

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LA
MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL

TEMA:

**“PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA AMBULANCIAS
UTILIZANDO TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN MÓVIL”**

ROLANDO MARCELO ALVAREZ VEINTIMILLA

Quito – 2015

AUTORÍA

Yo, *Rolando Marcelo Alvarez Veintimilla*, portador de la cédula de ciudadanía No.*0502519051*, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.



Rolando Marcelo Alvarez Veintimilla

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas que colaboraron en el desarrollo de este proyecto de investigación, en primer lugar a Dios por el don de la vida, a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por brindarme acogida en el desarrollo del periodo académico, a la Ing. María Soledad Jiménez Msc. por su contribución y predisposición durante el desarrollo de este Caso de estudio, a mi esposa e hijas por su Amor, a mi Madre por su permanente preocupación, a todos los familiares y amigos que siempre supieron impulsarme en la consecución de esta meta.

Dedicatoria

El presente proyecto está dedicado a mi Padre por su ejemplo de trabajo y tesón, que Dios lo tenga en su Santa Gloria, a mi Madre por su sacrificio desinteresado y enseñanza en el hogar, a mi esposa por su apoyo incondicional y su amor, a mis hijas por recordarme mis responsabilidades al esforzarse en sus estudios, a mis hermanos por ser mi soporte vital, en fin a toda mi Familia, que me ha demostrado que con unión se puede alcanzar la dicha.

TABLA DE CONTENIDO

AUTORÍA.....	2
TABLA DE ILUSTRACIONES	5
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. JUSTIFICACIÓN.....	9
3. ANTECEDENTES	11
4. OBJETIVOS	13
5. DESARROLLO CASO DE ESTUDIO.....	14
5.1 Normas y Estándares tecnológicos en el sector salud	14
5.1.1 Estándares en telemedicina	15
5.1.1.1 DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine)	15
5.1.1.2 HL7 (Health Level Seven Inc).....	16
5.1.1.3 CEN/TC 251 Task Force 13606.....	16
5.1.1.4 Familia de normas ISO/IEEE11073 (X73).....	17
5.1.1.4.1 Soluciones Interoperables – Estandarización.....	17
5.2 Sistemas de monitoreo en ambulancias	19
5.2.1 Equipamiento de ambulancias	20
5.2.1.1 Desfibrilador	20
5.3 Requerimientos del sistema.....	23
5.3.1 Requerimientos de software.....	24
5.3.1.1 Entorno de desarrollo LabVIEW	24
5.3.1.2 Sistema Operativo Raspbian	25
5.3.1.3 Entorno de desarrollo Java.....	25
5.3.1.4 Lenguaje de programación PHP	26
5.3.1.5 Servidor de base de datos MySQL.....	26
5.3.2 Requerimientos de hardware	27

5.3.2.1	Raspberry Pi.....	28
5.3.2.2	FPGA (<i>Field Programmable Gate Array</i>).....	29
5.3.2.3	sbRIO-9636.....	30
5.4	Selección de las tecnologías de comunicaciones.....	32
5.4.1	Equipo de comunicación 3G – modem ZTE MF100.....	33
5.5	Servidor Web remoto.....	34
5.6	Diseño del prototipo para asistencia remota en ambulancias.....	35
5.6.1	Sistema de monitoreo de signos vitales.....	36
5.6.1.1	Medición de Temperatura.....	36
5.6.1.2	Presión arterial.....	38
5.6.1.3	ECG y ritmo cardiaco.....	39
5.6.2	Tratamiento y almacenamiento de señales.....	40
5.6.2.1	Transmisión de signos vitales.....	43
5.6.2.2	Captación de signos vitales.....	46
5.6.3	Configuración de Raspberry pi para ejecutar aplicaciones Java.....	47
5.6.4	Configuración de modem ZTE MF100.....	48
5.6.5	Transmisión de datos.....	51
5.6.6	Almacenamiento de datos.....	53
5.6.7	Visualización de signos vitales.....	54
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
6.1	CONCLUSIONES.....	56
6.2	RECOMENDACIONES.....	56
	BIBLIOGRAFÍA:.....	58

TABLA DE FIGURAS

Figura 5. 1. “Charla10 TIC Salud” de la Universidad de Zaragoza.	18
Figura 5. 2. Desfibrilador.	20
Figura 5. 3. Monitor.	21
Figura 5. 4. Ventilado de transporte.	22
Figura 5. 5. Funcionamiento del sistema de coordinación de ambulancias.	23
Figura 5. 6. Bosquejo del proyecto.	23
Figura 5. 7. Arquitectura del entorno de desarrollo LabVIEW.	25
Figura 5. 8. Raspberry PI Modelo B.	28
Figura 5. 9. Esquema de la arquitectura de una FPGA.	29
Figura 5. 10. Tarjeta sbRIO-9636.	30
Figura 5. 11. Modem ZTE MF100.	34
Figura 5. 12. Diagrama esquemático del prototipo de telemetría para asistencia remota en ambulancias.	35
Figura 5. 13. Sensor de temperatura.	37
Figura 5. 14. Sensor de presión arterial.	38
Figura 5. 15. Sensor EKG.	40
Figura 5. 16. Algoritmo en LabView para acondicionamiento de la temperatura.	40
Figura 5. 17. Algoritmo en LabView para acondicionamiento de la presión arterial.	42
Figura 5. 18. Algoritmo en LabView para acondicionamiento del ECG.	43
Figura 5. 19. Adquisición de datos con FPGA.	44
Figura 5. 20. Manipulación de sockets en LabView.	45
Figura 5. 21. Código en lenguaje Java para capturar datos mediante sockets.	46
Figura 5. 22. Descarga de JDK para ARM correspondiente.	47
Figura 5. 23. Detección del modem 3G.	49
Figura 5. 24. Identificación de modo de almacenamiento.	49

Figura 5. 25. Listado de los modelos de módems.....	50
Figura 5. 26. Clonación de modem ZTE MF100.....	50
Figura 5. 27. Codificación de conexión de base de datos.	52
Figura 5. 28. Codificación para insertar datos en la tablaecg de la base de datos.	53
Figura 5. 29. Estructura de la base de datos.	53
Figura 5. 30. Recuperación de datos con PHP.....	54
Figura 5. 31. Visualización de signos vitales.....	55

1. INTRODUCCIÓN

La telemetría en general se refiere al uso de la tecnología que permita la medición remota de señales físicas y su preparación para envío de dicha información hacia algún sistema central con el uso de las telecomunicaciones. A pesar de que su uso ya ha sido demostrado, el éxito de su implementación en países de Latinoamérica está sujeto al desarrollo de tecnologías de comunicación, tomando en cuenta las necesidades de sus habitantes. En el sector de la salud también es muy conveniente aplicar el uso de la telemetría, ya que nos brinda la posibilidad de acortar las distancias y los tiempos en el envío de datos, por ejemplo el envío del monitoreo de los signos vitales, a los centros y/o subcentros de salud que tienen especialistas, donde su criterio puede constituir la diferencia entre la vida y la muerte de un paciente, sobre todo si éste es sujeto de una emergencia médica. La mayoría de los casos de este tipo se los puede ubicar en el servicio de ambulancias, donde éstas se ven involucradas comúnmente en siniestros en los que el tiempo es un factor crítico en la toma de decisiones, para salvaguardar la vida de las víctimas.

El presente trabajo propone el diseño de un prototipo de telemetría para asistencia remota en ambulancias durante una emergencia, utilizando tecnologías de comunicación móvil para transmisión de datos. Con el fin de llegar al objetivo planteado, se llevará a cabo el estudio de cada una de las tecnológicas de comunicación existentes en el Ecuador y así poder aplicar aquella más apropiada, dado sus características técnicas y de costo, en cuanto se refiere a la solución de hardware y software propuesto.

2. JUSTIFICACIÓN

La inversión tecnológica, en el sector sanitario, se considera como una de las grandes oportunidades de reducción de costos y de mejora en cuanto a la prestación de servicios, sobre todo en los países en vías de desarrollo[1] [2], a pesar de que la tasa de aceptación tecnológica de la información y comunicación en el sector sanitario se ha mantenido baja, incluso en naciones tradicionalmente desarrolladas, esta potencialidad aplicada a los procesos de toma de decisiones o en la operatividad de los servicios, puede constituirse en una oportunidad en el ámbito de la salud. [3] [4].

Por otra parte, el bajo índice de personal sanitario, infraestructura y medicamentos esenciales según la Organización Mundial de la Salud, que muestra al Ecuador con una densidad por cada 10.000 habitantes de 14,8 médicos, que en comparación con países más desarrollados en el ámbito de la salud, como por ejemplo Bélgica 29.9 o Belarús 48.7[5], implica que el personal médico especializado se concentrará exclusivamente en los hospitales de especialidades médicas. Además en el Ecuador existe una gran cantidad de fallecidos en accidentes de tránsito, según la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) solo en el año 2013 se reportaron 28.169 siniestros a nivel nacional [6], lo que nos hace pensar en aplicar alguna solución tecnológica que permita minimizar el número de víctimas en los siniestros. Esto se puede lograr aplicando atención especializada de manera inmediata a las víctimas por parte de los paramédicos asesorados a distancia por médicos especialistas.

Es muy importante mencionar que en el Ecuador, como en otros países en vías de desarrollo, se pretende mejorar los servicios de salud, así como otros servicios públicos, con el uso de la tecnología y comunicaciones [7] [1]. Sin embargo no se cuenta con un servicio de ambulancia confiable, ya que carece de un sistema de comunicaciones para el envío de señales biomédicas, poseen poco personal médico y además no cuentan con una infraestructura de comunicaciones que les permita realizar el despliegue logístico necesario en emergencias y a su vez mantener

contacto directo con el resto de la red de salud. A esto se suma el hecho de que los primeros minutos en una emergencia siempre son los más críticos a la hora de salvar vidas[8].

Es por esto que el presente proyecto busca desarrollar un sistema prototipo que utilice la telemetría para enviar los signos vitales, incluido ECG, de un paciente que se encuentre en una ambulancia, cuya situación sea catalogada como emergencia médica y permita a un especialista obtener la información del paciente y pueda aportar con criterios expertos en la toma de decisiones del paramédico.

3. ANTECEDENTES

La telemetría se define como una tecnología que permite al usuario recopilar información de lugares inaccesibles e inconvenientes, y transmitirlos a lugares accesibles donde serán procesados, almacenados y presentados [9].

Existen una gran cantidad de investigaciones que utilizan la telemetría para transmitir datos de los signos vitales, por ejemplo un sistema que monitorea el ritmo cardiaco basado en la utilización de teléfonos inteligentes [10], o aquel que utiliza un sistema GPRS (*General Packet Radio Services*), comandos AT, herramienta de desarrollo Visual Basic 6.0 y base de datos SQL Server 2000 para el monitoreo y almacenamiento de datos de Electrocardiograma (ECG) [11]; otro con Zigbee, donde se tiene un dispositivo con sensores que permite monitorear parámetros fisiológicos, como la temperatura y la frecuencia cardiaca [12], o el que permite extraer los datos de ECG utilizando la plataforma Android donde el procesamiento de la información se realizó en el teléfono, lo que implica tener encendido el mismo todo el tiempo, provocando la descarga rápida de la batería [13], e incluso el que requiere que los resultados de análisis bioquímicos sean adquiridos automáticamente a partir de analizadores, para lo cual se utilizó una Raspberry Pi en dicha adquisición de datos [14]. En fin un sinnúmero de aplicaciones realizadas utilizando telemetría.

De igual manera existen proyectos donde se aplica la telemetría en ambulancias para el envío de signos vitales, en el cual se ofrece servicios de telemedicina móvil con la utilización de módems GSM para la trasmisión de datos, a los centros hospitalarios [15]. En este contexto existen otros sistemas que pretenden robustecer la comunicación entre paramédicos y médicos especialistas, donde a más de poder enviar voz, también se pueda enviar datos vitales del paciente en una emergencia, utilizando tecnología de comunicación 3G (tercera generación) [15].

Por otro lado se ha probado la fiabilidad de las redes inalámbricas de infraestructura GSM/3G (*Global System for Mobile communications*/Tecnología Tercera Generación) en situaciones simuladas de emergencia médica [16], así como la reducción del tiempo de respuesta utilizando aplicaciones móviles desarrolladas para el efecto, que involucran la colaboración del público en general [17].

Lo que se pretende en este trabajo es mejorar el servicio que brindan las ambulancias aplicando la telemetría, para monitorear los signos vitales de un paciente que se encuentra en una emergencia médica, y que dicha información sea enviada a un centro de salud u hospital, donde un especialista apoye a los paramédicos en la toma de decisiones, en base a datos reales y utilizando tecnología de comunicación móvil.

4. OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar un sistema prototipo de telemetría para asistencia remota en ambulancias durante una emergencia, utilizando tecnologías de comunicación móvil para transmisión de datos.

Objetivos Específicos:

- Establecer las normas y estándares de la tecnología utilizadas en el sector salud.
- Analizar los requerimientos de software y hardware para el diseño del prototipo.
- Diseñar el sistema prototipo de telemetría en ambulancias.
- Realizar un artículo técnico referente al diseño de un sistema de telemetría en ambulancias.

5. DESARROLLO CASO DE ESTUDIO

En primera instancia se presenta las normas y estándares tecnológicos que se aplica en el sector salud, para luego enfocarse en el levantamiento de información para establecer los requerimientos del sistema tanto en su parte física como lógica, centradas en el diseño del prototipo del sistema de telemetría para ambulancias utilizando comunicación móvil. Además se realiza una selección de tecnologías de comunicación para que el proyecto sea aplicable en nuestro medio.

5.1 Normas y Estándares tecnológicos en el sector salud

Dentro de las experiencias más relevantes que demuestran el uso de los beneficios de las telecomunicaciones enfocadas al ámbito de la salud a partir del siglo XIX. Podemos citar al *Radio Disease Killer* que resultó de la copia del *Electronic Reaction of Abrams* (ERA) en 1926, como los primeros dispositivos médicos que se relacionan con el cuidado en casa y el uso de las telecomunicaciones.

Otro caso interesante se dio en 1925, respecto a un médico del hospital de Maynard Columbus que envió un radiotelegrama donde requería de una antitoxina para combatir la epidemia de difteria que atacaba a los niños de la comunidad y que representaba un gran riesgo de salud pública, el telegrama fue reenviado a otros puntos de Alaska para buscar otros lugares donde se dispusiera de la antitoxina, esto provocó que se coordinaran 20 trineos con 150 perros. Esta situación revela la posibilidad de coordinar exitosamente con la ayuda de la tecnología moderna con medios antiguos.

En Italia se realizó asistencia médica remota en el año de 1935, a la tripulación de navíos en mar mediante la utilización del *International Radio Medical Centre* (CIRM). Este sistema provee de asistencia médica gratuita a los navíos y otras embarcaciones por medio de radio.

Otro de los proyectos médicos en los cuales se utilizó la tecnología es el implementado en el aeropuerto Logan en Boston, el cual mediante un sistema interactivo de televisión empleando microondas establece comunicación con el hospital general de Massachusetts, facilitando la transmisión de datos para dar apoyo médico a los viajeros, esto en 1970.

La introducción de las computadoras en 1980, hace que aplicaciones basadas en el uso de la televisión en tiempo real tenga un cambio significativo en la modalidad de almacenamiento y envío; esta modalidad consiste en recolectar datos en formato digital, almacenarlos para luego ser transmitidos a un receptor. Como resultado de este cambio ya no se necesita de la presencia del paciente, los médicos o del equipo de soporte de manera simultánea, a esto se lo conoce como *store and forward*.

Se ha realizado una investigación en el “Centro de Telemedicina” en la Universidad Nacional de Colombia, donde se hace el monitoreo a pacientes hospitalizados, mediante conexión a Internet, un navegador convencional, un monitor de signos vitales y un sistema de video conferencia; esto mediante la implementación de pilotos de telemedicina con soporte tecnológico de los proyectos del Centro, la cual es una parte de la red que lidera el Ministerio de Salud y Protección Social. El centro como tal ha realizado aproximadamente 22.000 interconsultas en el país en más de 50 hospitales. [18]

5.1.1 Estándares en telemedicina

En general existe la necesidad para diseñar programas de aplicación tecnológica, orientada a la telemedicina y éstos se orientarán a la implantación progresiva de normas para cada uno de ellos, para esto es necesario conocer los estándares existentes como son:

5.1.1.1 DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine)

Estándar internacional encargado del intercambio de imágenes médicas, enfocadas en el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión de imágenes médicas. Incluyendo la

definición de un formato de archivo y de un protocolo de comunicación de red. Dicho protocolo se basa en la utilización de TCP/IP. Los archivos DICOM pueden intercambiarse entre entidades que estén en capacidad de recibir imágenes y datos de pacientes.

Además permite la integración de escáneres, servidores, estaciones de trabajo, impresoras y dispositivos de red de múltiples proveedores en un mismo sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes.[19]

5.1.1.2 HL7 (Health Level Seven Inc)

Es un estándar que se enfoca en el área de trabajo de la organización, donde la palabra *seven* hace referencia al último nivel del modelo OSI de redes, en interconexión de sistemas abiertos [20].

5.1.1.3 CEN/TC 251 Task Force 13606

Es la norma europea encargada de la parte de comunicación de historias clínicas electrónicas interoperables con una aproximación a modelos de información y conocimiento, las cuales pueden quedar obsoletas en poco tiempo para lo cual se puede aplicar soluciones como el modelo de arquetipos¹, donde también se encarga de cubrir los requerimientos que se deben presentar en un registro electrónico de la carpeta del paciente. Esta norma recoge también parámetros de la norma ISO/TS 18308. Existen cinco partes que conforman esta norma:

1. Modelo de referencia.
2. Especificación para el intercambio de arquetipos.
3. Referencia de arquetipos y lista de términos.
4. Características de seguridad.
5. Modelos de intercambio[22].

¹ El modelado de arquetipos consiste principalmente en traducir un concepto clínico a entidades de un modelo de referencia y restringir sus estructuras para definir sus requisitos de información [21] M. Menárguez Tortosa, "Modelos de representación de arquetipos en sistemas de información sanitarios," 2013.

5.1.1.4 Familia de normas ISO/IEEE11073 (X73)

Se trata de una familia de normas que se ocupa de la interoperabilidad de dispositivos médicos, en los cuales se resaltar los siguientes requerimientos para p-Health, enfocadas en la medicina virtual personalizada.

Escalabilidad: Los dispositivos pueden ser actualizados, además pueden incorporarse otras soluciones médicas sin cambios significativos.

Plug & Play: Conexión automática y sin requerir conocimientos técnicos, posibilidad de conexión / desconexión múltiple sin fallos (Hot&Swap).

Universalidad: Posibilidad de seleccionar y mezclar componentes médicos, además se puede seleccionar y mezclar componentes médicos de diferentes fabricantes / proveedores / marcas registradas de acuerdo a: rendimiento técnico, requisitos de integración de soluciones, nivel de costo, calidad, preferencias personales del usuario, entorno de servicio, etc. Por último pueden existir preferencias de usuario o entorno de servicio personal, etc.

Integración / usabilidad: Homogenización de conexión con diferente interfaces, tecnologías de acceso, sistemas operativos, intercomunicación de dispositivos, etc.

Reducción de costes: El tiempo de trabajo se reduce además se consigue, alta eficiencia, alta reutilización de la soluciones, bajo nivel de obsolescencia o riesgo de cambiar y/o adaptar otros dispositivos, baja intervención humana.

5.1.1.4.1 Soluciones Interoperables – Estandarización

La posibilidad de tener un intercambio entre dispositivos de distintos fabricantes puede suponer un enorme beneficio para los sistemas sanitarios en cuanto al manejo de la información se refiere. En este contexto se presenta dificultades en la integración de dispositivos médicos

debido a su carencia de interfaces de comunicación estándar [23], es por esta razón que se menciona los siguientes estándares que ayudan con la interoperabilidad en el ámbito de la salud.

- Interoperabilidad de dispositivos médicos (usuario / paciente) - ISO/IEEE11073
- Interoperabilidad de EHR (archivo electrónico de salud) intercambio (centros de salud) - EN13606
- Interoperabilidad de interfaces de conexión - RS232/IrDA/USB/Bluetooth/ZigBee
- Interoperabilidad de tecnologías end-to-end - XML/Web Services (SOAP) [24]

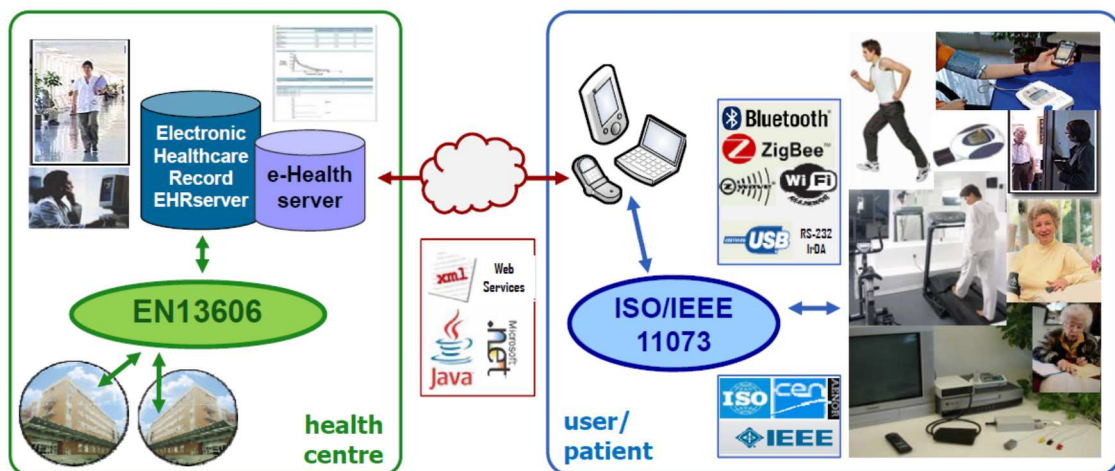


Figura 5. 1. "Charla10 TIC Salud" de la Universidad de Zaragoza.
Tomado de <http://diec.unizar.es/~imr/personal/docs/charla10TICSalud.pdf>

En Ecuador se tiene un "Programa Nacional de Telemedicina / Telesalud – Ecuador" el cual pretende fortalecer el modelo de atención de salud, a través de una red de referencia, desde la atención primaria hasta el nivel hospitalario de segundo y tercer nivel, utilizando herramientas telemáticas que contribuyan al Sistema Nacional de Salud, cuya propuesta implica:

- Infraestructura física y de conectividad;
- Equipar a las unidades de salud seleccionadas;
- Proveer la conectividad adecuada;
- Capacitar al personal de salud, al personal de soporte y a la comunidad;
- Establecimiento de la red de operatividad administrativa, técnica y médica para incursionar en esta nueva forma de gestión y prestación de servicios de salud;
- Paralelamente es necesario desarrollar la Legislación para Telemedicina: Ley, Política, Modelo de Atención, Normas, Guías y Procedimiento.

Con esta visión general se pretende implementar la Telemedicina / Telesalud en el país, iniciando con la región amazónica, éstas se pueden dividir en tres fases:

Primera fase: El Proyecto Piloto (2009-2011) Morona Santiago - Pastaza – Napo.

Segunda fase: Proyecto Sucumbíos-Orellana-Zamora y Galápagos.

Tercera fase: Expansión a nivel nacional 2012-2014, en fase de gestión interinstitucional instaurado el sistema a nivel nacional [25].

5.2 Sistemas de monitoreo en ambulancias

Los sistemas de ambulancias actualmente ofrecen servicios de salud tales como: atención médica, emergencias y transporte, las cuales deben ser atendidas de forma rápida, segura y oportuna, además se debe contar con personal altamente calificado en el uso de ambulancias así como de su equipamiento para diferentes tipos de situaciones médicas y de emergencias.

En el Ecuador las ambulancias brindan servicios de transporte médico, donde se puede proporcionar cuidados médicos a pacientes que se encuentran lejos de un hospital o bien, para transportar al paciente a un centro médico, donde se pueda seguir de cerca su evolución y practicarle un mayor número de pruebas médicas, además pueden cubrir eventos de riesgo que pueden ocurrir en eventos deportivos extremos, bicicros, motocros, 4x4, competencias pedestres, competencias de contacto, eventos sociales: conciertos, ferias, accidentes de tránsito, etc. Las unidades poseen equipamiento médico móvil, que entre otros a continuación se describen las características de los principales.

5.2.1 Equipamiento de ambulancias

Desfibrilador



Figura 5. 2. Desfibrilador.

Tomado de http://promedentecuador.com/equipo_ambulancia.html?pais=01.

Características principales del desfibrilador

- Guía durante el proceso de reanimación de víctimas de paro cardíaco, indicando los pasos a seguir.
- Pantalla LCD para las indicaciones visuales, como FC² y ECG³ a través de un cable de 3 leads.
- Desfibrilación con forma de onda bifásica rectilínea aprobada por la FDA.
- Permite utilizar baterías desechables de larga duración o baterías recargables de litio.
- Modos de trabajo manual y semiautomático.
- Niveles de energía: 50, 70, 85 para pediátricos y 120, 150, y 200 joules para adultos.
- Permite realizar reanimaciones tanto de adultos como de niños.
- Tiempo de carga menor a 10 segundos.

² La frecuencia cardíaca es el número de contracciones del corazón o Pulsaciones por Unidad de Tiempo

³ Abreviatura de electrocardiograma que es el gráfico que registran los movimientos del corazón y es obtenido por un electrocardiógrafo

Monitor



Figura 5. 3. Monitor.

Tomado de http://promedentecuador.com/equipo_ambulancia.html?pais=01.

Características principales del monitor

- Ritmo cardiaco, ECG de 3 o 5 derivaciones, SpO₂⁴, NIBP⁵, respiración.
- Modos para pacientes neonatales, pediátricos y adultos.
- Modos de monitoreo a intervalos o continuo.
- Batería recargable que dura 24 horas.
- Peso menor a 1 Kg.
- Supresión de la interferencia electroquirúrgica.
- Resistencia a golpes hasta 1,82 m.
- Resistencia al agua IEC 529, Nivel IPX1.
- Certificado por la Fuerza Armada de EEUU, para uso en aeronaves con alas fijas y rotatorias de cualquier tamaño. (MIL STD 461E. Armada:
- CE101, CE102, CS101, CS114, CS115, CS116, RE102, RS103).
- Altura de trabajo permitido de 0 a 4.400 m como mínimo.

⁴ indica el grado de eficacia de un paciente en su respiración y lo bien que el oxígeno está siendo transportado a través del cuerpo.

⁵ Presión arterial no invasiva.

Ventilado de transporte



*Figura 5. 4. Ventilado de transporte.
Tomado de http://promedentecuador.com/equipo_ambulancia.html?pais=01.*

Características principales del ventilador de transporte

- Se controla electrónicamente.
- Funciona como una unidad neumática por ciclos de tiempo de presión limitada con flujo intermitente.
- Amplia gama de volúmenes y de frecuencias respiratorias permiten su uso en adultos / niños.

Compuesto por:

- Mascarilla Spencer Mask med.4.
- Válvula sin retorno.
- Dimensiones: 295 x 160 x h155 mm.
- Peso: 3 Kg.

Con los equipos antes mencionados y otros complementarios como camillas, unidades de succión compacta, sistema para fijación de camillas, etc., las ambulancias realizan sus

operaciones las cuales son coordinadas por el 911, para brindar su contingente en la atención de pacientes en emergencias, como se resume en la Figura 5.5.



Figura 5. 5. Funcionamiento del sistema de coordinación de ambulancias.
Elaborado por Marcelo Alvarez

5.3 Requerimientos del sistema

El presente sistema prototipo cuenta con módulos los cuales se encargaran de las distintas etapas de funcionamiento, cada uno de ellos cuenta con dispositivos electrónicos y de software que permiten emular el comportamiento del monitoreo de los signos vitales dentro de una ambulancia la cual atiende una emergencia médica, para lo cual se ilustra este esquema en la Figura 5.6, para comprender su funcionamiento.



Monitoreo de signos vitales en ambulancia

Revisión de monitoreo de signos vitales por un especialista en centro de salud.

Figura 5. 6. Bosquejo del proyecto.
Elaborado por Marcelo Alvarez

A la izquierda se visualiza el monitoreo de signos vitales en una ambulancia, estos datos serán transmitidos mediante una conexión celular hacia un servidor web, luego se puede visualizar por un especialista en un centro de salud, para un mejor diagnóstico del estado del paciente.

5.3.1 Requerimientos de software

Dentro de los requerimientos de software que se tiene previsto utilizar, son aquellos en los que ayudan en la captura de los signos vitales, para luego ser transmitidos mediante conexión celular hasta un servidor web, el cual permite almacenar la información así como visualizar la misma por medio de internet, facilitando que el diagnóstico sea ajustado a la realidad por parte de un médico especializado. Además se consideró para la selección, herramientas software cuya licencia sea de libre distribución, sin embargo también fue necesario ocupar herramientas propietarias, en cuyo caso se utilizó licencias académicas.

5.3.1.1 Entorno de desarrollo LabVIEW

Este entorno de desarrollo fue seleccionado ya que permite desarrollar sistemas con un lenguaje de programación visual, a su vez es una potente herramienta a la hora de crear sistemas que involucran la combinación de software y hardware. Al tratarse de un diseño de prototipo electrónico para el presente proyecto, se lo utiliza para crear una aplicación que capture los datos de los signos vitales tales como: la temperatura, presión, ritmo cardíaco, etc. por medio de sensores, luego éstos serán enviados utilizando el puerto Ethernet y después procesar esta información mediante la utilización de una Raspberry PI. El funcionamiento se ilustra en Figura 5.7.

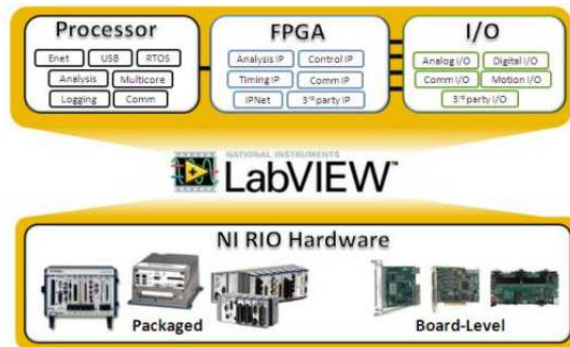


Figura 5. 7. Arquitectura del entorno de desarrollo LabVIEW. Tomado de <http://www.ni.com/white-paper/10894/es/pdf>

5.3.1.2 Sistema Operativo Raspbian

Es un sistema operativo libre basado en Debian que optimiza el hardware de Raspberry Pi, es un sistema que contiene programas básicos y utilidades que hacen funcionar la Raspberry Pi, sin embargo, ofrece más que un sistema operativo puro; viene con 35000 paquetes, programas pre-compilados en un formato que hace más fácil la instalación.

Hay que mencionar que Raspbian no se encuentra afiliada a la Fundación Raspberry Pi. Que fue creado por un equipo de desarrolladores seguidores del hardware Raspberry Pi, los objetivos educativos de la Fundación Raspberry Pi, y por supuesto, el proyecto Debian [26].

Este sistema operativo fue seleccionado por su versatilidad, robustez, además de su similitud con servidores Linux, para facilitar la configuración necesaria para realizar la captura y procesamiento de los datos, para finalmente ser enviados a un servidor web mediante una comunicación celular.

5.3.1.3 Entorno de desarrollo Java

El lenguaje de programación Java, al ser de propósito general y poseer características importantes, tales como: orientación a objetos, independencia de la plataforma, sintaxis parecida a C++, en el presente proyecto permite realizar una aplicación que capture paquetes

TCP, mediante la utilización de sockets, para luego ser procesados y enviados a una base de datos situada en un servidor web.

5.3.1.4 Lenguaje de programación PHP

Es un lenguaje de programación que ayuda a que las páginas web sean más interactivas. Por ejemplo, un sitio web programado con PHP puede tener páginas que están protegidas por contraseña. Extensiones de archivos PHP estándar son: php .php3 o .phtml; un servidor web puede ser configurado para utilizar lenguajes como C, Perl, Java, C ++, e incluso Python.[27]

Se utilizó este lenguaje por considerarlo más flexible, potente y de alto rendimiento. Al optar por PHP como tecnología de servidor. Este lenguaje brinda la posibilidad de realizar una página dinámica que permita visualizar los datos contenidos en una base de datos en un servidor web.

5.3.1.5 Servidor de base de datos MySQL

Se trata de un sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario. MySQL, es muy utilizado en aplicaciones web, como Drupal o phpBB, distintas plataformas como: Linux, Windows, Apache, PHP, Perl, Pytho; además cuenta con herramientas de seguimiento de errores como Bugzilla. Es una base de datos muy rápida en la lectura cuando utiliza el motor no transaccional MyISAM, sin embargo puede provocar problemas de integridad en entornos que contengan alta concurrencia en la modificación de datos.

Ventajosamente en aplicaciones web existe una baja concurrencia con respecto a la modificación de datos, en cambio el entorno es intensivo en lectura de datos, lo que hace a MySQL ideal para aplicaciones desarrolladas en este entorno.

Es ofrecido bajo la GNU GPL para cualquier uso compatible con esta licencia, pero para un uso empresarial donde se pretenda incorporar productos privativos es necesario comprar una licencia específica. [28]

Dentro de las características por las cuales se elige este sistema de gestión de base de datos se encuentran:

- APIs disponibles para C, C++, Eiffel, Java, Perl, PHP, Python, Ruby, Tcl, etc.
- Uso completo de multi-threaded mediante threads del kernel. Pueden usarse fácilmente multiple CPUs si están disponibles.
- Proporciona sistemas de almacenamiento transaccional y no transaccional.
- Relativamente sencillo de añadir otro sistema de almacenamiento
- Un sistema de reserva de memoria muy rápido basado en threads.
- Joins (se usa para combinar dos o más tablas mediante lenguaje SQL) muy rápidos usando un multi-join de un paso optimizado.
- Está disponible como un programa separado para el uso en entorno de red cliente/servidor.
- Está disponible como biblioteca y puede ser incrustado (linkado) en aplicaciones autónomas.
- Existe la posibilidad de acceso remoto mediante el puerto 3306.
- DELETE, INSERT, REPLACE, y UPDATE devuelven el número de filas que han cambiado (han sido afectadas). Es posible devolver el número de filas que serían afectadas usando un flag al conectar con el servidor.
- Las funciones SQL están implementadas usando una librería altamente optimizada y deben ser tan rápidas como sea posible. Normalmente no hay reserva de memoria tras toda la inicialización para consultas.

5.3.2 Requerimientos de hardware

Al tratarse de un proyecto prototipo es necesario tener algunas consideraciones a la hora de seleccionar los dispositivos necesarios para que cumplan con los objetivos planteados, es por

esto que hay que considerar aquellos que representen una inversión mínima, pero con prestaciones suficientemente robustas y seguras.

Los dispositivos electrónicos utilizados cumplen funciones de adquisición de datos, procesamiento de señales, alojamiento y visualización de información, en un entorno simulado para la presentación del proyecto.

5.3.2.1 Raspberry Pi

Es de un ordenador de placa reducida de bajo costo, el cual posee características como: System-on-a-chip Broadcom BCM2835, procesador central, ARM1176JZF-S a 700 MHz (posibilidad de hacer overclock de hasta 1 GHz), procesador gráfico (GPU) VideoCore IV, 512 MiB de memoria SDRAM, usa una tarjeta SD para el almacenamiento permanente, conectividad de red Ethernet, puertos USB 2.0 como se ilustra en la Figura 5.8. Permite darle un tratamiento de computador personal, donde se realiza el procesamiento de la información que deriva de los sensores cuyos datos poseen los signos vitales de una persona en situación de emergencia. Es por esta razón que utilizamos este elemento y al tratarse avance tecnológico de actualidad.[29]

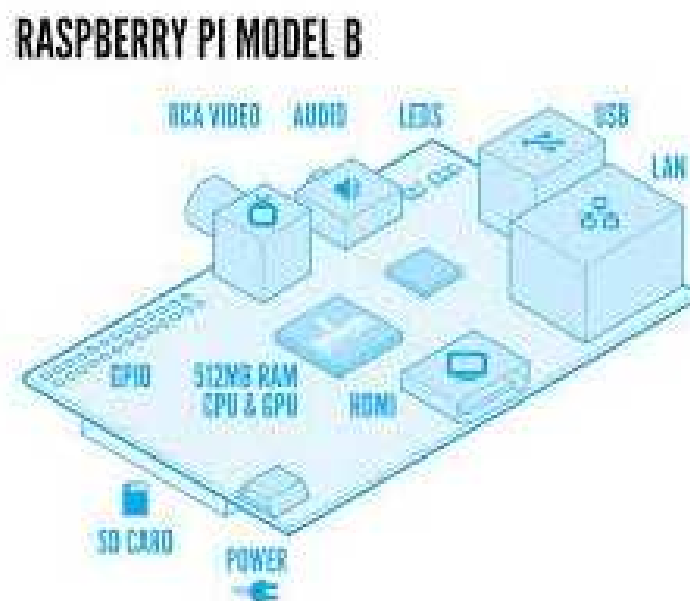


Figura 5. 8. Raspberry Pi Modelo B.
Tomado de <http://www.electronicblog.org/buy-raspberry-pi-in-india/>

5.3.2.2 FPGA (Field Programmable Gate Array)

Constituye un conjunto de bloques lógicos, bloques de entrada y salida; recursos de interconexión, todos configurables donde el código se programa directamente en el hardware, y con la posibilidad de adaptarse a casi cualquier arquitectura. En la figura siguiente se muestra de forma esquemática la arquitectura de una FPGA donde los bloques se encuentran interconectados por una red reconfigurable de pistas.

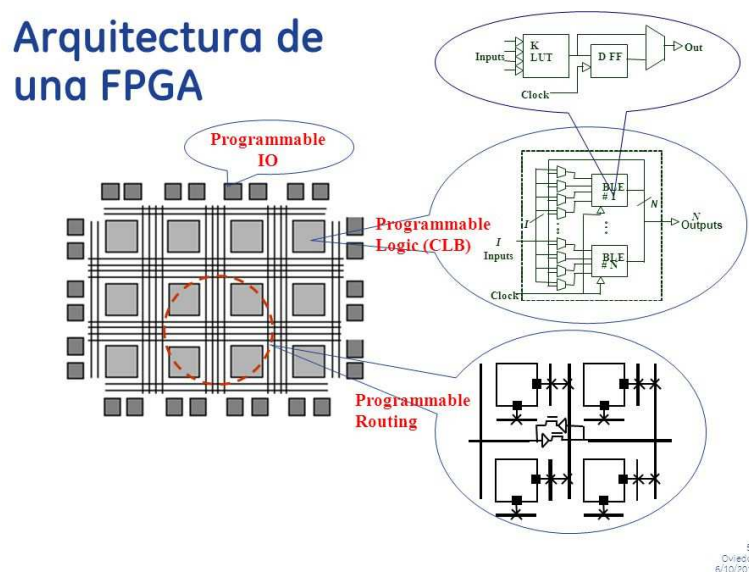


Figura 5. 9. Esquema de la arquitectura de una FPGA.
Tomado de <http://slideplayer.es/slide/1674728/>

Debido al modo de ejecución de flujo de datos que tiene LabVIEW, es considerado adecuado para describir el funcionamiento de un FPGA, consiguiendo un paralelismo a nivel de hardware; por esta y otras razones se realiza la programación respectiva en LabVIEW, para proceder con la captura de datos de signos vitales por medio de los sensores, y luego enviar esta información mediante el puerto Ethernet hacia la Raspberry Pi donde será procesada.[30]

5.3.2.3 sbRIO-9636

Es un dispositivo Embebido con E/S Analógica y DIO, tiene también un LX45 FPGA que puede ser reconfigurable por el usuario. Posee un procesador industrial de 400 MHz, 16 canales en una sola terminal, además de 8 canales diferenciales de entrada analógica de 16 bits a 200 kS/s por último se puede mencionar que tiene cuatro canales de salida analógica de 16 bits y 28 líneas de E/S digital (DIO) como se muestra en la Figura 5.10.



*Figura 5. 10. Tarjeta sbRIO-9636.
Tomado de <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/210421>*

El sbRIO-9636 ofrece un rango de temperatura de operación ambiente y local de -40 a 85 °C, junto con un rango de entrada de suministro de potencia de 9 a 30 VDC. Brinda 256 MB de DRAM para operación embebida y 512 MB de memoria no volátil para almacenamiento de programas y registro de datos.

El sbRIO-9636 tiene un puerto de Ethernet integrado de 10/100 Mbits/s que se puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y servidores de archivos (FTP). También tiene puertos USB, CAN, SDHC, seriales RS232 y seriales RS485 para controlar dispositivos periféricos.

El sbRIO-9636 está diseñado para ser fácilmente embebido en aplicaciones de alto volumen que requieren flexibilidad, fiabilidad y alto rendimiento, ideales para aplicaciones de volumen bajo, medio y rápida generación de prototipos.

Especificaciones Técnicas de sbRIO-9636

Entrada Analógica	
Número de Canales	16
Resolución de Entrada Analógica	16 bits
Muestreo Simultáneo 	No
Rango de Voltaje Máximo	-10 V - 10 V
Salida Analógica	
Número de Canales	4
Resolución	16 bits
Rango de Voltaje Máximo	-10 V - 10 V
E / S Digital	
Canales Bidireccionales	28
Niveles Lógicos	3.3 V
FPGA Reconfigurable	
FPGA	Spartan-6 LX45
Controlador Reconfigurable	
Memoria No Volátil	512 MB
Memoria del Sistema	256 MB
Procesador	PowerPC de 400 MHz
Eléctrico	
Rango de Voltaje de Salida (Fuente Externa)	9 V - 30 V
Especificaciones Físicas	
Longitud	15.4 cm
Ancho	10.3 cm
Conector de E / S	50-pin IDC
Temperatura de Operación	-40 °C - 85 °C

Tabla 5.1. Especificaciones técnicas de sbRIO-9636.
Tomado de <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/210421>

Otra de las opciones que se consideró para el diseño de una tarjeta para adquisición de datos, es la elaboración de una tarjeta que sirva de concentradora de distintos puertos de comunicación, esta idea se desechó ya que no se contaba con la experticia necesaria para la implementación de dicho dispositivo.

5.4 Selección de las tecnologías de comunicaciones

En el año 2000 se introdujo la tercera generación del sistema de comunicaciones móviles, en la cual se ofrecieron las redes 3G (Tercera Generación) para solucionar muchos de los problemas presentados por las redes 2G y 2.5G, en particular las tecnologías de baja velocidad e incompatibilidades tales como el Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) y el Acceso Múltiple por División de Código (CDMA). La velocidad de la tecnología 3G es de 125kbps a 2Mbps.

Entre las características más importantes de la tecnología 3G es que proporciona mayores tasas de transmisión de datos y la capacidad de aumento de la velocidad. Esta generación utiliza la tecnología de conmutación de paquetes, que es más eficaz y más rápido que los sistemas de conmutación de circuitos anteriores, pero requiere una infraestructura diferente a los sistemas de 2G.

Debido a una mayor velocidad de datos y el ancho de banda los teléfonos móviles ofrecen aplicaciones multimedia y acceso a Internet móvil. 3G ofrece características novedosas como la navegación Web, correo electrónico, transmisión de TV, video conferencia, paginación; mejora la velocidad y el tiempo de descarga. El propósito de la 3G es ofrecer más cobertura y la evolución con la inversión más baja[31].

Características de las Generaciones	1G	2G	3G	4G	5G
Años	1980s	1990s	2000s	2010s	2020s
Ancho de banda	2Kbps	64Kbps	2Mbps	200Mbps	1Gbps
Normas	AMPS	TDMA, CDMA, GSM, GPRS	WCDMA	Normas individuales unificadas	Normas individuales unificadas
Tecnología	Celular Análoga	Celular Digital	Banda ancha CDMA, tecnología IP	IP unificada y combinación de banda ancha, LAN, WAN y WLAN	IP unificada y combinación de banda ancha, LAN, WAN y WLAN, WWW
Servicios	Tecnología móvil (voz)	Voz Digital, SMS, alta capacidad de paquetización	Integración de alta calidad de audio, video y datos	Acceso dinámico a la información, dispositivos portables	Acceso dinámico a la información, dispositivos portables con capacidades de inteligencia artificial
Multiplexación	FDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Conmutación	Circuito	Circuito y Paquete	Paquete	Todo paquete	Todo paquete

Tabla 5.2. Comparativa de las generaciones de comunicación móvil.
Tomado de [32].

Tomando en cuenta las características anteriores se eligió la tecnología de comunicación de tercera generación (3G), por sus bondades, evolución tecnológica y además porque la velocidad de transmisión es de 2Mbps, siendo que el diseño se prevé una transmisión de datos no mayor a 2Kb por unidad de tiempo, Tabla 5.4, a pesar de que existen tecnologías de comunicación con mejores características, Tabla 5.2, es importante mencionar que en nuestro país la cobertura 3G es la que mayor grado de penetración presenta y la misma permite llegar a más puntos geográficos, en los cuales se pueda presentar una emergencia, además existen dispositivos de comunicación compatibles con Raspinberry Pi, el cual se emplea en el diseño del prototipo.

5.4.1 Equipo de comunicación 3G – modem ZTE MF100

Permite una conexión a Internet de manera inalámbrica y rápida, navegando libremente desde una Laptop o PC mediante la red 3G, entre otras las funcionalidades más importantes que se toma en cuenta para el presente proyecto son: transferencia HSDPA3.6Mbps hacia abajo el soporte de carga, banda ancha HSDPA / UMTS / WCDMA: 2100MHz, compatibilidad con EDGE / GPRS / GSM 1900/1800/900/850 MHz, antena interna y USB 2.0HS, Micro SD ranura de la tarjeta y servicio de SMS, tamaño: 66 x 25 x 10,9 mm, soporte para Windows 2000/XP/Vista, Win7, Linux, Mac [33], Figura 5.11. También se consideró el módem HUAWEI E3531, el cual también cumple con los requerimientos de diseño, pero lamentablemente no es compatible con el

equipo Raspberry Pi por la falta de controladores adecuados y es por esto que se lo desechó y se eligió la primera opción.



*Figura 5. 11. Modem ZTE MF100.
Tomado de <http://yaathracomputers.blogspot.com/2010/05/zte-mf100-3g-hsdpa-modem.html>*

5.5 Servidor Web remoto

Para el presente proyecto se emplea un servidor web remoto, el cual se encuentra configurado Apache y el motor de base de datos MySQL, dicho servidor se encuentra en www.hostinger.es y tiene las siguientes características:

- CPU: 2.4Ghz
- RAM: 1Gb
- HDD: 20Gb
- Ancho de Banda: 1000Gb
- Precio mensual 6,99 € [34]

Se eligió esta opción ya que no se cuenta con un servidor físico que cubra nuestras necesidades, tampoco se cuenta con el recurso económico para adquirir todo el equipamiento para las pruebas correspondientes, y es por esta razón que se eligió un servidor que se lo pudo arrendar en línea.

5.6 Diseño del prototipo para asistencia remota en ambulancias

El diseño se centra principalmente en la posibilidad de construir un prototipo de monitoreo de signos vitales, que entre otras cosas pueda ser implementado e implantado en una ambulancia a futuro, tomando en cuenta las normas y estándares correspondientes al ámbito de la salud.

Es por esto que se inicia con el diseño macro del prototipo, el cual se lo presenta seguidamente mediante un diagrama de bloques.

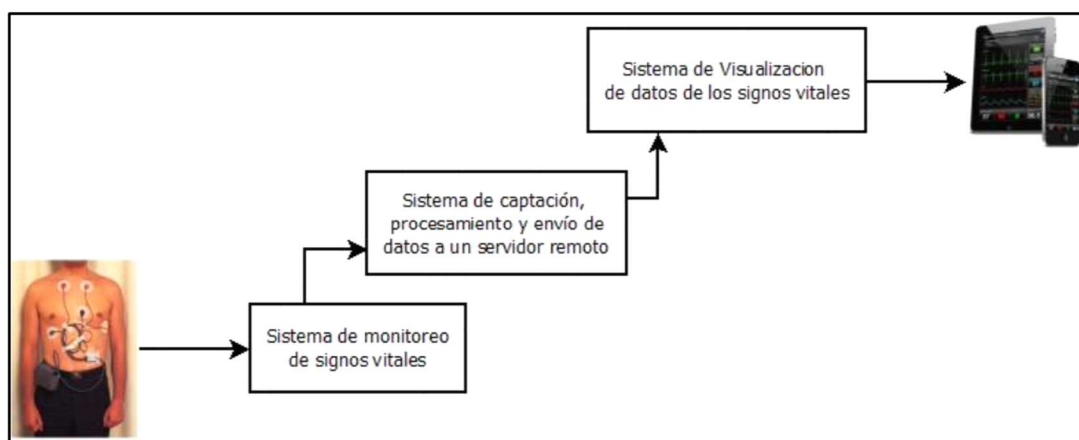


Figura 5. 12. Diagrama esquemático del prototipo de telemetría para asistencia remota en ambulancias. Elaborado por Marcelo Alvarez

Sistema de monitoreo de signos vitales.- Se encarga de obtener los signos vitales de los pacientes en emergencia que se encuentran en una ambulancia mediante la utilización de sensores de la presión, temperatura y el ritmo cardiaco, es importante mencionar que esta adquisición se realiza utilizando una tarjeta sbRIO-9636 y FPGA.

Sistema de captación, procesamiento y envío de datos a un servidor remoto.- Los datos captados en el sistema de monitoreo de signos vitales, se envían a través de Ethernet a un sistema encargado de tomar esos datos y enviarlos a un servidor remoto para alimentar una base de datos, este sistema se lo realizará en la Raspberry Pi junto con desarrollo en Java.

Sistema de Visualización de los datos de los signos vitales.- A partir de la información almacenada en la base de datos como es: la temperatura, el ritmo cardiaco y la presión de los

pacientes en una ambulancia, se podrá visualizar esta información en una aplicación web que permita a los médicos poder brindar su diagnóstico con datos de los pacientes que se encuentran en una ambulancia. Se tomó la decisión de realizarlo con entorno web ya que es posible visualizarlo desde cualquier parte donde se encuentre el médico especialista.

5.6.1 Sistema de monitoreo de signos vitales

Los signos vitales generan señales de naturaleza analógica las cuales deben ser capturadas por medio de sensores, estos datos luego deben ser digitalizados para poder procesarlos y manipularlos en lo posterior.

5.6.1.1 Medición de Temperatura

La medición de la temperatura es fundamental antes de cualquier proceso médico, ya que puede determinar algún tipo de infección que pudiese padecer el paciente y en una emergencia médica, podría ayudar a recetar el medicamento adecuado, es por esto que se puede utilizar un sensor de temperatura superficial, para conocer el estado del paciente en este aspecto.

Existen muchos modelos en el mercado de sensores de temperatura como por ejemplo el modelo Temperature Chain TC-01, cuyas especificaciones son:

Standard specifications

Parameter	Unit	Value
Temperature accuracy ¹	°C	1
Temperature sensitivity	pm/°C	10 (typical)
Temperature range ²	°C	-10 to +85
FBG wavelength ³	nm	1510 to 1590
Capillary diameter	mm	3
Capillary length	m	On request
Capillary material	-	SS316L
Pigtail diameter	mm	3
Pigtail length ⁴	m	1.5
Number of sensors	-	On request
Distance between sensors	-	On request
Connector type	-	FC/APC
Water tightness	-	IP68

Tabla 5.3. Especificaciones de sensor de temperatura.

Tomado de http://www.zse.de/download.cfm/download/1/pr_do_id/5701164E408664441/path/

Dentro de la gama de sensores de temperatura existentes en el mercado, se ha seleccionado el de temperatura superficial, debido a que posee un termistor expuesto lo que significa que se tendrá un tiempo de respuesta rápido, además se puede utilizar de igual manera en condiciones secas como en presencia de humedad, lo cual favorece en situaciones de emergencia.



*Figura 5. 13. Sensor de temperatura.
Tomado de http://virtualinstruments.com.mx/Sensores_de_temperatura.html*

Especificaciones del sensor de temperatura seleccionado

Rango de temperatura: -40 a 135 ° C (-40 a 275 ° F)

La temperatura máxima que el sensor puede tolerar sin daño: 150 ° C

Resolución (LabQuest 2, LabQuest, LabQuest Mini, Ir Link, LabPro!):

- 0,17 ° C (-40 a 0 ° C)
- 0,03 ° C (0 a 40 ° C)
- 0,1° C (40 a 100 ° C)
- 0,25 ° C (100 a 135 ° C)

Sensor de temperatura: 20 kW Termistor NTC

Precisión: $\pm 0,2$ ° C a 0 ° C, $\pm 0,5$ ° C a 100 ° C

Tiempo de respuesta (tiempo de cambio del 90% en la lectura):

- 10 segundos (en el agua, con agitación)

- 400 segundos (en aire)
- 90 segundos (en el aire en movimiento)

Dimensiones de la sonda:

- Longitud de la sonda (mango más cuerpo): 15,5 cm
- Cuerpo de acero inoxidable: longitud 10,5 cm , diámetro de 4,0 mm
- Mango de la sonda: longitud 5,0cm , diámetro de 1,25 cm

5.6.1.2 Presión arterial

Es muy importante controlar la presión arterial ya que indica el comportamiento cardiovascular del paciente, además en un paciente que ha sido víctima de algún accidente puede indicarnos el riesgo que puede tener de insuficiencia renal crónica, ceguera, accidente cerebro-vascular, entre otros.

De la misma forma que para la temperatura, se escogió un sensor de presión arterial el cual brinda la presión sistólica, diastólica y media de la presión arterial mediante la técnica de oscilometría. Es posible también obtener la información de la frecuencia del pulso. Otro de los puntos importantes por los cuales se escogió este sensor es por ser no invasivo lo que implica que no es un instrumento que penetra físicamente el cuerpo humano.



Figura 5. 14. Sensor de presión arterial.

Tomado de <http://spanish.alibaba.com/product-gs/u-s-vernier-blood-pressure-sensor-sphygmomanometer--1860200236.html>

El sensor activo en esta unidad es el transductor de presión BPS-BTA. Que tiene una membrana que se flexiona con los cambios de presión. Con este sensor se puede medir presión diferencial.

El sensor produce un voltaje de salida que varía con la presión medida en el brazalete, incluye un circuito para minimizar los errores causados por cambios de temperatura, además proporciona un circuito amplificador que condiciona la señal desde el transductor de presión. Con este circuito, la tensión de salida de la sangre será lineal con respecto a la presión.

Especificaciones del sensor de presión arterial

Linealidad: 0,2%(% f. S.⁶)

Lentitud: 0,2%(% f. S.)

Capacidad de repetición: 0,1%(% f. S.)

Sensibilidad: 100 sutil

Deriva: no hay

Resolución: 0,01- mm hg⁷

Esfigmomanómetro⁸: en línea de sangre del sensor de presión

5.6.1.3 ECG y ritmo cardiaco

El sensor ECG seleccionado, permite medir las señales eléctricas que se producen mediante las contracciones musculares, es por esto que se puede usar para realizar trazos de ECG de 3 derivaciones estándar, es muy importante en una emergencia porque permite detectar alteraciones inflamatorias del corazón y pericardio (membrana fibrosa de dos capas que envuelve al corazón y a los grandes vasos separándolos de las estructuras vecinas).

La forma en cómo se debe realizar la toma de datos de ECG es mediante la colocación de tres electrodos, los cuales se adhieren al paciente, además es muy importante despojar al paciente de los objetos metálicos que pudiere alterar el registro del sensor.

⁶ Flujo Sanguíneo

⁷ Milímetros de mercurio.

⁸ Aparato diseñado a partir de columnas de mercurio que se desplazan sobre una banda milimetrada.

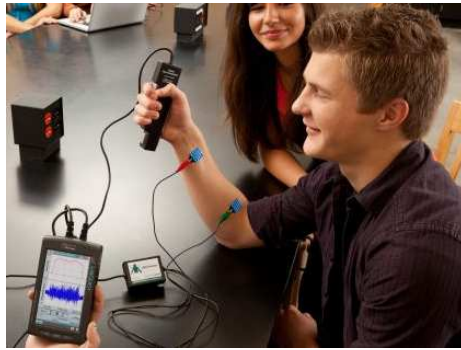


Figura 5. 15. Sensor EKG.
 Tomado de <http://www.vernier.com/products/sensors/ekg-bta/>

Especificaciones del sensor EKG

Fuente de entrada Rango Potencial: ± 30 V

Fuente de entrada Rango de corriente: ± 1.000 mA

5.6.2 Tratamiento y almacenamiento de señales

Como se dijo en el apartado anterior es necesario que las señales sean tratadas, ya que al ser analógicas pueden cambiar dependiendo de las variaciones eléctricas y físicas generadas por el cuerpo humano.

Uno de los principales problemas al momento de captar las señales biomédicas, son los valores que provienen de la amplitud y frecuencia de las mismas, esta amplitud generalmente es muy pequeña y se encuentra mezcladas con ruido que en algunos casos supera los valores de la señal original, por esta razón es necesario acondicionar y amplificar las señales.

Temperatura

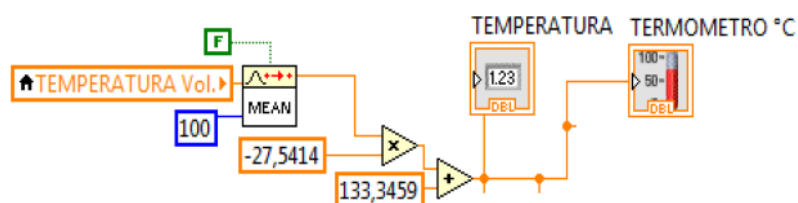


Figura 5. 16. Algoritmo en LabView para acondicionamiento de la temperatura.
 Tomado de [35]

Para obtener medidas precisas y confiables, es necesario acondicionar la señal para lo cual requiere diseñar un sistema de medidas adecuado para el sensor de temperatura, este diseño debe considerar parámetros como amplificación, aislamiento, filtros, excitación, precisión, resolución y compensación de junta fría.

Amplificación

Las señales de salida desde los sensores de temperatura generalmente se encuentran en razón de milivoltios, por lo que se hace necesario amplificar la señal previniendo el ruido.

Aislamiento

Éste ayuda a prevenir lazos a tierra, lo que permite mejorar radicalmente el rechazo de voltaje en modo común.

Filtrado

El filtro pasa bajo es utilizado comúnmente para eliminar efectivamente el ruido de alta frecuencia en medidas de temperaturas. Ejemplo de ellos son los filtros pasa bajo, útiles para eliminar el ruido de línea de potencia de 60 Hz que se presenta comúnmente en varios laboratorios y plantas.

Excitación

Los detectores de resistencia de temperatura RTD (*resistance temperature detector*) y los termistores son dispositivos sensibles, se debe administrarles una corriente de excitación y luego leer el voltaje a través de sus terminales. Si el calor adicional no se puede disipar, el calentamiento causado por la corriente de excitación puede incrementar la temperatura del elemento de detección arriba de la temperatura ambiente. Se puede minimizar los efectos de auto calentamiento al administrar menor corriente de excitación.

Precisión y Resolución

Para seleccionar el sensor y el hardware de adquisición de datos adecuados, se debe conocer los requerimientos de precisión y resolución. Sin embargo los filtros y la amplificación pueden mejorar significativamente la precisión de las medidas de los termopares, los RTDs y los termistores son conocidos por generar lecturas más precisas.

Compensación de Junta Fría

Compensación de junta fría CJC (*cold junction compensation*) es una tecnología requerida para medidas precisas de termopares. Un voltaje es generado en la conexión entre el termopar y la terminal de su dispositivo de adquisición de datos. Al calcular la precisión del sistema hay que recordar que este error puede ser significativo y debe ser considerado [36].

Presión arterial

En general los sistemas de adquisición de datos basados en PC se usan en un amplio rango de aplicaciones de laboratorio, además existen los dispositivos DAQ (*Data Acquisition*) que son instrumentos de propósito general diseñados para medir señales de voltaje, ya que la mayoría de sensores y transductores generan señales que deben ser acondicionadas antes de que un dispositivo DAQ pueda adquirir con precisión la señal.

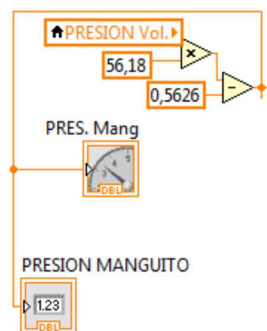
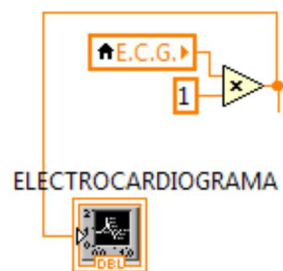


Figura 5. 17. Algoritmo en LabView para acondicionamiento de la presión arterial. Tomada de [35]

ECG y ritmo cardiaco

Este procesamiento conocido como acondicionamiento de señal, incluye funciones como amplificación, filtrado, aislamiento eléctrico, multiplexación; y es aplicable tanto a las señales de presión cuanto a los de ECG. Además, existen otros sensores que requieren de excitación de voltaje o corriente y completar una configuración de puente, linearización o amplificación para que puedan operar de manera correcta.



*Figura 5. 18. Algoritmo en LabView para acondicionamiento del ECG.
Tomado de [35]*

5.6.2.1 Transmisión de signos vitales

Luego de acondicionar las señales, estas deben ser transmitidas del FPGA hacia la tarjeta Raspberry Pi, esta transmisión se realiza mediante la utilización de sockets en Labview donde permite la construcción de la trama TCP/IP, de cada uno de los datos de los signos vitales como son la temperatura, presión y ECG. Es importante mencionar que por medio de la tarjeta FPGA es posible realizar transmisión de datos a través de los puertos RS232 o mediante Ethernet, se decidió hacerlo mediante el puerto Ethernet, ya que RS232 soporta velocidades de transferencia menores a las de Ethernet.

Las señales de los signos vitales son captadas por la tarjeta FPGA donde se debe seleccionar las entradas analógicas, para lo cual se define los espacios de memoria, tanto para los datos enteros

como para los decimales de cada uno de los sensores, luego se define un bucle repetitivo infinito donde se realiza la adquisición de datos, como se muestra a continuación en la Figura 5.19[35].

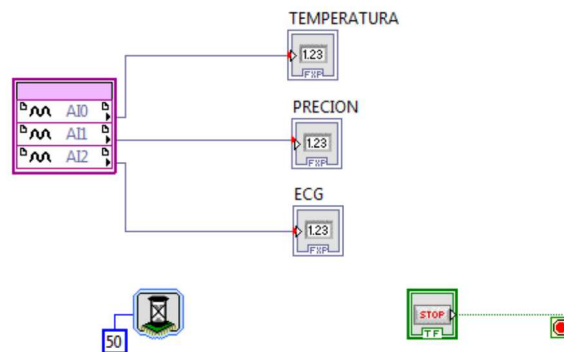


Figura 5. 19. Adquisición de datos con FPGA.
Tomado de [35]

Al transmitir los signos vitales, es primordial realizar el cálculo de información que se va a enviar hacia la Raspberry Pi, es por esta razón a continuación se realiza el análisis de cada uno de los sensores que intervienen en el presente diseño:

Temperatura.- De los valores obtenidos por el sensor, se toma 100 datos de temperatura por segundo, de estos se realiza un promedio para minimizar las posibles variaciones de dicha temperatura y finalmente se lo trasmite como un dato de 8 bits que equivalen a un byte.

Presión.- De una forma similar de cómo se trabaja con el sensor de temperatura, se toma los picos máximos y mínimos obtenidos del sensor de presión, se envía el dato de la presión sistólica y diastólica cada segundo, pero esta información se actualiza al transcurrir un minuto, lo cual consume 1 byte para cada medición.

ECG.- Finalmente en este caso se realiza un monitoreo donde se envía 1000 muestras por segundo, para ir graficando la señal de ECG, por lo tanto la cantidad de información que se debe manejar es de un 1 Kb.

Sensor	Tamaño de datos
Temperatura	1 byte
Presión	2 bytes
ECG	1000 bytes
Total	1003 bytes

*Tabla 5.4. Cantidad de datos transmitidos.
Elaborado por Marcelo Alvarez*

El Servidor

Se desarrolla un algoritmo que permita transmitir datos a través de la red, estos datos serán enviados cuando se abra la conexión utilizando un puerto especificado, donde también existirá un cliente el cual recibirá dichos datos. Para lo cual se emplea funciones para la escucha, escritura y estado de la conexión, como se muestra a continuación.

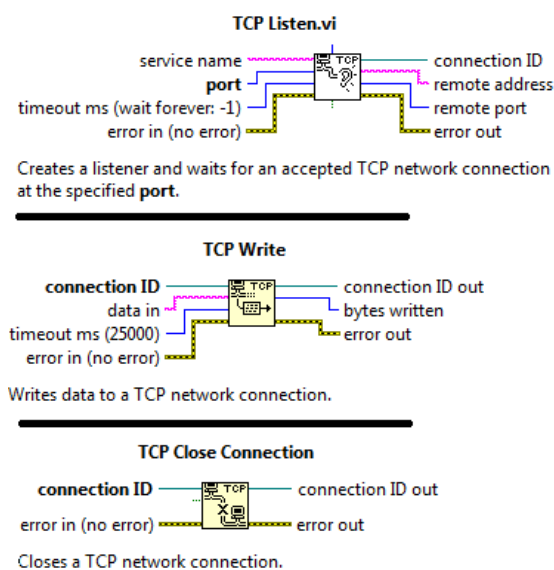


Figura 5. 20. Manipulación de sockets en LabView.

Tomada de <https://sites.google.com/site/controltechnologyperu/home/Tutoriales/tutorial-labview/comunicacion-por-tcp>

TCP Listen.- Esta función crea una escucha para captar una conexión TCP por el puerto que se asignará el Cliente.

TCP Write.- En este bloque se envía los datos mediante una conexión TCP. Los que se necesita para conectar es el ID dado por el bloque que escucha, los datos que se desea enviar van en data

in, es posible enviar en primer lugar el tamaño de la data y en segundo la data propiamente dicha.

TCP Close Connection.- Por último es necesario cerrar la conexión del puerto, por esta razón se coloca fuera del bucle repetitivo.

5.6.2.2 Captación de signos vitales

Para captar los datos de las señales enviadas por la FPGA, es necesario tomar en cuenta que se deber realizar un programa en Java en la Raspberry Pi, que permita configurar las características definidas en el servidor en LabView mediante sockets, como se muestra a continuación.

```
1 byte[] datos = new byte[256];
2 while (true) {
3     try (Socket socket = new Socket("192.168.0.1", 5000)) {
4         DataInputStream dis = new DataInputStream(socket.getInputStream());
5         dis.read(datos, 0, datos.length);
6         String mensaje = new String(datos);
7         System.out.println(mensaje);
8         dis.close();
9     }
10 }
```

*Figura 5. 21. Código en lenguaje Java para capturar datos mediante sockets.
Realizado por Marcelo Alvarez*

El código antes mostrado permite lo siguiente:

- 1.- Crear una variable de tipo byte que permita almacenar la información recibida de los signos vitales.
- 2.- Genera un bucle infinito que permite capturar los datos enviados por el sistema de monitoreo de signos vitales.
- 3.- Instanciar un objeto Socket que se conecte al FPGA con la definición de la dirección IP y el puerto correspondiente.
- 4.- Creamos un flujo de entrada asociado al socket para que nos permita manipular los datos.

5.- Mediante el método `read()` capturamos la información de los datos.

6.- Finalmente cerramos la conexión del flujo del socket.

5.6.3 Configuración de Raspberry pi para ejecutar aplicaciones Java

Antes de iniciar con la configuración mencionada es necesario instalar Java en la Raspberry pi, para lo cual se procede a descargar el JDK compatible para procesadores Linux ARM desde la página del autor:

Java SE Development Kit 8 Update 33 for ARM		
You must accept the Oracle Binary Code License Agreement for Java SE to download this software.		
Thank you for accepting the Oracle Binary Code License Agreement for Java SE; you may now download this software.		
Product / File Description	File Size	Download
Linux ARM v6/v7 Hard Float ABI	76.67 MB	jdk-8u33-linux-arm-vfp-hflt.tar.gz

*Figura 5. 22. Descarga de JDK para ARM correspondiente.
Tomada de <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-arm-downloads-2187472.html>*

Luego se procede a descomprimir el archivo según la localización donde se encuentre de la siguiente manera.

```
$ tar -xzf jdk-8u33-linux-arm-vfp-hflt.tar.gz
```

Finalmente, se añade JAVA al PATH para que se pueda ejecutar desde cualquier directorio.

```
$ PATH=/usr/local/jdk1.8.0/bin:$PATH
```

Para comprobar que se encuentra instalado.

```
$ java -versión
```

Una vez instalado Java en la Raspberrypi, es necesario crear la aplicación en una herramienta de desarrollo adecuada, para lo cual se recomienda dos de ellas, como son Netbeans o Eclipse.

Luego de realizada la aplicación se tiene que ubicar el archivo .jar que se encuentra dentro de la carpeta /dist ubicada dentro de la carpeta del proyecto correspondiente.

Lo que procede luego es copiar el archivo .jar en la raspberry pi para lo cual se recomienda crear una carpeta de trabajo dentro de home y se lo ejecuta con el comando.[37]

```
$ java -jar ECGProyecto.jar
```

5.6.4 Configuración de modem ZTE MF100

La configuración del modem 3G, inicia instalando el protocolo point-point mediante el comando:

```
$ sudo apt-get install ppp
```

Seguidamente debemos crear e ingresar en la carpeta.

```
$ mkdir ~/3g && cd ~/3
```

Luego debemos descargar el paquete **sakis3g** compatible para la plataforma ARM de la Raspberry Pi desde <http://sourceforge.net/projects/vim-n4n0/files/sakis3g.tar.gz/download>, copiamos y descomprimimos el archivo en la carpeta antes creada.

```
$ gunzip -d sakis3g.tar.gz
```

```
$ tar xvf sakis3g.tar
```

```
$ chmod +x sakis3gz
```

Luego debemos conectar el modem a la Raspberry Pi, y esperar a que sea registrado y conectado a la red 3G, digitamos en consola **lsusb** para saber si la tarjeta lo reconoce en este caso sería:
ZTE WCDMA Technologies MSM.

```
pi@raspberrypi ~ $ lsusb
Bus 001 Device 002: ID 0424:9512 Standard Microsystems Corp.
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
Bus 001 Device 003: ID 0424:ec00 Standard Microsystems Corp.
Bus 001 Device 004: ID 1a40:0201 Terminus Technology Inc. FE 2.1 7-port Hub
Bus 001 Device 005: ID 19d2:2000 ZTE WCDMA Technologies MSM MF627/MF628/MF628+/MF636+
HSDPA/HSUPA
Bus 001 Device 006: ID 04d9:2519 Holtek Semiconductor, Inc.
```

Figura 5. 23. Detección del modem 3G.
Elaborado por Marcelo Alvarez

Es importante ejecutar el comando **dmesg** para que la Raspberry Pi lo reconozca como un USB en este caso lo reconoce y se debe identificar el **idVendor** 19d2 y el **idProduct** 2000.

```
188.277540] usb 1-1.3.6: USB disconnect, device number 5
194.662526] usb 1-1.3.6: new high-speed USB device number 7 using dwc_otg
194.764964] usb 1-1.3.6: New USB device found, idVendor=19d2, idProduct=2000
194.764978] usb 1-1.3.6: New USB device strings: Mfr=3, Product=2, SerialNumber=4
194.764988] usb 1-1.3.6: Product: ZTE WCDMA Technologies MSM
194.764997] usb 1-1.3.6: Manufacturer: ZTE, Incorporated
```

Figura 5. 24. Identificación de modo de almacenamiento.
Elaborado por Marcelo Alvarez

Ahora es necesario instalar el programa `usb_modeswitch` mediante la instrucción:

```
$ sudo apt-get install usb-modeswitch
```

Más tarde se ubica la carpeta `/etc/usb_modeswitch.d` y se ejecuta el siguiente comando:

```
$ grep -C2 MF /lib/udev/rules.d/40-usb_modeswitch.rules
```

Es posible agregar el resultado en un fichero `.txt` como sigue:

```
$ grep -C2 MF /lib/udev/rules.d/40-usb_modeswitch.rules >>
```

```
interruptor.txt
```

```
$ nano interruptor.txt
```


Luego de estos pasos se debe ejecutar nuevamente el comando `dmesg`, para confirmar que se detecta un modem 3G, ahora vamos a ejecutar el programa `sakis3g` y seguimos los siguientes pasos:

- 1) `sudo ./sakis3g –interactive`
- 2) En el menú que se despliega seleccionamos `Connect with 3G`
- 3) Seguidamente seleccionamos `USB device`
- 4) Lo que permitirá identificar `ZTE WCDMA Technologies MSM` y lo seleccionamos
- 5) Luego aparece la opción `Custom APN`
- 6) Y configuramos el APN correspondiente a la operadora
- 7) Finalmente el usuario y la contraseña

Nota.- Si no se conecta por favor reiniciar el equipo y repetir los pasos. [38]

5.6.5 Transmisión de datos

Para realizar la transmisión de datos desde la Raspberry Pi hacia un servidor remoto, hay que tener algunas consideraciones en Java. En primer lugar debemos asegurarnos de que existe el correspondiente driver de conexión para el motor de base de datos, en este caso se usa `MySQL` y luego adicionar la librería a nuestra aplicación. Para luego codificar la conexión a la base, en el presente diseño se considera un servidor perteneciente a *“www.hostinger.es”*, se utilizó éste debido a que es un servidor que se puede adquirir en línea y tiene todos los servicios necesarios para el diseño como ya se indicó anteriormente.

```

public class conexion {
1  static String bd = "u938210921_ecgdb";
2  static String login = "u938210921_root";
3  static String password = "marcelo";
4  static String url = "jdbc:mysql://185.28.20.10:3306/" + bd;
  Connection conn = null;
  public conexion() {
    try {
5      Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
      conn = DriverManager.getConnection(url, login, password);
      if (conn != null) {
        System.out.println("Conexión a base de datos " + bd + ". listo");
      }
    } catch (SQLException e) {e.printStackTrace();
    } catch (ClassNotFoundException e) {System.out.println(e);
    }
  }
}

```

*Figura 5. 27. Codificación de conexión de base de datos.
Elaborado por Marcelo Alvarez*

Descripción del código:

- 1.- Define el nombre de la base de datos
- 2.- Es el nombre de usuario para poder conectarse a la base de datos remota.
- 3.- La contraseña para conectarse a la base de datos remota.
- 4.- Dirección de la base de datos y puerto para la conexión remota en "www.hostinger.es".
- 5.- Conexión utilizando el driver correspondiente a MySQL.

Finalmente se encuentra codificado el control de excepciones mediante try- catch, para que en algún caso de error se pueda controlar dicha excepción.

Una vez conectado a la base de datos es necesario enviar cada uno de los datos de los signos vitales a una tabla que se encuentra en servidor, mediante codificación en Java.

```

try(PreparedStatement pstmt
= con.getConnection().prepareStatement("insert into "
+ "tablaecg(tempe, presionSisto, presionDiasto, ritmoCardiaco, ecgTiempo, ecgAmpli) "
+ " values(?,?,?,?,?,?)"); {
pstmt.setString(1, tempe);
pstmt.setString(2, presionSisto);
pstmt.setString(3, presionDiasto);
pstmt.setString(4, ritmoCardiaco);
pstmt.setString(5, ecgTiempo);
pstmt.setString(6, ecgAmpli);
pstmt.execute();
pstmt.close();
} catch (SQLException e) {
System.out.println(e);
}

```

**Figura 5. 28. Codificación para insertar datos en la tablaecg de la base de datos.
Elaborado por Marcelo Alvarez**

Como se puede observar, mediante instrucciones SQL realizamos el envío de datos a los campos de la tablaecg del servidor remoto de la base de datos MySQL que se encuentra alojada en un servidor de “www.hostinger.es”.

5.6.6 Almacenamiento de datos

Para poder almacenar los datos que provee el sistema de telemetría es necesario crear una base de datos en un servidor remoto (www.hostinger.es), mediante la utilización de la herramienta phpMyadmin, donde definiremos los campos de almacenamiento de cada uno de los datos de signos vitales del paciente, se cree conveniente realizarlo de esta manera ya que si existe alguna necesidad de volver a analizar los datos del paciente. Se podría en un futuro desarrollar un histórico de los mismos.

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos
<input type="checkbox"/>	1 tempe	double		
<input type="checkbox"/>	2 presionSisto	double		
<input type="checkbox"/>	3 presionDiasto	double		
<input type="checkbox"/>	4 ritmoCardiaco	double		
<input type="checkbox"/>	5 ecgTiempo	double		
<input type="checkbox"/>	6 ecgAmpli	double		

**Figura 5. 29. Estructura de la base de datos.
Elaborado por Marcelo Alvarez**

5.6.7 Visualización de signos vitales

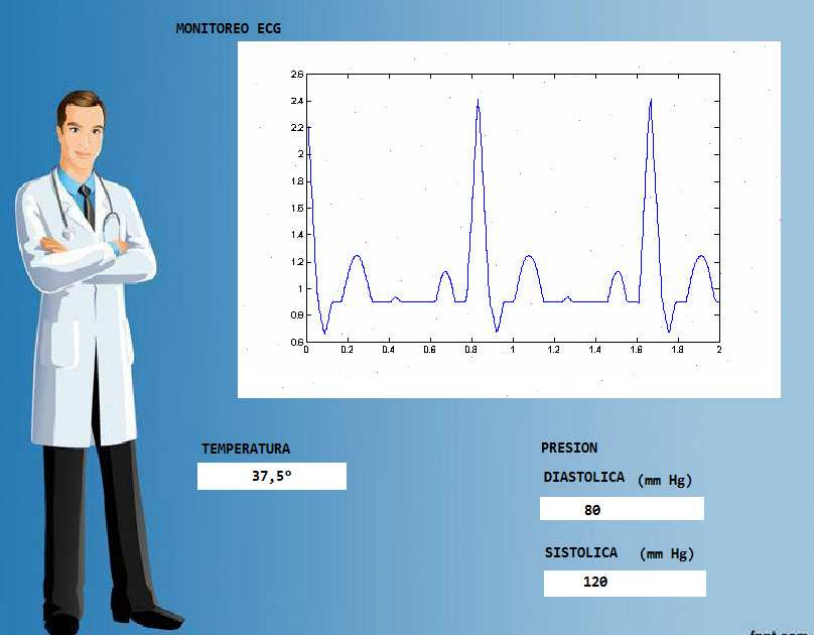
Dentro del diseño está contemplado la visualización de los signos vitales de pacientes, esto se realiza luego de tener almacenada la información del paciente en la base de datos u938210921_ecgdb, que se encuentra en un servidor remoto donde está configurado el servicio web Apache, con configuraciones para lenguaje de programación de páginas dinámicas como lo es PHP y motor de base de datos MySQL.

Para poder visualizar la información en primer lugar se debe extraer los datos de la base con las instrucciones adecuadas en PHP como sigue.

```
</head>
<body>
  <?php
  $link = mysql_connect('185.28.20.10', 'u938210921_root', 'marcelo');
  if (!$link) {
    die('Error de coneccion ' . mysql_error());
  }
  echo 'Coneccion Ok';
  $query_tb = "SELECT tempe, presionSisto, presionDiasto, ritmoCardiaco, ecgTiempo";
  $tempe=mysql_query($query_tb, $conexion_db) or die(mysql_error());
  $presionSisto=mysql_query($query_tb, $conexion_db) or die(mysql_error());
  $presionDiasto=mysql_query($query_tb, $conexion_db) or die(mysql_error());
  $ritmoCardiaco=mysql_query($query_tb, $conexion_db) or die(mysql_error());
```

*Figura 5. 30. Recuperación de datos con PHP.
Elaborado por Marcelo Alvarez*

Luego de recuperar los datos se construye la señal de ECG como se lo haría en un plano cartesiano, donde en el eje de las x se encuentra definido el tiempo expresado en segundos (seg) y en el eje de las y se colocará el voltaje en mili voltios (mV). Esta grafica se realiza por medio de la utilización de Plot, donde se busca plasmar la visualización de los signos vitales resultado del monitoreo realizado, para que lo pueda observar un médico especialista.



*Figura 5. 31. Visualización de signos vitales.
Elaborado por Marcelo Alvarez*

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- *Se estableció las normas y estándares que se deben utilizar en el ámbito tecnológico para el sector de la salud, donde se expuso también ciertas normas utilizadas a nivel internacional.*
- *El prototipo de telemetría para ambulancias se diseñó para que pueda ser instalado en una ambulancia donde sea posible obtener los signos vitales de un paciente objeto de una emergencia médica, en la cual se utilizó elementos electrónicos de última generación.*
- *Se logró establecer los requerimientos en software y hardware apropiados, tomando en cuenta sus características y funcionalidades, enfocado en la utilización de software libre y la fiabilidad de los elementos físicos y electrónicos aptos para trabajar en el monitoreo de signos vitales.*
- *El diseño de un prototipo es posible con utilización del dispositivo Raspberry Pi, encargado del tratamiento, y procesamiento de los datos, para luego ser enviados a un servidor de base de datos remoto, y así estar a disposición de especialistas que se encuentren en un hospital, lejos de un accidente, pero donde su criterio puede salvar vidas de pacientes graves.*
- *Se ha desarrollado a partir de esta investigación un artículo técnico el cual será presentado para su valoración en la revista científica SATHIRI, indexada en Latindex N° 2 1955, código ISSN 1390 – 6925, de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.*

6.2 RECOMENDACIONES

- *En caso de que exista inconvenientes al ejecutar aplicaciones Java en las Raspberry Pi es recomendable que se verifique las versiones del JDK, ya es posible que la versión*

instalada en el sistema operativo Raspbian no sea tan actual como en el que se desarrolló la aplicación.

- *Tomar en cuenta que la aplicación para el manejo del modem 3G no cumple con normas de usabilidad, por lo que se recomienda si es posible realizar una aplicación que gestione de mejor manera este dispositivo de comunicación.*
- *Al momento de hacer el procesamiento de datos en la Raspberry Pi es recomendable tomar en cuenta la velocidad del procesador ya que podría en algún caso ser insuficiente, para el correcto funcionamiento de la aplicación.*
- *Luego de realizar el diseño del prototipo es recomendable en medida de lo posible, su implementación en futuros proyectos de investigación, además se realizó tomando en cuenta desarrollo de software libre y dispositivos de arquitectura abierta para futuras investigaciones.*
- *Si bien es cierto el monitoreo de signos vitales es muy importante para un diagnóstico ajustado a la realidad, también es recomendable sumar nuevos elementos, como la utilización del envío de video o fotografía de las condiciones del paciente, para realizar un foto-diagnóstico, esto dependerá también del desarrollo de las comunicaciones para envío de mayor cantidad de datos por medio de dispositivos móviles.*

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] R. García, A. Zambrano, M. Huerta, R. Clotet, L. Gilbert, and M. De Andrade, "Diseño de una red inalámbrica para aplicaciones de telemedicina," *Universidad Ciencia y Tecnología*, vol. 14, 2012.
- [2] P. K. Dey, S. Hariharan, and W. Ho, "Managing healthcare technology in quality management framework," *International Journal of Technology Management*, vol. 40, pp. 45-68, 2007.
- [3] E. Murray, J. Burns, C. May, T. Finch, C. O'Donnell, P. Wallace, *et al.*, "Why is it difficult to implement e-health initiatives? A qualitative study," *Implement Sci*, vol. 6, 2011.
- [4] A. d. F. dos Santos, A. Fernández, H. J. Alves, C. de Souza, M. d. C. B. de Melo, and L. A. Messina, "Desarrollo de la telesalud en América Latina," 2013.
- [5] O. M. d. I. S. OMS, "Estadísticas Sanitarias Mundiales," ed, 2011, pp. 1-170.
- [6] A. N. d. T. ANT, "Siniestros por Provincia a Nivel Nacional," *Estadísticas*, Ed., ed, 2013.
- [7] R. d. Ecuador, "Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017," C. N. d. Planificación, Ed., ed, 2013, pp. 1 - 588.
- [8] T. H. Blackwell, "EMS Response Time Standards Thomas H. Blackwell, MD, FACEP Case History," *Evidence-Based system design white paper for EMSA*, p. 18, 2011.
- [9] B. A. V. Bakshi K.A., Bakshi U.A., *Electronic Measurements*, Quinta ed.: Technical Publications Pune, 2008.
- [10] J. J. Oresko, Z. Jin, J. Cheng, S. Huang, Y. Sun, H. Duschl, *et al.*, "A wearable smartphone-based platform for real-time cardiovascular disease detection via electrocardiogram processing," *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, vol. 14, pp. 734-740, 2010.
- [11] K. Zhang, L. Song, and D. Lu, "Design of remote ECG monitoring system based on GPRS," in *Computer Science and Network Technology (ICCSNT), 2011 International Conference on*, 2011, pp. 319-322.
- [12] K. Malhi, S. C. Mukhopadhyay, J. Schnepfer, M. Haefke, and H. Ewald, "A Zigbee-based wearable physiological parameters monitoring system," *Sensors Journal, IEEE*, vol. 12, pp. 423-430, 2012.
- [13] P. K. Gakare, A. M. Patel, J. R. Vaghela, and R. Awale, "Real time feature extraction of ECG signal on android platform," in *Communication, Information & Computing Technology (ICCICT), 2012 International Conference on*, 2012, pp. 1-5.
- [14] A. M. Milenkovic, I. M. Markovic, D. S. Jankovic, and P. J. Rajkovic, "Using of Raspberry Pi for data acquisition from biochemical analyzers," in *Telecommunication in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS), 2013 11th International Conference on*, 2013, pp. 389-392.
- [15] C.-F. Lin, "Mobile telemedicine: A survey study," *Journal of medical systems*, vol. 36, pp. 511-520, 2012.
- [16] R. Martí, S. Robles, A. Martín-Campillo, and J. Cucurull, "Providing early resource allocation during emergencies: The mobile triage tag," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 32, pp. 1167-1182, 2009.
- [17] Á. Monares, S. F. Ochoa, J. A. Pino, V. Herskovic, J. Rodriguez-Covili, and A. Neyem, "Mobile computing in urban emergency situations: Improving the support to firefighters in the field," *Expert systems with applications*, vol. 38, pp. 1255-1267, 2011.
- [18] L. Ary Messina, "Desarrollo de la telesalud en América Latina: aspectos conceptuales y estado actual," 2013.
- [19] O. S. Pinykh, *Digital imaging and communications in medicine (DICOM): a practical introduction and survival guide*: Springer Science & Business Media, 2009.
- [20] H. Version, "Ballot. HL7 Inc, Health Level Seven Inc," *Ann Arbor, MI, USA*, 2009.

- [21] M. Menárguez Tortosa, "Modelos de representación de arquetipos en sistemas de información sanitarios," 2013.
- [22] T. CEN, "251 (European Standardization of Health Informatics) ENV 13606, Electronic Health Record Communication," ed.
- [23] P. Del Valle, J. Trigo, I. Martínez, J. Escayola, M. Martínez, L. S. Espronceda, *et al.*, "Interoperabilidad de dispositivos médicos mediante el estándar ISO/IEEE 11073 sobre tecnología Bluetooth," *XXVII CASEIB*, pp. 713-716, 2009.
- [24] I. Martínez Ruiz, "Familia de normas ISO/IEEE11073 (X73) Interoperabilidad de dispositivos médicos," ed. Charla10 TIC Salud.
- [25] R. López-Pulles and L. Vilela, "Programa Nacional de Telemedicina/Telesalud del Ecuador," *Desarrollo de la telesalud en América Latina*, p. 475, 2013.
- [26] EduGNU. (2013, 15 de febrero). *Raspbian*. Available: <http://infognu.blogspot.com/2013/03/raspbian.html>
- [27] O. C. Uceda, *Desarrollo Web con PHP: Aprende PHP paso a paso*: ocapunay, 2013.
- [28] W. J. Gilmore, *Beginning PHP and MySQL: from novice to professional*: Apress, 2010.
- [29] S. M. Toledo, "Sistema de vigilancia de la calidad ambiental para entornos de trabajo," 2014.
- [30] J. R. L. Vizcaíno and J. P. Sebastián, *LabView: entorno gráfico de programación*: Marcombo, 2011.
- [31] M. Ghamali, S. Chtita, A. Adad, R. Hmamouchi, M. Bouachrine, and T. Lakhlifi, "International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering," *International Journal*, vol. 4, 2014.
- [32] P. T. V. S.Venkata Krishna Kumar, "A Study of Wireless Mobile Technology," *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2014.
- [33] M. Store, "ZTE MF100," ed.
- [34] Hostinger, "Ordenar Nuevo Servidor ", ed, 2015.
- [35] J. A. Gavilema Casa and E. D. Mullo Guilcamaigua, "Diseño y construcción de un sistema electrónico de medición de señales fisiológicas, que ayuda al diagnóstico médico utilizando FPGA, con comunicación inalámbrica a tablet, con monitoreo remoto en tiempo real," Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación., 2014.
- [36] N. Instruments, "Acondicionamiento de Señales Necesario para Medidas de Temperatura," ed, 2010.
- [37] M. Pérez Esteso. (2013). *Tutorial Raspberry Pi – Cómo compilar y ejecutar código Java desde la terminal*. Available: <http://geekytheory.com/tutorial-raspberry-pi-como-compilar-y-ejecutar-codigo-java-desde-la-terminal/>
- [38] S. Vázquez, "Raspberry Pi con Banda Ancha con modem ZTEMF180," ed, 2013.