector al paral se implementa una herramienta de ajuste conocida como “sargento”, fijando el detector se garantiza que las lecturas no sean afectadas por movimientos externos.

V.4. Desarrollo e implementación del *Software* de Gestión

Se elaboró un *software* de gestión encargado de la gestión para la supervisión del fluido de una terapia intravenosa en pacientes

Para este *software* de supervisión se plantearon una serie de parámetros, explicados en el capítulo IV y presentados esquemáticamente en la Figura 29, que abarcan las áreas requeridas para la elaboración del mismo. Mediante estos parámetros se realizaron los módulos del sistema (ver Figura 32), integrando las aplicaciones de los dispositivos JAVA SUN SPOT y del módulo de mensajería de texto GM29 SONY ERICSSON.

Fue implementada la programación orientada a objetos, mediante el lenguaje JAVA, haciendo uso del *JAVA Development Kit* (jdk 1.7.0) y ejecutado bajo el ambiente del *JAVA Runtime Environment* (jre 7). Dado que los JAVA SUN SPOT manejan su propio esquema, se hizo uso del *SUN SPOT Development Kit* (sdk versión yellow 6.0) para la programación de estos equipos. La elaboración de la aplicación gráfica se hizo en el entorno de desarrollo NetBeans, versión 7.1.1. Inicialmente se actualizaron los dispositivos JAVA SUN SPOT del *software* original que traen por defecto a la última versión (yellow 6.0) por medio del SUN SPOT Manager, diseñado para esta función. Posterior a esto fueron desarrolladas las aplicaciones para los nodos y el coordinador encargados de la transmisión y recepción de la información que se maneja en el programa. Luego fue desarrollada la interfaz gráfica de la aplicación e integrado el módulo de mensajería de texto, de esta manera se consiguió obtener una aplicación en entorno JAVA para el sistema operativo Windows XP que gestione la información manejada por los JAVA SUN SPOT. Se puede observar la representación gráfica del *software* de gestión en el Anexo A: Diagramas de Flujo del *Software* de Gestión.

Esta aplicación está dividida en una serie de fases que permite supervisar a los pacientes, ajustar los valores y parámetros del sistema, ingresar o eliminar a los

pacientes y/o al personal de salud, realizar la activación de alarmas, y almacenar la data del sistema.

En el Anexo B: Manual de Usuario, para el sistema de supervisión denominado “*Life Sensor*” se presenta el manual de usuario, el cual explica el funcionamiento del sistema de supervisión, dividido en dos secciones: el manejo y configuración del *software* de gestión, así como también la colocación y manejo de los detectores de fluidos.

V.5. Estimado de Costos

Para la implementación del sistema, son necesarios los siguientes equipos:

V.5.1. JAVA SUN SPOT

Las especificaciones técnicas de los equipos que operan con el protocolo inalámbrico IEEE 802.15.4 se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6: Especificaciones técnicas del JAVA SUN SPOT

SUN SPOT JAVA Development Kit	
Fabricante	SUN Microsystems (adquirido por Oracle)
Velocidad de Transmisión	250 Kbps
Batería	3.7V 720maH recargable
Regulador de Potencia	Atmel Atmega88
Banda de Frecuencia	2.4- 2.4835 GHz
Sensibilidad	-90dBm
Método de Codificación del Canal	Digital Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
Canales de Operación	16
Ancho del Canal	5 MHz
Antena	Tiene Forma de F invertida impresa en el circuito. Sintonizado a 2450 MHz.
Protocolo	IEEE 802.15.4.(ZigBee)
Peso	54g

Fuente: Autor.

V.5.1.1. Costo del Kit de desarrollo SUN SPOT

El kit de desarrollo no es fabricado en Venezuela, por lo que deben ser adquiridos en el exterior en monedas extranjera (dólares americanos). Debido a esto, el cálculo del costo de los equipos se hace en función del valor fijado por la Comisión de Administración de Divisas (CADIVI) que estable el valor de dólar en BsF. 4,30. Adicionalmente, se debe pagar un porcentaje para la nacionalización de los equipos, lo que incrementa el precio de la adquisición de los dispositivos. El costo del SUN SPOT JAVA Development Kit se obtuvo de la empresa ORACLE, fabricantes de los equipos, la cual establece su precio en U.S. \$ 397,35; lo que al cambio oficial de la moneda representa un costo en bolívares de BsF. 1.708,61.

V.5.2. Módulo de Mensajería

Las especificaciones básicas para asegurar el envío del mensaje de texto con el dispositivo son las explicadas en la Tabla 7.

Tabla 7: Especificaciones técnicas del Módulo de Mensajería

GSM, GPRS Sony Ericsson GM29 Modem	
Fabricante	Unitronics
Código	GSM-KIT-32J
Banda de Frecuencia	900-1800 MHz
GSM Clase	GSM 900: Clase 4 (2 W o 33 dBm) GSM 1800: Clase 1 (1 W o 30 dBm)
Modulación	GMSK
Espaciado de Canal	200KHz
Canal	GSM 900: 173 portadoras *8(TDMA) y 1 a 124 canales (GSM) GSM 1800: 374 portadoras *8 (TDMA) y 512 a 885(DCS)
Sensibilidad de la Antena	<-102dBm
Puerto	Conector de Entrada Serial RS232 DE-9
Tasa de baudios	1200 a 460,800 bits/s
Rango de Voltaje	5 – 32 VDC
Peso	<130g
SIM Card	3V o 5V

Fuente: Autor.

El costo del GSM, GPRS SONY ERICSSON GM29 Modem Modelo Kit 41J, de UNITRONICS es proporcionado por la empresa “Instrumentación y Automatización Venezolana, INTRAVE C.A.” de RIF: J-31267778-3, que son proveedores de los equipos de UNITRONICS en Venezuela, estableciendo el precio del equipo en BsF.5950.

V.5.3. Presupuesto

V.5.3.1. Presupuesto del Detector de Fluidos

En la Tabla 8, se especifica el costo de un detector de fluidos, parte esencial del sistema de supervisión, donde se desglosa el costo en función a todos los componentes y materiales utilizados para su fabricación.

Tabla 8: Presupuesto para la fabricación del detector de fluidos

Detector de Fluidos			
Material	Precio Unitario (BsF)	Cantidad (unidad)	Total (BsF)
Fotorresistencia	5,30	1	5,30
Diodo Emisor de Luz	5,40	1	5,40
Resistencia de 1 K Ω	1,50	1	1,50
Potenciómetro de 50 K Ω	8,60	1	8,60
Interruptor	4,50	1	4,50
Cable de Cobre (por metro)	5,71	1	5,71
Conectores	0,80	4	3,20
Baquelita	25	1	25
Cable Termoencogible (por metro)	7	1	1
Anime comprimido con cartulina	50	1	50
Pega	12	3	36
Cartulina Dura Negra	6	1	6
Cartulina Negra	4	1	4
Logotipo impreso	8	1	8
Mano de obra diaria	109,20	2	218,40
TOTAL			BsF 382,61

Fuente: Autor

Los precios de los componentes fueron suministrados por la empresa P. Benavides, C.A. de RIF J-001268944.

Para el cálculo de la mano de obra se empleó la fórmula (1), que se define como el salario de un día laboral, donde se le adiciona el 60% que corresponde a los beneficios sociales económicos (como prestaciones sociales, bono de alimentación, vacaciones, entre otros) de los trabajadores al salario mensual y se divide entre treinta (30) días hábiles. El salario empleado es el salario mínimo aprobado en la Gaceta Oficial N° 39.908 de la República Bolivariana de Venezuela, el cual se establece en BsF. 2047,52.

$$Mano\ de\ obra\ diaria = \frac{salario \times 1,6}{30} \quad (1)$$

V.5.3.2. Presupuesto General

En función a los costos relacionados a los equipos mencionados anteriormente se establecen dos presupuestos generales, el primero contiene la cantidad mínima de elementos necesarios para la implementación del proyecto, este puede visualizarse en la Tabla 9 y el segundo presupuesto se desarrolló para el centro asistencial donde se ejecutaron las pruebas (ver Tabla 10). La cantidad de kits de desarrollo JAVA SUN SPOT y de detectores que se tomaron en cuenta se debe a que el centro posee en la sala de emergencia ocho lugares para la administración de tratamientos, y se tienen como respaldo dos equipos adicionales.

Tabla 9: Presupuesto General del sistema de supervisión

Equipo	Precio Unitario (BsF)	Cantidad (unidad)	Total (BsF)
SUN SPOT JAVA Development Kit - Dos (2) SPOT's - Un (1) SPOT coordinador	1.708,61	1	1.708,61
Sony Ericsson GM29 Modem	5.950	1	5.950
Detector de Fluidos	382,61	2	765,22
TOTAL			BsF 8.423,83

Fuente: Autor

Tabla 10: Presupuesto General para la implementación del sistema en el centro asistencial de salud “Rosario Milano”.

Equipo	Precio Unitario (BsF)	Cantidad (unidad)	Total (BsF)
SUN SPOT JAVA Development Kit	1.708,61	5	8.543,05
Sony Ericsson GM29 Modem	5.950	1	5.950
Detector de Fluidos	382,61	10	3.826,10
TOTAL			BsF 18.319,15

Fuente: Autor

V.6. Pruebas ejecutadas del sistema

Para comprobar el funcionamiento del sistema, el mismo fue puesto en prueba en el Ambulatorio Tipo II “Rosario Milano”, ubicado en el municipio Los Salias, estado Miranda. Luego de realizar las actividades planteadas en el Capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos a continuación.

V.6.1. Resultados obtenidos por paciente

En esta sección se presentan de forma gráfica el comportamiento del tratamiento aplicado a cada paciente, las tablas contienen la información de la terapia del paciente y el reporte registrado en la ficha de control supervisado por la Lic. María Alvarado, jefe del personal médico del área de emergencia, esta ficha se puede apreciar en el Anexo C: Carta de Autorización y Ficha de Control de las Pruebas. La representación gráfica de los resultados permite observar el cambio de los estados en los cuales se encuentra el tratamiento aplicado al paciente, en tal sentido, la porción de la gráfica que se observan en color verde representa los valores que indican que hay paso de líquido por la vía, mientras que la porción en color rojo señala que no hay paso de fluido, por consecuencia, el sistema pasa al estado de alerta y ejecuta las alarmas que se encuentran programadas para tal estado.

Sistema inalámbrico de supervisión del fluido de una Terapia Intravenosa en pacientes dentro de un centro hospitalario

Tabla 11: Resultados del Paciente 1

Paciente 1																							
Terapia Aplicada: Surofer (líquido traslucido con color)																							
Dispositivo Asignado: A	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0598																						
Fecha: 09/08/2012	Duración: 1h y 5min																						
Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tiempo de Medición (hh:mm:ss)</th> <th>Valor Obtenido (v)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>04:50:35 p.m.</td><td>378</td></tr> <tr><td>04:50:46 p.m.</td><td>370</td></tr> <tr><td>04:50:52 p.m.</td><td>382</td></tr> <tr><td>04:50:58 p.m.</td><td>379</td></tr> <tr><td>04:51:29 p.m.</td><td>380</td></tr> <tr><td>04:54:09 p.m.</td><td>382</td></tr> <tr><td>04:54:42 p.m.</td><td>355</td></tr> <tr><td>04:55:14 p.m.</td><td>350</td></tr> <tr><td>04:55:21 p.m.</td><td>350</td></tr> <tr><td>04:55:28 p.m.</td><td>351</td></tr> </tbody> </table>	Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)	04:50:35 p.m.	378	04:50:46 p.m.	370	04:50:52 p.m.	382	04:50:58 p.m.	379	04:51:29 p.m.	380	04:54:09 p.m.	382	04:54:42 p.m.	355	04:55:14 p.m.	350	04:55:21 p.m.	350	04:55:28 p.m.	351
Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)																						
04:50:35 p.m.	378																						
04:50:46 p.m.	370																						
04:50:52 p.m.	382																						
04:50:58 p.m.	379																						
04:51:29 p.m.	380																						
04:54:09 p.m.	382																						
04:54:42 p.m.	355																						
04:55:14 p.m.	350																						
04:55:21 p.m.	350																						
04:55:28 p.m.	351																						
Reporte: No se pudo enviar el mensaje de texto por un problema de cobertura en el centro asistencial.																							

Fuente: Autor

Tabla 12: Resultados del Paciente 2

Paciente 2																							
Terapia Aplicada: Ketoprofeno (líquido traslucido incoloro)																							
Dispositivo Asignado: A	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0598																						
Fecha: 10/08/2012	Duración: 1h y 25min																						
Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tiempo de Medición (hh:mm:ss)</th> <th>Valor Obtenido (v)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>03:27:54 p.m.</td><td>405</td></tr> <tr><td>03:28:26 p.m.</td><td>405</td></tr> <tr><td>03:28:58 p.m.</td><td>406</td></tr> <tr><td>03:29:27 p.m.</td><td>405</td></tr> <tr><td>03:30:00 p.m.</td><td>406</td></tr> <tr><td>04:10:10 p.m.</td><td>290</td></tr> <tr><td>04:10:18 p.m.</td><td>292</td></tr> <tr><td>04:10:26 a.m.</td><td>291</td></tr> <tr><td>04:10:34 p.m.</td><td>290</td></tr> <tr><td>04:10:42 p.m.</td><td>292</td></tr> </tbody> </table>	Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)	03:27:54 p.m.	405	03:28:26 p.m.	405	03:28:58 p.m.	406	03:29:27 p.m.	405	03:30:00 p.m.	406	04:10:10 p.m.	290	04:10:18 p.m.	292	04:10:26 a.m.	291	04:10:34 p.m.	290	04:10:42 p.m.	292
Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)																						
03:27:54 p.m.	405																						
03:28:26 p.m.	405																						
03:28:58 p.m.	406																						
03:29:27 p.m.	405																						
03:30:00 p.m.	406																						
04:10:10 p.m.	290																						
04:10:18 p.m.	292																						
04:10:26 a.m.	291																						
04:10:34 p.m.	290																						
04:10:42 p.m.	292																						
Reporte: Todo procedió con normalidad y se comprobó la generación de alarmas locales y remotas.																							

Fuente: Autor

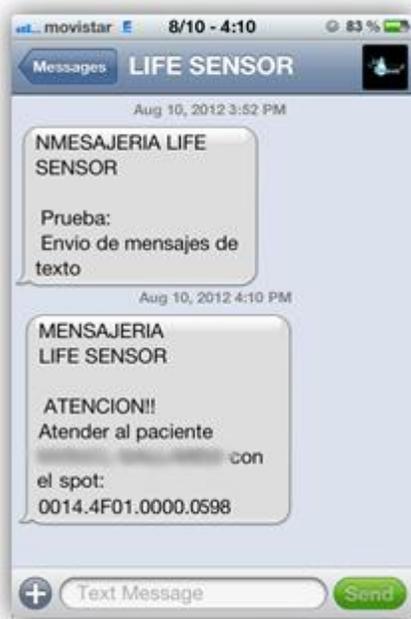


Figura 45: Captura del envío del mensaje de texto del Paciente 2.
Fuente: Autor

Tabla 13: Resultados del Paciente 3

Paciente 3		
Terapia Aplicada: Vitamina C, Ácido Fólico y Benutrex (líquido traslucido con color)		
Dispositivo Asignado: B	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0918	
Fecha: 10/08/2012	Duración: 2h y 20min	
<p>Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente</p>	Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)
	04:46:53 p.m.	367
	04:47:00 p.m.	369
	04:47:07 p.m.	369
	04:47:14 p.m.	369
	04:47:21 p.m.	369
	06:18:37 p.m.	357
	06:18:44 p.m.	357
	06:18:51 p.m.	357
	06:18:58 p.m.	357
06:19:05 p.m.	356	
<p>Reporte: Tuvo mayor tiempo la terapia por colocar el macrogotero a menor velocidad y se comprobó el envío del mensaje de texto y se activó la alarma remota.</p>		

Fuente: Autor



Figura 46: Captura del envío del mensaje de texto del Paciente 3.

Fuente: Autor

Tabla 14: Resultados del Paciente 4

Paciente 4																							
Terapia Aplicada: Ranitidina (líquido traslucido incoloro)																							
Dispositivo Asignado: C	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.090C																						
Fecha: 10/08/2012	Duración: 1h																						
<p>Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tiempo de Medición (hh:mm:ss)</th> <th>Valor Obtenido (v)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>05:06:44 p.m.</td><td>168</td></tr> <tr><td>05:07:31 p.m.</td><td>165</td></tr> <tr><td>05:07:37 p.m.</td><td>160</td></tr> <tr><td>05:07:44 p.m.</td><td>172</td></tr> <tr><td>05:07:51 p.m.</td><td>169</td></tr> <tr><td>06:05:13 p.m.</td><td>92</td></tr> <tr><td>06:05:20 p.m.</td><td>92</td></tr> <tr><td>06:05:27 p.m.</td><td>87</td></tr> <tr><td>06:05:34 p.m.</td><td>90</td></tr> <tr><td>06:05:41 p.m.</td><td>89</td></tr> </tbody> </table>	Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)	05:06:44 p.m.	168	05:07:31 p.m.	165	05:07:37 p.m.	160	05:07:44 p.m.	172	05:07:51 p.m.	169	06:05:13 p.m.	92	06:05:20 p.m.	92	06:05:27 p.m.	87	06:05:34 p.m.	90	06:05:41 p.m.	89
Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)																						
05:06:44 p.m.	168																						
05:07:31 p.m.	165																						
05:07:37 p.m.	160																						
05:07:44 p.m.	172																						
05:07:51 p.m.	169																						
06:05:13 p.m.	92																						
06:05:20 p.m.	92																						
06:05:27 p.m.	87																						
06:05:34 p.m.	90																						
06:05:41 p.m.	89																						
Reporte: Se comprobó el envío del mensaje de texto. Operó en el rango de líquidos opacos.																							

Fuente: Autor

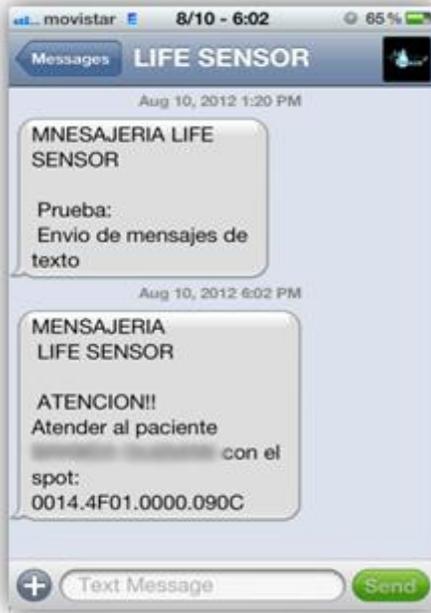


Figura 47: Captura del envío del mensaje de texto del Paciente 4.

Fuente: Autor

Tabla 15: Resultados del Paciente 5

Paciente 5		
Terapia Aplicada: Irtorpan (líquido traslucido incoloro)		
Dispositivo Asignado: A	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0598	
Fecha: 13/08/2012	Duración: 1h y 25min	
<p>Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente</p>	Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)
	11:01:33 a.m.	367
	11:02:05 a.m.	366
	11:02:37 a.m.	367
	11:03:10 a.m.	367
	11:03:42 a.m.	365
	11:33:42 a.m.	365
	11:34:14 a.m.	365
	11:34:46 a.m.	365
	11:35:18 a.m.	365
	11:35:50 a.m.	365
	12:19:25 p.m.	317
	12:19:32 p.m.	317
	12:19:39 p.m.	317
	12:19:46 p.m.	317
12:19:53 p.m.	317	
Reporte: La alarma fue registrada segundos posteriores a la culminación del fluido.		

Fuente: Autor

Sistema inalámbrico de supervisión del fluido de una Terapia Intravenosa en pacientes dentro de un centro hospitalario

Tabla 16: Resultados del Paciente 6

Paciente 6		
Terapia Aplicada: Buscapina (líquido traslucido incoloro)		
Dispositivo Asignado: B	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0918	
Fecha: 13/08/2012	Duración: 1h y 6min	
<p>Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente</p>	<p>Tiempo de Medición (hh:mm:ss)</p> <p>Valor Obtenido (v)</p>	
	10:58:16 a.m.	368
	10:58:48 a.m.	368
	10:59:21 a.m.	368
	10:59:52 a.m.	368
	11:00:24 a.m.	368
	12:02:02 p.m.	369
	12:02:34 p.m.	369
	12:03:06 p.m.	369
	12:03:38 p.m.	369
	12:04:10 p.m.	369
	12:17:34 p.m.	339
	12:18:06 p.m.	340
	12:18:13 p.m.	338
12:18:20 p.m.	339	
12:18:27 p.m.	336	
Reporte: Se comprobó la generación de alarmas		

Fuente: Autor

Tabla 17: Resultados del Paciente 7

Paciente 7		
Terapia Aplicada: Buscapina con Ranitidina (líquido traslucido incoloro)		
Dispositivo Asignado: B	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0918	
Fecha: 13/08/2012	Duración: 1h	
<p>Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente</p>	<p>Tiempo de Medición (hh:mm:ss)</p> <p>Valor Obtenido (v)</p>	
	02:53:29 p.m.	376
	02:54:01 p.m.	376
	02:54:33 p.m.	376
	02:55:05 p.m.	376
	03:42:47 p.m.	376
	03:43:19 p.m.	337
	03:43:51 p.m.	335
	03:43:58 p.m.	336
	03:44:05 p.m.	339
	03:44:12 p.m.	337
	Reporte: Transcurrió el tratamiento con normalidad y se generaron las alarmas pertinentes	

Fuente: Autor

Tabla 18: Resultados del Paciente 8

Paciente 8																							
Terapia Aplicada: Profenil. Líquido traslucido incoloro																							
Dispositivo Asignado: B	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0918																						
Fecha: 13/08/2012	Duración: 6 min																						
<p>Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente</p> <p>El gráfico muestra un eje vertical etiquetado como 'Medicación Intravenosa (mg/dl)' con una escala de 325 a 380. El eje horizontal está etiquetado como 'Tiempo (hh:mm:ss)'. Una línea horizontal azul indica un nivel de 'LÍMITE = 360'. La línea de datos comienza en 373 mg/dl a las 04:30:21 p.m. y permanece constante hasta las 04:30:57 p.m. Después de eso, la línea cae a 344 mg/dl a las 04:46:29 p.m. y se mantiene constante hasta las 04:47:15 p.m. Una leyenda indica 'LÍMITE = 360'.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tiempo de Medición (hh:mm:ss)</th> <th>Valor Obtenido (v)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>04:30:21 p.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>04:30:53 p.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>04:31:25 p.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>04:31:57 p.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>04:32:29 p.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>04:45:57 p.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>04:46:29 p.m.</td><td>344</td></tr> <tr><td>04:47:01 p.m.</td><td>345</td></tr> <tr><td>04:47:08 p.m.</td><td>345</td></tr> <tr><td>04:47:15 p.m.</td><td>345</td></tr> </tbody> </table>	Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)	04:30:21 p.m.	373	04:30:53 p.m.	373	04:31:25 p.m.	373	04:31:57 p.m.	373	04:32:29 p.m.	373	04:45:57 p.m.	373	04:46:29 p.m.	344	04:47:01 p.m.	345	04:47:08 p.m.	345	04:47:15 p.m.	345
	Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)																					
	04:30:21 p.m.	373																					
	04:30:53 p.m.	373																					
	04:31:25 p.m.	373																					
	04:31:57 p.m.	373																					
	04:32:29 p.m.	373																					
	04:45:57 p.m.	373																					
	04:46:29 p.m.	344																					
	04:47:01 p.m.	345																					
04:47:08 p.m.	345																						
04:47:15 p.m.	345																						
<p>Reporte: El tratamiento era de menor contenido a comparación a los anteriores por ello es de menor duración su administración. Se demostró el envío del mensaje de texto.</p>																							

Fuente: Autor



Figura 48: Captura del envío del mensaje de texto del Paciente 8.

Fuente: Autor

Sistema inalámbrico de supervisión del fluido de una Terapia Intravenosa en pacientes dentro de un centro hospitalario

Tabla 19: Resultados del Paciente 9

Paciente 9			
Terapia Aplicada: Ferrinox (líquido traslucido incoloro)			
Dispositivo Asignado: A	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0598		
Fecha: 14/08/2012	Duración: 1h y 20min		
<p>Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente</p>	<p>Tiempo de Medición (hh:mm:ss)</p>	<p>Valor Obtenido (v)</p>	
	09:01:47 a.m.	381	
	09:01:54 a.m.	377	
	09:02:01 a.m.	374	
	09:02:08 a.m.	371	
	09:02:15 a.m.	369	
	10:23:27 a.m.	381	
	10:24:00 a.m.	381	
	10:24:32 a.m.	381	
	10:25:04 a.m.	381	
	10:25:36 a.m.	381	
	<p>Reporte: Se presentaron inconvenientes con la lectura del detector A, y no registró el cambio en la vía.</p>		

Fuente: Autor

Tabla 20: Resultados del Paciente 10

Paciente 10			
Terapia Aplicada: Ciprolet (líquido traslucido incoloro)			
Dispositivo Asignado: B	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0918		
Fecha: 14/08/2012	Duración: 7min		
<p>Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente</p>	<p>Tiempo de Medición (hh:mm:ss)</p>	<p>Valor Obtenido (v)</p>	
	09:14:59 a.m.	372	
	09:15:31 a.m.	372	
	09:15:58 a.m.	372	
	09:25:03 a.m.	372	
	09:25:35 a.m.	354	
	09:26:07 a.m.	355	
	09:26:15 a.m.	354	
	09:26:22 a.m.	354	
	09:26:29 a.m.	353	
	09:26:36 a.m.	353	
	<p>Reporte: El tratamiento tenía un contenido de 200cc, por lo que tiene menor duración de medición. No se presenció ningún problema durante la supervisión</p>		

Fuente: Autor

Tabla 21: Resultados del Paciente 11

Paciente 11																																		
Terapia Aplicada: Ranitidina (líquido traslucido)																																		
Dispositivo Asignado: B	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0918																																	
Fecha: 14/08/2012	Duración: 1h y 9min																																	
<p>Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tiempo (hh:mm:ss)</th> <th>Mediciones (ul/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10:19:27 a.m.</td><td>375</td></tr> <tr><td>10:19:59 a.m.</td><td>374</td></tr> <tr><td>10:20:32 a.m.</td><td>375</td></tr> <tr><td>10:21:04 a.m.</td><td>375</td></tr> <tr><td>10:21:36 a.m.</td><td>375</td></tr> <tr><td>11:12:01 a.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>11:12:33 a.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>11:13:06 a.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>11:13:38 a.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>11:14:10 a.m.</td><td>373</td></tr> <tr><td>11:22:44 a.m.</td><td>351</td></tr> <tr><td>11:22:51 a.m.</td><td>351</td></tr> <tr><td>11:22:58 a.m.</td><td>351</td></tr> <tr><td>11:23:06 a.m.</td><td>351</td></tr> <tr><td>11:23:13 a.m.</td><td>351</td></tr> </tbody> </table>	Tiempo (hh:mm:ss)	Mediciones (ul/min)	10:19:27 a.m.	375	10:19:59 a.m.	374	10:20:32 a.m.	375	10:21:04 a.m.	375	10:21:36 a.m.	375	11:12:01 a.m.	373	11:12:33 a.m.	373	11:13:06 a.m.	373	11:13:38 a.m.	373	11:14:10 a.m.	373	11:22:44 a.m.	351	11:22:51 a.m.	351	11:22:58 a.m.	351	11:23:06 a.m.	351	11:23:13 a.m.	351	Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)
	Tiempo (hh:mm:ss)	Mediciones (ul/min)																																
	10:19:27 a.m.	375																																
	10:19:59 a.m.	374																																
	10:20:32 a.m.	375																																
	10:21:04 a.m.	375																																
	10:21:36 a.m.	375																																
	11:12:01 a.m.	373																																
	11:12:33 a.m.	373																																
	11:13:06 a.m.	373																																
	11:13:38 a.m.	373																																
	11:14:10 a.m.	373																																
	11:22:44 a.m.	351																																
	11:22:51 a.m.	351																																
	11:22:58 a.m.	351																																
11:23:06 a.m.	351																																	
11:23:13 a.m.	351																																	
10:19:27 a.m.	375																																	
10:19:59 a.m.	374																																	
10:20:32 a.m.	375																																	
10:21:04 a.m.	375																																	
10:21:36 a.m.	375																																	
11:12:01 a.m.	373																																	
11:12:33 a.m.	373																																	
11:13:06 a.m.	373																																	
11:13:38 a.m.	373																																	
11:14:10 a.m.	373																																	
11:22:44 a.m.	351																																	
11:22:51 a.m.	351																																	
11:22:58 a.m.	351																																	
11:23:06 a.m.	351																																	
11:23:13 a.m.	351																																	
Reporte: Se demostró la activación de las alarmas locales.																																		

Fuente: Autor



Figura 49: Captura del envío del mensaje de texto del Paciente 11.

Fuente: Autor

Tabla 22: Resultados del Paciente 12

Paciente 12		
Terapia Aplicada: Hidrocortisona (líquido traslucido incoloro)		
Dispositivo Asignado: A y B	SUN SPOT: 0014.4F01.0000.0598 / 0014.4F01.0000.0918	
Fecha: 14/08/2012 / Duración: 1h		
Representación gráfica de los estados de la terapia aplicada al paciente	Tiempo de Medición (hh:mm:ss)	Valor Obtenido (v)
	02:22:11 p.m.	375
	02:22:43 p.m.	370
	02:23:15 p.m.	368
	02:23:47 p.m.	372
	02:24:19 p.m.	367
	03:11:40 p.m.	380
	03:12:12 p.m.	380
	03:12:44 p.m.	379
	03:13:16 p.m.	380
	03:13:48 p.m.	379
	03:18:48 p.m.	378
	03:19:21 p.m.	348
	03:19:53 p.m.	348
	03:20:00 p.m.	348
	03:20:07 p.m.	348
Reporte: Se tuvo que cambiar el detector de fluidos B porque se le descargó la batería por el detector A.		

Fuente: Autor

El comportamiento general de las terapias resultó con normalidad, se produjeron las alarmas locales, tanto en la aplicación como en el JAVA SUN SPOT y para algunos casos como los pacientes 2, 3, 4, 8 y 11, se envió el mensaje de texto, como se puede apreciar en la Figura 45, Figura 46, Figura 47, Figura 48 y Figura 49. No se produjeron las alarmas remotas para los demás casos debido a que las terapias fueron atendidas a tiempo por el personal de salud y por problemas de cobertura con la operadora de telefonía móvil empleada en el centro asistencial, este evento se menciona posteriormente como uno de los inconvenientes que se presentaron durante la realización de las pruebas del sistema.

Los que se observan como resultado de las mediciones para cada paciente, son valores que pueden variar dentro de un rango permitido, siendo posible en determinados casos conseguir mediciones constantes activando las alarmas necesarias al momento cambiar del estado donde todo se ejecuta con normalidad al estado de alerta.

Tanto el medicamento como la cantidad administrada varía dependiendo de la indicación médica señalada para el paciente, tal como ocurre con los pacientes 8 y 10 el contenido del medicamento suministrado era de 100cc y 200cc respectivamente, resultando de 6 a 8 minutos la duración de la terapia administrada, situación que se demuestra en la Tabla 18 y la Tabla 20. En relación a los otros casos supervisados, para las terapias con un contenido de 500cc, la duración de la misma tenía un tiempo estipulado de una hora a una hora con treinta minutos.

Aquellas terapias que tuvieron una duración mayor al tiempo esperado ocurren debido a incomodidades reportadas por el paciente; al medicamento estar compuesto por ciertas sustancias, la terapia debe ser suministrada a una velocidad menor para no generar dolor al paciente, como ocurrió con el paciente 3 (Tabla 13), el cual tuvo una duración mucho mayor al tiempo estipulado para la cantidad de sustancia administrada. Entre los inconvenientes que ocurrieron durante la realización de las pruebas se encuentran los siguientes:

- Debido a problemas de cobertura por parte de la compañía de telefonía móvil en el área, en ciertas ocasiones al momento de generarse la alarma, y luego de cumplido el tiempo de espera, el *software* de gestión realizó el intento de enviar el mensaje de texto al personal médico notificando el evento, siendo esto imposible cumplir.
- Para la supervisión del paciente 9 (Tabla 19), el cual tenía asignado el detector de fluidos “A”, no registró el cambio por presentar un problema con el potenciómetro. Esto fue solventado, realizando el cambio del componente.
- Durante el tratamiento del paciente 12 (Tabla 22), fue necesario cambiar de detector de fluidos debido a que el porcentaje de batería que presentaba el dispositivo JAVA SUN SPOT era muy bajo, de igual manera fueron realizadas las modificaciones en el programa de supervisión para seguir monitoreando al paciente sin contratiempos.

- El detector de fluidos “C” presentó un problema técnico con el potenciómetro porque no alcanzó medir en el rango establecido (0 - 500 unidades), sino en un rango de cero (0) a doscientos cincuenta (250) unidades. Debido a esto se reguló el potenciómetro para que operara en el rango de los líquidos opacos, el cual está comprendido de cero (0) a doscientos (200) unidades, este evento puede visualizarse en la Tabla 14.

Con estas pruebas se comprobó el funcionamiento e implementación del sistema de supervisión del fluido de una terapia intravenosa en pacientes dentro de un centro hospitalario.

Al personal de salud y a los pacientes se les aplicó una encuesta para conocer su opinión acerca del sistema y de la aplicación de la terapia intravenosa. Los resultados obtenidos de las encuestas de los pacientes demostraron que les pareció favorable un sistema que aporta una colaboración al área médica, aunque existieron diversos casos a los que les resultaba incómodo la presencia de un dispositivo ajeno a la terapia que le estaba siendo administrada debido a que no les resultaba familiar o desconocían el funcionamiento del detector de fluidos. Se encontraron pacientes que transmitieron su interés por el desarrollo de nuevas tecnologías y en especial la contribución que este sistema brindaba al área médica; mientras que en otros casos hubo pacientes que notificaron que no les interesaba si se desarrollaban nuevos dispositivos que permitan mejorar la supervisión de la terapia, y otros pacientes que por ser un sistema nuevo, nunca antes probado, lo observaban con cierto escepticismo.

Para el caso de las encuestas aplicadas al personal de salud, el mismo señaló que se requiere tener cuidado con el tratamiento que se le es administrado al paciente, debido a que pueden generarse complicaciones en los tratantes; opinaron que el sistema les agilizaría el proceso de atención a los pacientes mediante la notificación de la culminación de la terapia, e hicieron varias sugerencias sobre la aplicación diversos mecanismos que se puedan mejorar el sistema planteado, como colocar un cuenta gotas para medir el paso del goteo, una válvula que cierre al culminarse la terapia y desarrollar

un mecanismo que permita visualizar si hay obstrucciones dentro de la vía. No tuvieron ningún inconveniente con el sistema y les pareció favorable que se desarrollen nuevas tecnologías que permite mejorar el sistema de salud. El sistema tuvo una buena aceptación por parte del personal médico y de enfermería, y se observó que estuvieron deseosos que el sistema fuera desarrollado e implementado en el centro asistencial donde se realizaron las pruebas piloto. Para observar los resultados de las encuestas realizadas con más detalle, observar el Anexo D: Resultados de las Encuestas, donde se presenta el formato de las encuestas realizadas y el resumen de las respuestas obtenidas por parte del personal médico y los pacientes encuestados.

A continuación se muestran los resultados obtenidos, luego de realizar la metodología y el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado.

Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones

V.I.1. Conclusiones

La supervisión de una terapia intravenosa es factible realizarla con un sistema que verifique el paso de fluido debido a que permite atender a los pacientes de modo efectivo y oportuno, aportando una ayuda al personal médico que asiste los tratamientos aplicados a los pacientes en un centro hospitalario.

La investigación documental del Trabajo Especial de Grado se fundamentó en realizar una recopilación de información teórica, relacionado a las tecnologías inalámbricas, los sensores existentes, la terapia intravenosa, haciendo estudio de las características generales, cómo es administrada y el tipo de complicaciones que se pueden generar en los distintos procedimientos de infusión; por lo que se realizó una amplia investigación en la Web y en distintas bibliotecas de la capital del país, donde se encontraron publicaciones que abarcan los temas relacionados.

Luego del estudio realizado, se desarrollaron unos criterios de clasificación para seleccionar el protocolo de comunicación y el sensor más adecuado para el sistema, mediante un análisis comparativo entre las distintas opciones que se investigaron. La tecnología seleccionada fue ZigBee (IEEE 802.15.4), la cual pertenece a las redes WPAN (*Wireless Personal Area Network*) o redes de área personal, teniendo como ventajas principales la integración de un mayor número de nodos conectados a la red, tiene un bajo consumo de batería y permite la comunicación directa entre los nodos y el coordinador de la red. Posteriormente se realizó la elección del sensor LDR o fotorresistencia su selección se fundamentó en ser un elemento de bajo costo, de fácil adquisición y sensible a la luz visible. Una vez elegidos el protocolo de comunicación y el sensor, se determinó la topología de red a implementar; por lo cual la red tipo malla era la más apta para según requerimientos exigidos por el proyecto.

Con el diseño y la construcción de un detector de fluidos se logró obtener un dispositivo que permite medir el paso de fluido dentro de un conducto durante la administración de un medicamento, a través de una terapia intravenosa.

En el proceso de ejecución del proyecto se plantearon una serie de parámetros para la elaboración de un *software* de gestión empleando el lenguaje de programación JAVA, por lo que se diseñó una aplicación encargada de enviar y recibir la información del dispositivo JAVA SUN SPOT, mostrándola en el programa encargado de la supervisión de los pacientes que mantienen un tratamiento intravenoso.

Los resultados obtenidos durante la ejecución de las pruebas realizadas sirvieron para verificar el registro de las alarmas locales y remotas en tiempo real, puesto que generaron los resultados esperados que garantizaron el funcionamiento del sistema, en la cual se realizó la notificación de la culminación de la terapia en un corto período de tiempo, promediando este tiempo de notificación de 1 a 2 minutos.

Se constató la versatilidad y sencillez del diseño propuesto, ya que no requiere de la supervisión constante por parte del personal de salud, representando una opción viable para emplearse en centros asistenciales, como un sistema de apoyo y no de sustitución a los equipos denominados “bombas de infusión”.

El producto final se caracteriza por ser un prototipo de supervisión de la terapia intravenosa integrado por diversos equipos del Laboratorio de Redes de la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Católica Andrés Bello.

V.I.2. Recomendaciones

Como resultado de la elaboración e implementación que se desarrolló en este Trabajo Especial de Grado se presentan las siguientes recomendaciones:

- El costo del sistema podría reducirse considerablemente si se sustituye el módulo de mensajería GM29 SONY-ERICSSON por un teléfono móvil con el cual sea posible el envío de mensajes de texto, realizando las modificaciones necesarias en el código del programa para integrar el dispositivo móvil al *software* de gestión propuesto.
- Se sugiere la posibilidad de incorporar una válvula de cierre que se active al detectar que el contenido del tratamiento ha culminado, razón por la cual conviene realizar las modificaciones necesarias al diseño del detector planteado.
- Para producir una lectura más precisa del paso de líquido en el detector se recomienda mejorar el medidor de fluidos por un elemento que permita medir el goteo de la terapia intravenosa. Sin embargo, se aconseja a futuros estudiantes del área, ser cuidadosos con el tipo de componentes electrónicos que planteen utilizar debido a que existen medicamentos que se pueden ver afectados o deteriorados al estar en contacto con ellos.
- Incorporar al CD que contiene el *software* de gestión y todos los archivos necesarios para la ejecución del programa un instalador el cual se encargue de ubicar los archivos del programa en la carpeta raíz donde serán ejecutados, esto es para facilitar al usuario la instalación del *software*.
- Desarrollar este proyecto bajo un ambiente Web, para de esta manera poder ingresar vía Internet al sistema, y así tener un acceso remoto a la supervisión de los pacientes.

Capítulo VII. Referencias Bibliográficas

- A.D.A.M. (s.f.). *Enciclopedia Ilustrada de Salud*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2011, de MedlinePlus: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/>
- AA.VV. (28 de Agosto de 2007). *Actualización de Conocimientos en Terapia Intravenosa. IDER Cursos y Asociación de Equipos de Terapia Intravenosa*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2011, de ONCORED.es: https://www.oncored.es/media/upload/files/Terapia_Intravenosa.pdf
- AA.VV. (s.f.). *Domodesk.com*. Recuperado el 4 de enero de 2012, de <http://www.domodesk.com/content.aspx?co=97&t=21&c=47>
- AA.VV. (2009). *Revisión del Proceso de Identificación de Nodos en las Wireless Sensor Networks*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2011, de Universidad Rafael Belloso Chacín: <http://www.urbe.edu/publicaciones/telematica/indice/html-vol8-1/articulo1.html>
- Archundia Papacetzi, F. M. (16 de Diciembre de 2003). *Wireless Personal Area Network (WPAN) & Home Networking*. Recuperado el 22 de diciembre de 2011, de Colección de Tesis Digitales Universidad de las Americas Puebla: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/
- Batalla Alcande, O. (6 de julio de 2009). *Seguridad en 802.11: Estudio y desarrollo de un sistema de gestión para EAP-TLS*. Recuperado el 5 de enero de 2012, de UPCommons: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7488/1/PFC-OriolBatalla.pdf>
- Botella Dorta, C. (12 de Noviembre de 2004). *Fisterra.com. Atención Primaria en la Red*. Recuperado el 22 de Octubre de 2011, de [Fisterra.com: http://www.fisterra.com/material/tecnicas/parenteral/iv.asp](http://www.fisterra.com/material/tecnicas/parenteral/iv.asp)
- Cantú Jáuregui, A. H. (s.f.). *Sistema para Comunicación de Redes LAN, Inalámbricas y Bluetooth*. Recuperado el 3 de enero de 2012, de [es.scribd.com: http://es.scribd.com/doc/52089734/70/TOPOLOGIA-DE-RED-BLUETOOTH](http://es.scribd.com/doc/52089734/70/TOPOLOGIA-DE-RED-BLUETOOTH)
- Circulo de Lectores. (2001). *Enciclopedia Ilustrada Siglo XXI*. Bogota: Printer Latinoamerica Ltda.
- Coleri Ergen, S. (10 de Septiembre de 2004). *ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2011, de <http://staff.ustc.edu.cn/~ustcsse/papers/SR10.ZigBee.pdf>
- Cybrotech. (2006). *GPRS Modem Demo*. Ucrania: Cybrotech Ltd.

- Espinoza, B., Useche, L., & Guilbert, E. (s.f.). *Comunicaciones Ópticas Inalámbricas en Línea de Visión*. Recuperado el 2 de enero de 2012, de Laboratorio Docente de Computación USB: <http://ldc.usb.ve/~figueira/Cursos/redes2/EXPOSICIONES/OpticalWireless/los.html>
- Jara Werchau, P., & Nazar, P. (s.f.). *Estándar IEEE 802.11 X de las WLAN*. Recuperado el 5 de enero de 2012, de Editorial Universitaria de la Universidad Tecnológica Nacional: http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard_802_11.pdf
- Jeff. (16 de Octubre de 2008). *¿Qué es una Redes Inalambricas?* Obtenido de kioskea.net: <http://es.kioskea.net/contents/wireless/wlintro.php3>
- Lönn, J., & Olsson, J. (15 de Marzo de 2005). *ZigBee for wireless networking*. Recuperado el 13 de 11 de 2011, de Linköping University: <http://webstaff.itn.liu.se/~shago/Exjobb/ZigBee.pdf>
- Martín Moreno, J., & Ruiz Fernández, D. (Junio de 2007). *Informe Técnico: Protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4)*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2011, de http://www.bairesrobotics.com.ar/data/estado_actual_de_las_comunicaciones_por_radiofrecuencia.pdf
- Maymé, J. (2009). *Estado Actual de las Comunicaciones por Radio Frecuencia*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2011, de SILICA. An Avnet Division: http://www.bairesrobotics.com.ar/data/estado_actual_de_las_comunicaciones_por_radiofrecuencia.pdf
- Mayné, J. (2009). *IEEE 802.15.4 y Zigbee*. Recuperado el 22 de diciembre de 2011, de scribd: <http://es.scribd.com/doc/52767696/4/Estructura-de-la-trama-de-Datos-Data-Frame>
- Medina, M., & Arequipa, E. (Junio de 2010). *Implementación de un proveedor de servicio de Interenet inalámbrico en la ciudad de Nueva Loja*. Recuperado el 15 de diciembre de 2011, de Dspace: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2216/1/CD-2968.pdf>
- OracleLabs. (Junio de 2012). Recuperado el 23 de Agosto de 2012, de <http://www.SUNspotworld.com/index.html>
- Pallas Areny, R. (2007). *Sensores y Acondicionadores de señal*. Alfaomega - Marcombo Boixaren.
- Pastrana, L. V. (Octubre de 2004). *Enterate en línea*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2011, de <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/octubre/bluetooth.htm>

- Pereira, W. (2008). *ZigBee: Protocolo para Red Inalámbrica de Sensores*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2011, de <http://ldc.usb.ve/~wpereira/PDF/ZigBeeJornadasTelecom.pdf>
- Pérez N., J. E. (s.f.). *Bluetooth. Descripción Del Estandar*. Recuperado el 4 de enero de 2012, de Escuela de Ingeniería Eléctrica Universidad Central de Venezuela: <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No8/Joffre%20Perez%5CBluetooth.1.htm>
- Prieto Moreno, J. (s.f.). *Cuidado de las Punciones*. Recuperado el 22 de Octubre de 2011, de El Gotero.com: <http://www.elgotero.com/Archivos%20zip/Cuidado%20de%20las%20Punciones.pdf>
- Sanidad Pública Vasca. (19 de Diciembre de 2007). *Manual de Terapia Intravenoso*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2011, de Osakidetza.Euskadi.net: http://www.osakidetza.euskadi.net/r85-gkhgal04/es/contenidos/informacion/hgal_guias_manuales/es_hgal/adjuntos/manual_de_terapia_intravenosa.pdf
- SUNLabs. (Junio de 2009). *SUNSPOTWorld*. Recuperado el 21 de Agosto de 2012, de <http://www.SUNspotworld.com/docs/Purple/SUNSPOT-TheoryOfOperation.pdf>
- Universidad de Navarra. (1999). *Diccionario Espasa Medicina*. Madrid, España: Espasa Calpe.
- Universidad Nacional Experimental del Táchira. (s.f.). *Capítulo VII. Sensores*. Recuperado el 10 de Enero de 2011, de [Unet.edu.ve: http://www.unet.edu.ve/~ielectro/sensores.pdf](http://www.unet.edu.ve/~ielectro/sensores.pdf)

Anexos

Anexo A: Diagramas de Flujo del *Software* de Gestión

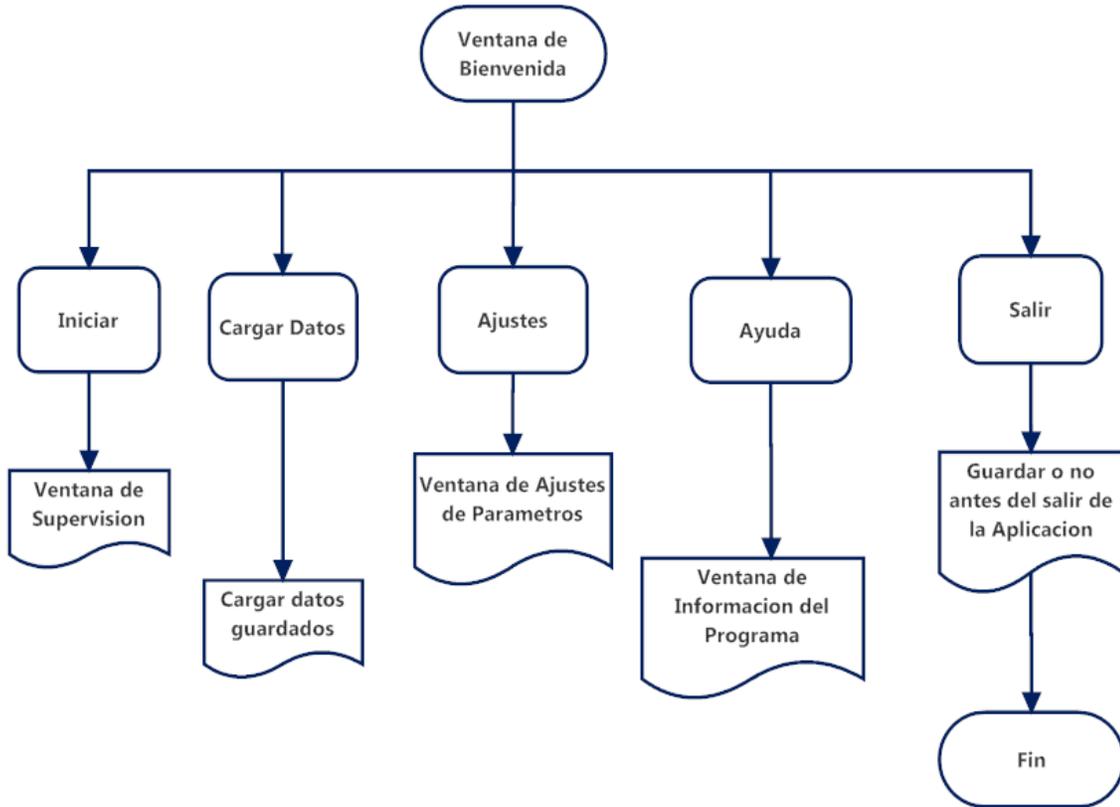


Figura 50: Diagrama de las actividades generales del *software* de gestión.

Fuente: Autor

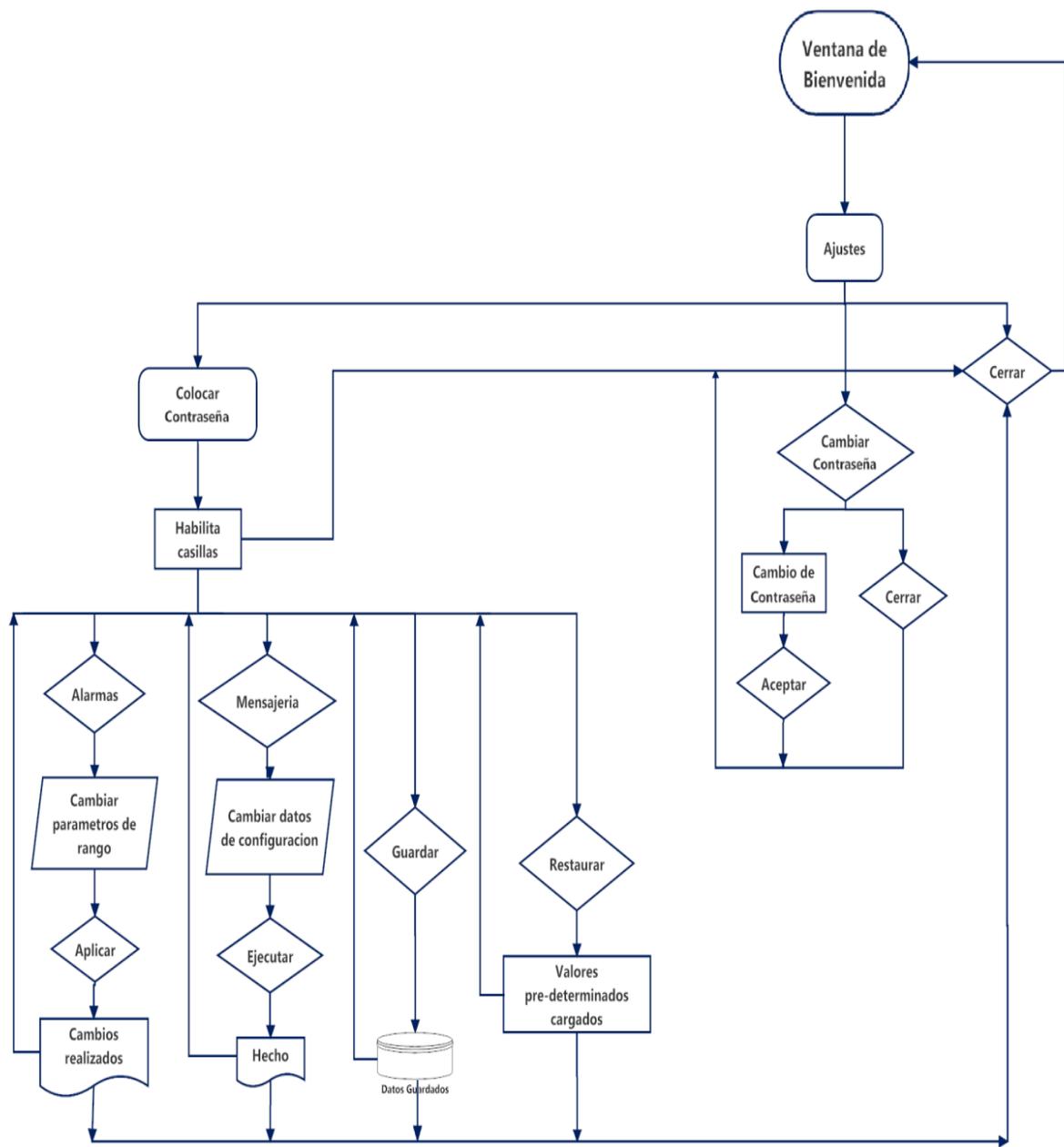


Figura 51: Diagrama del módulo “Ajustes”.

Fuente: Autor

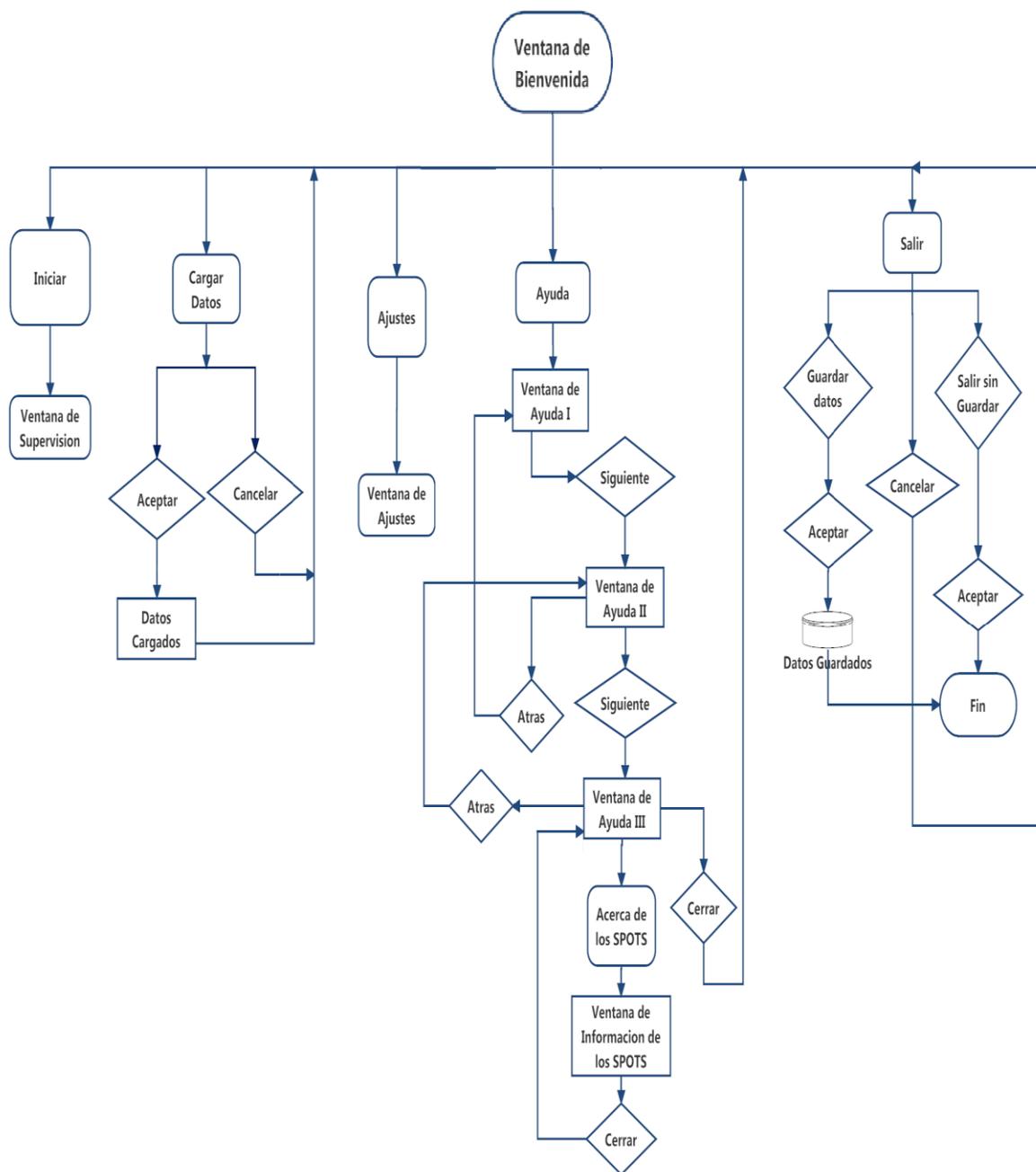


Figura 52: Diagrama de los módulos “Cargar datos”, “Ayuda” y “Salir”.
Fuente: Autor

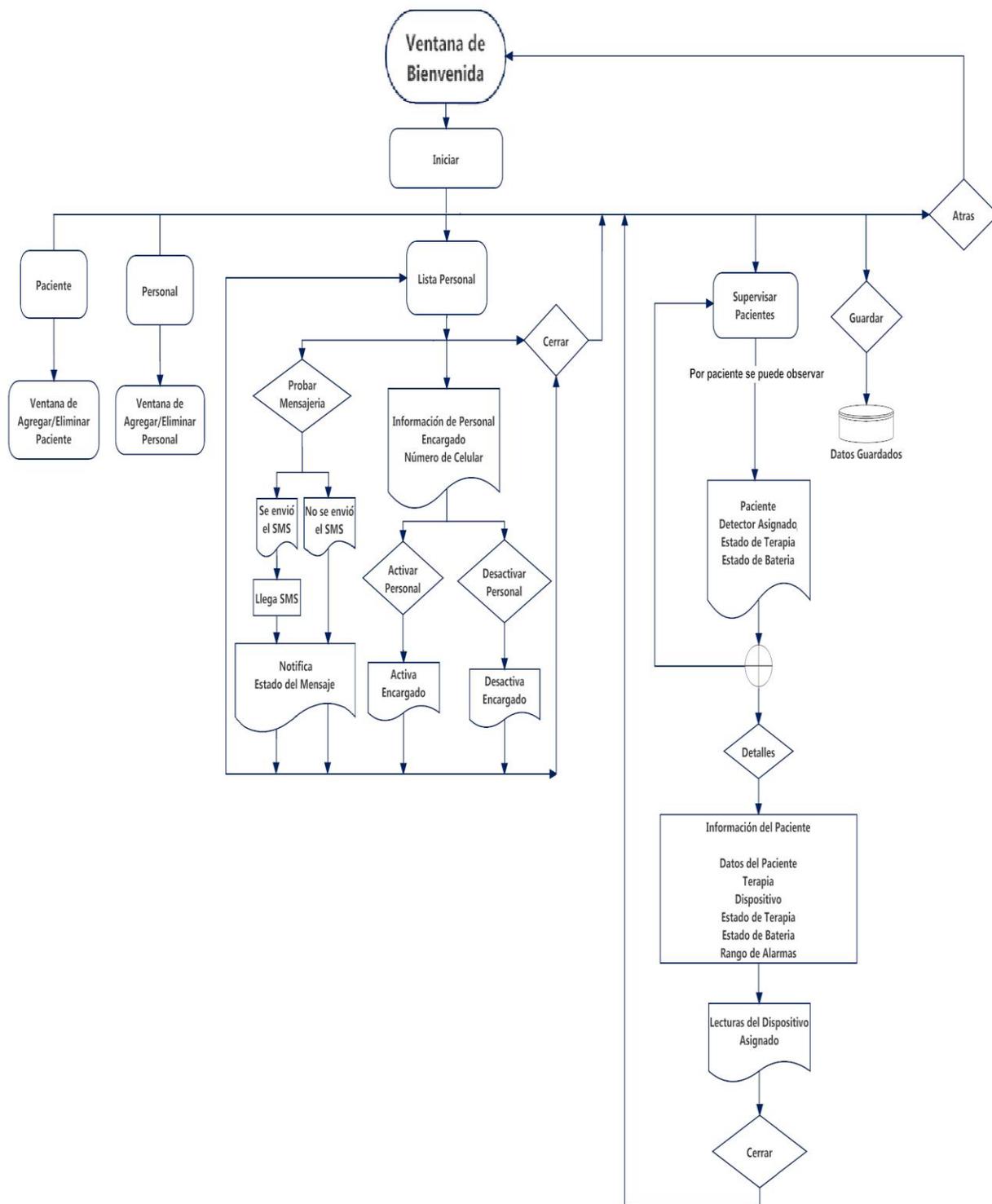


Figura 53: Diagrama del módulo “Inicio” parte I.

Fuente: Autor

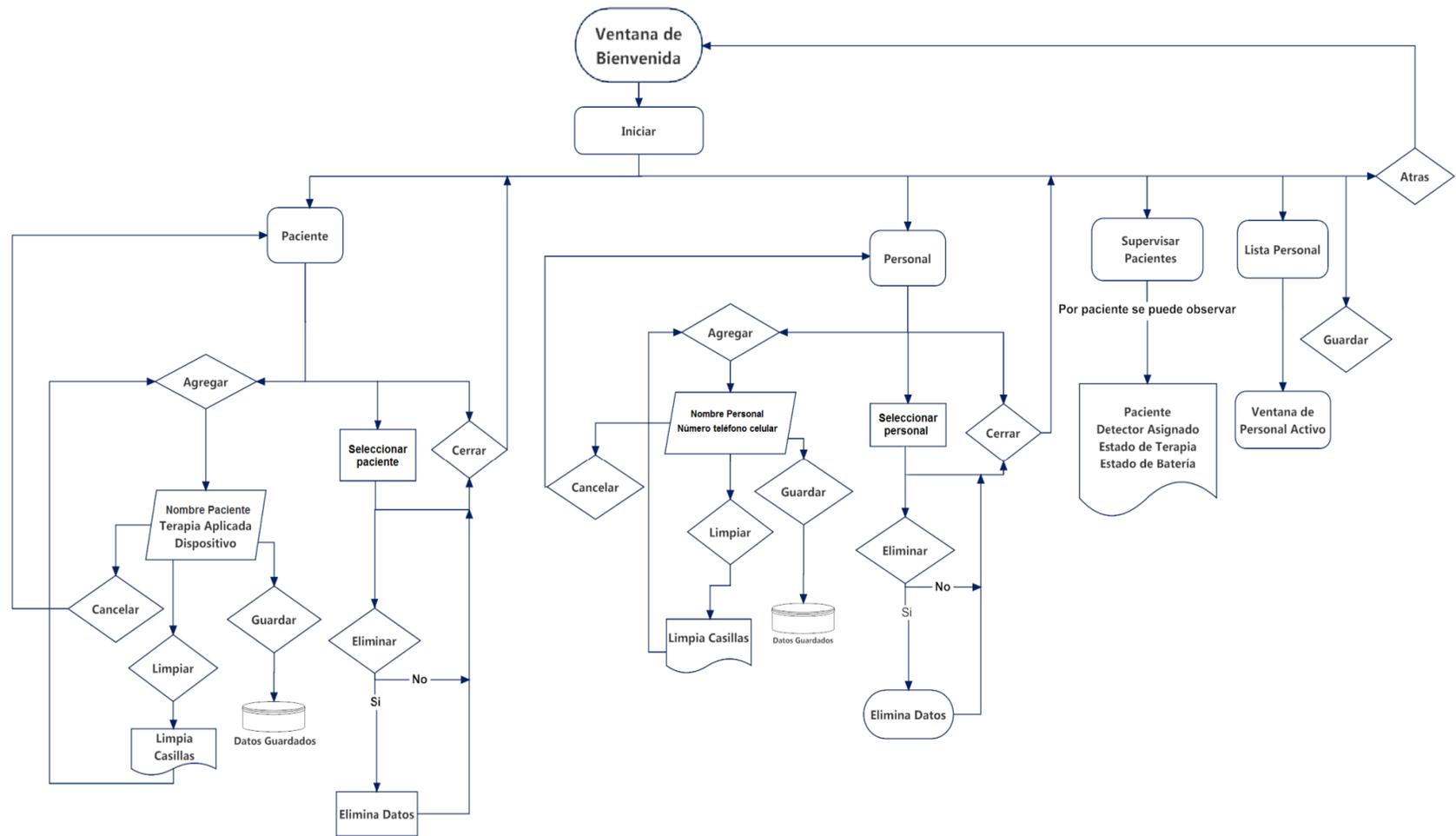


Figura 54: Diagrama del módulo “Inicio” parte II.
Fuente: Autor

Anexo B: Manual de Usuario

Anexo C: Carta de Autorización y Ficha de Control de las Pruebas

Anexo D: Resultados de las Encuestas

Encuesta a Pacientes

1.- Considera del sistema de supervisión que detecta el paso del líquido es:

Bueno __ Regular __ Malo __

2.- ¿Le incomodó la presencia de un equipo durante la administración del medicamento?

Sí__ No__

3.- ¿Le trajo algún inconveniente el dispositivo mientras se le realizaba el tratamiento?

Sí__ No__

4.- Opina usted que del tiempo de respuesta del sistema fue:

Rápido __ Regular __ Lento __

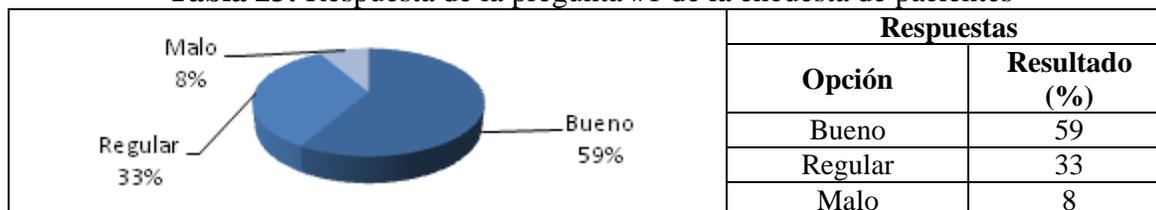
5.- ¿Apoyaría como paciente el desarrollo de esta solución tecnológica en el área médica?

Si__ No__ Es indiferente __

Resultados de las encuesta a Pacientes

Pregunta 1: Considera del sistema de supervisión que detecta el paso del líquido

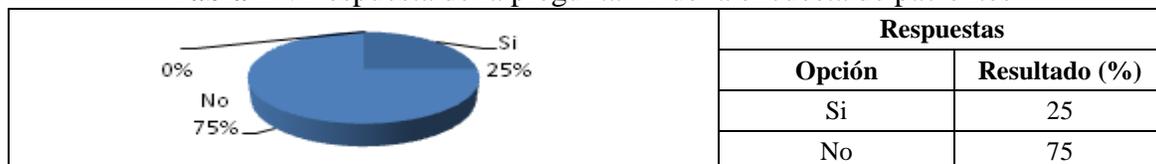
Tabla 23: Respuesta de la pregunta #1 de la encuesta de pacientes



Fuente: Autor

Pregunta 2: ¿Le incomodó la presencia de un equipo durante la administración del medicamento?

Tabla 24: Respuesta de la pregunta #2 de la encuesta de pacientes



Fuente: Autor

Pregunta 3: ¿Le trajo algún inconveniente el dispositivo mientras se le realizaba el tratamiento?

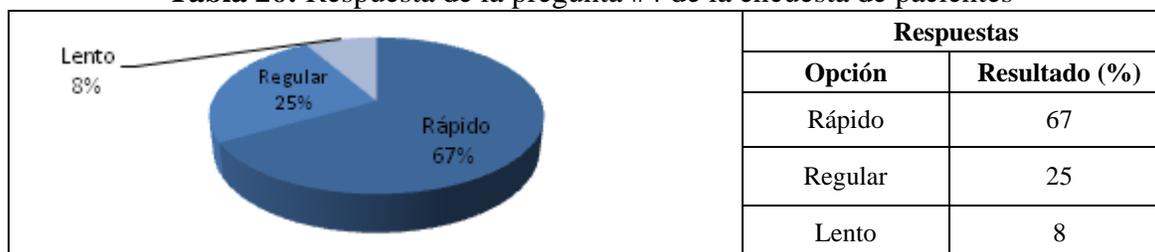
Tabla 25: Respuesta de la pregunta #3 de la encuesta de pacientes



Fuente: Autor

Pregunta 4: Opina usted que del tiempo de respuesta del sistema fue:

Tabla 26: Respuesta de la pregunta #4 de la encuesta de pacientes



Fuente: Autor

Pregunta 5: ¿Apoyaría como paciente el desarrollo de esta solución tecnológica en el área médica?

Tabla 27: Respuesta de la pregunta #5 de la encuesta de pacientes



Fuente: Autor

Encuesta al Personal de Salud

1. ¿La terapia intravenosa (TIV) requiere de supervisión y cuidado por parte del personal médico?

Sí___ No___

1.1. De ser afirmativa su respuesta, explique el porqué es necesario.

2. ¿Cuándo ocurren retrasos en la TIV como lo manejan?

3. ¿Es necesario atender la TIV a tiempo?

Sí___ No___

4. ¿Al no atender una terapia a tiempo que complicaciones pueden surgir?

5. ¿Apoyaría usted, el desarrollo de un sistema de supervisión como el presentado en el prototipo desarrollado?

Sí___ No___

6. ¿Qué ventajas presenta, en su opinión, un sistema de notificación como este?

7. ¿Qué desventajas presenta el sistema según lo presenciado?

8. Consideraría que el sistema denominado “*Life Sensor*” es un sistema de apoyo y soporte para su labor profesional.

Sí___ No___

9. Durante la realización de la pruebas, ¿Tuvo algún inconveniente al momento de manipular el detector con sus actividades dentro del ambulatorio?

Sí___ No___

10. ¿De acuerdo a lo observado durante las pruebas, que recomendaciones realiza usted para el mejoramiento del prototipo “*Life Sensor*”?

Resultados de las encuesta al Personal de Salud

Pregunta 1: ¿La terapia intravenosa (TIV) requiere de supervisión y cuidado por parte del personal médico?

Tabla 28: Respuesta de la pregunta #1 de la encuesta del personal de salud

	Respuestas	
	Opción	Resultado (%)
	Si	57
	No	43

Fuente: Autor

Pregunta 1.1: De ser afirmativa su respuesta, explique el porqué es necesario.

- Se requiere que el personal médico supervise la administración del medicamento
- Todo aparato de uso humano o terapia tiene que ser controlado por el personal médico o de salud.

Pregunta 2: ¿Cuándo ocurren retrasos en la TIV como lo manejan?

- Se verifica si la vía periférica esta permeable, de no estarlo se le retira y se cateteriza otra vía
- Hay que evitar que eso suceda, y se le retira la vía.

Pregunta 3: ¿Es necesario atender la TIV a tiempo?

Tabla 29: Respuesta de la pregunta #3 de la encuesta del personal de salud

	Respuestas	
	Opción	Resultado (%)
	Si	100
	No	0

Fuente: Autor

Pregunta 4: ¿Al no atender una terapia a tiempo que complicaciones pueden surgir?

- Reacciones Alérgicas al tratamiento.
- Infiltración de la vía.
- Hematomas.
- Ruptura de la vena.
- En terapia intensiva, puede poner en riesgo la vida al paciente.
- Incomodidad al administrar la terapia.

Pregunta 5: ¿Apoyaría usted, el desarrollo de un sistema de supervisión como el presentado en el prototipo desarrollado?

Tabla 30: Respuesta de la pregunta #5 de la encuesta del personal de salud

	Respuestas	
	Opción	Resultado (%)
	Si	100
	No	0

Fuente: Autor

Pregunta 6: ¿Qué ventajas presenta, en su opinión, un sistema de notificación como este?

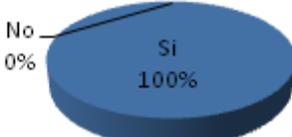
- Agiliza la atención de los pacientes.
- Notificación de la culminación de la terapia.
- Ayuda al control del tratamiento y al personal de enfermería.
- Rapidez de supervisión del tratamiento y evitar complicaciones con el paciente.

Pregunta 7: ¿Qué desventajas presenta el sistema según lo presenciado?

- No permite reconocer si hay obstrucciones dentro de la vía.
- Ninguno.

Pregunta 8: Consideraría que el sistema denominado “*Life Sensor*” es un sistema de apoyo y soporte para su labor profesional

Tabla 31: Respuesta de la pregunta #8 de la encuesta del personal de salud

	Respuestas	
	Opción	Resultado (%)
	Si	100
	No	0

Fuente: Autor

Pregunta 9: Durante la realización de la pruebas, ¿Tuvo algún inconveniente al momento de manipular el detector con sus actividades dentro del ambulatorio?

Tabla 32: Respuesta de la pregunta #9 de la encuesta del personal de salud

	Respuestas	
	Opción	Resultado (%)
	Si	0
	No	100

Fuente: Autor

Pregunta 10: ¿De acuerdo a lo observado durante las pruebas, que recomendaciones realiza usted para el mejoramiento del prototipo “*Life Sensor*”?

- Permitir reconocer si existen obstrucciones en la vía.
- Mejorar el medidor de fluido para que funcione como un “cuenta gotas”.
- Sería de gran ayuda si este prototipo a la vez de avisar que el tratamiento se ha culminado, ubicar una cerradura de paso para evitar complicaciones con los pacientes.
- Ninguna, me parece un sistema completo.

Anexo E: Fotos y Capturas de las pruebas



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [REDACTED]

Aug 9, 2012 4:50:29 PM	Valor = 377
Aug 9, 2012 4:50:35 PM	Valor = 378
Aug 9, 2012 4:50:46 PM	Valor = 370
Aug 9, 2012 4:50:52 PM	Valor = 382
Aug 9, 2012 4:50:58 PM	Valor = 379
Aug 9, 2012 4:51:29 PM	Valor = 380
Aug 9, 2012 4:52:01 PM	Valor = 380

Terapia Aplicada: SUROFER

Dispositivo Asignado: A - 0014.4F01.0000.0598

Estado de la batería: 80% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ●

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 120 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [REDACTED]

Aug 9, 2012 4:53:23 PM	Valor = 377
Aug 9, 2012 4:53:30 PM	Valor = 377
Aug 9, 2012 4:53:37 PM	Valor = 370
Aug 9, 2012 4:54:09 PM	Valor = 382
Aug 9, 2012 4:54:42 PM	Valor = 355
Aug 9, 2012 4:55:14 PM	Valor = 350
Aug 9, 2012 4:55:21 PM	Valor = 350
Aug 9, 2012 4:55:28 PM	Valor = 351
Aug 9, 2012 4:55:35 PM	Valor = 349
Aug 9, 2012 4:55:42 PM	Valor = 349
Aug 9, 2012 4:55:49 PM	Valor = 349

Terapia Aplicada: SUROFER

Dispositivo Asignado: A - 0014.4F01.0000.0598

Estado de la batería: 78% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ●

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 120 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

Figura 55: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #1
Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [REDACTED]

Aug 10, 2012 3:27:54 PM	Valor = 405
Aug 10, 2012 3:28:26 PM	Valor = 405
Aug 10, 2012 3:28:58 PM	Valor = 406
Aug 10, 2012 3:29:27 PM	Valor = 405
Aug 10, 2012 3:30:00 PM	Valor = 406

Terapia Aplicada: KETROPROFENO

Dispositivo Asignado: A - 0014.4F01.0000.0598

Estado de la batería: 51% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ●

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 120 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [REDACTED]

Aug 10, 2012 4:10:10 PM	Valor = 290
Aug 10, 2012 4:10:18 PM	Valor = 292
Aug 10, 2012 4:10:26 PM	Valor = 291
Aug 10, 2012 4:10:34 PM	Valor = 290
Aug 10, 2012 4:10:42 PM	Valor = 292
Aug 10, 2012 4:10:50 PM	Valor = 293

Terapia Aplicada: KETROPROFENO

Dispositivo Asignado: A - 0014.4F01.0000.0598

Estado de la batería: 40% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ●

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 120 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

Figura 56: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #2.
Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [REDACTED]

Aug 10, 2012 4:46:45 PM	Valor = 370
Aug 10, 2012 4:46:53 PM	Valor = 367
Aug 10, 2012 4:47:00 PM	Valor = 369
Aug 10, 2012 4:47:07 PM	Valor = 369
Aug 10, 2012 4:47:14 PM	Valor = 369
Aug 10, 2012 4:47:21 PM	Valor = 369
Aug 10, 2012 4:47:28 PM	Valor = 369
Aug 10, 2012 4:48:00 PM	Valor = 368
Aug 10, 2012 4:48:33 PM	Valor = 368
Aug 10, 2012 4:49:05 PM	Valor = 367

Terapia Aplicada: COMPLEJO VITAMINICO

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 69% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ●

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 120 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [REDACTED]

Aug 10, 2012 6:18:29 PM	Valor = 357
Aug 10, 2012 6:18:37 PM	Valor = 357
Aug 10, 2012 6:18:44 PM	Valor = 357
Aug 10, 2012 6:18:51 PM	Valor = 357
Aug 10, 2012 6:18:58 PM	Valor = 357
Aug 10, 2012 6:19:05 PM	Valor = 356
Aug 10, 2012 6:19:12 PM	Valor = 357
Aug 10, 2012 6:19:19 PM	Valor = 357
Aug 10, 2012 6:19:27 PM	Valor = 357
Aug 10, 2012 6:19:34 PM	Valor = 357

Terapia Aplicada: COMPLEJO VITAMINICO

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 40% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ●

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 120 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

Figura 57: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #3.

Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [REDACTED]

Aug 10, 2012 5:06:44 PM	Valor = 168
Aug 10, 2012 5:07:31 PM	Valor = 165
Aug 10, 2012 5:07:37 PM	Valor = 160
Aug 10, 2012 5:07:44 PM	Valor = 172
Aug 10, 2012 5:07:51 PM	Valor = 169
Aug 10, 2012 5:07:58 PM	Valor = 168
Aug 10, 2012 5:08:05 PM	Valor = 167

Terapia Aplicada: RAMITIDINA

Dispositivo Asignado: C - 0014.4F01.0000.090C

Estado de la batería: 93% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ●

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 150 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [REDACTED]

Aug 10, 2012 6:05:06 PM	Valor = 89
Aug 10, 2012 6:05:13 PM	Valor = 92
Aug 10, 2012 6:05:20 PM	Valor = 92
Aug 10, 2012 6:05:27 PM	Valor = 87
Aug 10, 2012 6:05:34 PM	Valor = 90
Aug 10, 2012 6:05:41 PM	Valor = 89
Aug 10, 2012 6:05:49 PM	Valor = 95
Aug 10, 2012 6:05:56 PM	Valor = 92
Aug 10, 2012 6:06:03 PM	Valor = 92

Terapia Aplicada: RAMITIDINA

Dispositivo Asignado: C - 0014.4F01.0000.090C

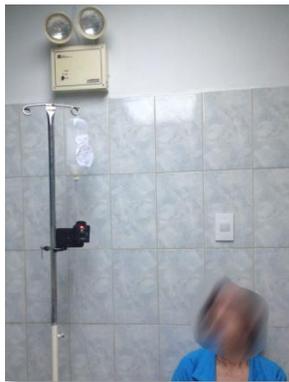
Estado de la batería: 32% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ●

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 150 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

Figura 58: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #4.

Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Campo de texto]

Terapia Aplicada: INTORPAN

Dispositivo Asignado: A - 0014.4F01.0000.0598

Estado de la batería: 42% - DESCARGÁNDOSE

Rangos Alarma: Oscuro min: 0, Oscuro max: 90, Claro min: 200, Claro max: 360, Fuera Rango: 500

Aug 13, 2012 11:01:33 AM	Valor = 367
Aug 13, 2012 11:02:05 AM	Valor = 366
Aug 13, 2012 11:02:37 AM	Valor = 367
Aug 13, 2012 11:03:10 AM	Valor = 367
Aug 13, 2012 11:03:42 AM	Valor = 365

STATUS: [Verde]

Cerrar

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Campo de texto]

Terapia Aplicada: INTORPAN

Dispositivo Asignado: A - 0014.4F01.0000.0598

Estado de la batería: 20% - DESCARGÁNDOSE

Rangos Alarma: Oscuro min: 0, Oscuro max: 90, Claro min: 200, Claro max: 360, Fuera Rango: 500

Aug 13, 2012 12:19:25 PM	Valor = 317
Aug 13, 2012 12:19:32 PM	Valor = 317
Aug 13, 2012 12:19:39 PM	Valor = 317
Aug 13, 2012 12:19:46 PM	Valor = 317
Aug 13, 2012 12:19:53 PM	Valor = 317
Aug 13, 2012 12:20:00 PM	Valor = 317
Aug 13, 2012 12:20:08 PM	Valor = 317
Aug 13, 2012 12:20:15 PM	Valor = 317

STATUS: [Rojo]

Cerrar

Figura 59: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #5.
Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Campo de texto]

Terapia Aplicada: BUSCAPINA

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 96% - DESCARGÁNDOSE

Rangos Alarma: Oscuro min: 0, Oscuro max: 90, Claro min: 200, Claro max: 360, Fuera Rango: 500

Aug 13, 2012 10:58:16 AM	Valor = 368
Aug 13, 2012 10:58:48 AM	Valor = 368
Aug 13, 2012 10:59:21 AM	Valor = 368
Aug 13, 2012 10:59:52 AM	Valor = 368
Aug 13, 2012 11:00:24 AM	Valor = 368

STATUS: [Verde]

Cerrar

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Campo de texto]

Terapia Aplicada: BUSCAPINA

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 63% - DESCARGÁNDOSE

Rangos Alarma: Oscuro min: 0, Oscuro max: 90, Claro min: 200, Claro max: 360, Fuera Rango: 500

Aug 13, 2012 12:13:23 PM	Valor = 369
Aug 13, 2012 12:15:57 PM	Valor = 369
Aug 13, 2012 12:16:30 PM	Valor = 369
Aug 13, 2012 12:17:02 PM	Valor = 369
Aug 13, 2012 12:17:34 PM	Valor = 339
Aug 13, 2012 12:18:06 PM	Valor = 340
Aug 13, 2012 12:18:13 PM	Valor = 338
Aug 13, 2012 12:18:20 PM	Valor = 339
Aug 13, 2012 12:18:27 PM	Valor = 336
Aug 13, 2012 12:18:35 PM	Valor = 338

STATUS: [Rojo]

Cerrar

Figura 60: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #6.
Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Aug 13, 2012 2:52:57 PM	Valor = 376
Aug 13, 2012 2:53:29 PM	Valor = 376
Aug 13, 2012 2:54:01 PM	Valor = 376
Aug 13, 2012 2:54:33 PM	Valor = 376
Aug 13, 2012 2:55:05 PM	Valor = 376

Terapia Aplicada: BUSCAPINA CON RANITIDINA

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 46% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ● Cerrar

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 90 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Aug 13, 2012 3:41:10 PM	Valor = 376
Aug 13, 2012 3:41:42 PM	Valor = 375
Aug 13, 2012 3:42:14 PM	Valor = 376
Aug 13, 2012 3:42:47 PM	Valor = 376
Aug 13, 2012 3:43:19 PM	Valor = 337
Aug 13, 2012 3:43:51 PM	Valor = 335
Aug 13, 2012 3:43:58 PM	Valor = 336
Aug 13, 2012 3:44:05 PM	Valor = 339
Aug 13, 2012 3:44:12 PM	Valor = 337

Terapia Aplicada: BUSCAPINA CON RANITIDINA

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 24% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ● Cerrar

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 90 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

Figura 61: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #7.
Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Aug 13, 2012 4:30:21 PM	Valor = 373
Aug 13, 2012 4:30:53 PM	Valor = 373
Aug 13, 2012 4:31:25 PM	Valor = 373
Aug 13, 2012 4:31:57 PM	Valor = 373
Aug 13, 2012 4:32:29 PM	Valor = 373
Aug 13, 2012 4:33:01 PM	Valor = 373

Terapia Aplicada: PROFENIL

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 81% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ● Cerrar

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 90 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Aug 13, 2012 4:44:20 PM	Valor = 373
Aug 13, 2012 4:44:52 PM	Valor = 373
Aug 13, 2012 4:45:24 PM	Valor = 373
Aug 13, 2012 4:45:57 PM	Valor = 373
Aug 13, 2012 4:46:29 PM	Valor = 344
Aug 13, 2012 4:47:01 PM	Valor = 345
Aug 13, 2012 4:47:08 PM	Valor = 345
Aug 13, 2012 4:47:15 PM	Valor = 345
Aug 13, 2012 4:47:22 PM	Valor = 345
Aug 13, 2012 4:47:29 PM	Valor = 345
Aug 13, 2012 4:47:37 PM	Valor = 345

Terapia Aplicada: PROFENIL

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 80% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ● Cerrar

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 90 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

Figura 62: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #8.
Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Terapia Aplicada: FERRINOX

Dispositivo Asignado: A - 0014.4F01.0000.0598

Estado de la batería: 98% - DESCARGÁNDOSE

Rangos Alarma: Oscuro min: 0, Oscuro max: 90, Claro min: 200, Claro max: 360, Fuera Rango: 500

Aug 14, 2012 9:01:11 AM	Valor = 310
Aug 14, 2012 9:01:18 AM	Valor = 313
Aug 14, 2012 9:01:25 AM	Valor = 310
Aug 14, 2012 9:01:32 AM	Valor = 408
Aug 14, 2012 9:01:40 AM	Valor = 503
Aug 14, 2012 9:01:47 AM	Valor = 381
Aug 14, 2012 9:01:54 AM	Valor = 377
Aug 14, 2012 9:02:01 AM	Valor = 374
Aug 14, 2012 9:02:08 AM	Valor = 371
Aug 14, 2012 9:02:15 AM	Valor = 369

STATUS: [Green Light] Cerrar

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Terapia Aplicada: FERRINOX

Dispositivo Asignado: A - 0014.4F01.0000.0598

Estado de la batería: 76% - DESCARGÁNDOSE

Rangos Alarma: Oscuro min: 0, Oscuro max: 90, Claro min: 200, Claro max: 360, Fuera Rango: 500

Aug 14, 2012 10:23:27 AM	Valor = 381
Aug 14, 2012 10:24:00 AM	Valor = 381
Aug 14, 2012 10:24:32 AM	Valor = 381
Aug 14, 2012 10:25:04 AM	Valor = 381
Aug 14, 2012 10:25:36 AM	Valor = 380
Aug 14, 2012 10:26:08 AM	Valor = 380
Aug 14, 2012 10:26:40 AM	Valor = 380

STATUS: [Green Light] Cerrar

Figura 63: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #9.
Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Terapia Aplicada: CIPROLET

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 90% - DESCARGÁNDOSE

Rangos Alarma: Oscuro min: 0, Oscuro max: 90, Claro min: 200, Claro max: 360, Fuera Rango: 500

Aug 14, 2012 9:14:59 AM	Valor = 372
Aug 14, 2012 9:15:31 AM	Valor = 372
Aug 14, 2012 9:15:58 AM	Valor = 372
Aug 14, 2012 9:16:30 AM	Valor = 372
Aug 14, 2012 9:16:57 AM	Valor = 372

STATUS: [Green Light] Cerrar

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Terapia Aplicada: CIPROLET

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 87% - DESCARGÁNDOSE

Rangos Alarma: Oscuro min: 0, Oscuro max: 90, Claro min: 200, Claro max: 360, Fuera Rango: 500

Aug 14, 2012 9:22:55 AM	Valor = 372
Aug 14, 2012 9:23:27 AM	Valor = 372
Aug 14, 2012 9:23:59 AM	Valor = 372
Aug 14, 2012 9:24:31 AM	Valor = 372
Aug 14, 2012 9:25:03 AM	Valor = 372
Aug 14, 2012 9:25:35 AM	Valor = 354
Aug 14, 2012 9:26:07 AM	Valor = 355
Aug 14, 2012 9:26:15 AM	Valor = 354
Aug 14, 2012 9:26:22 AM	Valor = 354
Aug 14, 2012 9:26:29 AM	Valor = 353
Aug 14, 2012 9:26:36 AM	Valor = 353

STATUS: [Red Light] Cerrar

Figura 64: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #10.
Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Aug 14, 2012 10:19:27 AM	Valor = 375
Aug 14, 2012 10:19:59 AM	Valor = 374
Aug 14, 2012 10:20:32 AM	Valor = 375
Aug 14, 2012 10:21:04 AM	Valor = 375
Aug 14, 2012 10:21:36 AM	Valor = 375
Aug 14, 2012 10:22:08 AM	Valor = 375

Terapia Aplicada: RANITIDINA

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 70% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ● Cerrar

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 90 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Aug 14, 2012 11:20:03 AM	Valor = 373
Aug 14, 2012 11:20:36 AM	Valor = 374
Aug 14, 2012 11:21:08 AM	Valor = 373
Aug 14, 2012 11:21:40 AM	Valor = 373
Aug 14, 2012 11:22:12 AM	Valor = 351
Aug 14, 2012 11:22:44 AM	Valor = 351
Aug 14, 2012 11:22:51 AM	Valor = 351
Aug 14, 2012 11:22:58 AM	Valor = 351
Aug 14, 2012 11:23:06 AM	Valor = 351
Aug 14, 2012 11:23:13 AM	Valor = 351

Terapia Aplicada: RANITIDINA

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 37% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ● Cerrar

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 90 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

Figura 65: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #11.

Fuente: Autor



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Aug 14, 2012 2:22:11 PM	Valor = 375
Aug 14, 2012 2:22:43 PM	Valor = 370
Aug 14, 2012 2:23:15 PM	Valor = 368
Aug 14, 2012 2:23:47 PM	Valor = 372
Aug 14, 2012 2:24:19 PM	Valor = 367

Terapia Aplicada: HIDROCORTISONA

Dispositivo Asignado: B - 0014.4F01.0000.0918

Estado de la batería: 34% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ● Cerrar

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 90 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LIFE SENSOR
SENSOR DE FLUIDOS

Nombre del Paciente: [Redacted]

Aug 14, 2012 3:18:13 PM	Valor = 422
Aug 14, 2012 3:18:20 PM	Valor = 421
Aug 14, 2012 3:18:27 PM	Valor = 419
Aug 14, 2012 3:18:34 PM	Valor = 407
Aug 14, 2012 3:18:41 PM	Valor = 395
Aug 14, 2012 3:18:48 PM	Valor = 378
Aug 14, 2012 3:19:21 PM	Valor = 348
Aug 14, 2012 3:19:53 PM	Valor = 348
Aug 14, 2012 3:20:00 PM	Valor = 348
Aug 14, 2012 3:20:07 PM	Valor = 348
Aug 14, 2012 3:20:14 PM	Valor = 348

Terapia Aplicada: HIDROCORTISONA

Dispositivo Asignado: A - 0014.4F01.0000.0598

Estado de la batería: 56% - DESCARGÁNDOSE

STATUS: ● Cerrar

Rangos Alarma: Oscuro min: 0 Oscuro max: 90 Claro min: 200 Claro max: 360 Fuera Rango: 500

Figura 66: Captura de la aplicación *Life Sensor* y Foto del paciente #12.

Fuente: Autor