

**DISEÑO DE UN COMPONENTE DE GESTIÓN DE ACCESO DE VARIABLES
FISIOLOGICAS Y DE CONTEXTO PARA LA PLATAFORMA DE SERVICIOS
UBICUOS ORIENTADOS A LA SALUD**

JORGE ENRIQUE CAICEDO CUERO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPATAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI.
2012**

**DISEÑO DE UN COMPONENTE DE GESTIÓN DE ACCESO DE VARIABLES
FISIOLÓGICAS Y DE CONTEXTO PARA LA PLATAFORMA DE SERVICIOS
UBICUOS ORIENTADOS A LA SALUD**

JORGE ENRIQUE CAICEDO CUERO

**Proyecto de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecatrónico**

**Director
DIEGO FERNANDO ALMARIO
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI.
2012**

Nota de aceptación:

**Aprobado por el Comité de
Grado en cumplimiento con los
requisitos exigidos por la
Universidad Autónoma de
Occidente para optar al título
de Ingeniero Mecatrónico.**

ZEIDA SOLARTE

Jurado

JESUS LOPEZ

Jurado

Santiago de Cali, 16 de Noviembre de 2012

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría sido posible sin la influencia directa o indirecta de muchas personas a las que agradezco profundamente por estar presentes en las distintas etapas de su elaboración, así como en el resto de mi vida. Le agradezco al Ing. Diego Fernando Almario por manifestarme su interés en dirigir mi trabajo de grado, por su confianza, colaboración y apoyo en mi proceso de realización de esta tesis.

A todos los docentes de la Universidad Autónoma de Occidente que compartieron sus conocimientos, dentro y fuera de clase, haciendo posible que mi formación profesional se resumiera en satisfacciones académicas e inquietudes insatisfechas en continua indagación.

Por último a mi familia y seres más queridos, en especial a mis padres: Jorge Caicedo y Rita Gloria Cuero por contribuir en cuanto les fue posible para hacer de mí el hombre que soy hoy día, por sus incontables sacrificios y por ayudarme a alcanzar mis metas personales y académicas.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	13
RESUMEN	14
GLOSARIO	15
1. CONTEXTUALIZACION DEL PROYECTO	17
1.1. PARTICIPANTES	17
1.1.1. Estudiante	17
1.1.2. Director academico del proyecto	17
1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	17
2. JUSTIFICACION	19
3. ANTECEDENTES	20
3.1. PLATAFORMA PARA SERVICIOS DE FACTURACIÓN Y PAGO EN AMBIENTES UBICUOS	20
3.2. COMPUTACIÓN UBICUA PARA EL CUIDADO DE PACIENTES EN ESTADO CRÍTICO EN EL HOGAR	21
3.3. SISTEMAS UBICUOS EN EL SECTOR DE LA SALUD	21
4. OBJETIVOS	24

4.1. OBJETIVOS GENERAL	24
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	24
5. MARCO TEORICO	25
5.1. SISTEMA UBICUO	25
5.2. LA TELEMEDICINA	26
6. VARIABLES FISOLÓGICAS	30
6.1. SELECCIÓN DE VARIABLES FISIOLÓGICAS Y DE CONTEXTO	32
6.1.1. Comportamiento dinámico y rango normales de las variables seleccionadas	33
6.1.1.1. Electrocardiograma (ECG)	33
6.1.1.2. Frecuencia cardiaca	37
6.1.1.3. Frecuencia respiratoria	38
6.1.1.4. Temperatura	40
6.1.2. Variables contexto	41
7. MODULO DE ADQUISICION DE VAIRABLES FISIOLÓGICAS	45
7.1. INSTRUMENTACIÓN PARA EL ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)	45
7.1.1. Circuito de protección	45
7.1.2. Pre-amplificación	46

7.1.3. Filtrado	47
7.2.INSTRUMENTACIÓN PARA TEMPERATURA	50
7.3.INSTRUMENTACIÓN FRECUENCIA RESPIRATORIA	52
8. MODULO PARA LA GESTION DEL ACCESO DE LAS VARIABLES FISIOLÓGICAS Y DE CONTEXTO	53
8.1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	53
8.2. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	56
8.3. CASOS DE USO	57
8.4. ANÁLISIS	58
8.4.1. Arquitectura lógica del componente	58
8.5. DISEÑO DEL PROYECTO	60
8.5.1 Decisiones de diseño	60
8.5.2 Resumen plataformas de sensores	65
8.5.3. Selección dispositivo móvil	67
9. IMPLEMENTACION	70
9.1. RED DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN)	70
9.1.1. Capa Física	71
9.1.2. Capa DLL	71

9.2. Aplicación móvil	73
9.2.1. Plataforma Java	73
9.2.2. Jsr-82	75
9.2.3. Jsr-172	77
9.2.4. Record store (RMS)	77
10. PRUEBAS Y RESULTADOS	79
11. CONCLUSIONES	84
12. BIBLIOGRAFIA	85
13. ANEXOS	88

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Arquitectura lógica plataforma para la implementación de sistemas ubicuos orientados a la salud	27
Figura 2. Electrocardiograma Normal	33
Figura 3. Derivación I	34
Figura 4. Derivación II	35
Figura 5. Derivación III	35
Figura 6. Brazo Derecho (+) y Brazo Izquierdo + Pierna Izquierda (-)	36
Figura 7. Brazo Izquierdo (+) y Brazo Derecho + Pierna Izquierda (-)	36
Figura 8. Pierna Izquierda (+) y Brazo Derecho + Brazo Izquierdo (-)	37
Figura 9. Diagrama de bloques ECG	45
Figura 10. Circuito de protección pie derecho	46
Figura 11. Amplificador de instrumentación AD620	47
Figura 12. Esquema filtro pasa bajo	48
Figura 13. Esquema filtro pasa alto	48
Figura 14. Diagrama de bode filtro banda angosta	49

Figura 15. Esquema filtro de banda angosta	50
Figura 16. Lm35	51
Figura 17. Instrumentación de la Temperatura	51
Figura 18. Instrumentación sensor de efecto hall	52
Figura 19. Diagrama de casos de uso	57
Figura 20. Arquitectura de bloques funcionales	58
Figura 21. Arquitectura detallada	68
Figura 22. Red de sensores	70
Figura 23. Capas estándar IEEE 802.15.4	72
Figura 24. Arquitectura de la aplicación móvil	75
Figura 25. Vector de datos transmitidos	78

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. RF-1 parametrizar la captura de la señal electrocardiográfica	53
Tabla 2. RF-2 Controlar la captura de la temperatura corporal del paciente	54
Tabla 3. RF-3 Controlar la captura de la variabilidad respiratoria del paciente	54
Tabla 4. RF-4 Controlar la captura de la temperatura ambiental y humedad del entorno del paciente	54
Tabla 5. RF-5 Enviar información sobre la ubicación del paciente	55
Tabla 6. RF-6 información del paciente, la hora y fecha de la muestra de variables tomada	55
Tabla 7. RF-7 Permitir almacenar la información por un corto periodo de tiempo, en caso de pérdida de conexión con el servidor, para enviarla en cuanto se restablezca la conexión	55
Tabla 8. RF-8 Enviar la información a través de un stub a un servidor web	56
Tabla 9. RF-9 Brindar información sobre el estado de carga de las baterías de los sensores instalados.	56
Tabla 10. Características de las plataformas	65
Tabla 11. Comparación de dispositivos	67

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Frecuencia cardiaca normal según la edad	38
Cuadro 2. Frecuencia respiratoria normal según edad	39
Cuadro 3. Anomalías detectables con las variables fisiológicas seleccionadas	42

INTRODUCCION

La necesidad de información oportuna e inmediata es un problema al que se enfrentan las tecnologías de la información desde hace varios años, pese a los muchos avances frente a los diversos problemas que se presentan para cumplir con este propósito, aún no se puede decir con certeza que se ha podido superar las barreras del tiempo y del espacio que impiden el acceso a la información. Los sistemas ubicuos apuntan a este ambicioso proyecto, sin embargo esto es algo que no se consigue fácilmente. Las expectativas que genera la utilización de sistemas ubicuos, hacen pensar en aplicaciones en diferentes sectores de las actividades cotidianas en el mundo, desde la facilidad para adquirir información para los estudiantes en el sector de la educación, hasta en la manera en la cual se puede ofrecer información a los clientes sobre los productos o servicios que se ofrecen. Los sistemas ubicuos se caracterizan por pequeños computadores, los cuales se comunican de forma espontánea, integrados a la mayoría de objetos cotidianos, logrando invadir todos los aspectos de la vida del ser humano.

Un sector como el de la salud en nuestro país, saturado, con un presupuesto bajo y poco competitivo a nivel internacional, es uno de los sectores que mayores preocupaciones genera en las empresas públicas, privadas y en general a toda la sociedad; haciendo que este proyecto genere un gran interés y permita pensar a futuro en soluciones eficientes y definitivas a las muchas problemáticas que enfrenta el sector de la salud, convirtiéndose en un medio viable y competente para mejorar la calidad de vida de las personas que hacen uso de estos servicios.

Considerando todo esto, el grupo de investigación GITI, perteneciente a la facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente, elaboró el proyecto: Plataforma para el desarrollo de servicios ubicuos orientados a la salud [1], el cual tiene como uno de sus componentes el de gestión de variables fisiológicas (ver arquitectura completa del proyecto en la figura. 1) y de contexto. Este componente fue objeto de estudio y trabajo por parte de este , proyecto el cual tiene como objetivo principal encargarse del manejo de la información del paciente en lo concerniente a variables fisiológicas significativas para el diagnóstico de algunas patologías y variables de contexto que pueden incidir sobre las mismas.

RESUMEN

Este documento muestra el diseño e implementación componente de gestión de acceso de variables fisiológicas y de contexto, el cual hace parte de la plataforma para el desarrollo de servicios ubicuos orientados a la salud. Con este componente se pretende dar flexibilidad al proceso de monitoreo de variables fisiológicas y de contexto de un paciente que se encuentre bajo control clínico, con el fin de supervisarlo sin restringir las actividades realizadas por el mismo fuera de las instalaciones de centros médicos asistenciales y con mediciones oportunas.

El gestor de acceso se compone de un módulo de adquisición de variables fisiológicas, encargado de la captura de las distintas variables fisiológicas del paciente y un módulo de gestión, el cual se encarga de la adecuación de las distintas variables fisiológicas y la transmisión de estas al gestor de variables fisiológicas y de contexto que también pertenece a la plataforma para el desarrollo de servicios ubicuos orientados a la salud.

La realización de este proyecto se llevó a cabo en 5 fases, siendo estas: levantamiento de requerimientos, análisis, diseño, implementación y pruebas. Permitiendo tener una metodología de desarrollo interactiva e incremental, la cual permite la detección de fallos y su corrección de manera simple y eficaz.

GLOSARIO

ADC, Convertidor análogo- digital: es un dispositivo electrónico capaz de convertir una entrada analógica de voltaje en un valor binario para transmisión de señales.

API: una interfaz de programación de aplicaciones o API es el conjunto de funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

BAN: body área network o red de área corporal, es una red de comunicación inalámbrica entre dispositivos de baja potencia utilizados en el cuerpo, consiste en un conjunto móvil y compacto de comunicación entre, por ejemplo micrófonos, auriculares, sensores, etc.

CSMA-CA, Protocolo: este protocolo trata de evitar choques o colisiones dividiendo el tiempo para que cada una de las estaciones pueda transmitir la información sin perder datos.

ECG: electrocardiograma, es la representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón, que se obtiene con un electrocardiógrafo en forma de cinta continua.

EEG: electroencefalograma, es una exploración neurofisiológica que se basa en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral en condiciones basales de reposo, en vigilia o sueño, y durante diversas activaciones mediante un equipo de electroencefalografía.

GATEWAY: es un dispositivo o computadora, que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red al protocolo usado en la red de destino.

IEEE 802.15.4: S un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos.

JAVA: lenguaje de programación orientados a objetos sobre el cual se desarrolla la aplicación del proyecto.

NOTIFICACION: son las diferentes respuestas que arroja el sistema cuando se detecta alguna anomalía en la validación de la información.

PAN: wireless personal area networks o red inalámbrica de área Personal o Red de área personal o Personal area network es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos cercanos a un punto de acceso.

PACIENTE: es la persona que se encuentra en observación por el sistema.

PDA: es una computadora de mano originalmente diseñado como agenda electrónica con un sistema de reconocimiento de escritura.

QRS: el complejo QRS, es un conjunto de deflexiones que representan la despolarización ventricular.

RAM: random access memory o memoria de acceso aleatorio es la memoria desde donde el procesador recibe las instrucciones y guarda los resultados.

SMARTPHONE el teléfono inteligente es un término comercial para denominar a un teléfono móvil que ofrece más funciones que un teléfono celular común.

TCP/IP, Protocolo: es la base del Internet que sirve para enlazar computadoras que utilizan diferentes sistemas operativos, incluyendo PC, minicomputadoras y computadoras centrales sobre redes de área local y área extensa.

WSN Wireless sensor network: consiste en una distribución espacial autónoma sensores para monitorear las condiciones físicas o ambientales, como temperatura, sonido, vibración, presión, movimiento o contaminantes y de transmitir sus datos de forma cooperativa a través de la red a un lugar principal.

ZIGBEE: es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal.

1. CONTEXTUALIZACION DEL PROYECTO

1.1. PARTICIPANTES

1.1.1. Estudiante

NOMBRE	CODIGO	PROGRAMA	CORREO
Jorge Enrique Caicedo Cuero	2045213	Ingeniería Mecatrónica	jcaicedoc@gmail.com

1.1.2. Director académico del proyecto

NOMBRE	TITULO
Diego Fernando Almario	Ingeniero electricista

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el pasar de los años han existido diferentes hitos que han marcado la evolución del conocimiento, los cuales permiten crear y reestructurar múltiples tecnologías que ayudan a desarrollar soluciones funcionales a las diferentes necesidades humanas. Una de esas soluciones son los sistemas de computación ubicua, el cual es un conjunto recursos computacionales que proporcionan información y servicios, facilitando las labores de manejo de información sin importar el lugar en donde se encuentren los actores involucrados.

El campo de la salud está siendo influenciado por los avances tecnológicos especialmente con los relacionados con las aplicaciones en comunicaciones, en tecnologías de la información y en el desarrollo de hardware de monitoreo cada vez más versátil y económico. La incorporación de la computación ubicua a este campo, brinda un gran apoyo a los distintos profesionales de la salud que se esmeran por el cumplimiento de la labor de preservar vidas, teniendo en cuenta que la existencia de una información oportuna y pertinente son soporte vital para la atención de un paciente.

Las aplicaciones más comunes en esta área están enfocadas al monitoreo permanente de pacientes de manera remota por fuera de las instalaciones de salud determinada.

El monitoreo permanente se emplea en diferentes circunstancias desde casos de supervisión de personas de la tercera edad hasta aquellos donde se requiere la recuperación final de un paciente por fuera de la institución de salud pero bajo supervisión de ella. La implementación de un sistema de computación ubicua es importante para este tipo de aplicación, ya que permite contar con una infraestructura para la gestión de las distintas variables a monitorear de manera eficiente a nivel de la plataforma de salud y nivel hospitalario.

En La facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente se desarrolló un proyecto de investigación cuyo objetivo era el desarrollo una plataforma para la implementación de sistemas ubicuos orientados a la salud que permitan el monitoreo de variables fisiológicas y de contexto a pacientes bajo control clínico.

El desarrollo de esta plataforma implicó la obtención de distintas variables fisiológicas y de contexto y su transmisión a los distintos gestores que se alimenta de dicha información para desarrollar sus funciones.

Surge entonces la siguiente pregunta: ¿Cómo obtener y proporcionar de manera eficiente y oportuna la información de cada una de las variables fisiológicas y de contexto a los distintos gestores de la plataforma del sistema ubicuo orientados a la salud?

2. JUSTIFICACION

Dada la actual saturación del sistema de salud, con insuficiencia de camas para la atención del creciente número de pacientes que el sistema de salud demanda, es de vital importancia poder descongestionar de alguna forma el sistema hospitalario. Una primera aproximación a este tipo de situaciones se ha logrado a través del denominado hospital en casa (home Care), sistema mediante el cual se remiten para el cuidado en casa a aquellos pacientes que ya no revisten gravedad y que solo requieren de algún tipo de supervisión. Se requiere entonces un sistema que permita realizar la supervisión del paciente desde casa acorde con las necesidades de la patología por la cual se remite. Debido a la supervisión continua que requieren estos pacientes se hace necesaria la implementación de nuevas tecnologías que faciliten su proceso de recuperación y que optimicen la supervisión logrando la oportuna respuesta del sistema de salud ante una emergencia.

De acuerdo a lo planteado se debe desarrollar un sistema que sea sensible al contexto y a las variables fisiológicas, para poder tener información relevante acerca de las características del paciente y del ambiente que lo rodea.

En la actualidad se cuenta con diferentes dispositivos que contribuyen de forma independiente al ser humano en su vida cotidiana, como por ejemplo: sistemas de control de temperatura corporal, temperatura ambiental, electrocardiograma (ECG), Tensión Arterial no invasiva, Presión Sanguínea, humedad, sistemas de seguridad, posicionamiento global; los cuales ofrecen una gran posibilidad de funcionalidades de forma individual, que se pueden llegar a integrar en un sistema ubicuo, permitiendo usar todos estos dispositivos como apoyo a el sistema orientado a la salud.

Dentro de la plataforma de servicios ubicuos el gestor de acceso de variables fisiológicas y de contexto objeto de este proyecto, permitirá llevar del mundo físico al digital los datos de las distintas variables necesarias para el funcionamiento de los diferentes gestores los cuales son fundamentales para la plataforma para el desarrollo de servicios ubicuos orientados a la salud. En otras palabras el gestor de acceso suministrará los recursos necesarios para el buen funcionamiento y levantamiento de los distintos servicios ofrecidos por la plataforma de servicios ubicuos.

3. ANTECEDENTES

A continuación se van a mencionar los antecedentes referentes al proyecto a desarrollar. Se van a observar antecedentes de sistemas ubicuos y antecedentes de proyectos relacionados.

3.1. PLATAFORMA PARA SERVICIOS DE FACTURACIÓN Y PAGO EN AMBIENTES UBICUOS

Este proyecto surge de la necesidad de atacar una problemática actual y real en las diferentes compañías de prestación de servicios, específicamente en el sector de facturación y recaudos, ya que según “debido a que los sistemas implantados no son lo suficientemente seguros, difíciles y lentos de usar o están disponibles solamente para una pequeña cantidad de productos o servicios; o para un grupo reducido de clientes.

Para acceder a la plataforma de facturación y pago, el usuario debe contar con una cuenta de servicio en el sistema. En el momento de crearla, en el dispositivo móvil se almacena la información necesaria para realizar los pagos. La cuenta de servicio creada debe tener asociada una cuenta bancaria habilitada para pagos móviles de la cual finalmente se debitan los valores pagados por el usuario. Antes de acceder a la plataforma de facturación y pago, el usuario debe haber accedido a un servicio ubicuo de compra y, por lo tanto, en su dispositivo móvil y en el punto de venta se encuentra la información de los artículos comprados y del valor que va a pagar. Es importante resaltar que la plataforma propuesta es responsable del proceso de facturación y pago y no del proceso de selección de los artículos y su compra.

En el momento de pagar, el usuario debe acercar su dispositivo móvil al lector que se encuentra en el punto de venta y, de esta manera, sin ninguna otra intervención del usuario, el pago se hará efectivo. Después de realizado el pago, el usuario recibe en su dispositivo móvil un mensaje de texto que le indica que este se realizó exitosamente, mientras la factura de la compra se le envía a través de un mensaje a la cuenta de correo electrónico especificada por el usuario durante el proceso de creación de la cuenta”.[2]

3.2. COMPUTACIÓN UBICUA PARA EL CUIDADO DE PACIENTES EN ESTADO CRÍTICO EN EL HOGAR

La telemedicina en el hogar (THC Telehomecare) usa las tecnologías de telecomunicaciones y videoconferencia para proporcionar a los hospitales comunicación con los pacientes en su hogar. Lo que se ofrece es la certeza de que si le pasa algo al usuario en su domicilio se pondrá en marcha una red de recursos para ayudarlo lo antes posible.

Se caracteriza por dos atributos principales: la ubicuidad y la transparencia. La Ubicuidad se refiere a que las interacciones se dirigen hacia interfaces múltiples en lugar de a una sola computadora. La transparencia se refiere a que la tecnología está tan incorporada en la vida cotidiana, que es invisible para la gente en general.

El enfoque de la investigación girará alrededor de cómo los sensores y las computadoras móviles pueden ser utilizadas como apoyo en ambientes médicos en el hogar donde la consciencia del contexto influye directamente en la asistencia a ancianos o personas con alguna enfermedad que aún pueden seguir viviendo en su domicilio con cierto grado de autonomía¹.

3.3. SISTEMAS UBICUOS EN EL SECTOR DE LA SALUD

Los sistemas ubicuos en el sector de la salud están apenas siendo utilizados por algunos países, sobre todo en cuanto al termino tele-homecare (que se refiere al monitoreo y cuidado de pacientes desde su casa) se refiere, Canadá es un país que apoya proyectos como estos en donde el cuidado de pacientes de tercera edad se convierte en una preocupación que involucra, médicos, enfermeras y diferentes tipos de profesionales que utilizan este tipo de servicios.

The East York Telehomecare Project (E-Health) es un proyecto llevado a cabo por una prestigiosa universidad canadiense que se suma a otros socios como la prestadora de servicios de salud Comcare o el Toronto East General Hospital, en

¹ SANTANA, Pedro. Computación ubicua para el cuidado de pacientes en estado crítico en el hogar. [En línea]. México: UACB - Facultad de Ingeniería, 2010. [Consultado 30 de Septiembre de 2010]. Disponible en Internet: http://www.pecesama.net/blog/files/pecesama_Propuesta_THC.pdf

donde buscan modelos para el desarrollo y la enseñanza a organizaciones y comunidades para aprender sobre las necesidades de los proveedores de salud y sobre el cómo usar tecnologías pueden servir para mejorar el cuidado de pacientes².

A nivel latinoamericano existen algunos proyectos universitarios que apuntan al mismo objetivo, como el proyecto de la universidad UABC de México de Computación ubicua para el cuidado de pacientes en estado crítico en el hogar. Sin embargo este es un campo al cual le hace mucha falta ser explorado a mayor profundidad.[5]

A nivel regional podemos encontrar los siguientes proyectos los cuales fueron realizados en la facultada de ingeniería de la UAO y otros han sido ponencias de diferentes profesores de la UAO junto con otros investigadores de talla internacional:

- **Metodología para el diseño e implementación de plataformas de sensórica distribuida en aplicaciones médicas:** Proyecto realizado en la parte de la facultad de ingeniería de la UAO.
- **Metodología para el diseño e implementación de plataforma de sensórica distribuida en aplicaciones Médicas. Fase II:** Proyecto realizado en la facultada de ingeniería de la UAO, continuación de la Metodología para la Implementación de plataformas de sensórica distribuidas en aplicaciones.
- **Etapa II de la Fase II del proyecto “Metodología para el diseño e implementación de plataformas de sensórica distribuida en aplicaciones médicas”, titulada “Implementación de la arquitectura de redes de sensores inalámbricas para aplicaciones médicas”:** Proyecto realizado en la facultad de ingeniería de la UAO, es parte del desarrollo del proyecto Fase II.
- **Redes de Sensores y Actuadores Inalámbricas:** Este proyecto fue realizado en la UAO y consta de una caracterización y caso de estudio para aplicaciones médicas en espacios cerrados.

² ZAMBRANO, Arturo Federico. Integrando Sensibilidad al Contexto. [En línea]. Argentina: Aspect Oriented Programming, 2010. Disponible en Internet : <http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carrera/Magister/Ingenieria%20de%20Software/Tesis/Zambrano.pdf>

- **Análisis de los Requerimientos Computacionales de Aplicaciones de Redes de Sensores en Detección de Cardiopatías:** Ponencia en el VII Congreso de la Asociación Colombiana de Automática en el año 2007.

- **Diseño de un Entrenador Virtual con Monitoreo y Detección de Patologías Cardiovasculares:** Ponencia en el VII Congreso de la Asociación Colombiana de Automática en el año 2007

- **Prototipado Rápido para Sistemas de Monitoreo y Control Remoto Utilizando Redes Inalámbricas:** Ponencia en la 4ta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática, CISCI 2005. International Institute of Informatics and Systemics, IIS. Orlando, Florida, USA, julio 14 - 17 de 2005 [6]

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVOS GENERAL

Diseñar e implementar un componente de gestión de acceso de variables fisiológicas y de contexto para un sistema ubicuo orientado a la salud.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las variables fisiológicas a sensor bajo criterios de importancia y transversalidad a diferentes contextos de aplicación.
- Realizar el levantamiento de requerimientos sobre la información recolectada de las variables fisiológicas y de contexto definidas
- Diseñar módulo de adquisición de variables fisiológicas.
- Diseñar un módulo para la gestión del acceso de las variables definidas.
- Implementar el módulo de gestión de acceso de las variables fisiológicas y del contexto

5. MARCO TEORICO

5.1. SISTEMA UBICUO

El concepto de los sistemas ubicuos es crear entornos inteligentes que se adapten a las necesidades de las personas, los cuales ayuden a cumplir con las tareas y actividades diarias mediante la utilización de herramientas de la informática y de las telecomunicaciones, es decir se puede considerar un sistema ubicuo aquel que le permita al usuario conectarse al mismo en cualquier momento, en cualquier lugar o con cualquier dispositivo con el que se encuentre.

Los sistemas ubicuos permitirían que servicios y aplicaciones que residieran en dispositivos móviles o fijos que se ejecutaran de acuerdo al contexto del usuario sin que éste los activara, y que dichos dispositivos tuvieran la capacidad y la inteligencia de regular el procesamiento y el intercambio de información de acuerdo a las necesidades circunstanciales del mismo. A estas prácticas también se les conoce como sistemas de inteligencia ambiental.

El desarrollo de los dispositivos de red y de las tecnologías inalámbricas han impulsado el crecimiento de proyectos para la implementación de los sistemas ubicuos en diversos campos de las actividades humanas, y este desarrollo aplicado a los diferentes contextos de las mismas implican la necesidad de que estos dispositivos publiquen sus servicios para que las personas que los requieran puedan utilizarlos, y a su vez, las redes que brindan estos servicios deben de ser capaces de localizarlos y utilizarlos para según la necesidad inmediata del usuario que los invoca. Estos procesos se realizan de forma autónoma y dinámica.

5.1.1. Características de un sistema ubicuo. Para que un sistema se considere ubicuo debe constar de ciertas características, como por ejemplo:

- **Transparencia:** Implica más que una interfaz amigable al usuario. La computación ubicua deberá facilitar las tareas de una forma no intrusiva de tal manera que oculte al usuario toda la tecnología subyacente.

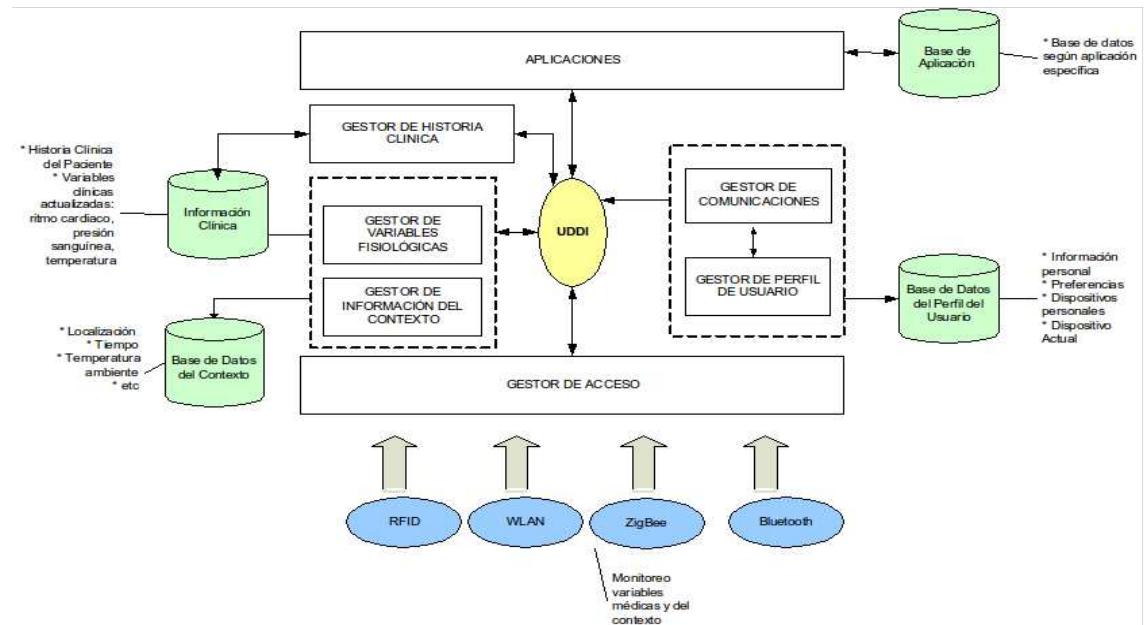
- **Movilidad:** En el campo de la computación y las tecnologías de comunicación, significa la habilidad para comunicarse con otras personas, acceder y procesar información simultáneamente mientras la persona se encuentra en movimiento. Por esto, los servicios ubicuos deben tener en cuenta aspectos como calidad de servicio en las áreas de cobertura y transferencias de código de un dispositivo a otro durante la ejecución de una tarea.
- **Sensibilidad al contexto:** Se define como la propiedad de un sistema para usar el contexto para proveer información o servicios relevantes al usuario, donde la relevancia depende de las tareas ejecutadas por el usuario. Por otro lado, la sensibilidad al contexto describe un escenario en donde los dispositivos de cómputo conocen su contexto y actúan de acuerdo a él.

5.2. LA TELEMEDICINA

La telemedicina se encuentra enmarcada en lo que actualmente se denomina e-salud, que consiste en la prestación de servicios de medicina a distancia, ya sea en tiempo real o diferido, entre profesionales de la salud, haciendo uso de las tecnologías de la información. El tipo de información generada dentro de la actividad médica hace que la telemedicina involucre el procesamiento y la transmisión de datos, audio, imágenes y video. De igual forma las aplicaciones en esta área no solo dependen del tipo de información manejada, también se ven influenciados por el lugar donde se van a desarrollar o donde se encuentra el usuario final (hospitales, clínicas, hogar o sitio de trabajo).

En la Universidad Autónoma de Occidente se realizó un proyecto de investigación cuyo objetivo fue el desarrollo de una plataforma para la implementación de sistemas ubicuos orientados a la salud, del cual, el componente de gestión de acceso de variables fisiológicas y de contexto hace parte. A continuación se ilustra los distintos componentes de la plataforma desarrollada.

Figura 1. Arquitectura lógica plataforma para la implementación de sistemas ubicuos orientados a la salud



Fuente: ALMARIO, Diego. PEÑA, Lyda. SOLARTE, Zeida. CALVO, Paulo. MONDRAGÓN, Oscar. Plataforma para el desarrollo de servicios Ubicuos orientados a salud.

Las funciones de cada uno de estos componentes se explican a continuación:

Gestor de Acceso

Sirve como interfaz entre los diferentes sensores que monitorean las distintas variables fisiológicas ó de contexto y los diferentes servicios que usan dicha información para desarrollar sus funciones. Este proyecto trabajó específicamente sobre este gestor.

Gestor del Contexto

Conformado por los siguientes componentes:

- Componente de Gestión de Variables Fisiológicas: Encargado de recibir

actualizaciones del estado de las variables fisiológicas del paciente y alimentar la ontología que define dichas variables para tomar decisiones tales como notificar al médico de dichos cambios ó alertar al paciente sobre alguna anomalía. Tales variables son por ejemplo: temperatura, presión sanguínea, ritmo cardíaco. Para esta primera fase del proyecto, las variables consideradas serán: respiración, ECG y temperatura.

- Componente de Gestión de Información del Contexto. Encargado de recibir las variables del contexto tales como localización, temperatura ambiente, humedad, aceleración, entre otras. Dicha información permitirá a un sistema implementado sobre la plataforma tomar decisiones oportunas. Un ejemplo es el envío de una ambulancia desde el centro hospitalario más cercano a la ubicación del paciente. Para esta primera parte del proyecto, las variables consideradas serán: localización, tiempo, temperatura y humedad.

Gestor de Comunicaciones

Conformado por los siguientes componentes:

- Componente de Gestión de Comunicaciones: Dado que en un sistema ubicuo el usuario puede acceder en cualquier momento y desde cualquier dispositivo a los servicios del sistema, este gestor permite enviar la información de la manera más adecuada, dependiendo del dispositivo actual que esté utilizando el usuario.
- Componente de Gestión de Perfil del Usuario: Utilizado para administrar la información del usuario, tal como datos personales y preferencias. Esta información junto con la información del contexto permitirá a las aplicaciones personalizar la forma en que interactúan con el usuario del sistema.

Gestor de Historia Clínica

Permite la gestión de la historia clínica del paciente desde cualquier dispositivo. La historia clínica solo podrá ser visualizada / modificada por personal autorizado el cual tendrá acceso a cierta funcionalidad dependiendo de su perfil.

Siendo el gestor de acceso el componente desarrollado en este proyecto, teniendo como principal objetivo la captura y transmisión de las variables fisiológicas y de

contexto a los distintos gestores de la plataforma de sistemas ubicuos orientados a la salud.

A continuación se analizan distintas variables fisiológicas y se seleccionan las más adecuadas para el desarrollo e implementación del componente de gestión de variables fisiológicas y de contexto.

6. VARIABLES FISOLÓGICAS

En el marco del proyecto sistema ubicuo aplicado a la salud, se pretendía desarrollar una aplicación que pueda ser usada bajo el concepto de atención extra-hospitalaria o el de home care, de creciente uso hoy en día como alternativa para la supervisión y/o monitoreo de pacientes³. Este tipo de alternativas de atención presenta ventajas en cuanto a descongestión hospitalaria, disminución de costos para el sistema, reducción de exposición del paciente al ambiente agresivo del hospital, la compañía y cuidado familiar lo mismo que la posibilidad de mantener poco afectado su desempeño cotidiano en diferentes actividades. Otro uso que igualmente esta cobrando interés es el relacionado con la supervisión de personas de avanzada edad, actualmente la población en diferentes parte del mundo se está envejeciendo y peor aún (dada las características de nuestra actual sociedad) quedando sola y autónoma en su cuidado con las consecuencias que su vulnerabilidad implica.⁴

Bajo el contexto anteriormente planteado, uno de los aspectos más relevantes que se tuvieron en cuenta para la implementación del sistema ubicuo aplicado a la salud, fue determinar el conjunto de variables indicado que permitiera que el prototipo fuera lo más funcional posible para poder ser usado de manera amplia en diferentes contextos como los planteados.

Desde ese punto de vista las variables que se seleccionen deberían cumplir con:

Atender a patologías recurrentes en nuestro entorno:

Con el objetivo de realizar un proyecto pertinente y ajustado a las necesidades locales se seleccionaron aquellas patologías que más afectan a los Colombianos desde el punto de vista de morbilidad y que se ajustan a un esquema de atención extra hospitalario. En Colombia las enfermedades crónicas como la hipertensión arterial, los problemas cardiacos y los respiratorios se han tornado en un problema de salud pública colocándose inclusive por encima de las causas de mortalidad

3 [The CSIRO hospital without walls home telecare system](#) Wilson, L.S.; Ho, P.; Bengston, K.J.; Dadd, M.J.; Chen, C.F.; Huynh, C.; Gill, R.W.; IEEE Intelligent Information Systems Conference, The Seventh Australian and New Zealand 2001 .

4 [Using Wireless Sensor Networks for Aged Care: The Patient's Perspective](#) , IEEE Pervasive Health Conference and Workshops, 2006.

por violencia y accidentes ⁵

Siguiendo las características de la situación mundial en salud las enfermedades Cardiovasculares específicamente la enfermedad isquémica del corazón, la enfermedad cerebrovascular y la hipertensión arterial con sus respectivas complicaciones ocupan el primer lugar seguido por el cáncer en Colombia y por tanto se torna de vital importancia su supervisión permanente dada las características generalmente silenciosas de las mismas. Este proyecto puede aportar a la prevención o vigilancia de algunas de estas patologías (partiendo del hecho de que inclusive algunas se correlacionan entre sí) en lo concerniente al monitoreo de aquellas variables fisiológicas que permitan el diagnóstico oportuno y la toma de decisiones respectivas.

Deberán cubrir un rango variado de patologías

Se procuró igualmente que las variables seleccionadas para su monitoreo sirvieran como soporte para el diagnóstico de diferentes afecciones bien sea por la incidencia de todas ellas en el diagnóstico de la misma o por que individualmente o en la combinación que el medico considere pertinente permitan establecer el estado de salud de un paciente y tomar las medidas del caso a criterio del mismo. Desde este punto de vista se decidió trabajar con algunas de las variables comúnmente usadas en las unidades de emergencia en las instituciones hospitalarias denominados signos vitales. Los signos vitales son indicadores que reflejan el estado fisiológico de los órganos vitales como el cerebro, el corazón o los pulmones. Los principales signos vitales son⁶:

Tensión –Presión Arterial
Frecuencia Cardiaca (latidos por minuto)
Frecuencia respiratoria
Temperatura

De estas variables el sistema se centró en la últimas tres por considerar que su método de medición es básicamente no invasivo y adicionalmente se debe tener en cuenta que la presión arterial es una medición que se realiza con el paciente en

5 GLOBAL AND NATIONAL STATE OF THE NON-COMMUNICABLE CHRONIC DISEASES (NCDs): CHALLENGE FOR THE NURSING PROFESSION . Revista de enfermería enero de 2010. *Actual. Enferm.* 2010;13(1):15-1

6 *Libro Control de Signos vitales, Cap XV Sandra P. Penagos ,Luz Dary Salazar, Fanny E Vera ,Fundación Cardioinfantil Bogotá*

reposo lo cual contrasta con la filosofía del sistema el cual busca lograr un monitoreo bajo condiciones de normalidad del desempeño del paciente y que procura no limitar su ubicación ni su desplazamiento y actividad cotidiana.

Igualmente y partiendo de la incidencia de las afecciones cardiacas sobre la morbilidad y mortalidad en la población Colombiana mencionada anteriormente se considera importante tener la posibilidad del monitoreo eléctrico del corazón mediante una supervisión continua del electrocardiograma ECG, prueba que actualmente se realiza usando el sistema denominado Holter, el cual permite detectar arritmias e isquemias en infartos al miocardio. Se debe tener en cuenta que como valor agregado al sistema holter ya existente y comercial el sistema a desarrollar permitirá una disponibilidad de la información de manera ubicua para todos los actores interesados en ella (paciente, medico, centro hospitalario).

Deberán incluir información del contexto del paciente

Es claro que bajo la concepción de sistema ubicuo uno de los principales pilares es la disponibilidad de la información en cualquier sitio independiente de donde se encuentren los actores interesados en la misma (Paciente – Medico) pero dadas las circunstancias es de vital importancia conocer la ubicación del paciente con el objeto de poder brindar la mejor atención de acuerdo a las circunstancias. Igualmente con el objeto de poder cuantificar de manera significativa la información recibida en el sistema es importante conocer información sobre el ambiente donde se encuentra el paciente de tal forma que sea posible saber cómo incide la temperatura ambiente o la humedad relativa en las mediciones obtenidas de las variables fisiológicas.

6.1. SELECCIÓN DE VARIABLES FISIOLÓGICAS Y DE CONTEXTO

De las principales variables fisiológicas que se han mencionado se seleccionaron la temperatura, frecuencia respiratoria y la frecuencia cardiaca y de las variables de contexto se seleccionó la temperatura. Teniendo en cuenta según lo explicado anteriormente que cumplen con los criterios de transversalidad a diferentes patologías comunes a la población.

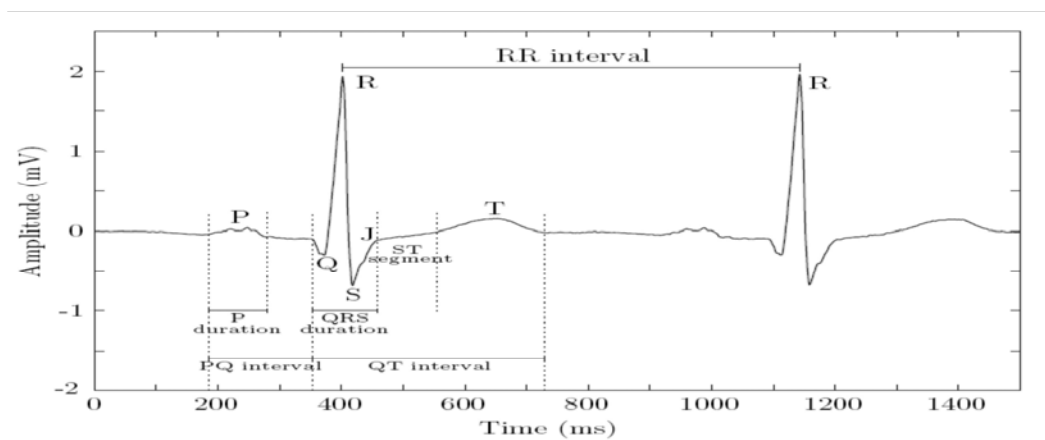
A continuación se realizará una descripción de las características de cada una de

las variables seleccionadas:

6.1.1. Comportamiento dinámico y rango normales de las variables seleccionadas. A continuación se realizará una especificación más precisa de las características de cada una de las variables seleccionadas con el objeto de entender sus valores nominales y las metodologías de medición e instrumentación.

6.1.1.1. Electrocardiograma (ECG). La señal electrocardiográfica es una señal analógica que muestra la dirección y magnitud de las señales eléctricas producidas por el corazón, está caracterizado por el denominado complejo QRS, el cual en condiciones normales tiene una duración entre 0.06 y 0.10 s(60 a 100 milisegundos) y un voltaje no mayor de 3,5 mV e idealmente y para efectos de digitalización debe muestrearse entre 200 y 500 muestras por segundo.⁷

Figura 2. Electrocardiograma Normal⁸.



Fuente: Señales biomédicas: información que sale del cuerpo. Pablo Laguna Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón.

Las características del complejo QRS son de vital importancia para el diagnóstico de diferentes tipos de patologías de tal forma que La duración, amplitud y morfología del complejo QRS se usa para el diagnóstico de arritmias cardíacas,

⁷ *Comprensión de la señal electrocardiográfica (ECG)* Juan Manuel Sanchez- Giovanni A Bernal R, Revista Umbral científico, junio , numero 004 2007 Bogota Colombia

⁸ Señales biomédicas: información que sale del cuerpo. Pablo Laguna Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón. <http://www.ibercajalav.net/img/SenalesBiomedicas1.pdf>

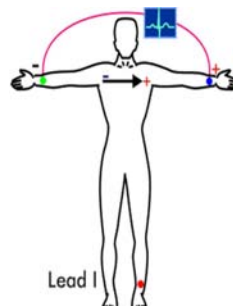
anormalidades de la conducción, hipertrofia ventricular y el infarto agudo de miocardio entre otros trastornos.

Cuando el impulso cardiaco atraviesa el corazón, la corriente eléctrica se propaga también a los tejidos que le rodean y una pequeña parte de la misma se extiende difusamente por todas partes para llegar a la superficie del cuerpo. Si se colocan unos electrodos sobre la piel a uno y otro lado del corazón, se puede registrar los potenciales eléctricos generados por esa corriente, el trazado de estos registros se conoce como electrocardiograma, en la figura 2, se presenta un electrocardiograma normal con latidos cardiacos.

Para su medición se usan electrodos ubicados en diferentes posiciones de acuerdo a la técnica a usar denominadas derivaciones, las derivaciones son disposiciones específicas de los electrodos, y en la práctica clínica se utilizan un número de doce estándares, clasificadas de la siguiente forma:

Derivación I. Para registrar la derivación I de los miembros, el terminal negativo del electrocardiógrafo se conecta al brazo derecho y el terminal positivo, al brazo izquierdo. Por tanto, cuando el lugar donde el brazo derecho se une al tórax es electronegativo con respecto al punto de unión del brazo izquierdo al tórax, el electrocardiógrafo registra potenciales positivos, es decir, situados por encima de la línea del voltaje cero del electrocardiograma. Cuando se dan las circunstancias opuestas, el trazado del electrocardiógrafo se produce por debajo de dicha línea, ver figura 3.

Figura 3. Derivación I.

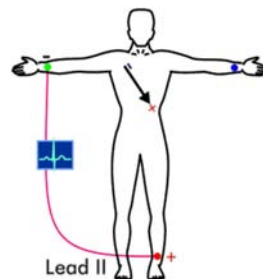


Fuente: TOLOZA CANO, Daissy. Diseño y construcción de un sistema bioeléctrico

con interface al biopac para evaluar el sistema cardiovascular. Trabajo de grado de Ingeniero biomédico. Bucaramanga: Fundación Universitaria Beltrán. 2005.

Derivación II. En la derivación II de las extremidades el terminal negativo del electrocardiógrafo está conectado con el brazo derecho y el terminal positivo, con la pierna izquierda. Por tanto, como el brazo derecho es negativo con respecto a la pierna izquierda, el electrocardiógrafo registra potenciales u ondas positivas, ver figura 4.

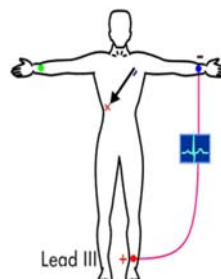
Figura 4. Derivación II.



Fuente: TOLOZA CANO, Daissy. Diseño y construcción de un sistema bioeléctrico con interface al biopac para evaluar el sistema cardiovascular. Trabajo de grado de Ingeniero biomédico. Bucaramanga: Fundación Universitaria Beltrán. 2005.

Derivación III. En la derivación III de las extremidades, el terminal negativo está colocado en el brazo izquierdo y el terminal positivo en la pierna izquierda. Esto significa que el electrocardiógrafo registra ondas positivas cuando el brazo izquierdo es negativo con respecto a la pierna izquierda, ver figura 5.

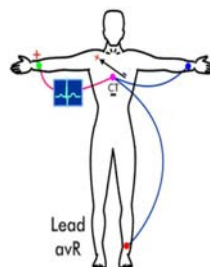
Figura 5. Derivación III.



Fuente: TOLOZA CANO, Daissy. Diseño y construcción de un sistema bioeléctrico con interface al biopac para evaluar el sistema cardiovascular. Trabajo de grado de Ingeniero biomédico. Bucaramanga: Fundación Universitaria Beltrán. 2005.

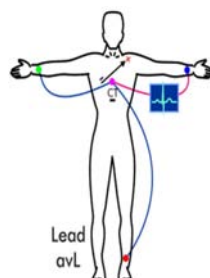
Derivaciones Monopolares Aumentadas Las derivaciones monopolares aumentadas registran el potencial total en un punto del cuerpo. Ideado por Frank Wilson y para su registro unió a las tres derivaciones del triangulo de Einthoven, cada una a través de la resistencia de un punto ó una central terminal de Wilson donde el potencial eléctrico es cercano a cero. Esta se conecta a un aparato de registro del que salía el electrodo explorador, el cual toma el potencial absoluto (V): Brazo derecho (VR) como muestra en la figura 6, Brazo izquierdo (VL) como muestra en la figura 7, Pierna izquierda (VF) como muestra en la figura 8.

Figura 6. Brazo Derecho (+) y Brazo Izquierdo + Pierna Izquierda (-).



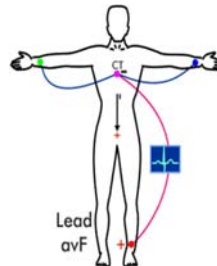
Fuente: TOLOZA CANO, Daissy. Diseño y construcción de un sistema bioeléctrico con interface al biopac para evaluar el sistema cardiovascular. Trabajo de grado de Ingeniero biomédico. Bucaramanga: Fundación Universitaria Beltrán. 2005.

Figura 7. Brazo Izquierdo (+) y Brazo Derecho + Pierna Izquierda (-).



Fuente: TOLOZA CANO, Daissy. Diseño y construcción de un sistema bioeléctrico con interface al biopac para evaluar el sistema cardiovascular. Trabajo de grado de Ingeniero biomédico. Bucaramanga: Fundación Universitaria Beltrán. 2005.

Figura 8. Pierna Izquierda (+) y Brazo Derecho + Brazo Izquierdo (-).



Fuente: TOLOZA CANO, Daissy. Diseño y construcción de un sistema bioeléctrico con interface al biopac para evaluar el sistema cardiovascular. Trabajo de grado de Ingeniero biomédico. Bucaramanga: Fundación Universitaria Beltrán. 2005.

Para este proyecto se trabajó con la primera derivada, ya que es la más común en el ámbito médico y permite ubicar mejor los puntos de las pulsaciones del cuerpo humano para una mejor respuesta al pasar al sistema.

6.1.1.2. Frecuencia cardiaca. Se define la frecuencia cardiaca como las veces que el corazón realiza el ciclo completo de llenado y vaciado de sus cámaras en un determinado tiempo. Por comodidad se expresa siempre en contracciones por minuto, ya que cuando se toma el pulso lo que se nota es la contracción del corazón (sístole), es decir cuando expulsa la sangre hacia el resto del cuerpo.

El número de contracciones por minuto está en función de muchos aspectos y por esto y por la rapidez y sencillez del control de la frecuencia hace que sea de una gran utilidad, tanto para médicos, como para entrenadores y para aficionados al deporte o deportistas profesionales.

Las pulsaciones de una persona en un momento dado se puede decir que dependen de varios grandes conjuntos de variables. En un grupo se pondrán las que no dependen directamente del sujeto y en casi todos los casos son temporales y condicionales, como la temperatura, la altura o la calidad del aire, la hora del día o la edad del individuo. En otro grupo las que son intrínsecas del sujeto impuestas por la genética como la altura, el género y la propia genética. Otro grupo que son condicionales y temporales pero de carácter psicológico como el miedo, el amor, el estrés o el sueño. Y en el último se unen las variables que son propiamente modificables por la persona, como son la actividad física que

realiza, el tipo de actividad física, el tiempo que lleva realizando la actividad y la intensidad de esta.

A continuación se muestra un cuadro con los valores típicos que tiene esta variable y que servirán como parámetros para el diseño de la instrumentación necesaria para su medición:

Cuadro 1. Frecuencia cardiaca normal según la edad.

Frecuencia cardiaca normal según edad	
Edad	Frecuencia cardiaca latidos por minuto (lpm)
Recién nacidos	100 – 160
Niños de 1 a 10 años	70 – 120
Niños de más de 10 años y adultos	60 – 100
Atletas bien entrenados	40 – 60

Fuente: Badesch DB, Abman SH, Ahearn GS, Barst RJ, McCrory DC, Simonneau G, McLaughlin VV. Medical therapy for pulmonary arterial hypertension: ACCP evidence-based clinical practice guidelines⁹

6.1.1.3. Frecuencia respiratoria. Las principales funciones del sistema respiratorio son el suministro de oxígeno a los tejidos y la eliminación del dióxido de carbono de los tejidos. La acción de la respiración es controlada por la acción muscular que causa el volumen de los pulmones, que al aumentarlo y disminuirlo afecta el control de la tensión del dióxido de carbono en la sangre arterial de forma precisa. En circunstancias normales, ésta es una acción rítmica.

⁹ http://www.hipertension-pulmonar.org/pacientes/fchp_sintomas.htm

Fases de ventilación.

La ventilación es el proceso mecánico de la movilización de aire entre el interior y el exterior de los pulmones para introducir oxígeno al alveolo y expeler anhídrido carbónico. Se afecta por las propiedades anatómicas de la pared torácica, la cavidad torácica, las vías aéreas superiores e inferiores.

Inspiración: fase activa; se inicia con la contracción del diafragma y los músculos intercostales.

Espiración: fase pasiva; depende de la elasticidad pulmonar.

En condiciones patológicas intervienen los músculos accesorios de la inspiración (escalenos y esternocleidomastoideo) y de la espiración (abdominales).

Los valores típicos de medición de la frecuencia pulmonar se especifican en el cuadro 2:

Cuadro 2. Frecuencia respiratoria normal según edad.

Frecuencia respiratoria normal según edad	
Edad	Frecuencia respiratoria
	respiración por minuto (rpm)
0 - 6 meses	30 – 50
6 meses – 1 año	20 – 40
1 – 2 años	20 – 30
2 – 6 años	15 – 25
6 – 10 años	15 – 20
Más de 10 años	13 – 15

Fuente: : Badesch DB, Abman SH, Ahearn GS, Barst RJ, McCrory DC, Simonneau G, McLaughlin VV. Medical therapy for pulmonary arterial hypertension: ACCP evidence-based clinical practice guidelines¹⁰

¹⁰ http://www.hipertension-pulmonar.org/pacientes/fchp_sintomas.htm

6.1.1.4. Temperatura. Es el equilibrio entre la producción de calor por el cuerpo y su pérdida. el centro termorregulador está situado en el hipotálamo. Cuando la temperatura sobrepasa el nivel normal se activan mecanismos como vasodilatación, hiperventilación y sudoración que promueven la pérdida de calor. si por el contrario, la temperatura cae por debajo del nivel normal se activan mecanismos como aumento del metabolismo y contracciones espasmódicas que producen los escalofríos.

FACTORES QUE VARÍAN LA TEMPERATURA.

- Edad: los niños son más susceptibles a las variaciones climáticas. En los ancianos la hipotermia se da por la pérdida de grasa subcutánea, dieta inadecuada, cese de actividad y disminución de los controles termorreguladores.
- Ejercicio: por aumento en la producción de calor.
- Hormonas: en las mujeres la progesterona secretada durante la ovulación aumenta la temperatura.
- Estrés: la estimulación del sistema nervioso simpático aumenta el metabolismo y la producción de calor.
- Medio ambiente: las variaciones extremas de la temperatura ambiental alteran los sistemas termorreguladores de las personas.

En los humanos, el valor normal habitual de la temperatura oral es de 37 °C o 98.6 °F, pero en una serie grande de adultos jóvenes normales, la temperatura oral matutina tiene un promedio de 36.7 °C, por lo tanto se esperaría que el 95% de los adultos jóvenes tuvieran una temperatura oral matutina de 36.3 a 37.1 °C, diversas partes del cuerpo tienen temperaturas distintas y la magnitud de la diferencia térmica entre ellas varía con la temperatura ambiental. Por lo general, las extremidades están más frías que el resto del cuerpo.

En las personas que duermen por la noche y permanecen despiertas durante el día, la temperatura es menor alrededor de las 6 AM y más alta por la tarde. Es más baja durante el sueño, un poco más alta en el estado de vigilia relajado y se

eleva con la actividad. En las mujeres se registran un ciclo adicional mensual de variación térmica, caracterizado por un aumento en la temperatura basal al momento de la ovulación. La regulación de la temperatura es menos precisa en los niños pequeños y es normal que tengan cifras 0.5 °C mayores a la normal establecida para los adultos.

6.1.2. Variables contexto. Como se mencionó anteriormente es importante para el sistema tener información sobre el contexto en el cual se encuentra inmerso el usuario durante el proceso de monitoreo. Desde este punto de vista se planteó la posibilidad de obtener la información sobre la posición del usuario y la temperatura ambiental donde se encuentra, esto con el objeto de poder proveer atención de manera oportuna permitiendo la asistencia en el sitio donde se requiera o suministrando información al paciente sobre los centros de atención más cercanos a donde puede dirigirse en caso de emergencia.

Para el caso de la posición hay básicamente dos posibles escenarios bien definidos de operación: indoor al interior de la edificación donde se encuentra el paciente y outdoor por fuera de él. Aunque existen diferentes tecnologías y algoritmos para realizar la localización indoor (Ecolocation, Mote Track, probability Grid y MLE) ¹⁰ todas aun están en proceso de evaluación principalmente por los retos que implica intentar localizar un usuario en un medio con múltiples obstáculos e interferencia electromagnéticas. No obstante para la localización outdoor, existe una tecnología probada y funcional a través de sistema satelital denominado Global Positioning System (GPS) que permite la localización de una persona con una exactitud promedio de 15 metros. Igualmente se cuenta con una alternativa menos precisa pero también funcional usando la red GSM lo cual permite localizar a una persona alrededor de 200 mts por métodos de triangulación. Para el caso particular del desarrollo que se pretende en este proyecto la información será tomada del GPS del celular por lo cual no se necesita hardware adicional y se usaran las APIS respectivas para su procesamiento y disposición a la plataforma.

Respecto a la temperatura es posible usar los sensores de temperatura que por defecto incorporan la mayoría de los nodos de sensores (los cuales se especificaran en otro aparte de este proyecto) y por tanto tampoco se requiere adicionar hardware al sistema dado que ya está disponible.

A continuación se muestra un cuadro con las distintas anomalías diagnosticables con las variables fisiológicas seleccionadas.

Cuadro 3. Anomalías detectables con las variables fisiológicas seleccionadas.

Variable fisiológica.	Anomalías
Frecuencia respiratoria.	<p>Bradipnea: es la lentitud en el ritmo respiratorio con una frecuencia inferior a 12 respiraciones por minuto. Se encuentra en pacientes con alteración neurológica o electrolítica, infección respiratoria o pleuritis.</p> <p>Hiperpnea o hiperventilación: respiración profunda y rápida de frecuencia mayor a 20 respiraciones/minuto. Es producida por ansiedad, ejercicio, alteraciones metabólicas o del sistema nervioso central.</p> <p>Hiperpnea o hiperventilación: respiración profunda y rápida de frecuencia mayor a 20 respiraciones/minuto. Es producida por ansiedad, ejercicio, alteraciones metabólicas o del sistema nervioso central.</p>
Frecuencia respiratoria.	<p>Respiración de Cheyne-Stokes: hiperpnea que se combina con intervalos de apnea. En niños este patrón es normal. En adultos, se presenta en lesión bilateral de los hemisferios cerebrales, ganglios basales, bulbo, protuberancia y cerebelo.</p>
	<p>Respiración de Kussmaul: respiración rápida (frecuencia mayor de 20 por minuto), profunda, suspirante y sin pausas. Se presenta en pacientes con insuficiencia renal y acidosis metabólica.</p>
	<p>Respiración de Biot: se caracteriza por extrema irregularidad en la frecuencia, el ritmo y la profundidad de las respiraciones. Se presentan periodos de apnea. Se observa en meningitis y lesiones de protuberancia y bulbo.</p>

Cuadro 3. (Continuación)

Variable fisiológica.	Anomalías
<p style="text-align: center;">ECG (Frecuencia cardíaca.)</p>	<p>taquicardia sinusal: es uno de los trastornos del ritmo cardíaco caracterizado por una frecuencia de impulsos cardíacos aumentado originándose del nodo sinusal que es el marcapaso natural del corazón, y definida con una frecuencia cardíaca mayor de 100 latidos por minuto en un adulto promedio.</p>
<p style="text-align: center;">ECG (Frecuencia cardíaca.)</p>	<p>Bradicardia sinusal: Es la frecuencia cardíaca por debajo de 60 latidos por minuto. Ese ritmo bajo sale del nódulo sinusal o marcapasos normal del corazón y no ecg patologías no cardíacas es por bloqueos producidos en otros lugares del corazón. Es una arritmia por frecuencia cardíaca baja. Si el corazón se contrae pocas veces por minuto llega menos sangre a los tejidos y se altera la oxigenación y por eso puede haber síntomas por mala circulación.</p> <p>Bloqueo auriculo-ventricular: Consiste en el retardo o bloqueo de la conducción del estímulo de las aurículas a los ventrículos a través del nódulo auriculoventricular. Puede ser transitorio, intermitente o permanente.</p> <p>Extrasístoles: son el trastorno más frecuente de la actividad cardíaca. Pueden originarse en la aurícula, nodo auriculoventricular, fascículo de His o ventrículo. No indican necesariamente enfermedad del corazón.</p> <p>Fibrilación ventricular: es un tipo de arritmia caracterizada por una frecuencia cardíaca muy rápida (taquiarritmia) y la ausencia total de contracciones eficaces de los ventrículos lo que provoca que no llegue sangre a los órganos vitales provocando una parada cardíaca.</p>

El monitoreo de estas variables permite la detección de varias anomalías, como se detalla en el cuadro anterior, las cuales son esenciales en el monitoreo de diferentes patologías como: hipertensión pulmonar, ataque cardiaco, insuficiencia cardiaca, accidentes cerebro-vasculares entre otras permitiendo tener un sistema transversal a varias patologías.

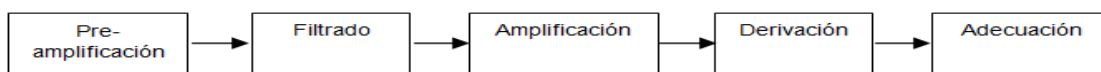
7. MODULO DE ADQUISICION DE VAIRABLES FISIOLÓGICAS

A continuación se detalla el diseño eléctrico necesario para la captura de cada una de las variables fisiológicas, seleccionadas en el capítulo anterior.

7.1. INSTRUMENTACIÓN PARA EL ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)

En este diseño se desarrolló la primera derivación del electrocardiograma, dado que es la más viable de implementar para el sistema, ya que es la más común en el ámbito médico y permite ubicar mejor los puntos de las pulsaciones del cuerpo humano para una mejor respuesta al pasar al sistema. El circuito del electrocardiograma está compuesto por las siguientes etapas: circuito de protección, pre-amplificador de instrumentación, filtrado, comparador y adecuación de la señal para la digitalización.

Figura 9. Diagrama de bloques ECG.



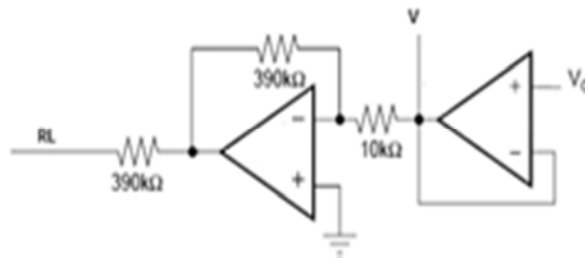
Fuente: BAEZ, Fabián ROMERO, Alberto. Sistema Portátil de Adquisición, Tratamiento y Transmisión de Señales Electroencefalográficas EEG, *Tesis Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, Bogotá, D.C., 2001.

El aislamiento eléctrico es un requisito imprescindible para todo equipo dedicado a la adquisición y medición de señales biomédicas en humanos. Dado que los efectos que pueden conllevar una descarga eléctrica sobre el cuerpo pueden ser fatales, desde contracciones involuntarias en los músculos respiratorios provocando situaciones de asfixia, hasta pérdida de sincronismo de las diferentes fibras que constituyen el musculo cardiaco, es importante tomar medidas que se incorpore en el diseño de sistema, de tal forma que se minimice al máximo el riesgo eléctrico en los pacientes.

7.1.1. Circuito de protección. un circuito de protección de paciente está formado por dos amplificadores lf353n que cumple dos objetivos, el primero, colocar la

pierna derecha del paciente a una tierra aislada de la tierra eléctrica del circuito, para suministrar seguridad eléctrica del paciente; la segunda, atenuar el voltaje de modo común que afecta los terminales de entrada al amplificador ad620.

Figura 10. Circuito de protección pie derecho.

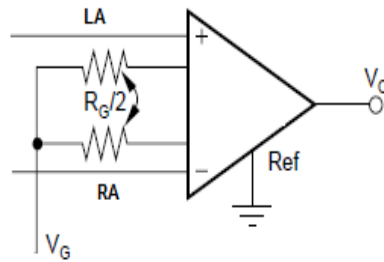


7.1.2. Pre-amplificación. En esta etapa también puede ser llamada la etapa de adquisición de señal, dado que es donde se obtiene la señal del cuerpo del paciente, la cual es necesaria aplicarle una amplificación, para ello se utilizó un amplificador de instrumentación AD620, Este amplificador por sus características es adecuado para sistemas portable operados con baterías, para amplificadores de señales bioeléctricas y para amplificadores de sensores industriales.

La ganancia del amplificador de instrumentación está determinada por la siguiente formula:

$$G = 1 + \frac{49.9k}{R_g}$$

Figura 11. Amplificador de instrumentación AD620.



7.1.3. Filtrado. Esta etapa es la encargada de eliminar el ruido de alta frecuencia de la señal y además para delimitar el ancho de banda de la señal ECG a procesar, ya que solo interesan las bajas frecuencia pues son las correspondientes a las señales bioeléctricas.

Los filtros activos proporcionan una gran amplificación de la señal de entrada (ganancia) y una impedancia de entrada muy grande, lo que es importante al trabajar con señales muy débiles, además, facilitan el diseño de filtros complejos mediante la conexión en cascada de etapas simples.

Los criterios de diseños para el filtro paso-banda son: ganancia unitaria, rango de frecuencia (0.05 Hz – 100 Hz) y de orden 1. Para este diseño se utilizó la conexión de cascada de un filtro paso-bajos con un filtro paso-altos para facilitar su diseño e implementación. El esquema de los filtros se muestra a continuación:

Figura 12. Esquema filtro pasa bajo.

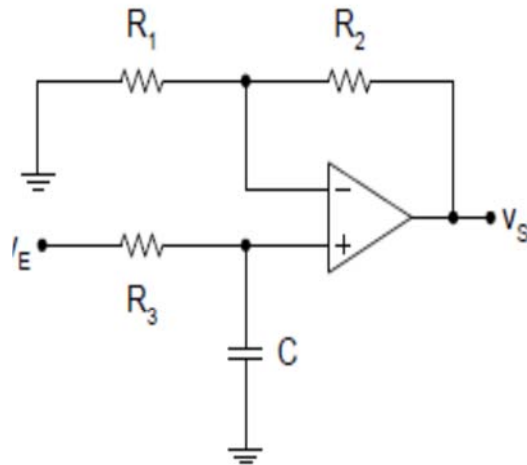
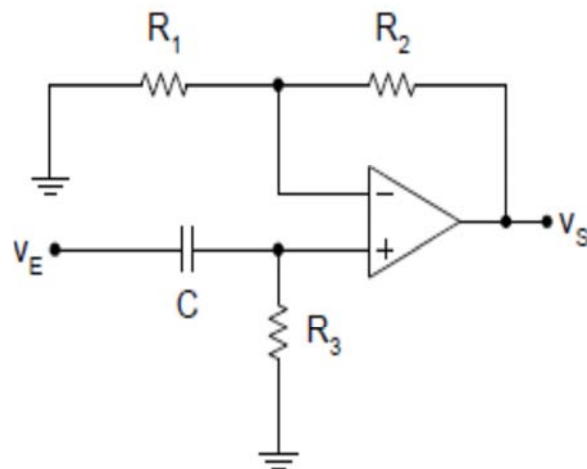


Figura 13. Esquema filtro pasa alto.



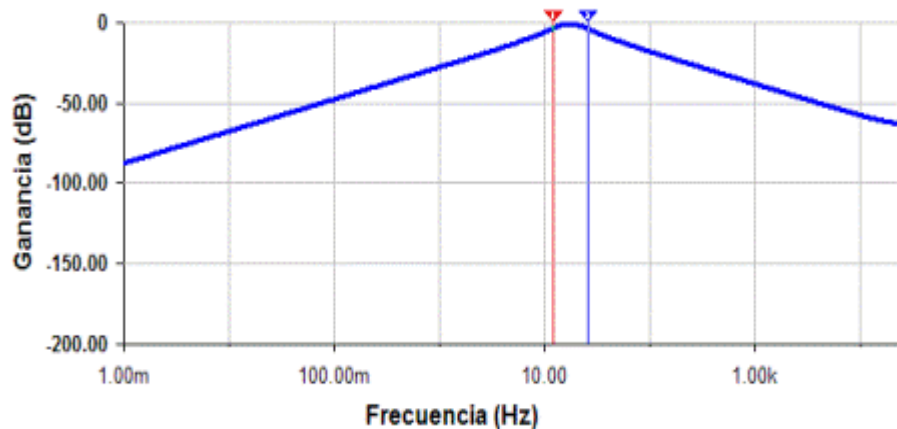
Para el cálculo del valor de las resistencias de los filtros se utiliza la fórmula de frecuencia de corte y la ganancia del amplificador.

$$F_c = \frac{1}{2\pi R_3 C} \quad (2)$$

$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (3)$$

Para la detección del complejo QRS, el cual permite conocer cuándo se ha producido un latido y así poder calcular el ritmo cardiaco, se empleó un filtro pasa banda de banda angosta Butterworth, con una frecuencia de corte inferior de 12Hz y una superior de 25Hz.

Figura 14. Diagrama de bode filtro banda angosta



El rango de frecuencias comprendida entre F_h (frecuencia alta) y F_l (frecuencia baja) sirven para determina el ancho de banda (B) y la frecuencia resonante (F_r).

$$B = F_h - F_l$$

$$B = 25 \text{ Hz} - 12 \text{ Hz}$$

$$B = 13 \text{ Hz}$$

$$F_r = \sqrt{(F_l)(F_h)}$$

$$F_r = \sqrt{(12 \text{ Hz})(25 \text{ Hz})}$$

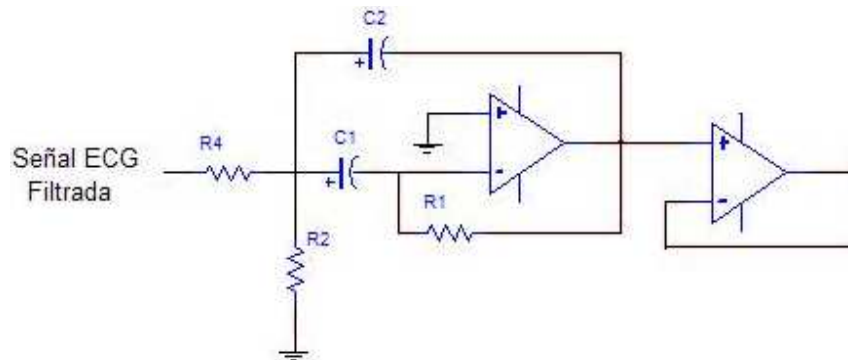
$$F_r = 17.35$$

La selectividad del filtro pasa banda (Q) se calcula $Q = F_r/B$.

$$Q = \frac{F_r}{B} \quad Q = \frac{17.35}{13 \text{ Hz}}$$

$$Q = 1.33$$

Figura 15. Esquema filtro de banda angosta.



Definir $C_1 = C_2 = 4.7$

Calcular R_4 , R_2 y R_1 :

$$R_4 = \frac{0.1592}{BC_1}$$

$$R_4 = \frac{0.1592}{13(4.7\text{uf})} = 2.6\text{K}$$

$$R_4 = \frac{R_4}{2Q^2 - 1} = 1.02\text{K}$$

$$R_1 = 2R_4 = 5.2\text{K}$$

Seguido del filtro pasa banda angosta se encuentra un seguidor de tensión para acople de impedancias con la etapa posterior, la cual es un comparador de tensión, para generar los pulsos cuadrados.

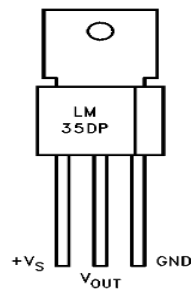
7.2. INSTRUMENTACIÓN PARA TEMPERATURA

Para el sensado de la temperatura se usó el integrado LM35¹¹, el cual es un sensor de temperatura con una precisión de 1 ° C y un rango que abarca desde -55 ° C a +150 ° C. la presentación del encapsulado del lm35 tiene igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas es para alimentarlo y la tercera entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el

11 TEXAS INSTRUMENT, DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS, LM35.

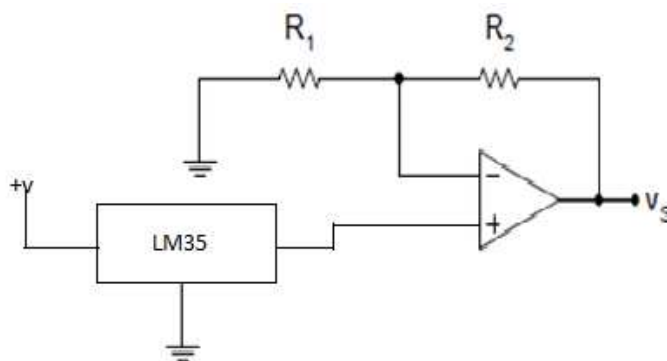
dispositivo. La salida es lineal y equivale a $10\text{mV} / ^\circ\text{C}$. como se muestra en la figura 16.

Figura 16. Lm35.



Para la adecuación de la señal se empleó un lm358 configurado en amplificador no inversor, permitiendo obtener la temperatura en un rango de 0v a 3 voltios, necesario para la transmisión por medio de los sensores inalámbricos seleccionados.

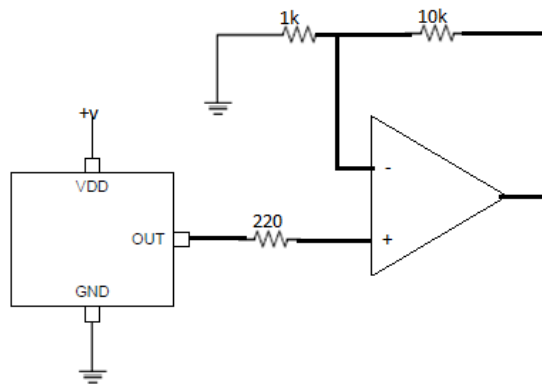
Figura 17. Instrumentación de la Temperatura.



7.3. INSTRUMENTACIÓN FRECUENCIA RESPIRATORIA

Para la adquisición de la frecuencia respiratoria se diseñó una banda respiratoria, la cual se sitúa alrededor de la caja torácica del paciente y para su funcionamiento utiliza un sensor de efecto hall y un imán, que se encuentran a una distancia determinada, la cual varía dependiendo del movimiento de la caja torácica al efectuar el proceso de respiración. Generando una variación en el campo magnético la cual el sensor de efecto hall lo representa con una variación de tensión.

Figura 18. Instrumentación sensor de efecto hall.



La presentación física e implementación de cada uno de los circuitos explicados anteriormente se encuentra en el anexo B.

Una vez explicado el diseño y los componentes para la adquisición de las variables fisiológicas, se continúa con la información correspondiente a las necesidades, especificaciones, requerimientos, características y cualidades con las cuales debe contar el gestor acceso perteneciente a la plataforma para la implementación de sistemas ubicuos orientados a la salud.

8. MODULO PARA LA GESTION DEL ACCESO DE LAS VARIABLES FISIOLÓGICAS Y DE CONTEXTO

Para el desarrollo de esta etapa se empleó como metodología de desarrollo el proceso unificado racional (RUP), el cual se destaca por tres características esenciales: está dirigido por los casos de usos, está centrado en la arquitectura y es interactivo e incremental.

La Plataforma para el desarrollo de servicios Ubicuos orientados a salud manifestó los siguientes requerimientos funcionales y no funcionales para el gestor de acceso:

8.1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Los requerimientos funcionales a continuación van a definir el comportamiento interno del componente *gestión de acceso de las variables fisiológicas y de contexto*; tales como cálculos, detalles técnicos, manipulación de datos y otras funcionalidades específicas.

Tabla 1. RF-1 parametrizar la captura de la señal electrocardiográfica.

Nombre	RF-1 Controlar la captura de la señal electrocardiográfica.
Resumen	Controlar la señal del ECG al momento de capturarla, adecuar el número de muestras capturadas, transmitirla al coordinador y luego enviarlas al celular para ser integradas con los otros gestores.
Entradas	
	Registra conectividad con los sensores
Resultados	
	Información actualizada del usuario

Tabla 2. RF-2 Controlar la captura de la temperatura corporal del paciente

Nombre	RF-2 Controlar la captura de la temperatura corporal del paciente
Resumen	Controlar la señal de la temperatura al momento de capturarla, adecuar el número de muestras capturadas, transmitirla al coordinador y luego enviarlas al celular para ser integradas con los otros gestores.
Entradas	
Registra conectividad con los sensores	
Resultados	
Información actualizada del usuario	

Tabla 3. RF-3 Controlar la captura de la variabilidad respiratoria del paciente

Nombre	RF-3 Controlar la captura de la variabilidad respiratoria del paciente
Resumen	Controlar la señal de la frecuencia respiratoria al momento de capturarla, adecuar el número de muestras capturadas, transmitirla al coordinador y luego enviarlas al celular para ser integradas con los otros gestores.
Entradas	
Registra conectividad con los sensores	
Resultados	
Información actualizada del usuario	

Tabla 4. RF-4 Controlar la captura de la temperatura ambiental y humedad del entorno del paciente

Nombre	RF-4 Controlar la captura de la temperatura ambiental y humedad del entorno del paciente
Resumen	Controlar la señal de la temperatura ambiental y humedad al momento de capturarla, adecuar el número de muestras capturadas, transmitirla al coordinador y luego enviarlas al celular para ser integradas con los otros gestores.
Entradas	
Registra conectividad con los sensores	
Resultados	
Información actualizada del usuario	

Tabla 5. RF-5 Enviar información sobre la ubicación del paciente

Nombre	RF-5 Enviar información sobre la ubicación del paciente
Resumen	Registrar una orden autenticada de los gestores para la captura de las señales, a través del coordinador de la red de sensores en el proceso de toma de variables.
Entradas	
Registra conectividad con los sensores	
Resultados	
Información actualizada del usuario	

Tabla 6. RF-6 información del paciente, la hora y fecha de la muestra de variables tomada

Nombre	RF-6 información del paciente, la hora y fecha de la muestra de variables tomada
Resumen	Registrar una orden autenticada de los gestores para la captura de las señales, a través del coordinador de la red de sensores en el proceso de toma de variables.
Entradas	
Registra conectividad con los sensores	
Resultados	
Información actualizada del usuario	

Tabla 7. RF-7 Permitir almacenar la información por un corto periodo de tiempo, en caso de pérdida de conexión con el servidor, para enviarla en cuanto se restablezca la conexión

Nombre	RF-7 Permitir almacenar la información por un corto periodo de tiempo, en caso de pérdida de conexión con el servidor, para enviarla en cuanto se restablezca la conexión
Resumen	Almacenar la información de los muestreos de las variables sensadas hasta que se cuente con una conexión disponible hacia las capas superiores.
Entradas	
Notificación de nuevo evento y datos pendientes por enviar	
Resultados	
Se tiene notificación de datos pendientes por enviar	

Tabla 8. RF-8 Enviar la información a través de un stub a un servidor web

Nombre	RF-8 Enviar la información a través de un stub a un servidor web
Resumen	Se envía información recolectada de las variables por el canal apropiado hacia un servidor web para integración con los demás gestores.
Entradas	
Se tiene información lista para ser enviada	
Resultados	
Se envía información hacia los servicios web	

Tabla 9. RF-9 Brindar información sobre el estado de carga de las baterías de los sensores instalados.

Nombre	RF-9 Brindar información sobre el estado de carga de las baterías de los sensores instalados.
Resumen	Verificar el estado de carga de las baterías para un previo cambio
Entradas	
Notificación	
Resultados	
Notificar experto	

8.2. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

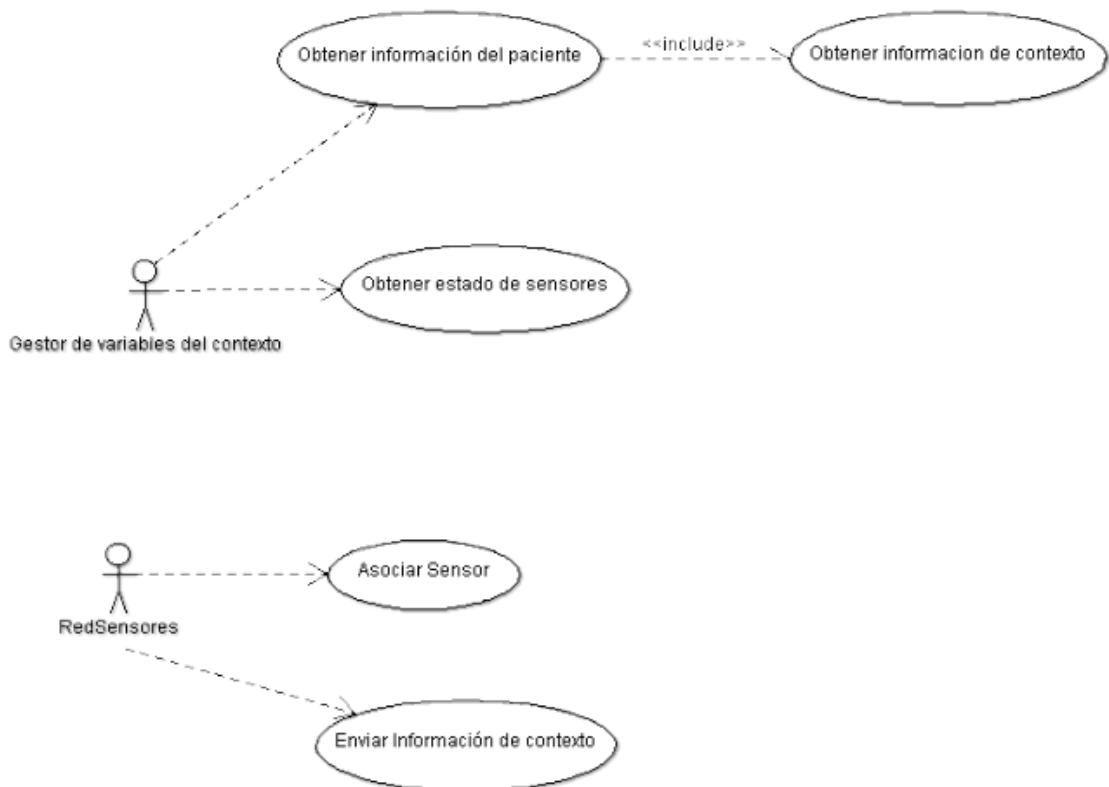
RNF_01: Implementar un esquema de autenticación, autorización y encriptación para el envío de la información.

Una vez obtenidos los requerimientos funcionales y no funcionales del gestor de acceso se procedió a realizar los casos de uso del sistema, los cuales proporciona uno o más escenarios que indican cómo debería interactuar el sistema con el usuario o con otros sistemas para conseguir un objetivo específico.

8.3. CASOS DE USO

A continuación se muestra el diagrama de casos de uso y se explican cada caso de uso.

Figura 19. Diagrama de casos de uso.



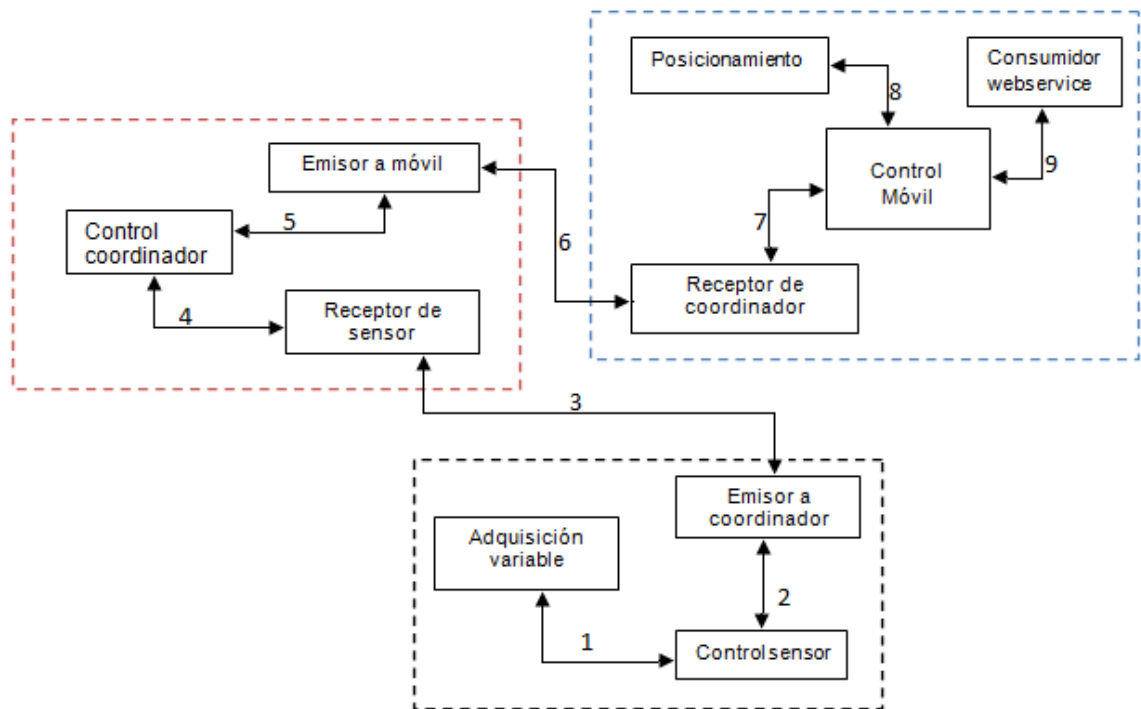
Los casos de usos se encuentran detallados en Anexo A.

A continuación se encuentra la etapa de análisis del proyecto, donde se encuentra arquitectura lógica del componente, con la descripción de los módulos que la conforman y las relaciones entre los módulos.

8.4. ANÁLISIS.

8.4.1. Arquitectura lógica del componente.

Figura 20. Arquitectura de bloques funcionales.



A continuación se describe cada uno de los componentes y se describe las relaciones.

- **Sensor:** Es el encargado del envío de las señales fisiológicas medidas del paciente al coordinador de la red, cada vez que se cumple el tiempo de monitoreo.

1. **Adquisición variable:** Modulo encargado de convertir la medida análoga de la señal fisiológica a digital.

2. Control sensor: Modulo encargado de controlar la adquisición de las variables y la emisión de la misma al coordinador Pan.

3. Emisor a coordinador: envía los datos obtenidos de la señal fisiológica del paciente.

- Pan coordinador: Es el encargado de permitir la comunicación de los sensores con el Smartphone, además se encarga de organizar la red de sensores y el monitoreo periódico de cada una de las variables.

1. Receptor de sensor: encargado de recibir los datos provenientes de los sensores inalámbricos.

2. Control coordinador: encargado de adecuar la información para enviarla al dispositivo móvil.

3. Emisor a móvil: encargado de entablar la comunicación con el dispositivo móvil y enviar la información completa de las variables monitoreadas.

- Dispositivo móvil: Es el encargado de permitir la comunicación de los sensores con el Smartphone, además se encarga de organizar la red de sensores y el monitoreo periódico de cada una de las variables.

1. Receptor de coordinador: encargado de recibir los datos provenientes del coordinador de la red de sensores.

2. Control móvil: encargado de adecuar la información para enviarla a la plataforma.

3. Posicionamiento: encargado de establecer la ubicación del paciente, para enviar esta información a la plataforma.

4. Consumidor webservice: encargado de consumir los servicios del gestor de variables fisiológicas y de contexto para enviar la información de las variables monitoreadas a la plataforma.

- Descripción de las relaciones.

1. Relación 1: petición de medida de la señal fisiológica y respuesta entre el ADC y el Controlador del sensor.

2. Relación 2: Solicitud de envío del valor de la variable fisiológica al coordinado Pan.
3. Relación 3: transmisión de los datos del sensor al coordinador pan.
4. Relación 4: Solicitud de recepción la variables fisiológicas que proviene de los sensores.
5. Relación 5: Solicitud de envío del valor de las variables fisiológicas al dispositivo móvil.
6. Relación 6: transmisión de los datos del coordinador pan al dispositivo móvil.
7. Relación 7: Solicitud de recepción la variables fisiológicas que proviene del coordinador pan.
8. Relación 8: petición de la ubicación del paciente y respuesta entre posicionamiento y el control móvil.
9. Relación 9: petición de consumo del servicio web del gestor de variables fisiológicas y de contexto.

Teniendo definida la arquitectura se procedió a realizar el diseño del gestor de acceso, donde se definió el tipo de dispositivos a utilizar y la arquitectura detallada del componente.

8.5. DISEÑO DEL PROYECTO

8.5.1. Decisiones de diseño. Para el desarrollo del proyecto, se realizó una investigación de las diferentes herramientas para el desarrollo de una red sensores inalámbricos, disponibles en la Universidad Autónoma De occidente.

Actualmente en la Universidad Autónoma de Occidente se encuentra disponibles varios tipos de plataformas de desarrollo para redes de sensores inalámbricos las cuales se describirán a continuación y finalmente se presentaran en una tabla resumiendo las características de las plataformas analizadas.

En las diferentes plataformas de red, se observa los componentes esenciales de cada una para saber cuál es la apropiada para el diseño de la red y cuales son compatibles entre sí.

Texas Instruments EZ430-RF248

Este es un kit de demostración, basado en USB MSP430 que provee el hardware y el software para evaluar el procesador de 2.4GHz Zigbee CC2480 y el microcontrolador MSP430F2274. A pesar de ser un kit de demostración, incluye una versión "Kickstart" del IDE IAR Embedded Workbench, con esta versión es posible desarrollar y probar algunas aplicaciones para esta plataforma ¹²

Componentes del kit de demostración

El kit cuenta con lo siguiente:

Chipsets de procesador MSP430, CC2480 y sensor de temperatura.

Portadores de batería para crear nodos inalámbricos con los chipsets.

Adaptador para crear una interfaz USB PC.

Aplicación de prueba para monitorear la temperatura entregada por dos sensores.

Código de ejemplo de procesador para demostrar configuración, instalación de la red o selección, enlace y comunicación.

Documentación acerca del kit de demos.

Cada uno de los chipset cuenta con lo siguiente:

Procesador MSP430F227.

Chip ZigBee CC2480.

Dos leds.

Pulsador.

5 puertos generales de entrada/salida que corresponden a los pines P2.2, P2.3, P2.4, P4.4, P4.5 del MSP430.

12 TEXAS INSTRUMENT, EZ430 User Guide. Junio 2010.

Kit de desarrollo ANT.

ANT es el nombre de una tecnología en WSN. Está compuesto por una familia de sensores que se caracterizan por ser muy pequeños y tener un consumo de potencia extremadamente bajo. Los sensores se comunican usando un protocolo propietario que se caracteriza por tener una cabecera muy liviana. Este protocolo también trabaja en la banda ISM e implementa desde la capa física hasta la capa de transporte del modelo OSI. Actualmente la universidad cuenta con el kit de desarrollo ANTDKT3¹³.

Componentes del kit de desarrollo.

Módulos AP1 (ANTAP1M5IB)

El módulo ANT es mi modulo basado en el nRF24AP1 de Nordic Semiconductor. Incluye una antena capaz de soportar 4 canales ANT. Este módulo no tiene implementados sensores, pero cuenta con un puerto de expansión para conectar módulos de I/O (análogos y digitales) y para el módulo de baterías.

Módulos AT3 (ANT11TS33M5IB).

Este módulo además de ser un transceptor inalámbrico que implementa el protocolo ANT, también tiene implementado el módulo SensRcore. Este módulo permite conectar fácilmente sensores digitales o análogos al procesador.

Tarjetas ANT para baterías.

Este módulo se encuentra especialmente diseñado para usar baterías CR2032 y se conecta a los módulos AP1 y AT3 a través de sus puertos de expansión. Este módulo también cuenta con 5 entradas análogas.

Interfaces de I/O ANT.

Estas interfaces se conectan a los módulos ANT a través del puerto de expansión y permiten incorporar 4 botones al módulo ANT.

13 TEXAS INSTRUMENT, ANT User Guide. Agosto 2010.

Interfaces USB.

Esta interfaz permite conectar un módulo ANT al computador a través del puerto USB.

Crossbow TELOSB

La plataforma de desarrollo de Crossbow TelosB, es una plataforma de código abierto. Puede ser programada a través del puerto USB del computador (requiere un driver gratuito para crear un COM virtual en el puerto USB). Esta plataforma implementa el protocolo IEEE 802.15.4 y es programada y controlada utilizando un sistema operativo de código abierto conocido como TinyOS, desarrollado por la universidad de Berkeley. La versión actual de TinyOS es la 2.1 y el lenguaje usado para programarlo es NesC. Un dialecto de C, al ser una plataforma de código abierto existen múltiples herramientas para apoyar su desarrollo como lo son plugins para el IDE Eclipse¹⁴.

Componentes del kit de desarrollo.

Los telosB incluyen:

- Chip de comunicaciones CC2420 (Implementa 802.15.4)

- Sensor de temperatura y humedad SHT11

- Sensor de luz visible Hamamatsu S1087

- Sensor de luz infrarroja Hamamatsu S1087-01

- Chip FTDI (Interfaz UART-USB)

- Puerto de expansión que incluye:

 - 5 Entradas análogas

 - Comunicación UART

 - Comunicación I2C

 - 6 entradas digitales

 - 1 salida análoga

Jumpers para controlar Sensores análogos, LCDs y otros periféricos digitales.

14 TELOSB- TMOTE SKY, User Guide. 2004.

Intel Shimmer

SHIMMER es una plataforma de sensores diseñados para aplicaciones donde el paciente lleve al sensor “vestido” en su cuerpo. Tiene integrado un acelerómetro de 3 ejes, un almacenamiento amplio e implementa estándares de bajo consumo de potencia. También puede enviar estos datos a otros dispositivos para expandir sus capacidades. La plataforma cuenta con interfaces inalámbricas 802.15.4 y Bluetooth. Adicionalmente la plataforma cuenta con tarjetas de expansión “hijas” Esta plataforma es controlada y configurada a través de TinyOS e igualmente es programada a través de NesC, por lo tanto es compatible con los motes que implementan TinyOS¹⁵

Componentes del kit de desarrollo

- Procesador de la familia MSP430F1611
- Chip de radio CC2420. Implementa 802.15.4
- Radio Clase 2 Bluetooth. Mitsumi WML-C46N
- Antena de 4.1Dbi
- Acelerómetro de 3 ejes
- Leds de status
- Almacenamiento externo en SD de hasta 2GB
- Tarjetas de expansión para agregar ECG, EMG y otros sensores.

Capacidades de desarrollo de las distintas plataformas.

Para la plataforma Texas Instrument ez430 el entorno de desarrollo disponible es IAR Embedded Workbench que permite crear aplicaciones en lenguaje C. para Antdkt3 el entorno de desarrollo es Visual Basic C++ Borland builder (dynamic DLL linking). El entorno de desarrollo disponible para los SHIMMER y los Telosb es TinyOS, al tratarse de un sistema operativo brinda un rango de funciones muy amplio que permiten desarrollar aplicaciones y controlar muchas funciones del hardware disponibles. El lenguaje para crear las aplicaciones es NesC que también es de código abierto y distribución gratuita. Es posible integrar ese lenguaje de programación a IDEs como Eclipse. Adicionalmente para los SHIMMER se ha desarrollado una plataforma para crear programas que reciban

15 TEXAS INSTRUMENT, User Guide. MSP430.

su información, la procesen y la presenten de forma gráfica o para integrarlo a otras tecnologías, esta plataforma se conoce con el nombre de MOBIUS y es de distribución gratuita.

8.5.2. Resumen plataformas de sensores. La tabla muestra un resumen de las principales características de las plataformas de sensores.

Tabla 10. Características de las plataformas.

	Texas ez430	ANTDKT3	Xbow TelosB	Intel SHIMMER
Procesador	MSP430F227	MSP430f22x2/4	MSP430F1611	MSP430F1611
RAM	1Kbyte	1Kbyte	10Kbytes	10Kbytes
NVM	32Bytes Flash	32Kbytes Flash	1024Kbytes Flash+ 48Kbytes EEPROM	148Kbytes Flash 2GB SD
Interfaces	802.15.4 – ZigBee USB	Protocolo ANT USB	802.15.4 USB	802.15.4 Bluetooth USB
Sensores disponibles	Sensor de temperatura		Sensor de temperatura Sensor de humedad Sensor de luz visible Sensor de luz infrarroja	Acelerómetro 3 ejes ECG 3 polos (por separado) EMG (por separado) Sensor de detección movimiento infrarrojo
Puertos I/O	4 entradas análogas 4 entradas digitales	5 entradas análogas Salida y entrada SPI 7 entradas digitales	5 entradas análogas Comunicación UART Comunicación I2C 6 entradas digitales 1 salida análoga	Puerto UART Puerto SPI Tarjeta análoga de expansión (por separado)

Tabla 10. (Continuación)

	Texas ez430	ANTDKT3	Xbow TelosB	Intel SHIMMER
Entorno de desarrollo	Lenguaje C. IAR Embedded Workbench	Visual Basic C++ Borland builder (dynamic DLL linking)	TinyOS, usando NesC Eclipse + plugin NesC	TinyOS, usando NesC Eclipse + plugin NesC BioMobius
Comunidad de soporte		Foros de soporte	Listas de correo Wiki TinyOS	Listas de correo Comunidad soporte Wiki TinyOS
Códigos de ejemplo	Algunos códigos comentados	Algunos scripts documentados Algunos códigos documentados	Códigos documentados Tutoriales	Códigos documentados Tutoriales
Precio	99USD*	700 USD*	137USD*	1370USD* **
Compatibilidad con otras plataformas	Compatibilidad con 802.15.4	Compatibilidad con otros módulos ANT	Compatibilidad con 802.15.4 Compatibilidad con motes que implementan TinyOS	Compatibilidad con 802.15.4 Compatibilidad con motes que implementan TinyOS

*No incluye costos de envío.

** Precio del Cardio Dev Kit.

De las plataformas nombradas se seleccionó la plataforma crossbow Telosb en conjunto con Intel Shimmer, dado que ambas plataformas implementan IEEE 802.15.4, adicionalmente el Shimmer implementa el protocolo Bluetooth lo cual permite transmitir la información de los sensores al Smartphone, haciendo la labor de Gateway, dado que las especificaciones del proyecto se determinó que la comunicación con el Smartphone debía realizarse sin ningún tipo de accesorio externo.

8.5.3. Selección dispositivo móvil. Para la selección el dispositivo móvil se tuvo en cuenta una serie de características técnicas, comparadas con varias marcas que existentes en el mercado actual de dispositivos, para lograr seleccionar él que mejor se acomode a los requerimientos planteados más adelante.

La importancia de la selección del dispositivo móvil radica en que el desarrollo de la aplicación móvil depende directamente del dispositivo que se haya seleccionado, dado que conociendo la especificaciones del dispositivo se puede generar una aplicación óptima.

Para la selección del dispositivo móvil se plantearon los siguientes requerimientos:

- El dispositivo móvil debe tener un procesador potente.
- El dispositivo debe presentar MIDP 2.0
- El dispositivo debe presentar un sistema operativo flexible.
- El dispositivo debe tener gran duración de batería.
- El dispositivo debe tener Bluetooth en una versión superior a la 1.0
- El dispositivo debe disponer varios tipos de conexiones a internet.

A continuación se presenta una tabla comparativo de los distintos dispositivos móviles ofrecidos en el mercado, en la tabla se detallan la parte de software, hardware y conectividad de cada uno de ellos, ver Tabla 11.

Tabla 11. Comparación de dispositivos.

Dispositivo	Nokia 5800	Motorola A1210	Lg T315	Samsung C6712 Star II DUOS
Velocidad Procesador	434 MHz	312MHz	280MHz	312Hz
RAM	128MB	64MB	64MB	64MB
Memoria interna	81MB	39MB	20MB	30MB
Batería	1329 mAh	1130mAh	900mAh	1200mAh
Sistema operativo	Symbian v9.4	Linux OS	Propietario	Propietario
java	MIDP 2.0	MIDP 2.0	MIDP 2.0	MIDP 2.0
Wlan	Wi-Fi 802.11b/g	No	Wi-Fi 802.11b/g	Wi-Fi 802.11b/g

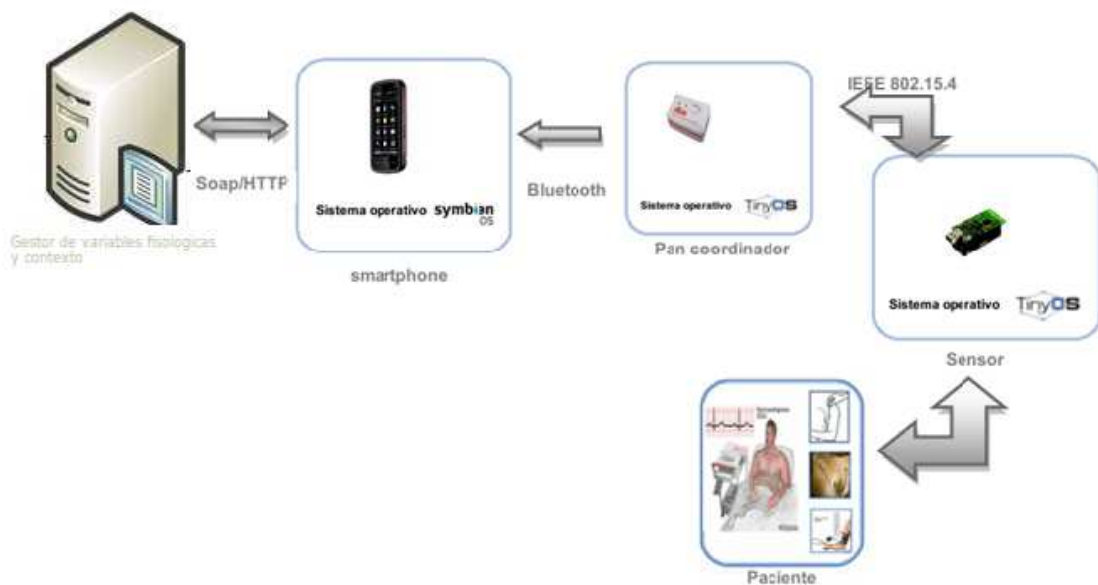
Tabla 11. (Continuación)

Dispositivo	Nokia 5800	Motorola A1210	Lg T315	Samsung C6712 Star II DUOS
Bluetooth	v2.0	v2.0	V2.0	V3.0
Edge	Class 32	Class 10	Class 10	Class 12
Gprs	Class 32	Class 10	Class 10	Class 12

El dispositivo seleccionado fue el Nokia 5800 por las características técnicas que posee, ya que presenta un procesador y una memoria Ram veloz, además presenta como sistema operativo Symbian v9.4, el cual se caracteriza por ser un sistema flexible, ya que permite el desarrollo y despliegue de aplicaciones por terceros, y utilizar el hardware del dispositivo sin restricciones.

8.6. ARQUITECTURA DETALLADA

Figura 21. Arquitectura detallada.



A continuación se explica la arquitectura detallada:

El nivel más básico es la plataforma paciente que corresponde al módulo de adquisición de variables fisiológicas, la cual se conecta con los sensores Telosb que trabajan bajo el sistema operativo TinyOS, los cuales se comunican por medio del protocolo IEEE 802.15.4 con el coordinador de la red de sensores, el cual corresponde al Shimmer que al igual que los sensores trabaja sobre TinyOS, el envío de datos del coordinador a la aplicación móvil o la plataforma Smartphone, se realiza por medio de Bluetooth, donde el dispositivo móvil tiene una aplicación realizada en NetBeans. El dispositivo móvil trabaja bajo el sistema operativo SymbianOS, para correr las aplicaciones y consumir los servicios web ofrecidos en archivo WDSL por el gestor de variables fisiológicas y de contexto

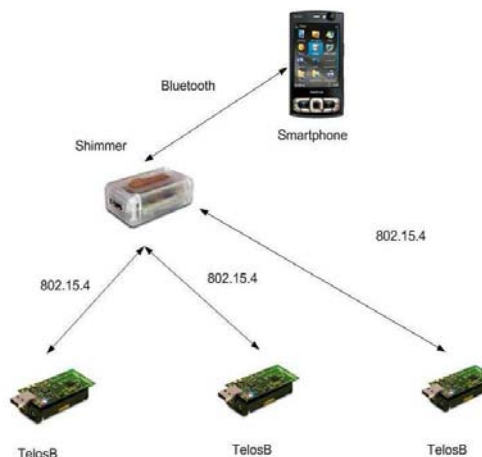
Teniendo seleccionado los dispositivos de red, el coordinador de la red, el dispositivo móvil y la arquitectura detallada del módulo de gestión se procedió con la implementación, la cual se explica a detalle a continuación.

9. IMPLEMENTACION

9.1. RED DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN)

La red de sensores inalámbricos se encarga de transmitir la información de las distintas variables fisiológicas sensadas al dispositivo móvil. La comunicación entre los distintos dispositivos de la red es por medio del protocolo IEEE802.15.4 cómo se ilustra en la figura 22.

Figura 22. Red de sensores.



Donde se puede observar que el Shimmer cumple las funciones de coordinador PAN y de Gateway y como dispositivos de red se utilizan los sensores TelosB de Xbow, esto debido a que implementan TinyOS y facilitan una programación unificada para todos los sensores. Además el Shimmer como coordinador de la red permite entablar comunicación con los dispositivos de red y el Smartphone, gracias a que dispone del estándar IEEE 802.15.4 y Bluetooth, como se mencionó con anterioridad.

A continuación se explica la capa física y la capa de enlace de datos (DLL) del estándar IEEE802.15.4, para tener una mejor comprensión del funcionamiento de la implementación de la WSN.

9.1.1. Capa Física. IEEE 802.15.4 ofrece dos opciones de capa física (PHY) que combinan con el MAC para permitir un amplio rango de aplicaciones en redes. Ambas capas físicas se basan en métodos de Secuencia Directa de Espectro Extendido (DSSS) que resultan en bajos costos de implementación digital, y ambas comparten la misma estructura básica de paquetes de low-duty-cycle con operaciones de bajo consumo de energía. La principal diferencia entre ambas capas físicas radica en la banda de frecuencias. La capa física a 2.4 GHz, especifica la operación en la banda Industrial, Médica y Científica (ISM), que prácticamente está disponible en todo el mundo, mientras que la capa física a 868/915 MHz, especifica la operación en la banda de 865 MHz en Europa y 915 MHz en la banda ISM en Estados Unidos.

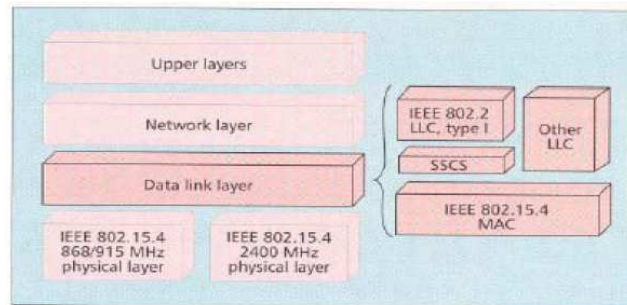
La segunda distinción en las características de la capa física es el rango de transmisión. La capa física a 2.4 GHz permite una transmisión de 250 kb/s, mientras que la capa física a 868/915 Mhz ofrece rangos de transmisión de 20 kb/s y 40 kb/s respectivamente. Este rango superior de transmisión en la capa física a 2.4 GHz se atribuye principalmente a un orden mayor en la modulación, en la cual cada símbolo representa múltiples bits.

Los diferentes rangos de transmisión se pueden explotar para lograr una variedad de objetivos o aplicaciones. Por ejemplo la baja densidad de datos en la capa física a 868/915 MHz se puede ocupar para lograr mayor sensibilidad y mayores áreas de cobertura, con lo que se reduce el número de nodos requeridos para cubrir una área geográfica, mientras que el rango superior de transmisión en la capa física a 2.4 GHz se puede utilizar para conseguir salidas superiores y de poca latencia. Se espera que en cada capa física se encuentren aplicaciones adecuadas a cada una de ellas y a sus rangos de transmisión¹⁶

9.1.2. Capa DLL. El estándar IEEE 802 divide al DLL en dos sub capas, la sub capa de enlace de acceso a medios (Medium Access Control, MAC) y la de control de enlaces lógicos (Logical link control, LLC). El LLC es común a todos estándares 802, mientras que la sub capa MAC depende del hardware y varía respecto a la implementación física de esta capa.

¹⁶ ZIGBEE Y EL ESTÁNDAR IEEE 802.15.4 *Alberto Gascón González* Comunicaciones Industriales Avanzadas. Curso 2009-2010 Universidad Pontificia Comillas - ICAI

Figura 23. Capas estándar IEEE 802.15.4



Las características del MAC IEEE 802.15.4 son; la asociación y la disociación, reconocimientos de entrega de trama, mecanismos de acceso al canal, validación de trama, garantía del manejo de las ranuras de tiempo, y manejo de guías. Las sub capas MAC proporcionan dos tipos de servicios hacia capas superiores que se acceden a través de dos puntos de acceso a servicios (SAPs). Los servicios de datos MAC se acceden por medio de la parte común de la sub capa (MCPS-SAP), y el manejo de servicios MAC se accede por medio de la capa MAC de manejo de identidades (MLME-SAP). Esos dos servicios proporcionan una interface entre las subcapas de convergencia de servicios específicos (SSCS) u otro LLC y las capas físicas.

El administrador de servicios MAC tiene 26 primitivas. Comparadas con el 802.15.1 (bluetooth), que tiene alrededor de 131 primitivas en 32 eventos, el MAC 802.15.4 es muy simple, haciéndolo muy versátil para las aplicaciones hacia las que fue orientado, aunque se paga el costo de tener un instrumento con características menores a las del 802.15.1 (por ejemplo el 802.15.4 no soporta enlaces sincronizados de voz).¹⁷

La red de sensores inalámbricos se implementó con la capa física del protocolo 802.15.4, dado que el Shimmer no permite desplegar por completo el protocolo Zigbee en conjunto con el protocolo Bluetooth, ya que en la implementación de Zigbee se ocupa de manera completa y bloqueante la interface uart del nodo coordinador, la cual se comparte con el módulo de Bluetooth.

¹⁷ ZIGBEE Y EL ESTÁNDAR IEEE 802.15.4 *Alberto Gascón González Comunicaciones Industriales Avanzadas. Curso 2009-2010 Universidad Pontificia Comillas - ICAI*

9.2. APLICACIÓN MÓVIL

La aplicación móvil es la encargada de recibir y adecuar la información enviada por el Gateway, en este caso el Shimmer, para ser enviada al gestor de variables fisiológicas, permitiendo la integración del gestor de acceso con el gestor de variables fisiológicas y de contexto. Para el desarrollo de la aplicación móvil se escoge como lenguaje de programación JAVA, la cual es un lenguaje de programación orientado a objetos, específicamente se utiliza la plataforma para dispositivos móviles, conocida como J2ME, la cual es un entorno de ejecución reducido y altamente optimizado, especialmente desarrollado para el mercado de dispositivos electrónicos de consumo, abarca una amplia gama de aparatos de tamaño reducido y permiten ejecutar programas de seguridad, conectividad y utilidades en tarjeteas inteligentes, buscapersonas, sintonizadores de TV y otros pequeños electrodomésticos.

9.2.1. Plataforma Java. La plataforma J2ME se puede dividir en varios componentes que forman la arquitectura, estos componentes son:

- La Java Virtual Machine con diferentes requisitos, cada una para diferentes tipos de dispositivos. Existen dos implementaciones:

⤴ La KVM (Kilo Virtual Machine), una implementación de Virtual Machine reducida y orientada a dispositivos con bajas capacidades de procesamiento y de memoria. Posee una carga de memoria entre los 40Kb y los 80Kb, es altamente portable, modular y eficiente. Posee algunas limitaciones tales como el soporte de tipos de coma flotante, no soporta JNI, no existen cargadores de clases definidos por el programador, no se permiten los Thread Groups ni los Daemon Thread, no existe la finalización de objetos, no permite referencias débiles, reflexión e invocación de métodos remotos.

⤴ La CVM (Compact Virtual Machine) soporta las mismas características que la máquina virtual J2SE, está orientada a dispositivos electrónicos con procesadores de 32 bits de gama alta y en torno a 2MB o más de memoria RAM. Permite manejo del Garbage Collector, soporte nativos de Threads, invocación remota de métodos (RMI), soporta (JNI) y todas las características de J2SE v1.3.

- Maneja un sistema de configuraciones las cuales se definen como un conjunto mínimo de API's que agrupan el desarrollo para diferentes dispositivos. Existen

dos configuraciones:

▲ CLDC (Connected Limited Device Configuration), orientada a dispositivos dotados de conexión y con limitaciones en cuanto a capacidades gráficas, de procesamiento y memoria, por ejemplo los teléfonos móviles, buscapersonas, PDA's, organizadores personales, etc. Esta configuración permite manejar un subconjunto de clases del núcleo de Java, soporte para E/S básica, soporte para acceso a redes y seguridad. Se soporta sobre la KVM.

- CDC (Connected Limited Configuration), orientada a dispositivos con alta capacidad de procesamiento y de memoria, por ejemplo decodificadores de televisión digital, televisores con Internet, algunos electrodomésticos y sistemas de navegación en vehículos. Esta configuración maneja la mayoría de las clases del núcleo de Java y un paquete de soporte para comunicaciones HTTP y basadas en datagramas. Se soporta sobre la CVM [GaS].

- Adiciona un grupo de perfiles, que se encargan de controlar el ciclo de vida de las aplicaciones, interfaz de usuario, etc. Los perfiles identifican un grupo de dispositivos por la funcionalidad que proporcionan y el tipo de aplicaciones que ejecutarán. Dependiendo del tipo de configuración se definen los perfiles de la siguiente manera:

- Para la configuración CDC se definen los siguientes perfiles:

- Foundation Profile: Define una serie de API's básicos, entre estos se encuentran los paquetes til, lang, net, io, text y security de J2SE.

- Personal Profile: Es un API que proporciona un completo soporte gráfico, entre estos se encuentran los paquetes applet, awt y beans de J2SE, y una extensión para la comunicación.

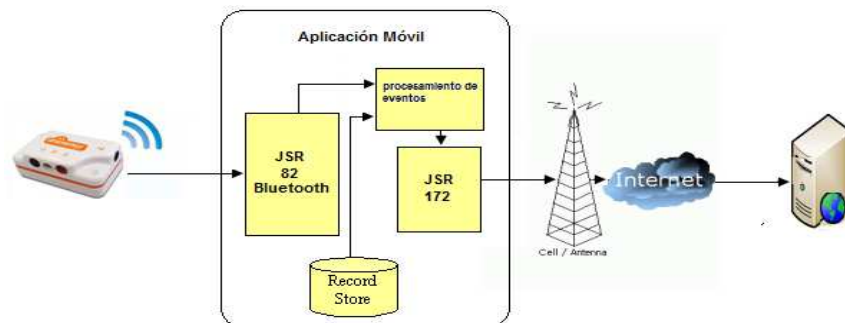
- RMI Profile: Soporta el API para invocación remota de métodos de J2SE.

- Para la configuración CLDC se definen los siguientes perfiles:

- PDA Profile: Perfil que abarca PDA's de gama baja tipo Palm, con pantalla y algún tipo de puntero.
- Mobile Information Device Profile (MIDP): Se orienta a teléfonos móviles, buscapersonas o PDA's de gama baja con conectividad. Especifica las API's relacionadas con interfaz gráfica de usuario, almacenamiento persistente, trabajo en red y temporizadores.

La comunicación del Gateway con el dispositivo móvil se realiza por medio de Bluetooth, para ello se utiliza el api JSR-82, presente en J2ME. Para el almacenamiento de la información del paciente (usuario del dispositivo móvil), se implemento una base datos, creada por el Midlet. Para la comunicación con el gestor de variables fisiológicas, se realiza por medio de un cliente de servicios web, el cual se desarrolla gracias al api JSR-172. Generando la siguiente arquitectura para la aplicación móvil, ver figura 24.

Figura 24. Arquitectura de la aplicación móvil.



A continuación se especifica cada una de las api mencionadas anteriormente, el protocolo Bluetooth y la base datos empleada para almacenar información del paciente.

9.2.2. Jsr-82. El api JSR-82 se encuentra dividida en dos partes: el paquete javax.bluetooth y el paquete javax.obex. Los dos paquetes son totalmente independientes. El primero de ellos define clases e interfaces básicas para el descubrimiento de dispositivos, descubrimiento de servicios, conexión y comunicación. La comunicación a través de javax.bluetooth es a bajo nivel:

mediante flujos de datos o mediante la transmisión de arrays de bytes.

En una comunicación Bluetooth existen un dispositivo que ofrece un servicio (servidor) y otros dispositivos acceden a él (clientes). La aplicación diseñada se encuentra en los que acceden a un servicio, es decir que es un cliente, por lo tanto deberá de realizar las siguientes acciones:

- Búsqueda de dispositivos (la aplicación realizará una búsqueda de los dispositivos Bluetooth a su alcance que estén en modo conectable)
- Búsqueda de servicios (la aplicación realizará una búsqueda de servicios ofrecidos por el dispositivo seleccionado)
- Establecimiento de la conexión.
- Comunicación (una vez establecida se puede leer y escribir en ella)

El paquete `javax.bluetooth` está conformado por las siguientes clases:

- `LocalDevice`: un objeto de esta clase representa al dispositivo local, por medio del cual podemos obtener la dirección del dispositivo, el apodo o el “friendly-name”, obtener y establecer el modo de conectividad.
- `DeviceClass`: un objeto del tipo `DeviceClass` describe el tipo de dispositivo, es decir se puede saber si se trata de un teléfono, de un ordenador, etc.
- `UUID`: (*universally unique identifier*) representa identificadores únicos universales. Se trata de enteros de 128 bits que identifican protocolos y servicios.
- `DiscoveryAgent`: Las búsquedas de dispositivos y servicios Bluetooth las realizaremos a través del objeto `DiscoveryAgent`. Este objeto es único y lo obtendremos a través del método `getDiscoveryAgent()` del objeto `LocalDevice`.
- `DataElement` Como hemos visto la clase `DataElement` se encarga de encapsular los tipos de datos disponibles para describir un atributo de servicio. Estos tipos de datos son: valor nulo, enteros de diferente longitud, arrays de bytes, URLs, UUIDs, booleanos, Strings o enumeraciones.

El API `javax.bluetooth` permite usar dos mecanismos de conexión: SPP y L2CAP. Mediante SPP obtendremos un `InputStream` y un `OutputStream`. Mediante L2CAP enviaremos y recibiremos arrays de bytes. El mecanismo de conexión ofrecido por parte del Gateway es SPP el cual emula el funcionamiento de la comunicación RS-232

9.2.3. Jsr-172. Para la comunicación con el servidor se empleo el api WSA o JSR-172, el cual fue diseñado para trabajar con perfiles J2ME ya sea basados en CDC (conneceted device configuration) o CLDC 1.0 (connected limited device configuration). JSR-172 especifica la tecnología estándar del lado del cliente para habilitar el consumo de servicios web remotos a aplicaciones móviles.

La invocación remota del api se basa en un estricto subconjunto de java JSE, para XML basados en RPC (JAX-RPC 1.1), con alguna invocación de métodos remotos (RMI) incluye las clases para satisfacer las dependencias de JAX-RCP. El XML Api de análisis se basa en un subconjunto del api simple para XML versión 2 (SAX2).

9.2.4. Record store (RMS). El MIDP define una sencilla base de datos orientada a registros que permite almacenar a las aplicaciones datos de forma persistente. Esta base se denomina Record Management System, la cual le permite a la aplicación tener a la mano los datos personales del paciente, los cuales serán añadidos a las mediciones de las distintas variables fisiológicas, para luego ser enviados al servidor (gestor de acceso).

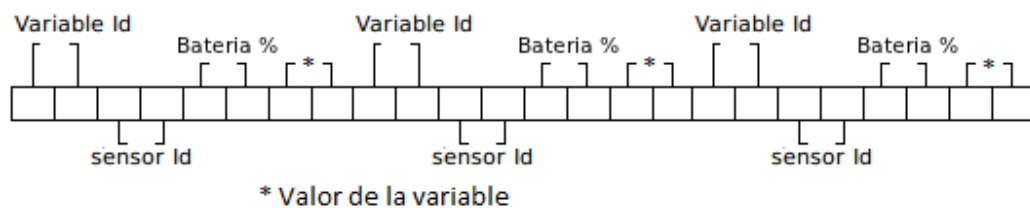
El mecanismo básico de almacenamiento de RMS es denominado record store. Un record store es un conjunto de registros, y un registro es un byte array de datos de tamaño variable y está representado pos un objeto de la clase RecordStore. Existen reglas importantes sobre los record store:

- El nombre de un recordstore consiste en una combinación de hasta 32 caracteres (sensible a las mayúsculas).
- Los record stores creados por Midlets de un mismo Midlet suite están almacenados en el mismo espacio de nombres, y por lo tanto, pueden compartir y ver sus contenidos.
- Los record stores creados por Midlets en un Midlet suite, no son accesibles para los Midlets de otros Midlets suite.
- El nombre de un record store debe ser único en un Midlet suite.

A continuación se detalla el funcionamiento de la aplicación móvil diseñada partiendo de la recepción de los datos por parte del Shimmer, la adecuación de los datos, para el envío al gestor de variables fisiológicas.

Para la recepción de los datos enviados por el Gateway, es necesario entablar una comunicación Bluetooth por medio de una conexión SPP, para lograr esta conexión la aplicación busca al Shimmer por medio de la dirección Mac del dispositivo Bluetooth, a partir de este momento la aplicación verifica si el Shimmer ofrece una conexión mediante el mecanismo SPP, teniendo la verificación se procede a abrir la conexión entre los dos dispositivos y se reciben los datos enviados desde el Shimmer. Para recibir los datos se dispone de un arreglo de byte con un tamaño de 24 datos. Los datos enviado por el Gateway o Shimmer presenta la siguiente estructura: los dos primeros bytes es el código de la variable enviada, los dos bytes siguientes indican el Id del sensor, los dos siguientes indican el porcentaje de batería del sensor y el los dos bytes siguientes pertenecen al valor de la variable a transmitir, vuelve y se repite la secuencia hasta completar el vector, para mayor facilidad se ilustra en la figura 24.

Figura 25. Vector de datos transmitidos.



Cuando la información se encuentra en el móvil se le agrega el número de identificación del paciente la hora, fecha actual y la posición del paciente, una vez se realiza esto la información está lista para ser enviada al gestor de variables fisiológicas y de contexto. Para el envío al gestor de variables fisiológicas la aplicación consume un servicio web ofrecido por este mismo. Cuando la información es enviada se recibe un booleano por parte del gestor el cual indica si los datos fueron guardados satisfactoriamente o no en la base de datos del gestor de variables fisiológicas.

A continuación se demuestran las distintas pruebas realizadas para comprobar el correcto funcionamiento del módulo de adquisición de variables fisiológicas y el modulo para la gestión de acceso de las variables fisiológicas y de contexto.

10. PRUEBAS Y RESULTADOS


Herramientas: modulo sensor Shimmer, módulos sensor telosb, tinyos.

Prueba:

Nombre	Prueba Transmisión de cada variable.
Resumen	La prueba consiste en establecer una red de sensores tipo estrella y verificar la transmisión de cada una de las variables medida por los nodos sensores al coordinador de la red.
Entradas	
Variables a sensar (frecuencia cardiaca, temperatura)	
Resultados Esperados	
Se espera recibir un vector con los datos de cada sensor, id de la variable, id del sensor y valor de la variable sensada.	
Resultados Obtenidos	
<pre> inicio Inicia el AMcontrol Recibido dato: 30 2 50 1 80 Recibido dato: 30 1 50 2 35 Recibido dato: 30 2 50 1 80 Recibido dato: 30 1 50 2 35 Recibido dato: 30 2 50 1 80 Recibido dato: 30 1 50 2 35 Recibido dato: 30 1 50 2 35 Recibido dato: 30 2 50 1 80 Recibido dato: 30 1 50 2 35 Recibido dato: 30 2 50 1 80 Recibido dato: 30 1 50 2 35 Recibido dato: 30 2 50 1 80 Recibido dato: 30 1 50 2 35 Recibido dato: 30 2 50 1 80 Recibido dato: 30 1 50 2 35 Recibido dato: 30 2 50 1 80 Recibido dato: 30 1 50 2 35 </pre>	
Análisis de los resultados.	
En la imagen anterior se observa los vectores recibidos por el Shimmer de cada uno de los nodos sensores, donde el primer y segundo dato del vector corresponde al Id de la variable, el tercero y cuarto al Id del nodo sensor y el quinto al valor de la variables a sensar, donde la variable 302 corresponde a la frecuencia cardiaca y el 301 corresponde a la temperatura.	

Herramientas: modulo sensor telosb, modulo sensor Shimmer, dispositivo móvil nokia 5800.

Prueba:

Nombre	Prueba Estado de baterías sensores.
Resumen	Se mide el estado de las baterías de cada uno de los nodos sensores la cual es enviada al coordinador de la red, el cual envía por bluetooth al dispositivo móvil el valor de cada uno de los sensores.
Entradas	
Voltaje de las baterías	
Resultados Esperados	
Se espera obtener porcentaje que representa el estado de la batería de cada uno de los sensores.	
Resultados Obtenidos	
	
Análisis de los resultados.	
En la imágenes anteriores se observa el porcentaje de cada una de las baterías de los sensores, el cual es una aproximación de la medida obtenida por cada uno de los nodos, donde una corresponde al nodo que sensa frecuencia cardiaca y el otro al de la temperatura.	

Herramientas: Eclipse 3.5 IDE for java, dispositivo móvil, modulo sensor Shimmer.

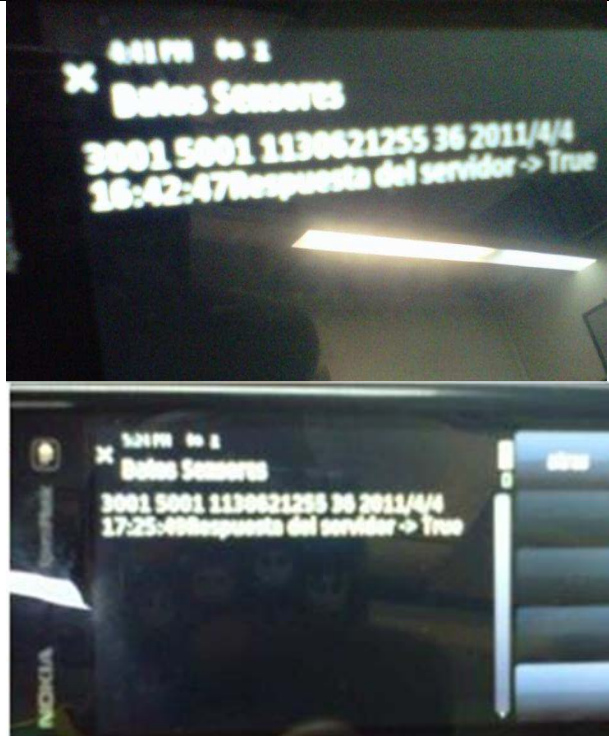
Pruebas:

Nombre	Prueba Comunicación Bluetooth.
Resumen	Esta prueba de comunicación Bluetooth consiste en la recepción de datos en el dispositivo móvil, los cuales son enviados por el Shimmer. Para esta prueba se variaron la cantidad de datos enviados, partiendo de un vector de 4 datos llegando a un vector de 128 datos, siendo el máximo valor permitido por el Shimmer, la transmisión de los datos se realizó de manera continua, es decir, no hubo ninguna interrupción o tareas intermedias por parte del dispositivo móvil ni del Shimmer.
Entradas	
Vector de 4 datos a 128 datos.	
Resultados Esperados	
Se espera observar en la pantalla del dispositivo móvil los datos entrantes del vector enviado por el Shimmer.	
Resultados Obtenidos	
	
Análisis de los resultados.	
En la figura se muestra los datos recibidos en el celular cuando se utiliza un vector de 128 datos y un vector de 5 datos, esto quiere decir que está transmitiendo los datos que se le envía de manera continua y sin pérdida alguna.	

- Pruebas de integración.

Herramientas: Eclipse 3.5 IDE for java.

Pruebas:

Nombre	Prueba de integración con el gestor de variables fisiológicas
Resumen	La prueba de integración con el gestor de variables fisiológicas, consiste en el consumo del dispositivo móvil de los servicios web ofrecidos por el gestor de variables fisiológicas y de contexto. Para poder consumir el servicio desde el dispositivo móvil se empleó un router inalámbrico para conectarse al servidor, dado que ninguno de los servicios está expuesto todavía en internet.
Entradas	
Información del paciente, cedula, hora, fecha, valor de las variables monitoreadas.	
Resultados Esperados	
Se espera una respuesta "true" por parte del servicio consumido y en la consola del gestor de variables fisiológicas y de contexto la verificación del correcto almacenamiento de los datos.	
Resultados Obtenidos	
	

```

3:38,365 INFO [STDOUT] ERROR 26-04 15:53:38,365 (Contexts.java:flushAndDestroyContexts:335) could not disco
3:38,008 INFO [STDOUT] --##### Servicio de analisis de hechos en reglas, valor= 35variable id= 3001
3:38,008 INFO [STDOUT] Cargando el archivo:C:\G_Variables\Programas\jboss-4.2.2.GA\jboss-4.2.2.GA\server\default\da
3:38,008 ERROR [STDERR] RuleAgent(MyConfig) INFO (Tue Apr 26 15:53:38 COT 2011): Configuring with newInstance=false,
3:38,008 ERROR [STDERR] RuleAgent(MyConfig) INFO (Tue Apr 26 15:53:38 COT 2011): Configuring package provider : URLS
3:38,009 INFO [STDOUT] ERROR 26-04 15:53:38,009 (Contexts.java:flushAndDestroyContexts:335) could not disco
3:38,009 INFO [STDOUT] PackageName: Biblioteca
3:38,009 INFO [STDOUT] PackageVersion: LATEST
3:38,009 INFO [STDOUT] PackageIsLatest: true
3:38,009 INFO [STDOUT] ERROR 26-04 15:53:38,009 (Contexts.java:flushAndDestroyContexts:335) could not disco
3:38,040 ERROR [STDERR] RuleAgent(MyConfig) INFO (Tue Apr 26 15:53:38 COT 2011): Applying changes to the rulebase.
3:38,040 ERROR [STDERR] RuleAgent(MyConfig) INFO (Tue Apr 26 15:53:38 COT 2011): Adding package called Biblioteca
3:38,040 INFO [STDOUT] ##### El resultado de aplicar las reglas a la variable Humedad Relativa con valor 35 es 1
3:38,040 INFO [STDOUT] --- ##### p.getReglaAplicada(): 1002
3:38,040 INFO [STDOUT] ##### Servicio de base de datos segun lo indique la regla
3:38,056 INFO [STDOUT] ##### The time: Fecha: 2011/04/26... ##### Hora: 15:53:38
3:38,056 INFO [STDOUT] ##### Metodo Medicion activado
3:38,056 INFO [STDOUT] ##### La variable Humedad Relativa con valor 35 ha sido guardado en la Base de Datos
3:39,647 INFO [STDOUT] ERROR 26-04 15:53:39,647 (Contexts.java:flushAndDestroyContexts:335) could not disco

```

Análisis de los resultados.

El resultado de la prueba de consumir el servicio desde el dispositivo móvil fue satisfactorio, dado que se obtuvo una respuesta positiva por parte del gestor de variables fisiológicas y de contexto, como se ilustran en las dos primeras imágenes.

Además el valor de las variables enviadas al gestor de variables fisiológicas y de contexto se guardó de manera exitosa en la base de datos.

Las pruebas anteriores permiten demostrar el funcionamiento del módulo de gestión de acceso con el resto de la plataforma de servicios ubicuos orientados a la salud, específicamente con el gestor de variables fisiológicas y de contexto, con el cual se realizó la integración de este módulo.

11. CONCLUSIONES

Se realizó el proceso de selección de las variables ECG, temperatura corporal y frecuencia cardíaca teniendo en cuenta su relación con diferentes patologías, su características no invasivas y la relativa facilidad de implementación de su instrumentación.

Gracias al diseño del sistema por componentes o modular, permitió detectar las fallas y darle solución de manera inmediata. Además permite que cada uno de los componentes sea utilizado por separado, logrando desarrollar nuevas aplicaciones para cada componente.

Se obtuvo una alta calidad en las distintas señales medidas, gracias al constante rediseño del módulo de instrumentación del sistema desarrollado, para mayor facilidad en este módulo recomendamos desarrollarlo con circuitos análogos programables.

La aplicación desarrollada para el móvil permitió comprobar el buen funcionamiento del el gestor de acceso y el gestor de variables fisiológicas, la aplicación presenta funciones básica para la prueba de estos dos gestores, por ende se debe rediseñar para tener una funcionalidad completa para con la plataforma macro del proyecto.

La aplicación móvil que se desarrolló, fue con un software completamente libre, para motivar y promover a diferentes desarrolladores que utilicen este tipo de herramientas para desarrollar los proyectos y sin ninguna restricción.

Se logró la integración del sistema desde la adquisición de variables hasta el envío de la información pertinente al gestor de variables fisiológicas y de contexto. En este prototipo se transmite la información de las variables de temperatura, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria.

Se considera que el desarrollo de este proyecto permitió al proyecto global (Plataforma para el desarrollo de servicios ubicuos orientados a salud.) realizar pruebas e ir avanzando en la consolidación de toda la plataforma.

BIBLIOGRAFIA.

ALMARIO, Diego. PEÑA, Lyda. SOLARTE, Zeida. CALVO, Paulo. MONDRAGÓN, Oscar. Plataforma para el desarrollo de servicios Ubicuos orientados a salud. Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.

BADESCH, DB. Abman SH, Ahearn GS, Barst RJ, McCrory DC, Simonneau G, McLaughlin VV. Medical therapy for pulmonary arterial hypertension: ACCP evidence-based clinical practice guidelines

BERNAL, Giovanni A. SANCHEZ, Juan Manuel. Comprensión de la señal electrocardiográfica (ECG), Revista Umbral científico, junio, numero 004 2007 Bogotá Colombia

BAEZ, Fabian. ROMERO, Alberto. Sistema portátil de adquisición, tratamiento y transmisión de señales electroencefalografías EEG, tesis Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C, 2001

BUSTAMANTE OSORNO, John. SAENZ, José Francisco. AMAYA, Adrián Alberto. MARIN CORREA, Sergio. Desarrollo del componente de hardware de un dispositivo de Telemonitoreo inalámbrico de eventos cardiacos. Scientia et Technica Año XIV, No 39, Septiembre de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira, pp. 2-3.

BLUETOOTH SPECIAL INTEREST GROUP. Bluetooth Core”, Specification of the Bluetooth System, Version 1.1, 22 de Febrero de 2003. Disponible en Internet: URL: <http://www.bluetooth.com/dev/specifications.asp>

COSTA, Victor. DE OLIVEIRA, Fernando. Variables Fisiológicas para Estimar el Rendimiento en Competiciones. 2009

Crossbow Technology Inc (2005, Dec), Motes, Smart Dust Sensors, Wireless Sensor Networks [Online]. disponible: <http://www.xbow.com/Products/productsdetails.aspx?sid=3>

Estándar IEEE 802.15.4 <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2006.pdf>. 2010.

GASCON GONZALEZ Alberto. ZIGBEE Y EL ESTÁNDAR IEEE 802.15.4 Comunicaciones Industriales Avanzadas. Curso 2009-2010 Universidad Pontificia Comillas - ICAI

IEEE 802.15.4-2003, IEEE Standard for Information Technology Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific Requirements— Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)

JAVANOV, Emil. Wireless Technology and System Integration in Body Area Networks for m-Health Applications. Electrical and Computer Engineering Department University of Alabama in Huntsville, Huntsville, Alabama, U.S.A.

LAGUNA Pablo. Señales biomedicas: informacion que sale del cuerpo. Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón. <http://www.ibercajalav.net/img/SenalesBiomedicas1.pdf>

MIKAEL SOINI, Jussi Nummela. PETRI OKSA. Leena Ukkonen and LAURI Sydänheimo. Wireless body area network for hip rehabilitation system. Tampere University of Technology. Department of Electronics, pp. 2-3.

M. Cipolletti, F. N. Martin Pirchio, S. Sañudo, P. Julián†, W. Villalba, F. Masson, P. S. Mandolesi. Red de sensores inalámbrica para monitoreo de la presión en el manguito del tubo endotraqueal. XII Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, 16 al 18 de octubre de 2007, pp. 2-3

PENAGOS, Sandra P. SALAZAR, Luz Dary. VERA, Fanny E. Libro Control de Signos vitales, Cap. XV, Fundación Cardioinfantil Bogotá

OLIVARES LLENAS, Eduardo. Impacto de las tecnologías de la información en la salud de la población. En institutu Borja de bioètia. Abril – junio, 2003, pp. 9 – 11.

ROMERO CORRAL, Víctor Hugo. AGUILAR NORIEGA, Leocundo. Gateway para Redes de Sensores Inalámbricas y Redes 802.11b. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, Baja California CP, pp.2

ROBILLO R., Maestre J., Camacho E. "Sistema de Locación Mediante Tecnología ZigBee". Escuela superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla.

SANTANA, Pedro. Computación ubicua para el cuidado de pacientes en estado crítico en el hogar. [En línea]. México: UACB - Facultad de Ingeniería, 2010. [Consultado 30 de Septiembre de 2010]. Disponible en Internet: http://www.pecesama.net/blog/files/pecesama_Propuesta_THC.pdf.

STEELE, Robert. SECOMBE, Chris. BROOKES, Wayne. Using Wireless Sensor Networks for Aged Care: The Patient's Perspective. Pervasive Health Conference and Workshops, 2006

TOLOZA CANO, Daissy. Diseño y construcción de un sistema bioeléctrico con interface al biopac para evaluar el sistema cardiovascular. Trabajo de grado de Ingeniero biomédico. Bucaramanga: Fundación Universitaria Beltrán. 2005.

WILSON, L.S. HO, P. BENGSTON, K.J. DADD, M.J. CHEN, C.F. HUYNH, C. GILL, R.W. The CSIRO hospital without walls home telecare system. IEEE Intelligent Information Systems Conference, The Seventh Australian and New Zealand 2001.

ZAMBRANO, Arturo Federico. Integrando Sensibilidad al Contexto. [En línea]. Argentina: Aspect Oriented Programming, 2010. Disponible en Internet: <http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carrera/Magister/Ingenieria%20de%20Software/Tesis/Zambrano.pdf>

ANEXOS.

Anexo A. Casos de uso

Caso de uso 1.

CASO DE USO	
Nombre del Caso de Uso:	Obtener información del paciente
Actores	
Administrador de Variables del contexto	
Propósito:	Monitorear el conjunto de variables, a través de la red de sensores, para enviar la información hacia el servidor web que luego usarán los gestores de variables de contexto y variables fisiológicas.
Resumen:	Este caso de uso empieza cuando al recibir una orden autenticada de los gestores de variables para capturar variables el sistema inicia, a través del coordinador de la red de sensores, el proceso de toma de variables. Cada sensor, en su tiempo otorgado, entrega información sobre las variables censadas y esta información es almacenada en un búffer hasta que se finaliza el censado. Una vez finalizado el coordinador agrupa esta información con información del usuario y la envía a los respectivos gestores.
Prioridad:	2
Referencias Cruzadas:	

Caso de uso 1 (continuación).

CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
<p>1. El administrador de Variables del contexto envía una orden de recolección de variables</p>	<p>1.2. Se le ordena al coordinador que envíe una solicitud de tipo "Data request" en la siguiente supertrama a los sensores involucrados. 1.3. Se recibe la información de parte de cada uno de los sensores 1.4. Recolección de información 1.5. Cuando todos los sensores han finalizado el envío de su información, se agrupa con la información del usuario. 1.6. Al agrupamiento se le añade información de hora y fecha de recolección. 1.7. Se almacena en un búffer de salida 1.8. Se notifica que la información está lista para envío.</p>
CURSO ALTERNO 1: El contexto cancela la orden	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
<p>2.1. En cualquier momento el Administrador de Variables del contexto puede cancelar la recolección de la información</p>	<p>2.2. Si no se ha enviado el Datarequest, se le ordena al coordinador cancelar el envío de la misma. 2.3. Si ya se ha enviado la información, se espera hasta que se reciba toda la información y se descarta.</p>

Caso de uso 2.

CASO DE USO	
Nombre del Caso de Uso:	Obtener estado de sensores
Actores	
Administrador de Variables del contexto	
Propósito:	Enviar información hacia las capas superiores acerca del estado de la conectividad de la red de sensores inalámbricos.
Resumen:	Este caso de uso empieza cuando se recibe un paquete de uno de los dispositivos de la red que tiene información disponible acerca de la calidad del estado del enlace. Esta información es útil para generar un reporte sobre el estado de conectividad de cada sensor, igualmente, si algún sensor no envía sus datos adecuadamente se asume que este sensor no se encuentra conectado. Esta información se agrupa, junto con la información del muestreo de las variables y es enviada hacia las capas superiores.
Prioridad:	2
Referencias Cruzadas:	
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
El Administrador de Variables del contexto envía una solicitud hacia el Gestor de Acceso para obtener información sobre los sensores activos.	<p>1.1 El Gestor de Acceso obtiene información de los paquetes recibidos o de la falla en la recepción de paquetes, acerca del estado del enlace.</p> <p>1.2 El Gestor de Acceso agrupa esa información junto con la información de las variables censadas.</p>

Caso de uso 3.

CASO DE USO	
Nombre del Caso de Uso:	Asociar sensor
Actores	
Red de sensores inalámbricos	
Propósito:	Permitir que un sensor pertenezca a la red de sensores para recibir la información.
Resumen:	Este caso de uso empieza cuando un sensor se activa y envía una solicitud de asociación al coordinador. Este caso de uso termina cuando el Gestor de Acceso usa un algoritmo para confirmar la autenticidad del sensor y responde a esa solicitud de asociación.
Prioridad:	1
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. Un nodo envía una solicitud de asociación que incluye información sobre él.	<p>1.1. El coordinador de la red de sensores le envía la información del nodo que esta intentando asociarse</p> <p>1.2. El Gestor de Acceso decide si el Gestor de Acceso debe asociarse.</p> <p>1.3. El Gestor de Acceso le envía la respuesta adecuada al coordinador.</p> <p>1.4. El coordinador le responde al nodo.</p>

Caso de uso 4.

CASO DE USO	
Nombre del Caso de Uso:	Enviar información del contexto
Actores	
Red de Sensores inalámbricos	
Propósito:	Censar el conjunto de variables en un tiempo estipulado, a través de la red de sensores, para enviar la información hacia el servidor web que luego usarán los gestores de variables de contexto y variables fisiológicas.
Resumen:	Este caso de uso se inicia cuando se recibe una orden autenticada de los gestores de variables para capturar variables periódicamente el sistema inicia, a través del coordinador de la red de sensores, el proceso de toma de variables. Cada sensor, en su tiempo otorgado, entrega información sobre las variables censada y esta información es almacenada en un buffer hasta que se finaliza el censado. Una vez finalizado el coordinador agrupa esta información con información del usuario y la envía al gestor de acceso. El caso de uso termina cuando el gestor de acceso envía esta información hacia el gestor de variables de contexto.
Prioridad:	1
Referencias Cruzadas:	

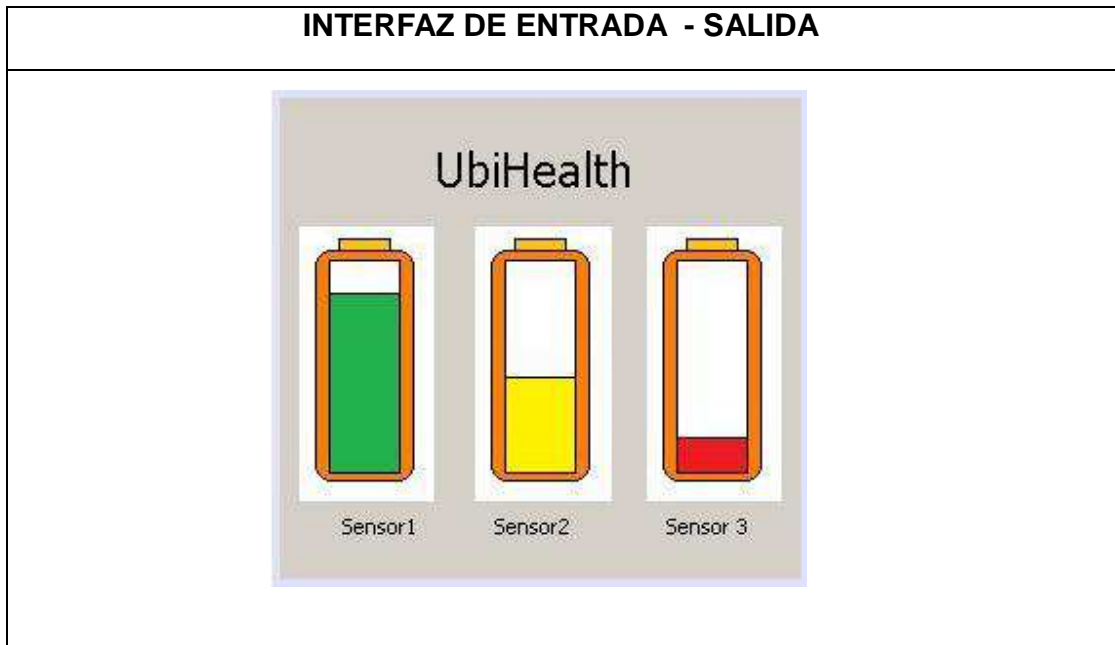
Caso de uso 4 (continuación).

CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. Gestor de variables de contexto	1.1. Envía una orden autenticada de capturar periódicamente las variables fisiológicas. 2.2. Recibe la orden. 2.3. Verifica la disponibilidad de cada uno de los sensores. 2.4. Le otorga un tiempo y un turno cada sensor. 2.5. Se recibe la información de cada uno de los sensores. 2.6. Recolección de la información. 2.7. Cuando todos los sensores ha finalizados se agrupa con la información del usuario. 2.8. Se añade la fecha y hora de la recolección de la información. 2.9. Se almacena en un buffer de salida. 2.10. Se notifica que la información está lista para enviar. 2.11. Se activa un timer para la próxima toma de datos.

Caso de uso 5.

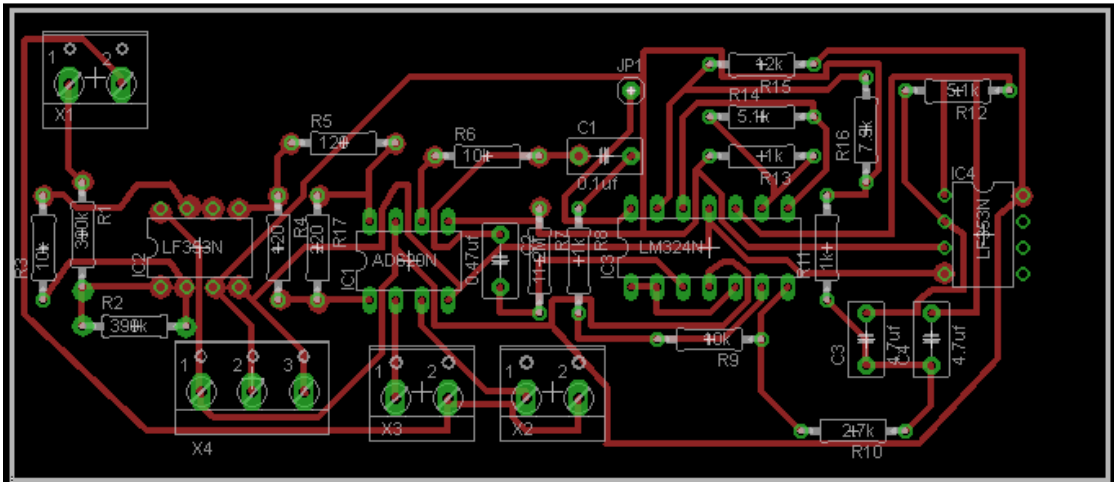
CASO DE USO	
Nombre del Caso de Uso:	Obtener carga de las baterías
Actores	
Patient	
Propósito:	Entregar información al paciente acerca del estado de batería de los sensores conectados.
Resumen:	Cuando los sensores envían información hacia su Coordinador, se anexa información sobre el estado de batería del sensor que envía la información. Esta información es enviada hacia el smartphone que la almacena para mostrarla al usuario cuando la solicite.
Prioridad:	4
Referencias Cruzadas:	
INTERFAZ ENTRADA - SALIDA	
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. El Paciente inicia la aplicación de estado de los sensores.	1.3. La aplicación muestra el estado de batería de cada sensor.

Caso de uso 5 (continuación).

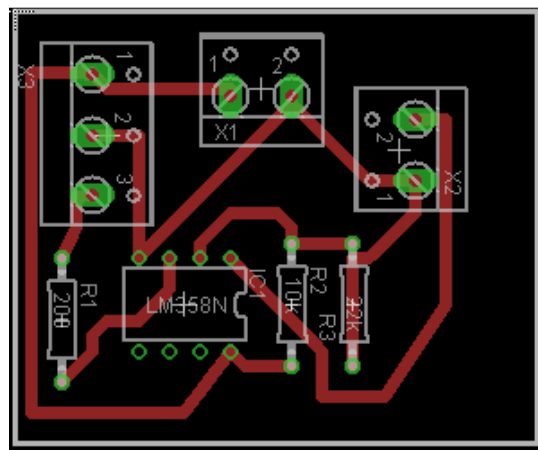


Anexo B. Diseño de circuitos

Diseño de placa para el circuito de ECG y frecuencia cardiaca.



Diseño de placa para el circuito frecuencia respiratoria.



Diseño de plaqueta para el circuito temperatura.

