



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES**  
**Y REDES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE**  
**SISTEMA ELECTRÓNICO NO INVASIVO PARA**  
**MONITORIZACIÓN DE PACIENTES CON DIABETES**  
**MEDIANTE TECNOLOGÍA GSM”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO**

**Para optar el Grado Académico de:**

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y**  
**REDES**

**AUTORAS:** JOHANA GRACIELA BARRENO CEPEDA  
ANA CRISTINA FLORES ROMO

**TUTOR:** ING. EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLÁN

Riobamba-Ecuador

2017

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y**  
**REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: la investigación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA ELECTRÓNICO NO INVASIVO PARA MONITORIZACIÓN DE PACIENTES CON DIABETES MEDIANTE TECNOLOGÍA GSM”, de responsabilidad de las señoritas Johana Graciela Barreno Cepeda y Ana Cristina Flores Romo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Washington Gilberto Luna E. <b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	_____	_____
Ing. Franklin Moreno <b>DIRECTOR ESCUELA DE INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES</b>	_____	_____
Ing. Edwin Altamirano <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	_____
Ing. Franklin Moreno <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____

©2017, Ana Cristina Flores Romo, Johana Graciela Barreno Cepeda

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

Yo, Ana Cristina Flores Romo, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos que constan en el documento y provienen de otra fuente están debidamente referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Riobamba, 05 de abril del 2017

ANA CRISTINA FLORES ROMO

C.I. 180494326-2

Yo, Johana Graciela Barreno Cepeda, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos que constan en el documento y provienen de otra fuente están debidamente referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Riobamba, 05 de abril del 2017

JOHANA GRACIELA BARRENO CEPEDA

C.I. 060452683-0

## DEDICATORIA

A Dios el creador de todas las cosas que me ha dado las fuerzas para seguir ante todas las adversidades y ha puesto en mi toda la sabiduría y humildad con la que he culminado esta etapa.

De la misma manera se lo dedico a mis padres quienes han sido un pilar importante en mi vida me han sostenido en cada desmayo y me han impulsado a salir adelante en los momentos difíciles.

A mi hermana, quien me ha motivado a levantarme cada día en busca de mis aspiraciones, mi abuelita (Gloria), que durante toda mi vida me ha apoyado y ha estado muy orgullosas de la carrera que escogí.

A mis abuelitos, mis tíos y primos, que me han brindado todo el cariño y sus palabras de aliento para seguir adelante

A mi mejor amiga, quien me ha brindado su amistad y apoyo incondicional en estos años.

A mis amigos y compañeros, que de una u otra forma han estado apoyándome a lo largo de mi vida estudiantil.

Cristina

El presente trabajo está dedicado a mis padres quienes han estado paso a paso acompañándome en este largo y arduo camino, son ellos quienes con sus palabras de aliento y su ejemplo me han inspirado a ser mejor cada día, a esforzarme por mis objetivos y a no darme por vencida frente a los obstáculos que se me han presentado.

A mis abuelitos y a mis hermanos que con su apoyo han estado junto a mí en todo momento, brindándome su mano y aconsejándome siempre en pro de ser mejor persona cada día.

A mi sobrina, que con su inocencia y su luz ha llenado mi vida de alegría, y me ha enseñado que no hay límites para los sueños que no ha obstáculo que no se pueda atravesar con un poco de imaginación.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a Dios mi guía espiritual, que ha sido mi refugio incondicional en mis momentos de debilidad, en quien he encontrado fuerza para continuar y poder llevar a feliz término este el primer escalón en mi vida profesional.

Johana.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida y permitirme llegar a cumplir mi objetivo, por guiarme en el camino, dándome sabiduría y fuerza para superar todos los obstáculos que se han presentado.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por permitir que me formara en sus aulas con un excelente nivel académico y de manera especial a mi tutor Ing. Edwin Altamirano, por brindarme su apoyo y confianza para la realización de mi proyecto. También a los maestros que compartieron sus conocimientos para formarme como profesional.

A mis padres, por el esfuerzo que han hecho día a día para brindarme la oportunidad de cumplir mis aspiraciones, por el amor, el apoyo y por ser mi ejemplo más grande de unidad y responsabilidad. De igual modo a mi hermana, por ser mi inspiración y mi fuerza, y por haberme enseñado las cosas más importantes de la vida.

A mi mejor amiga por enseñarme el valor de una amistad verdadera y comprenderme durante todos estos años, por ser quién me ha ayudado a levantarme de los problemas.

Un agradecimiento especial a mi amiga y compañera por ser un apoyo y parte esencial en el desarrollo de este proyecto, gracias al compromiso que adquirimos con nosotras mismas lo hemos logrado.

Le doy gracias principalmente a mis padres por todo el apoyo brindado en cada decisión de mi vida, por ser mi ejemplo y mi inspiración más grande, mi soporte y mi impulso para no rendirme y luchar por mis sueños hasta el final, y porque cada logro de mi vida ha sido fruto de su esfuerzo, este sueño lo logramos juntos.

Agradezco a mi familia en general por estar al pendiente de mi animándome y dándome su cariño, por compartir conmigo la alegría de un sueño cumplido, infinitas gracias.

A mis amigos, que han sido parte importante de este caminar, por las largas noches de desvelos en pro de conseguir nuestro sueño dándonos ánimo mutuamente con ese “ya falta poco”.

Y finalmente con el corazón lleno de gratitud no puedo dejar de lado a mis maestros, pilar fundamental en mi formación profesional, especialmente al Ing. Edwin Altamirano que ha sido nuestro tutor en el desarrollo del presente trabajo.

Gracias a todos y cada uno por enseñarme que cuando de lograr nuestros sueños se trata no existen límites que nos detengan.

Cristina y Johana.

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMARY .....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	17
CAPITULO I.....	21
1. MARCO TEORICO.....	21
1.1. Diabetes .....	21
1.1.1. Signos y Síntomas .....	22
1.1.2. Tipos de Diabetes .....	23
1.1.2.1.Diabetes Mellitus Tipo 1 .....	23
1.1.2.2.Diabetes Mellitus Tipo 2 .....	23
1.1.2.3.Diabetes Gestacional .....	24
1.1.2.4.Otros Tipo de Diabetes .....	24
1.1.3. Incidencia y Prevalencia en Ecuador .....	24
1.1.4. Diagnóstico .....	24
1.1.5. Tratamiento .....	25
1.2. Métodos de medición de Glucosa .....	25
1.3. Glucómetro.....	26
1.4. Glucómetro Invasivo .....	26
1.5. Glucómetro no Invasivo .....	27
1.6. Sistemas de Comunicación .....	27
1.6.1. Generalidades .....	27
1.6.2. Elementos de un Sistema de Comunicación.....	28
1.6.3. Modos de Transmisión de un Sistema de Comunicación .....	28
1.6.3.1.Simplex.....	28
1.6.3.2.Semi Dúplex .....	29

1.6.3.3. <i>Dúplex Total</i> .....	29
1.6.3.4. <i>Dúplex General</i> .....	29
<b>1.6.4. Clasificación de los Sistemas de Comunicación</b> .....	29
1.6.4.1. <i>Transmisión por Cable</i> .....	29
1.6.4.2. <i>Transmisión Inalámbrica</i> .....	31
<b>1.7. Telefonía Móvil</b> .....	31
<b>1.8. Sistema GSM</b> .....	32
1.8.1. <i>Movilidad GSM</i> .....	32
1.8.2. <i>Servicios GSM</i> .....	33
1.8.3. <i>Arquitectura GSM</i> .....	33
<b>1.9. Sistema Electrónico</b> .....	34
<b>1.10. Arduino</b> .....	34
1.10.1. <i>Comparación de los modelos de Arduino</i> .....	35
<b>1.11. Sensor de Oximetría</b> .....	36
<b>1.12. Espectrofotometría</b> .....	37
<b>1.13. Ley de Lambert Beer</b> .....	38
1.13.1. <i>Ley de Lambert Beer Aplicada a Mezclas</i> .....	38
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE SISTEMA ELECTRÓNICO NO INVASIVO</b> .....	38
<b>2.1. Diseño de Hardware y Software</b> .....	39
2.1.1. <i>Planteamiento de la Arquitectura del Sistema</i> .....	39
<b>2.2. Requerimientos de Hardware</b> .....	40
<b>2.3. Selección de los elementos que conforman el Sistema Electrónico no Invasivo GlucoApp</b> .....	41
2.3.1. <i>Arduino</i> .....	41
2.3.2. <i>Sensor de Oximetría</i> .....	44
2.3.3. <i>Dispositivos de Transmisión</i> .....	45
2.3.4. <i>Módulo GPS</i> .....	47
2.3.5. <i>Pantalla LCD</i> .....	48
<b>2.4. Diagrama de conexión del Módulo de medición</b> .....	49
2.4.1. <i>Alimentación del Prototipo</i> .....	50
2.4.2. <i>Diagrama de Bloques del Funcionamiento del Sistema no Invasivo</i> .....	50
2.4.2.1. <i>Controlador Principal</i> .....	51
2.4.2.2. <i>Puente H</i> .....	52
2.4.2.3. <i>Controlador Secundario</i> .....	53

<b>2.5.</b>	<b>Requerimientos de Software del prototipo.....</b>	<b>53</b>
2.5.1.	<i>Software para la Programación del prototipo .....</i>	54
2.5.2.	<i>MySql .....</i>	55
2.5.3.	<i>Dreamweaver .....</i>	56
2.5.4.	<i>App Inventor .....</i>	58
<b>2.6.</b>	<b>Construcción del Prototipo de Sistema Electrónico no Invasivo .....</b>	<b>59</b>
2.6.1.	<i>Elaboración del Circuito Electrónico .....</i>	60
2.6.2.	<i>Preparación de la Armazón del Dispositivo .....</i>	60
2.6.3.	<i>Prototipo Finalizado .....</i>	60
<b>2.7.</b>	<b>Obtención de las Ecuaciones de Glucometría .....</b>	<b>61</b>
2.7.1.	<i>Curva de Calibración de Glucosa .....</i>	61
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
3.1.	<b>Introducción.....</b>	<b>71</b>
3.2.	<b>Aplicación Web.....</b>	<b>71</b>
3.2.1.	<i>Registro .....</i>	71
3.2.2.	<i>Ingreso a la plataforma .....</i>	71
3.2.3.	<i>Opciones de autenticación para el Médico y Paciente .....</i>	72
3.2.4.	<i>Menú General del Sitio Web .....</i>	73
3.3.	<b>Aplicación Móvil.....</b>	<b>74</b>
3.3.1.	<i>Pantalla Principal de la Aplicación .....</i>	74
3.3.2.	<i>Pantalla de Medición.....</i>	75
3.3.3.	<i>Pantalla de Ingreso a la base de datos y Registro de Mediciones .....</i>	75
3.4.	<b>Dispositivo .....</b>	<b>76</b>
3.5.	<b>Pruebas de efectividad del dispositivo .....</b>	<b>77</b>
3.5.1.	<i>Primer Día Análisis de Resultados .....</i>	77
3.5.2.	<i>Pruebas de los días 2 al 7 .....</i>	79
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>81</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>82</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Páncreas.....	21
Figura 2-1 Niveles de Glucosa en la Sangre .....	22
Figura 3-1 Signos y Síntomas de la Diabetes.....	22
Figura 4-1 Diabetes Tipo 1.....	23
Figura 5-1 Diabetes Tipo 1.....	23
Figura 6-1 Diabetes Gestacional .....	24
Figura 7-1 Métodos de Medición de Glucosa .....	26
Figura 8-1 Glucómetro Invasivo .....	26
Figura 9-1 Glucómetro no Invasivo .....	27
Figura 10-1 Esquema de funcionamiento de un Sistema de Comunicación .....	28
Figura 11-1 Cable de par trenzado STP .....	30
Figura 12-1 Cable de par trenzado UTP.....	30
Figura 13-1 Cable coaxial .....	31
Figura 14-1 Fibra Óptica.....	31
Figura 15-1 Estructura de un Sistema Telefónico Celular .....	32
Figura 16-1 Arquitectura de un Sistema GSM.....	34
Figura 17-1 Sistema Electrónico .....	34
Figura 18-1 Arduino.....	35
Figura 19-1 Arduino IDE .....	35
Figura 20-1 Funcionamiento de un Sensor de oximetría .....	37
Figura 1-2 Arquitectura del Sistema .....	40
Figura 2-2 Diagrama de bloques del Sistema.....	41
Figura 3-2 Diagrama de Flujo del Dispositivo.....	42
Figura 4-2 Arduino Mega 2560.....	43
Figura 5-2 Arduino Nano .....	43
Figura 6-2 Sensor de Pulsioximetría .....	44
Figura 7-2 Módulo Bluetooth HC-05.....	46
Figura 8-2 Módulo SIM A6.....	47
Figura 9-2 Módulo GPS Ublox .....	48
Figura 10-2 Pantalla LCD .....	48
Figura 11-2 TFT LCD Mega Shield.....	48
Figura 12-2 Diagrama de Conexión del Módulo de Medición.....	49
Figura 13-2 Alimentación del Prototipo.....	50
Figura 14-2 Diagrama de Bloques del Funcionamiento del Dispositivo .....	51
Figura 15-2 Señal de Ingreso al sensor TTL .....	52
Figura 16-2 Diagrama del Puente H.....	52
Figura 17-2 Controlador Secundario.....	53
Figura 18-2 Estructura de Programación de Arduino IDE.....	54
Figura 19-2 Administración DB con PhpMyAdmin .....	55
Figura 20-2 Diagrama de la Base de Datos.....	56
Figura 21-2 Editor de código Dreamweaver .....	56
Figura 22-2 Diseño de Página Web.....	57
Figura 23-2 Registro de Pacientes.....	57
Figura 24-2 Diagrama de Flujo de la Página Web .....	58
Figura 25-2 Ensamblaje de la Aplicación Móvil.....	59
Figura 26-2 Diagrama de Funcionamiento de la Aplicación .....	59
Figura 27-2 Circuito de Puente H .....	60

Figura 28-2 Armazón del Dispositivo .....	60
Figura 29-2 Dispositivo Terminado .....	61
Figura 1-3 FORMULARIO REGISTRO MEDICO - PACIENTE.....	71
Figura 2-3 REGISTRO MEDICO - PACIENTE .....	71
Figura 3-3 VERIFICACION BASE DE DATOS .....	71
Figura 4-3 FORMULARIO INGRESO MEDICO - PACIENTE .....	72
Figura 5-3 INGRESO MEDICO - PACIENTE .....	72
Figura 6-3 Lista de Pacientes .....	73
Figura 7-3 INGRESO MEDICO - PACIENTE .....	73
Figura 8-3 Opción Quienes Somos .....	73
Figura 9-3 Opción Ubicación.....	74
Figura 10-3 Opción Diabetes .....	74
Figura 11-3 Pantalla Principal Glucoapp .....	75
Figura 12-3 Pantalla Medición Glucoapp .....	75
Figura 13-3 Ingreso a la Base de Datos.....	76
Figura 14-3 Registro de Resultados .....	76
Figura 15-3 Mensaje de alerta.....	77
Figura 16-3 Prueba del Dispositivo.....	77

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2</b> Relación Absorbancia-Concentración .....	62
<b>Gráfico 2-2</b> Relación Intensidad de luz – Concentración.....	62
<b>Gráfico 3-2</b> Relación Voltaje – Concentración .....	63
<b>Gráfico 4-2</b> Rango 1 .....	64
<b>Gráfico 5-2</b> Rango 2 .....	64
<b>Gráfico 6-2</b> Rango 3 .....	65
<b>Gráfico 7-2</b> Rango 4 .....	65
<b>Gráfico 8-2</b> Rango 5 .....	66
<b>Gráfico 9-2</b> Rango 6 .....	66
<b>Gráfico 10-2</b> Rango 7 .....	66
<b>Gráfico 11-2</b> Rango 8 .....	67
<b>Gráfico 12-2</b> Rango 9 .....	67
<b>Gráfico 13-2</b> Rango 10 .....	68
<b>Gráfico 14-2</b> Rango 11 .....	68
<b>Gráfico 15-2</b> Relación Equipo Invasivo vs No Invasivo.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b> Modelos de Arduino .....	35
<b>Tabla 2-1</b> Descripción de Variables .....	37
<b>Tabla 1-2</b> Tabla Comparativa Arduino .....	41
<b>Tabla 2-2</b> Datos técnicos de sensor SPO2.....	44
<b>Tabla 3-2</b> Configuración de los pines del Sensor.....	45
<b>Tabla 4-2</b> Comparación Bluetooth .....	45
<b>Tabla 5-2</b> Comparación de Módulos GSM .....	46
<b>Tabla 6-2</b> Selección del módulo GPS.....	47
<b>Tabla 7-2</b> Mediciones de Voltaje y Concentración de Glucosa .....	63
<b>Tabla 8-2</b> Ecuaciones de la Relación Glucosa vs Voltaje .....	68
<b>Tabla 9-2</b> Verificación de la Linealidad del Prototipo .....	69
<b>Tabla 1-3</b> Ecuaciones de la relación Glucosa vs Voltaje .....	77
<b>Tabla 2-3</b> Norma ISO 15197 .....	78
<b>Tabla 3-3</b> Análisis del día 2 (29-09-2017) .....	79
<b>Tabla 4-3</b> Análisis del día 3 (1-10-2017) .....	79
<b>Tabla 5-3</b> Análisis del día 4 (7-10-2017) .....	79
<b>Tabla 6-3</b> Análisis del día 5 (16-10-2017) .....	80
<b>Tabla 7-3</b> Análisis del día 6 (18-10-2017) .....	80
<b>Tabla 8-3</b> Análisis del día 7 (29-10-2017) .....	80

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles)
<b>SPO2</b>	Sensor de Pulsioximetría
<b>GPS</b>	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
<b>INEC</b>	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
<b>LAN</b>	Local Area Network (Red de Área Local)
<b>STP</b>	Shielded Twisted Pair (Cable de Par Trenzado Blindado)
<b>UTP</b>	Unshielded Twisted Pair (Cable de Par Trenzado sin Blindaje)
<b>2G</b>	Sistemas de Segunda Generación
<b>TDM</b>	Time Division Multiplexing (Multiplexación por División de Tiempo)
<b>SMS</b>	Short Message Services (Servicio de Mensajes Cortos)
<b>MCS</b>	Mobile services Switching Center (Central de Conmutación Móvil)
<b>HLR</b>	Home Location Register
<b>VLR</b>	Visitor Location Register
<b>VMS</b>	Voice Message Service (Servicio de Mensajes de Voz)
<b>ISDN</b>	Integrated Service Digital Network (Red Digital de Servicios Integrados)
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network (Red Telefónica Pública Conmutada)
<b>IDE</b>	Entorno de desarrollo integrado

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue el diseño e implementación de un prototipo de sistema electrónico no invasivo para monitorización de pacientes con diabetes para realizar pruebas de los niveles de glucosa, a la vez enviar estos datos junto con la ubicación del paciente en casos de emergencia a través del sistema global para las comunicaciones móviles (GSM), al médico tratante y a un responsable del paciente, además de guardar las lecturas obtenidas en una base de datos por medio de una aplicación móvil, creando una historia clínica a la cual tendrán acceso los pacientes que dispongan del dispositivo y los médicos registrados en la misma. Para el diseño del prototipo se realizó un estudio de factibilidad de los componentes y se determinó los más adecuados, se incorporó un circuito puente H y un Arduino para realizar el tratamiento de la señal, un sensor de oximetría para mostrar los niveles de concentración de glucosa que posee el paciente, además un módulo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS), y mediante un módulo bluetooth es enviada la información hacia la aplicación móvil programada previamente para tal fin. Las pruebas de los pacientes con diabetes se realizaron durante 7 días, los resultados obtenidos se almacenaron en la base de datos alojada en la aplicación web. Se realizaron pruebas continuas entre el prototipo no invasivo y un glucómetro Accu Check y se comprobó que el nivel de error obtenido es aproximadamente  $\pm 5\%$ , teniendo una variabilidad mínima, lo cual asegura la confiabilidad del sistema. Se concluye que el dispositivo cuenta con un alto nivel de confianza, por lo que es apto para precautelar la salud de los pacientes diabéticos, es importante que se realicen estudios posteriores para incorporar al sistema otro tipo de mediciones, bajo el uso del mismo sensor.

**Palabras Clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA>, <TELECOMUNICACIONES>, <GLUCÓMETRO>, <PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES MÓVILES>, <COMUNICACIONES INALÁMBRICAS>, <SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES (GSM)>, <SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)>

## SUMMARY

The objective of this research was the design and implementation of non-invasive electronic system prototype to monitor patients with diabetes, in order to make a glucose test for obtaining information from the patient in case of emergency, and noticing the doctor as well through the use of the global communication system (GSM), then a clinic history will be created for the patients and doctors who possess this electronic devise. For designing the prototype, a feasibility study of the components was carried out and also the incorporation of the H bridge and an Arduino to make the signal checking, an oximetry sensor to show the glucose levels and a Global positioning system (GPS). By means of a Bluetooth module the information is sent to a mobile app. The tests from the patients were made for over 7 days and the data was stored on a web database. Some other tests were developed, obtaining an error average of 5% which ensures the system reliability. For concluding, it is important to point out the high level of efficiency of the devise, so it is suitable to take care of the diabetes patients.

**Key Word:** Technology and Engineer sciences, engineering and electronic technology, telecommunications, glucometer, mobile app programming, Wireless communication, Global communication system (GMS), Global positioning system (GPS)

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de comunicación en los últimos años han creado un fuerte vínculo con el campo de la medicina, las nuevas tecnologías permiten tanto a médicos como a pacientes interactuar dinámicamente. Mediante el uso de algunas plataformas virtuales muchos de los procesos médicos se han desarrollado de una forma más sencilla y otros tantos han permitido llegar a realizar procesos complejos con mayor precisión.

En el presente documento se detalla la realización de un prototipo de sistema electrónico no invasivo para monitorear a pacientes que padecen Diabetes, tomando en cuenta que los índices de esta enfermedad tienen un crecimiento continuo y elevado. Lo que obliga a investigar nuevos procesos que se puedan implementar.

En la ciudad de Ambato se considera que existe un porcentaje elevado de pacientes que han sido detectados la enfermedad y otros tantos que por miedo o desconocimiento no se han realizado los análisis pertinentes, sin embargo, todos estos tienen la necesidad de un monitoreo regular, por lo que se propone este prototipo.

Con el fin de ejecutar y verificar el funcionamiento de este prototipo se han escogido 10 personas dentro de la ciudad de Ambato y Riobamba con este padecimiento, los cuales se encuentran bajo vigilancia médica, por lo que se les realizará una visita diaria con el afán de obtener una medición de sus niveles de glucosa en la sangre desde el modelo antes mencionado y almacenar los datos de la misma en una historia clínica previamente creada en una base de datos, los mismos que en el transcurso de 10 días serán procesados y comparados con otros modelos invasivos convencionales.

## ANTECEDENTES

La salud de la sociedad es una necesidad primordial de cuidado que tiene la población, para lo que desde la antigüedad se han tomado alternativas en ocasiones muy rústicas con bases “mágicas”, y obteniendo resultados poco exactos. Por esta razón y con el avance de la ciencia y tecnología se han implementado nuevos métodos para obtener mejores resultados. (García, 1975 págs. 144-148)

La diabetes es una enfermedad que se ha catalogado como crónica, la misma que desde sus inicios presenta graves complicaciones en el organismo e incluso llegando a ocasionar la muerte. La falta de control en mujeres embarazadas aumenta el riesgo de muerte fetal. (Organización Mundial de la Salud, 2016)

Después de varios años de estudio, incluso después del descubrimiento de la insulina se han tratado de implantar tratamientos que no contuvieran dosis masivas de químicos, pero que a la vez tengan efectos positivos en los pacientes, haciéndolo de una forma un poco más natural. (Bernoville, 1920 págs. 1-25)

A nivel mundial existe gran prevalencia de esta enfermedad, según estimaciones realizadas en el año 2014 existieron aproximadamente 422 millones de habitantes diagnosticados con diabetes, lo que indica que ha aumentado considerablemente las cifras frente a los 108 millones que se diagnosticaron en 1980. (Organización Mundial de la Salud, 2016)

La diabetes en el Ecuador se considera una de las principales causas de muerte, superando el 7% según datos del INEC. El porcentaje de muerte más alto causado por esta enfermedad se registra en personas de género femenino superando el 4%. La provincia con el mayor índice de dicho padecimiento es Guayas. (INEC, 2014)

## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es necesario el desarrollo de un sistema electrónico que permita la medición y el control de los niveles de glucosa presentes en la sangre en pacientes diabéticos, con el fin de evitar métodos invasivos?

## SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué dispositivos electrónicos existen para el control de glucosa en pacientes con diabetes?

¿Existe un sistema de comunicación que permita emitir una alerta en caso de emergencia cuando el paciente esté en peligro?

¿Es la diabetes una enfermedad de alto riesgo, que requiere de control permanente?

¿Qué consecuencias tiene el paciente diabético con la falta de monitoreo?

## JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

### Justificación Teórica

El principal propósito del desarrollo de esta investigación está enfocado en la falta de control y monitoreo adecuado a pacientes que padecen de diabetes, esta enfermedad genera consecuencias tales como: ceguera, hipertensión arterial, daños renales, arterosclerosis, entre otras; la falta de tratamiento adecuado o descuido por parte de los pacientes ha provocado que esta enfermedad se convierta en una de las principales causas de muerte en el país y en el mundo.

Por lo general, una persona que sobrelleva esta enfermedad y se mantiene en estado estable no requiere de hospitalización, sin embargo, es indispensable efectuar controles periódicos con el propósito de supervisar su estado de salud y prevenir futuras complicaciones.

El estudio y desarrollo de este proyecto tiene como interés aplicar las tecnologías de comunicación enfocadas al campo de la medicina, esta rama no ha sido explotada en su totalidad, puesto que dicha herramienta nos proporcionaría un diagnóstico inmediato y asistencia médica independientemente de la distancia entre el paciente y el servicio médico en tiempo real.

Al llevar a cabo el presente proyecto se busca obtener resultados inmediatos con bajo margen de error al desarrollar un dispositivo mediante el uso de infrarrojo que permita un monitoreo constante del nivel de glucosa, sin la necesidad de aplicar técnicas invasivas que provocan laceraciones y posibles infecciones, brindando a los pacientes una mejor calidad de vida.

### Justificación Aplicativa

Los pacientes con diabetes tienen la necesidad de realizarse continuamente un control de los niveles de glucosa presentes en la sangre, por lo que se busca mediante el presente trabajo proporcionar un sistema que permita que se realice este proceso además de facilitar la comunicación con el médico.

El aporte de este proyecto será muy significativo para los pacientes que padecen de diabetes ya que al contar con un sistema electrónico no invasivo se evitarán complicaciones de salud en las personas que padezcan de esta enfermedad, impidiendo que esta cause más muertes en la población.

Se propone que el proyecto antes mencionado se realice en tres etapas, las cuales se llevarán a cabo de la siguiente manera:

Dentro de la primera etapa se construirá el glucómetro no invasivo basado en la ley de Lambert Beer y la longitud de onda cercana al infrarrojo, la segunda etapa constará de la creación de una base de datos en la cual se pretende almacenar los datos obtenidos mediante el glucómetro, y finalmente la tercera etapa tendrá como objetivo el desarrollo del sistema de comunicación mediante un módulo GSM el cual permitirá la comunicación entre el médico y el paciente.

Así se pretenderá realizar un sistema que sea de fácil uso por parte del paciente y que brinde comodidad al momento de realizar la evaluación y toma de medidas, ya que evitará punciones que resultan molestas.

Generalmente un paciente diabético no requiere de hospitalización, sin embargo, es indispensable que se realice análisis periódicamente para controlar su estado de salud, de esta manera se pretende mejorar la calidad de vida del paciente, como se establece en el objetivo 3 del Plan Nacional del Buen Vivir.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un prototipo de sistema electrónico no invasivo para control de pacientes con diabetes mediante tecnología GSM.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de las características y funcionamiento de los medidores de glucemia existentes para tomar como referencia los parámetros de medición.
- Diseñar el prototipo basado en la ley de Lambert-Beer y longitud de onda cercana al infrarrojo.
- Determinar los requerimientos para el desarrollo del módulo de comunicación entre el médico y el paciente.
- Crear una base de datos con la información de los niveles de glucosa en la sangre de los pacientes para su control.
- Alertar al médico de manera oportuna mediante comunicación GSM, las alteraciones en niveles extremos de glucosa.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEORICO

#### 1.1. Diabetes

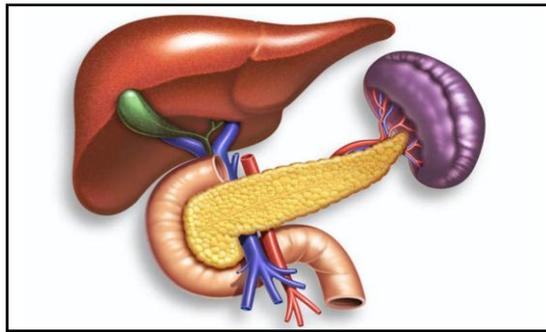
La diabetes es una enfermedad considerada crónica, es decir que no existe un tratamiento para la cura de este padecimiento. Esta enfermedad en ocasiones es causada por una falla en el páncreas

*Figura 1-1*

, debido a que este, no produce la cantidad necesaria de insulina o a su vez la insulina producida por esta glándula no presenta las características adecuadas para metabolizar la glucosa consumida por el organismo (Guerrero, 2006 págs. 5-7)

La diabetes se caracteriza por presentar alteración en los niveles de glucosa en la sangre; la cantidad de azúcar en niveles muy altos o bajos hacen que estas moléculas no sean asimiladas por el cuerpo de forma apropiada debido a que la hormona insulina no está realizando un proceso de transformación adecuada. (Rivera, 2000 pág. 2) Usualmente la glucosa que ingresa al torrente sanguíneo proviene de los alimentos y bebidas consumidos en la dieta diaria, para referencia de los niveles de azúcar se observa la *Figura 2-1*. (Diabetes, 2012 págs. 4-5)

En la parte superior del abdomen se ubica una glándula de secreción mixta, pues su contenido va tanto a la sangre (insulina), como hacia el tubo digestivo. Es una masa blanca grisácea prolongada transversalmente y posee más volumen en el extremo derecho; a esta glándula también se le denomina glándula salival abdominal y su peso medio esta entre 60 y 70 gramos en hombres y mujeres respectivamente. (Guerrero, 2006 págs. 6-8)



*Figura 1-1 Páncreas*  
Fuente: HOGARUS revista online

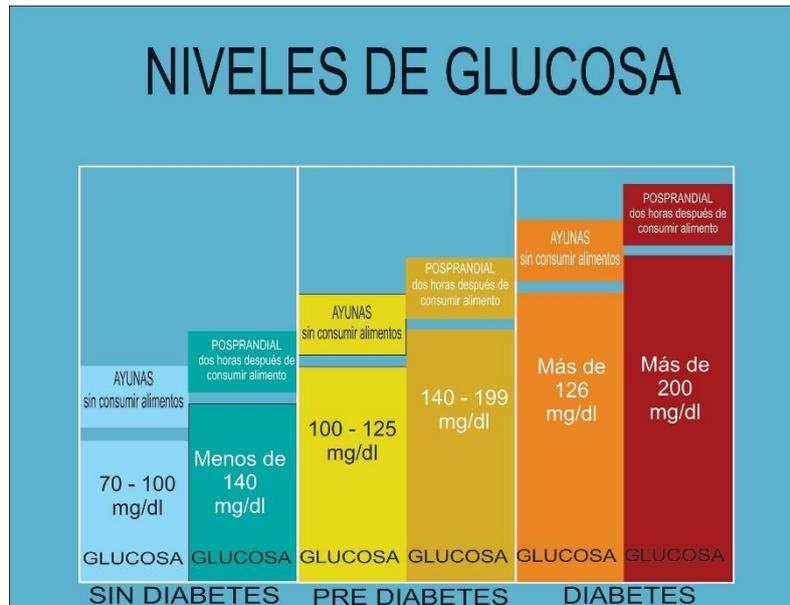


Figura 2-1 Niveles de Glucosa en la Sangre

Fuente: [www.diabetesbienestarysalud.com/guia-diabetes/cuales-son-los-niveles-optimos-de-glucosa/2013/02/](http://www.diabetesbienestarysalud.com/guia-diabetes/cuales-son-los-niveles-optimos-de-glucosa/2013/02/)

### 1.1.1. Signos y Síntomas

La diabetes presenta varios signos y síntomas *Figura 3-1*, entre los cuales se encuentran: frecuentes ganas de orinar, pérdida de peso, irritabilidad, visión borrosa, hambre intensa, sed constante, fatiga, lenta cicatrización en las heridas. Y otras comunes de cada tipo de diabetes. (Salas, 2015 pág. 5)

Cuando la sangre no alimenta bien las células del cuerpo por el elevado nivel de glucosa, los síntomas de la diabetes pueden aparecer con el transcurso del tiempo de una forma abrupta o gradualmente dependiendo de cómo se esté produciendo y utilizando la insulina en el cuerpo. (Diabetes, 2012 págs. 9-11)



Figura 3-1 Signos y Síntomas de la Diabetes

Fuente: <http://dxnmundial.com/ganoderma-lucidum-para-combatir-la-diabetes/>

## 1.1.2. Tipos de Diabetes

### 1.1.2.1. Diabetes Mellitus Tipo 1

Este tipo de diabetes se presenta por lo general en niños y jóvenes, son dependientes de insulina *Figura 4-1*, generalmente se relaciona con factores hereditarios. (Rivera, 2000 pág. 6) Es una destrucción inflamatoria producida por las células que secretan insulina, que posee un componente autoinmune que hace que la insulina secretada sea deficiente. (Moreno, y otros, 1997 págs. 6-7)

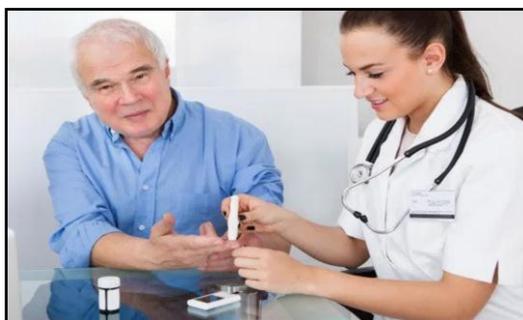


*Figura 4-1 Diabetes Tipo 1*

**Fuente:** <http://today.mims.com/topic/asian-diabetes-foundation--the-rise-of-diabetes-in-children-highest-in-singapore>

### 1.1.2.2. Diabetes Mellitus Tipo 2

Es el tipo de diabetes más común en el mundo, y no depende de la administración de insulina; puede controlarse con un balance alimenticio. (Joan R.S. McDowell, 2007 págs. 2-10) La diabetes tipo 2 *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.1* se diagnostica en la edad adulta aproximadamente de los 40 años en adelante, no significa que no pueda ser diagnosticado en niños y adolescentes, una de las características de estas personas es la obesidad. (Tebar, y otros, 2009 pág. 5)



*Figura 5-1 Diabetes Tipo 1*

**Fuente:** <http://revertirdiabetesya.com/diabetes-mellitus-tipo-2/>

### 1.1.2.3. *Diabetes Gestacional*

Caracterizado por la aparición de algún tipo de tolerancia a la glucosa que no es conocida antes del embarazo *Figura 6-*, sin excluir la posibilidad de que estas alteraciones hayan estado presentes desde entonces. Durante la gestación la glucemia sufre algunos cambios, en el primer trimestre suele ser baja o normal, si existe una aparición de hiperglucemia en esta primera etapa significa que la paciente ya era portadora de la enfermedad. (Tebar, y otros, 2009 pág. 5)



*Figura 6-1 Diabetes Gestacional*

**Fuente:** <http://salud.ccm.net/contents/316-diabetes-gestacional-embarazo-y-diabetes>

### 1.1.2.4. *Otros Tipo de Diabetes*

Entre el 1 y el 5 por ciento de los pacientes que sufren este padecimiento no se ubican en ninguna clasificación común, sin embargo, este tipo de diabetes es hereditario y se puede controlar los niveles de glucosa con una dieta balanceada y ejercicio. (Diabetes, 2012 págs. 20-21)

### **1.1.3. *Incidencia y Prevalencia en Ecuador***

En el Ecuador la diabetes es una enfermedad de frecuencia progresiva, las personas que sufren este padecimiento se catalogan en el tipo I y tipo II con un 2% y 98% respectivamente. Existen actualmente en el país alrededor de 3000 niños con diabetes tipo I entre 12 – 14 años, mientras que la diabetes tipo II se considera epidemia porque afecta a un gran número de adultos generalmente entre 35 – 60 años. (García Ayala, 2012 págs. 9-10)

### **1.1.4. *Diagnóstico***

Para que un paciente sea diagnosticado con diabetes debe cumplir al menos uno de los criterios presentados a continuación:

- Glucemia en ayuno mayor o igual a 126 mg/dl. Prueba comprobada con una segunda en días diferentes.

- Glucemia mayor o igual a 200mg/dl dos horas después de ingerir al menos 75g de glucosa.
- Presencia de poliuria, polidipsia, pérdida de peso inexplicable más una glucemia mayor o igual de 200mg/dl. (Ministerio de Salud Pública, 2017 págs. 22-23)

### **1.1.5. Tratamiento**

El objetivo primordial del tratamiento es mantener un control preciso de los niveles de glucosa del paciente, dicho tratamiento se basará en tres temas fundamentales: control médico, alimentación saludable, y ejercicio físico moderado, siendo éste considerado un tratamiento no farmacológico.

Las personas que presentan algún tipo de complicación cardiovascular iniciarán un tratamiento farmacológico adecuado que constará de ácido acetilsalicílico, beta bloqueadores como: atenol o propanolol, e inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina. (Caja Costarricense del Seguro Social, 2007 págs. 26-43)

## **1.2. Métodos de medición de Glucosa**

Es necesario conocer si el paciente está controlando de manera adecuada su diabetes, la manera óptima de hacerlo es mediante una prueba que permitirá saber cuánta glucosa está presente en la sangre, si la cantidad es demasiado alta, o por lo contrario muy baja, se determinará si es necesario un cambio en el tratamiento que el paciente esté siguiendo. (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases pág. 18)

Existen varios métodos de medición *Figura 7-*, tradicionalmente se realizan las mediciones mediante pruebas de laboratorio, esto ha sido reemplazado por un dispositivo que mediante un pinchazo en el dedo permite obtener una gota de sangre que será analizada a través de una tira reactiva y un dispositivo denominado glucómetro.

Además, existen nuevas alternativas no invasivas que permiten un monitoreo constante, que además de evitar pinchazos, permitirán prevenir cambios abruptos en los niveles de glucosa, de este modo el paciente no sentirá molestias el momento de la medición. (Gottau, 2017)



*Figura 7-1 Métodos de Medición de Glucosa*

**Fuente:** <https://www.vitonica.com/enfermedades/metodos-de-medicion-continua-de-glucosa-en-sangre-no-invasivos-para-diabeticos-funcionan>

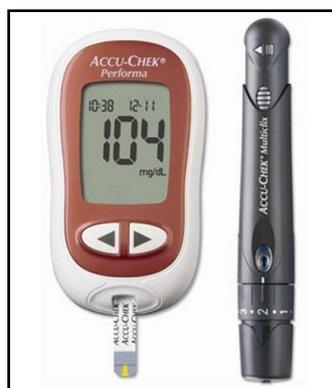
### 1.3. Glucómetro

El glucómetro es un dispositivo de medición continua de glucosa tisular intersticial, con capacidad de medir un dato de glucemia puntual y almacenarla; permitiendo de esta manera llevar un registro diario. Los mismos que aparecieron aproximadamente a partir del año 1999, que con el tiempo han ido mejorando para dar la confiabilidad que un profesional requiere. (Fuentes, y otros, 2014 pág. 3)

### 1.4. Glucómetro Invasivo

Este tipo de glucómetro *Figura 8-*, permiten obtener la medida de concentración de glucosa en una muestra de sangre capilar, y a la vez le dan la posibilidad al paciente de obtener un resultado inmediato. Cabe mencionar que este tipo de dispositivo se puede conseguir fácilmente y basta con una instrucción para empezar a usarlo.

Para el análisis con el dispositivo se utilizan tiras reactivas, las cuales poseen una enzima que al contacto con la muestra produce una reacción generando una corriente electroquímica con la cual permite conocer el nivel de Glucemia. (Violante, 2011)



*Figura 8-1 Glucómetro Invasivo*

**Fuente:** <https://www.glukox.com/products/accu-trend-gct-plus>

## 1.5. Glucómetro no Invasivo

Existen algunos dispositivos considerados no invasivos *Figura 9-*, entre ellos el glucómetro de la marca Freestyle de la empresa Abbot, el cual posee un sensor que evita varios pinchazos en la piel, sin embargo, el sensor posee una micro aguja que se inserta en la piel y permite las lecturas durante aproximadamente 14 días. (Diaz , 2017)



*Figura 9-1 Glucómetro no Invasivo*

**Fuente:** <https://www.vitonica.com/enfermedades/freestyle-libre-un-glucometro-para-diabeticos-sin-pinchazos>

Actualmente se han realizado algunos estudios en los que se coincide que se puede obtener valores de glucosa aplicando luz infrarroja en la piel, Determinando la longitud de onda en regiones NIR Y MIR. Aunque también se han hecho varios estudios de medición a través de la inducción de campos magnéticos de múltiples frecuencias, a pesar de estas investigaciones y planteamientos son solamente investigaciones que aún no se encuentran para uso comercial. (Diaz , 2017)

## 1.6. Sistemas de Comunicación

### 1.6.1. Generalidades

Para la transmisión de datos o información a través de un medio es necesario un sistema que permita dicha comunicación, por medio del espacio y el tiempo, desde la fuente hacia el destino. Los mensajes que se envían por este sistema se pueden presentar como: secuencias de símbolos, intensidades de luz, presión acústica de la voz, entre otros. (Iglesias, 2004 págs. 1-3)

El principal objetivo que cumple un sistema de comunicación electrónico *Figura 10-2* es el de transportar información a través de un proceso de transmisión, recepción y procesamiento de la misma, siendo esta analógica (voz, video, música) o digital (señales discretas), a diversas distancias y hacia uno o más destinos. La información a transmitir debe ser transformada en energía electromagnética, para luego ser propagada por diversos medios, sean éstos físicos o inalámbricos. (Tomasi, 2003 págs. 1-3)

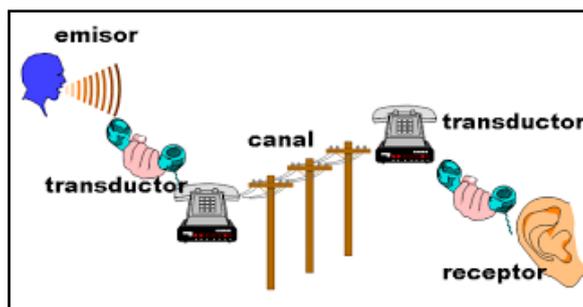


Figura 10-2 Esquema de funcionamiento de un Sistema de Comunicación  
 Fuente: María y otros, 2010

### 1.6.2. Elementos de un Sistema de Comunicación

Un sistema de comunicación está compuesto por los siguientes elementos que se detallan a continuación:

- Transductor de entrada, es el que convierte los datos en un formato adecuado para la transmisión.
- Transmisor, es el que adecua una señal eléctrica de entrada a las características de un medio de transmisión. Tiene algunas funciones como:  
 Modulación, es el proceso en el que se modifica los parámetros de una señal de acuerdo a los datos.  
 Codificación, en este proceso se elimina cualquier redundancia que exista en el mensaje o paquete y a su vez inserta bits de paridad para que no se vea afectado por el ruido  
 Amplificador, Filtros.
- Canal, medio que realiza la conexión entre el transmisor y el receptor. En este medio se degrada la señal.
- Receptor, es el que reconstruye la señal de entrada a partir de la señal que recibe. Sus funciones son: Demodular, Decodificar, Amplificar y Filtrar.
- Transductor de salida, Convierte la señal en una forma adecuada para su recepción. (Fernández, y otros, 2002)

### 1.6.3. Modos de Transmisión de un Sistema de Comunicación

Los sistemas de comunicaciones pueden ser diseñados para transmitir datos de forma unidireccional o bidireccional, siendo éstos enviados de manera alterna o simultáneamente, existen cuatro posibles modos de transmisión.

#### 1.6.3.1. Simplex

Al utilizar un sistema simplex la transmisión será unidireccional, es decir se podrá únicamente recibir o enviar información, esto indica que una estación puede ser solamente transmisor o solamente receptor, más no las dos a la vez.

#### 1.6.3.2. *Semi Dúplex*

La transmisión semi-dúplex puede ser bidireccional, más no simultánea, es decir, una estación puede recibir y transmitir datos, pero no puede hacer las dos cosas al mismo tiempo.

#### 1.6.3.3. *Dúplex Total*

Este tipo de funcionamiento puede transmitir y recibir al mismo tiempo, sin embargo, la estación a la que se transmite debe ser la misma de la que se recibe la información o datos, un ejemplo muy común es el sistema de telefonía.

#### 1.6.3.4. *Dúplex General*

Con la ejecución del modo dúplex general se puede realizar tanto transmisión como recepción de manera simultánea, sin la necesidad de que esto ocurra entre las dos estaciones, es decir una estación puede transmitir a una segunda estación y a la vez ésta puede recibir de una tercera estación. (Tomasi, 2003 pág. 10)

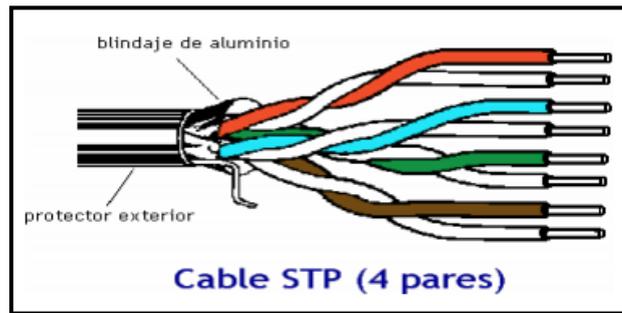
### **1.6.4. *Clasificación de los Sistemas de Comunicación***

Clasificaremos los sistemas de comunicación por sus medios de transmisión, los mismos que pueden ser por cable o inalámbricos, en dichos medios de transmisión existen factores que alteran la información que viaja a través de ellos y estos son: ruido, atenuación, interferencias, pérdidas, por lo que es necesario que en la recepción existan los parámetros necesarios para que la información pueda ser recuperada y entregada por completo. (Stallings, 2000 pág. 102)

#### 1.6.4.1. *Transmisión por Cable*

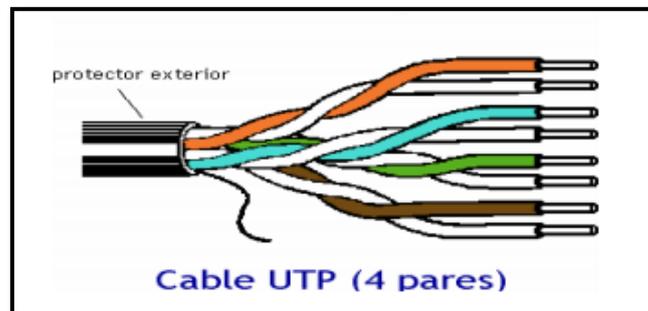
En este tipo de transmisión es usado en redes LAN, la misma que puede utilizar uno o más tipos de cable lo cual dependerá del tipo de red implementada.

Entre los tipos de cable que se utilizan se encuentra el cable de par trenzado que puede ser apantallado (STP) *Figura 11-3*. Este cable posee buenas características contra las radiaciones electromagnéticas, pero su costo es alto y su instalación presenta gran dificultad.



*Figura 11-3 Cable de par trenzado STP*  
**Fuente:** Regalado

El cable de par trenzado no apantallado (UTP) *Figura 12-4* es mayormente utilizado debido a su bajo costo, sus buenas características y su fácil instalación.



*Figura 12-4 Cable de par trenzado UTP*  
**Fuente:** Regalado

Otro tipo de cable es el coaxial *Figura 13-5*, por el cual la información viaja en modo de señales eléctricas.



Figura 13-5 Cable coaxial  
Fuente: Regalado

También encontramos la fibra óptica También encontramos la fibra óptica *Figura 14-6*, como medio que transmite la señal en modo de pulsos de luz, este medio es apropiado para transmitir datos a muy altas velocidades y con grandes capacidades, por lo cual está siendo implementado en gran demanda en la actualidad.

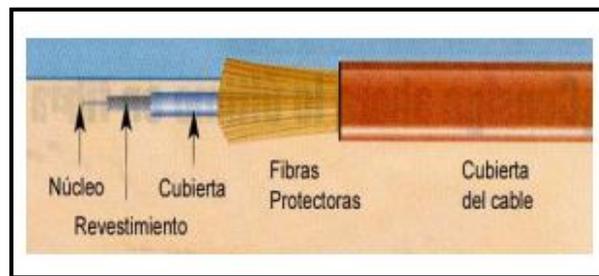


Figura 14-6 Fibra Óptica  
Fuente: Regalado

#### 1.6.4.2. Transmisión Inalámbrica

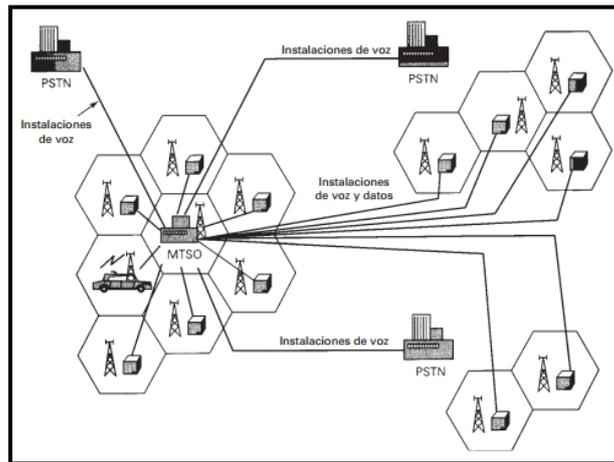
Cuando se trata de transmisión inalámbrica, son los medios los que determinan las limitaciones que existirán como: velocidad de transmisión, ancho de banda que puede ser soportado, la distancia que deba existir entre las antenas repetidoras, a pesar de ello, lo que determina la transmisión será la frecuencia que utilice la antena para transmitir la señal. (Regalado, 2014 págs. 173-186)

En esta parte destacan los sistemas de radio, los sistemas satelitales, y los sistemas de comunicación móvil, las redes Wifi, bluetooth, la televisión. El sistema móvil se forma por una red de comunicación y los terminales que permiten el acceso a la red. (Area Tecnologia, 2009)

### 1.7. Telefonía Móvil

La telefonía móvil involucra sistemas y redes de comunicaciones bastante complejos que se han llevado a cabo con métodos tanto analógicos como digitales, controlados por conmutación o por medios de acceso múltiple (multiplexación).

La telefonía celular, ha tenido a fin la corrección de múltiples problemas de servicio telefónico tradicional, su concepto es bastante sencillo, y se define en la subdivisión de áreas geográficas en varias celdas hexagonales que se acoplen mutuamente de manera que simular la disposición de un panel *Figura 15-7*, se utiliza esta forma ya que se determinó que existe mayor eficiencia en la transmisión ya que existe total adyacencia, evitando así que existan zonas sin cobertura entre las celdas, se toma en cuenta también que el tamaño de cada celda depende del área geográfica que se desea cubrir y de su población. (Tomasi, 2003 págs. 864-868)



*Figura 15-7 Estructura de un Sistema Telefónico Celular*  
Fuente: Tomasi, 2003

## 1.8. Sistema GSM

GSM es una tecnología inalámbrica 2G utilizada para brindar servicios de voz de alta calidad, como también para el envío de datos mediante conmutación de circuitos, además de servicios de mensajería SMS, esta tecnología utiliza bandas de 850 a 900Mhz, 1800 a 1900MHz, entre un amplio espectro de bandas.

La tecnología GSM proporciona servicios de modo que diversos beneficiarios del servicio puedan tener acceso a un mismo canal, esto se realiza mediante TDM que permite que un solo canal se divida en 6 lapsos de tiempo, lo que permite que no exista interferencia entre los usuarios. (Martínez Hernández, 2009)

### 1.8.1. Movilidad GSM

Entre las características principales de la Tecnología GSM sobresale la capacidad que tiene el abonado de hacer llamadas, enviar o recibir datos o el acceso a diversos servicios mientras se moviliza de un lugar a otro, saliendo del área geográfica cubierta por la operadora, esto se debe a que utiliza las redes de otros operadores.

Esto se debe a la interacción entre los MSC's, que son los que se encargan de localizar y conectar a los abonados en la red, cabe indicar que para cada millón de abonados existe un HLR que es el que guarda los datos de servicios y localización del usuario, así al encontrarse en una nueva área el VLR será quien se encargue de seguir el rastro del usuario y notificar su nueva HLR con su nueva posición. (Porras, 2012)

### **1.8.2. Servicios GSM**

GSM gestiona las comunicaciones brindando varios servicios a sus abonados, estos se pueden clasificar en tres categorías que serán detalladas a continuación:

- Tele servicios o Servicios de Telefonía
  - Llamadas
  - Video Chat
  - Fax
  - SMS
  - VMS
- Servicios de envío-recepción de datos
  - Internet
  - Transferencia de datos móviles
- Servicios Adicionales
  - Conferencia
  - Llamada en espera
  - Desvío y Restricción de Llamadas
  - Identificación de Llamadas, entre otros. (Porras, 2012)

### **1.8.3. Arquitectura GSM**

GSM posee una arquitectura *Figura 16-8*, basada en tres subsistemas que interactúan mutuamente mediante interfaces determinadas en la red, estos subsistemas son BSS también conocido como el subsistema de radio, ya que es el encargado de administrar los caminos de transmisión entre las unidades móviles y el MSC y entre los demás subsistemas, NSS que tiene como fin la administración de la conmutación del sistema y permite la conexión del MSC con otras redes telefónicas y OSS que es el subsistema encargado del mantenimiento. (Tomasi, 2003 págs. 889-890)

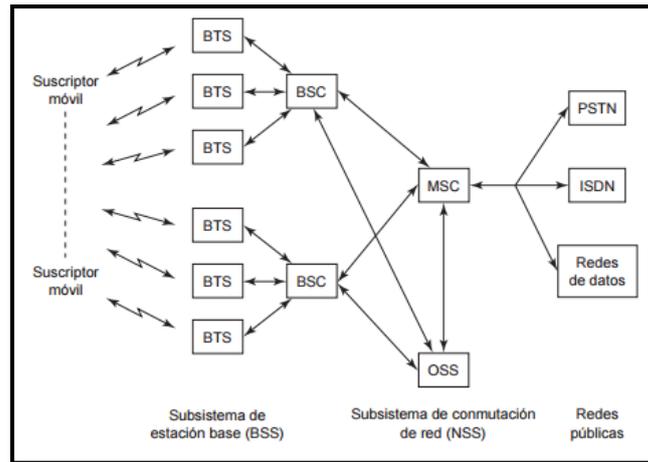


Figura 16-8 Arquitectura de un Sistema GSM  
Fuente: Tomasi, 2003

### 1.9. Sistema Electrónico

Se conoce como sistema electrónico a un conjunto de circuitos electrónicos que interactúan de manera mutua con el fin de obtener un resultado específico, dicho sistema está conformado por tres bloques: Entrada o sensores, Control o procesamiento y Salida o actuadores. (Agamez Benitez, y otros, 2013 págs. 2-10)

Es decir, un sistema electrónico *Figura 17-9*, está conformado por sensores, circuitos electrónicos que determinan el proceso y el control del sistema, actuadores y además de una fuente que alimentará el sistema. (Torrente, 2013 págs. 61-62)

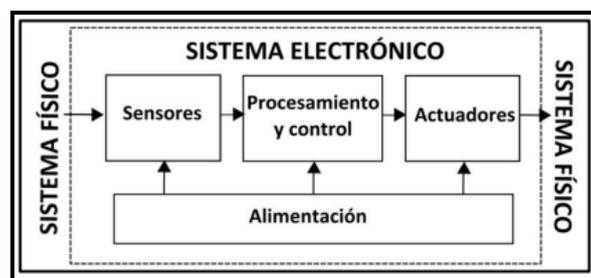


Figura 17-9 Sistema Electrónico  
Fuente: Torrente, 2013

### 1.10. Arduino

Arduino es una placa de circuito impreso que posee internamente un microcontrolador reprogramable, que posee pines tanto de entradas como de salidas, que al ser conectados estratégicamente realizan la función para la cual se lo ha programado, cabe indicar que dicho dispositivo tiene una variedad de modelos *Figura 18-10*, que poseen características diversas, según su uso y tamaño, a pesar de poseer características diferentes, su funcionamiento es muy similar entre los diversos modelos. (Torrente, 2013 págs. 63-65)

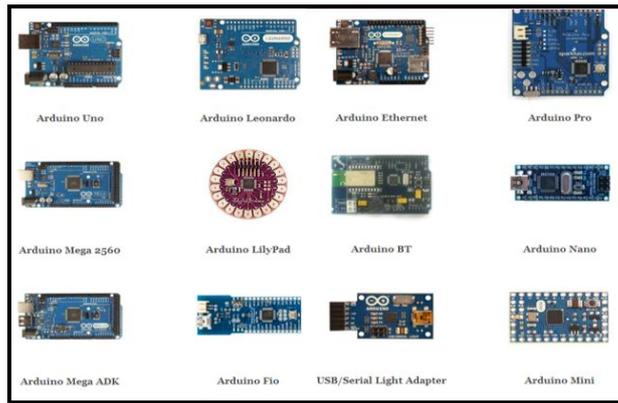


Figura 18-10 Arduino

Fuente: <http://comohacerunarduini.blogspot.com/2016/05/arduino-es-una-compania-de-hardware.html>

Arduino además es una plataforma electrónica de código abierto que tiene sus bases tanto en hardware como en software de fácil uso, este dispositivo tiene la capacidad de leer o detectar entradas analógicas y digitales, y además puede realizar más de una instrucción, para lo cual se utiliza el lenguaje de programación Arduino que posee su propio software de desarrollo integrado (IDE) *Figura 19-11*.(arduino.cc)



Figura 19-11 Arduino IDE

Realizado por: (BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017)

### 1.10.1. Comparación de los modelos de Arduino

Como se especificó anteriormente existen varios modelos de Arduino, los cuales pueden ser utilizados según la aplicación que vaya a tener el sistema a desarrollar, los cuales se podrán apreciar en la *Tabla 1-1*

Tabla 1-1 Modelos de Arduino

MODELO	ARDUINO	ARDUINO	ARDUINO	ARDUINO DUE	ARDUINO
--------	---------	---------	---------	-------------	---------

	<b>UNO</b>	<b>MEGA 2560</b>	<b>MINI</b>		<b>LEONARDO</b>
<b>Microcontrolador</b>	ATmega328	ATmega2560	ATmega328	AT91SAM3X8E	ATmega32U4
<b>Voltaje de entrada</b>	7-12V	7-12V	7-9V	5-12V	7-12V
<b>Voltaje del sistema</b>	5V	5V	5V	3.3V	5V
<b>Frecuencia de reloj</b>	16MHz	16MHz	16MHz	84MHz	16MHz
<b>Entradas/Salidas Digitales</b>	14	54	14	54	20
<b>Entradas Analógicas</b>	6	16	6	12	12
<b>PWM</b>	6	14	8	12	7
<b>Memoria Flash</b>	32Kb	256Kb	32Kb	512Kb	32Kb

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 1.11. Sensor de Oximetría

La oximetría permite la medición rápida de la saturación del oxígeno en la sangre de manera no invasiva, este método tiene la capacidad de detectar de manera inmediata los cambios en la saturación de oxígeno. (Antecedentes y Principios de la Pulsioximetría, 2010 pág. 2)

La estructura del sensor de oximetría está basada en la Espectrofotometría y Fotopletismografía que son dos técnicas relacionadas con fenómenos luminosos encargadas de la transmisión y recepción de luz respectivamente. Este sensor *Figura 20-*, funciona mediante emisiones de luz roja con longitud de onda de 600nm e infrarroja con una longitud de onda de 940nm, la luz se absorbe en su mayoría por la piel, huesos y tejidos. (Noguerol Casado, y otros pág. 1)

Generalmente se la utiliza en partes del cuerpo que tengan un buen flujo sanguíneo y además presente una condición generalmente translúcida como por ejemplo en los dedos de la mano o el pie o en el lóbulo de la oreja. (Antecedentes y Principios de la Pulsioximetría, 2010 pág. 2)

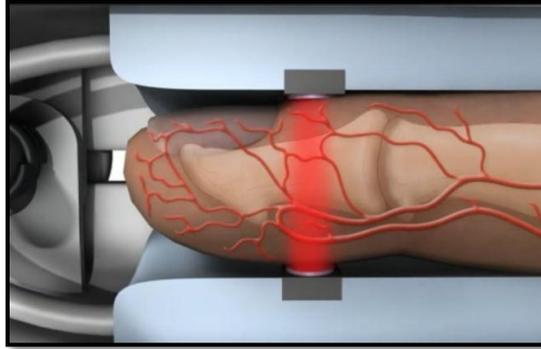


Figura 20-1 Funcionamiento de un Sensor de oximetría  
 Fuente: <http://comprarpulsioximetro.com/como-funciona-un-pulsioximetro/>

### 1.12. Espectrofotometría

Se conoce como espectrofotometría al cálculo de la cantidad de energía radiante que absorbe un compuesto en función de la longitud de onda de la radiación (Brunatti, y otros pág. 1), en esta técnica la absorción de la luz roja como infrarroja depende de la estructura molecular del compuesto o sustancia química analizada, tomando en cuenta que la absorbancia es diferente para cada compuesto por sus características específicas. (Gonzalez págs. 1-13)

La espectrofotometría tiene una amplia gama de aplicaciones para determinar las cantidades de sustancias presentes en un compuesto, esta técnica se basa en la medida de transmitancia o de la absorbancia de las soluciones, normalmente la concentración de cierta sustancia está relacionada con la absorbancia representada en la ecuación. (Skoog, y otros, 2001 págs. 322-323)

$$A = -\log T = \log \frac{P_0}{P} = \epsilon bc \quad (1-1)$$

Donde las variables de la ecuación se describen en la *Tabla 2-1*

*Tabla 2-1 Descripción de Variables*

Término y Símbolo	Definición	Nombre y Símbolo
-------------------	------------	------------------

		<b>Alternativo</b>
<b>Potencia Radiante <math>P, P_o</math></b>	Energía de radiación incidente en el detector por $\text{cm}^2$ y por segundo	Intensidad de radiación $I, I_o$ .
<b>Absorbancia <math>A</math></b>	$\log \frac{P_o}{P}$	Densidad óptica $D$ ; extinción $E$
<b>Transmitancia <math>T</math></b>	$\frac{P_o}{P}$	Transmisión $T$
<b>Camino óptico de radiación <math>b</math></b>	—	$l, d$
<b>Absortividad <math>a</math></b>	$\frac{A}{bc}$	Coefficiente de extinción $k$
<b>Absortividad molar <math>\epsilon</math></b>	$\frac{A}{bc}$	Coefficiente de extinción molar

Fuente: SKOOG. Douglas, HOLLER. James, NIEMAN. Timothy, 2001

### 1.13. Ley de Lambert Beer

En la ecuación 1-1 se representa la Ley de Lambert Beer, que se la entiende de la siguiente manera; Luego de que un haz de luz atraviese un material absorbente (sólido, líquido o gaseoso) con una potencia inicial  $P_o$ , al atravesar cierta longitud  $b$  del material, su potencia se verá reducida en  $P$  como resultado de la absorción. (Skoog, y otros, 2001 pág. 325)

#### 1.13.1. Ley de Lambert Beer Aplicada a Mezclas

Cuando existe un medio con más de una clase de sustancias absorbentes es posible aplicar la Ley de Lambert Beer en caso de que no haya interacción entre dichas sustancias, de modo que la absorbancia total de varios componentes será el resultado de la suma de la absorbancia en cada uno de ellos. (Skoog, y otros, 2001 pág. 325)

## CAPÍTULO II

### 2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE SISTEMA ELECTRÓNICO NO INVASIVO

Dentro de este capítulo se explica el proceso de diseño y desarrollo del prototipo de sistema electrónico tanto a nivel de hardware y software, desde la selección de componentes tecnológicos que conformarán el sistema tomando en cuenta sus funciones y costos.

Adicionalmente se detalla los respectivos diagramas en los cuales se explica el funcionamiento de cada etapa

El propósito de este trabajo es que se utilice como una alternativa de monitoreo continuo, el cual pueda ayudar a llevar un buen nivel de vida, además de verificar que los tratamientos que se hayan designado al paciente por parte del médico estén siendo efectivos, con el fin de reducir los niveles de mortalidad producidos por la diabetes.

Asimismo, tratando de prevenir ataques de hiperglucemia o hipoglucemia, midiendo la concentración de glucosa a través de una señal fotopletismográfica, utilizando un sensor de oximetría.

## **2.1. Diseño de Hardware y Software**

A partir del análisis realizado en el primer capítulo se determinan los requerimientos del *hardware* para el prototipo de sistema electrónico no invasivo para el control de pacientes con diabetes denominado “GLUCOAPP”, los cuales se detallan a continuación:

- Implementación de un prototipo de sistema electrónico de bajo costo y de fácil manejo para el usuario.
- Medir los niveles de glucosa en la sangre de pacientes con diabetes, de manera no invasiva.
- Alertar al médico tratante y a un familiar responsable del paciente mediante el envío de un mensaje de texto, en caso de niveles de glucosa que representen peligro en el paciente.
- Dar la ubicación, hora y fecha en las que el paciente realice las mediciones.
- Controlar los análisis mediante una aplicación móvil en teléfonos con sistema operativo Android, que se comunicará con el sistema electrónico mediante tecnología bluetooth.
- Registrar los resultados de los análisis realizados en una base de datos que se conectará mediante la aplicación móvil a la página web en la cual los datos obtenidos permitirán la creación de una historia clínica del paciente para mejor control de la enfermedad.

### **2.1.1. Planteamiento de la Arquitectura del Sistema**

La arquitectura propuesta para la concepción del dispositivo se muestra en la *Figura 1-2* en donde se observa que el mismo está constituido por dos nodos principales: nodo de medición (dispositivo electrónico) y nodo de almacenamiento, el mismo que estará conformado por la

aplicación móvil y la base de datos en la que se almacenarán los datos obtenidos, a los cuales tendrán acceso el paciente y el médico tratante.

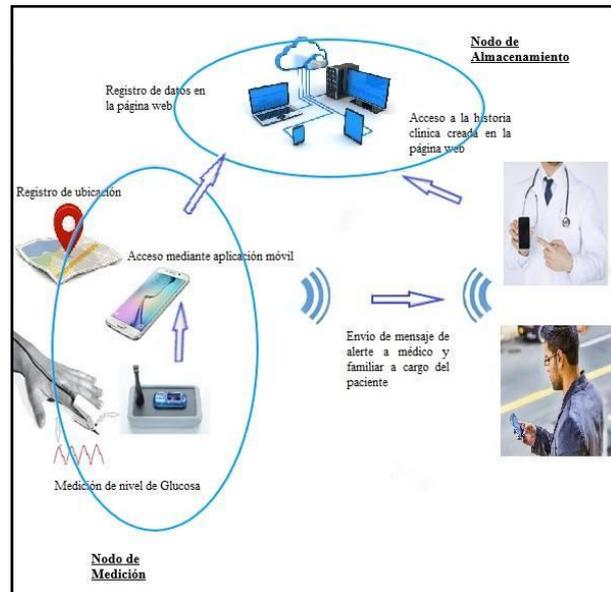


Figura 1-2 Arquitectura del Sistema

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

## 2.2. Requerimientos de Hardware

En la *Figura 2-1*, se presenta el diagrama de bloques del sistema electrónico que consta de cinco bloques: de alimentación, de procesamiento, de obtención de datos o de medición, de transmisión y de almacenamiento. La medición de la glucosa se realizará en el bloque de obtención de datos, que estará conformado por un circuito electrónico mediante el cual se obtiene los datos a través de un sensor de oximetría, el bloque de alimentación está compuesto por dos baterías de 9v que permitirán el funcionamiento del dispositivo, el bloque de transmisión consta de un módulo bluetooth mediante el cual el teléfono celular del paciente tendrá acceso al control del dispositivo mediante una aplicación móvil desarrollada con este fin, además de un módulo GSM que se encargará de enviar mensajes de alerta en casos especiales, el bloque de almacenamiento constará de la base de datos y la página web creada para administrar los datos obtenidos a través de las historias clínicas que se crearán para cada usuario, finalmente será el bloque de procesamiento el encargado de la interacción de los bloques descritos anteriormente.

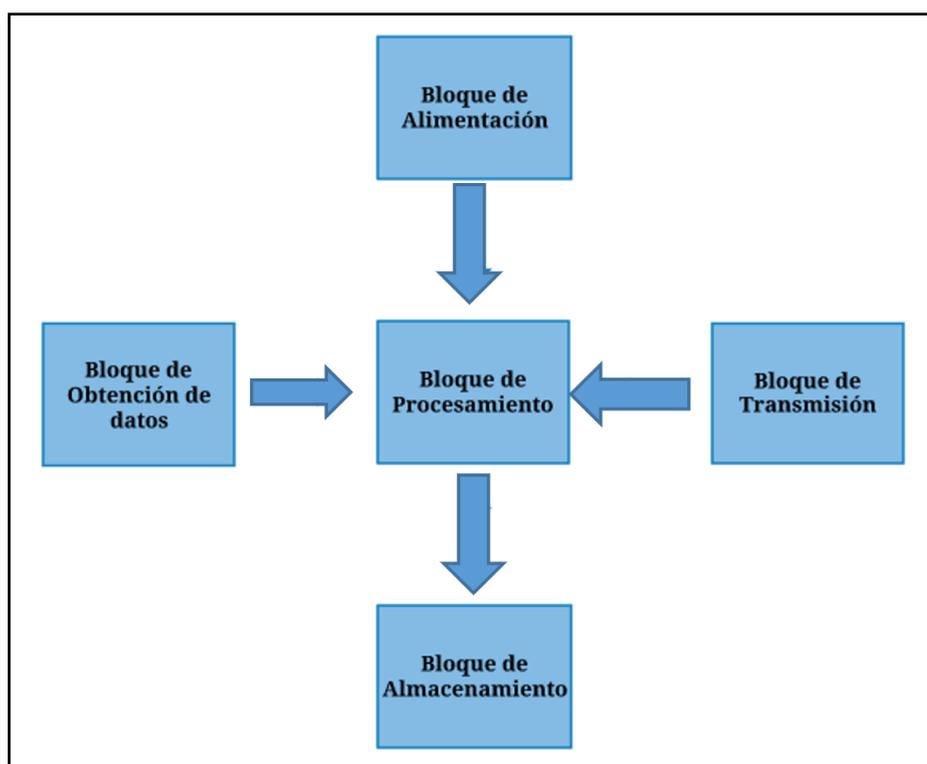


Figura 2-1 Diagrama de bloques del Sistema  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 2.3. Selección de los elementos que conforman el Sistema Electrónico no Invasivo GlucoApp

A continuación, se detallan los elementos que se han seleccionado para construir el prototipo de Sistema Electrónico no Invasivo para el control de glucosa en pacientes diabéticos, acompañados de sus correspondientes fichas técnicas detalladas en los anexos.

#### 2.3.1. Arduino

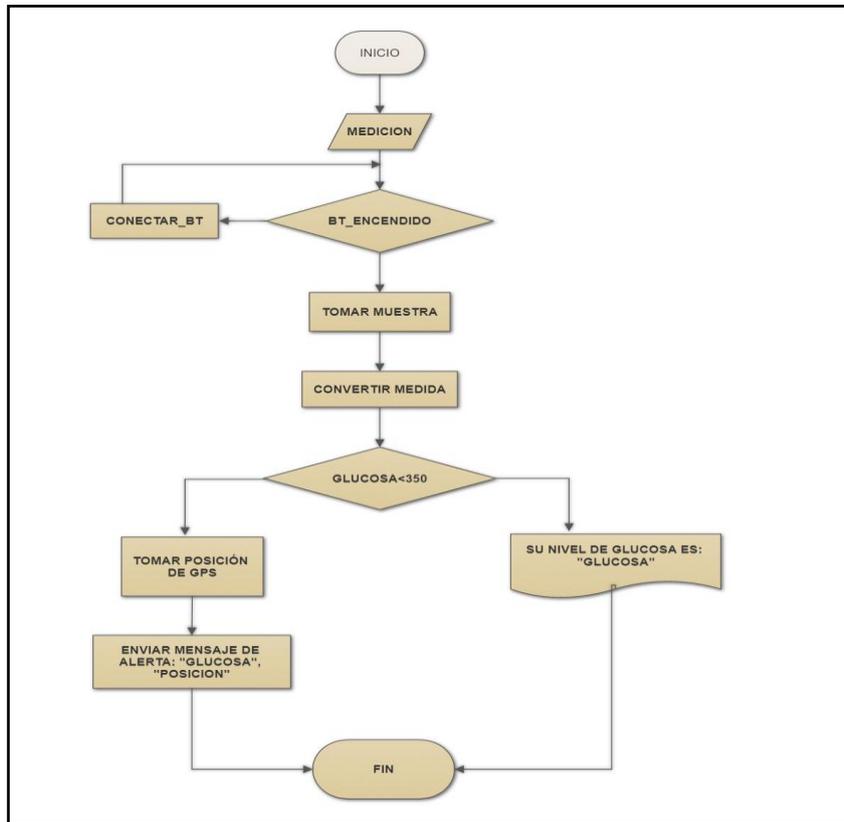
Tabla 1-2 Tabla Comparativa Arduino

MODELO	UNO	MEGA	NANO	MINI
<b>Microcontrolador</b>	ATmega328	ATmega2560	ATmega168 -20UA	ATmega328
<b>Voltaje de entrada</b>	5 - 12V	5 - 12V	5 - 12V	5 - 9V
<b>Frecuencia de reloj</b>	16MHz	16MHz	16MHz	16MHz
<b>Entrada/Salidas Digitales</b>	14	54	14	14
<b>PWM</b>	6	14	8	8
<b>Entradas Analógicas</b>	6	16	8	6
<b>Voltaje de salida</b>	3,3 - 5V	3,3 - 5V	3,3 - 5V	3,3 - 5V
<b>Memoria Flash</b>	32KB	256KB	32KB	32KB
<b>Entradas Analógicas</b>	6	24	8	8
<b>VENTAJAS</b>	Frente a otros controladores existentes en el mercado, ARDUINO es de bajo costo, de gran disponibilidad en el mercado. Además, existen sensores y otros módulos que se acoplan a este dispositivo.			
<b>Precio</b>	\$14,00	\$23,00	\$9,00	\$8,00

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Luego de analizar la *Tabla 1-* de comparaciones, se opta por utilizar las tarjetas Arduino Mega 2560 y Arduino Nano, la mayor ventaja que presenta Arduino es su propio software de desarrollo integrado (IDE) que permite una fácil programación, configurando únicamente sus entradas analógicas como digitales, según los requerimientos del usuario. (Quirarte, 2014)

En la *Figura 3-2*, se observa el diagrama de funcionamiento del dispositivo.



*Figura 3-2 Diagrama de Flujo del Dispositivo*  
 Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

- Arduino MEGA 2560

Considerado un microcontrolador ATmega 2560, este dispositivo *Figura 4-2*, posee 54 terminales de entrada y salida, entre los cuales 15 pueden ser utilizados como salidas PWN, 16 pines para entradas analógicas y 4 terminales seriales UART, tiene conexión USB, velocidad de reloj de 16MHz y un botón de reseteo.

Para su funcionamiento es necesaria la conexión a un computador o mediante el conector de alimentación a una fuente de alimentación DC entre 5 V a 12 V, entrega dos voltajes de salida mediante dos de sus terminales, de 5 V o 3.3 V respectivamente, además posee tres memorias: SRAM, flash y EEPROM. (arduino.cc)



Figura 4-2 Arduino Mega 2560

Fuente: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>

- Arduino Nano

Este dispositivo *Figura 5-2*, posee 30 terminales de entrada y salida, de las cuales 13 son entradas y salidas digitales, 8 entradas análogas, un terminal serial, tiene conexión USB, un puerto de alimentación AC a DC, se alimenta con un voltaje entre 5 V a 12 V, y entrega dos salidas de voltaje de 3.3 V y 5V respectivamente.

Al igual que el Arduino Mega 3560, este dispositivo posee 3 memorias SRAM, flash y EEPROM, sus medidas son de 18mm x 45mm, lo que lo hace mucho más compacto, también se lo programa a través del software IDE. ([arduino.cc](http://arduino.cc))

Cabe recalcar que, debido a sus costos, se ha optado por adquirir un Arduino nano chino, que a través de un ejecutable permite acceder sin problemas al IDE de Arduino y programarlo sin ningún inconveniente.

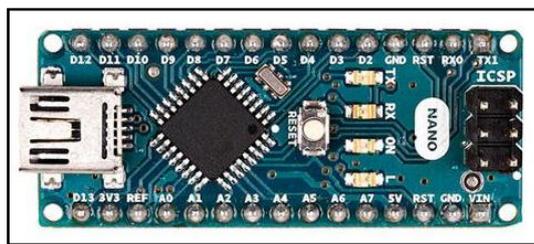


Figura 5-2 Arduino Nano

Fuente: <http://teslabem.com/arduino-nano.html>

### 2.3.2. Sensor de Oximetría

Tabla 2-1 Datos técnicos de sensor SPO2

MODELO	NELLCOR	AMPED	ECG PS25205
Longitudes de Onda	500nm - 1000nm	No existen datos	No existen datos
Conector	DB9	3pin	6pin
Voltaje de entrada	5V	5V	5V
Corriente consumida	1,4mA	4mA	1,4mA
Tipo	Analógico	Analógico	Digital
Disponibilidad	SI	SI	NO
Tipo Pinza	SI	NO	NO
Configuración Espectro	Transmitancia	Reflectancia	Reflectancia
Precio	\$70,00	\$26,00	\$45,00

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Se elige el sensor de Oximetría SPO2 de marca Nellcor *Figura 6-*, debido a que es el único sensor del que se encuentra las longitudes de onda a las que trabaja, y es necesario este dato para el estudio propuesto. Además, posee un conector DB9 utilizado para la comunicación del estándar RS232 permitiendo el envío y recepción de datos, tiene un lente convexo que permite la concentración de luz de manera que esta llegue a un solo punto.



Figura 6-2 Sensor de Pulsioximetría

Fuente: [http://www.ebay.com/itm/Original-Nellcor-Oximax-durasensor-DS-100A-Sensor-SpO2-Adulto-clip-de-dedo-/301970988126?\\_ul=AR](http://www.ebay.com/itm/Original-Nellcor-Oximax-durasensor-DS-100A-Sensor-SpO2-Adulto-clip-de-dedo-/301970988126?_ul=AR)

En la siguiente *Tabla 3-2*, se describe la configuración de los pines del sensor SPO2 marca Nellcor.

Tabla 3-2 Configuración de los pines del Sensor

Pin	Configuración
1	No se conecta
2	Infrarrojo
3	Rojo
4	No se conecta
5	Controladores
6	No se conecta
7	Apantallamiento Metálico
8	No se conecta
9	GND

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 2.3.3. Dispositivos de Transmisión

Se utiliza dos módulos para la comunicación del dispositivo, un módulo bluetooth con el que se permitirá el control del dispositivo mediante una aplicación móvil y un módulo GSM mediante el cual se enviarán mensajes de alerta al médico tratante y a un familiar del paciente en caso de que éste presente un cuadro crítico en los niveles de glucosa detectados.

- Módulo Bluetooth

Tabla 4-2 Comparación Bluetooth

MODELO	HC-06	HC-05
Protocolo	Bluetooth V2.0	ATmega2560
Voltaje de entrada	3,3 - 6V	3,3 - 6V
Voltaje de operación	3,3V	3,3V
Tasa de datos	720Kbps	720Kbps
Velocidad de Baudio	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115201
Número de pines	4	6
Pines	VCC, GND, TXD, RXD	VCC, GND, TXD, RXD, KEY, STATUS
Modo	Esclavo	Maestro - Esclavo
Costo	\$8,00	\$6,00

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Comparando los modelos de bluetooth disponibles en el mercado, se opta por utilizar el modelo HC-05, el mismo que permite una conexión esclavo o maestro, para el funcionamiento en el dispositivo el módulo se configura en modo esclavo. En la *Figura 7-2*, se observa el bluetooth elegido, el mismo que trabaja en un rango de frecuencias entre 2,4 a 2,48 GHz, brinda una fácil comunicación entre el teléfono celular y el microcontrolador.

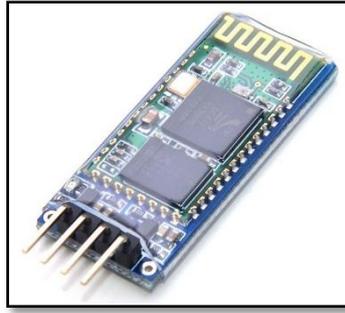


Figura 7-2 Módulo Bluetooth HC-05

Fuente: <http://www.dx.com/p/jy-mcu-arduino-bluetooth-wireless-serial-port-module-104299#.WdRgwj4X3IU>

- Módulo GSM

La función de un módulo GSM es que mediante programación en Arduino, éste pueda funcionar como un teléfono celular capaz de recibir y realizar llamadas telefónicas, envío y recepción mensajes de texto y todas las funciones que un sistema GSM posee, en el mercado existe una amplia variedad de módulos compatibles con Arduino los cuales se detallan en la *Tabla 5-2*.

Tabla 5-2 Comparación de Módulos GSM

MODELO	SIM 900	SIM 808	SIM 800L	SIM A6
<b>Voltaje de Operación</b>	2.8V	3.4 - 4.4V	3.4 - 4.4V	4.5 - 5.5V
<b>Frecuencia de Operación</b>	850MHz 900MHz 1800MHz 1900MHz	850MHz 900MHz 1800MHz 1900MHz	850MHz 900MHz 1800MHz 1900MHz	850MHz 900MHz 1800MHz 1900MHz
<b>Potencia de Transmisión</b>	Clase 4: 2W Clase 1: 1W			
<b>Conectividad GPRS</b>	multi-slot class 10.8	multi-slot class 12/10	multi-slot class 12	multi-slot class 10
<b>Reloj de Tiempo Real</b>	Si	Si	Si	Si
<b>Costo</b>	\$50,00	\$50,00	\$30,00	\$30,00

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Luego de realizar un análisis acerca de las características de los módulos GSM disponibles en el mercado, se ha seleccionado el módulo SIM A6 *Figura 8-2*, debido a su fácil manejo e instalación y además su bajo costo.



Figura 8-2 Módulo SIM A6

Fuente: <https://www.makefab.com/A6-Minimum-System-GPRS-GSM.html>

### 2.3.4. Módulo GPS

Tabla 6-2 Selección del módulo GPS

MODELO	NEO 6G	NEO 6Q	NEO 6M	NEO 6P
<b>Soporte</b>	GPS	GPS	GPS	GPS, PPP, RAW DATA
<b>Voltaje de entrada</b>	1,75 - 2,0V	2,7 - 3,6V	3,3 - 5V	3,3 - 5V
<b>Canales</b>	50	50	50	50
<b>Tiempo de inicio</b>	26s	26s	38s	32s
<b>Interfaz</b>	UART, USB, SPI, DDC			
<b>Limite de altitud</b>	5000m	5000m	5000m	5000m
<b>Precisión</b>	2,5m de error en 100m			
<b>Costo</b>	\$20,00	\$23,00	\$28,00	\$45,00

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Realizando una comparación entre los módulos GPS disponibles, se prefiere el GPS NEO 6M a pesar de presentar características similares al resto este modelo es el que más disponibilidad tiene en el mercado

Este módulo se puede conectar con una gran gama de microcontroladores, se ha seleccionado el módulo GPS Ublox Neo 6m *Figura 9-2*, puesto que proporciona la ubicación de una manera bastante precisa, además de que este dispositivo nos proporciona también la fecha y la hora que quedarán guardadas en el registro de mediciones del paciente. (T-BEM, 2017)

El uso de este dispositivo es con el fin de enviar las coordenadas del paciente en casos de emergencia, para que de este modo se pueda dar el tratamiento necesario en el menor tiempo posible, esta información será enviada al médico tratante como a un familiar responsable del paciente mediante un mensaje de texto como se detallaba anteriormente.

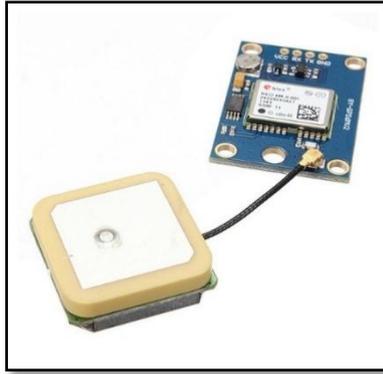


Figura 9-2 Módulo GPS Ublox

Fuente: <http://teslabem.com/modulo-gps-serial-neo-6m.html>

### 2.3.5. Pantalla LCD

La pantalla LCD de 3,2" *Figura 10-2*, ha sido seleccionada para la visualización de los datos obtenidos de la medición, es una pantalla a color que posee una ranura para tarjeta SD, para su correcto funcionamiento es necesario conectarla al Arduino mediante un Shield TFT LCD *Figura 11-22*.



Figura 10-2 Pantalla LCD

Fuente: <http://amperka.ru/product/tft-color-display-480x320>

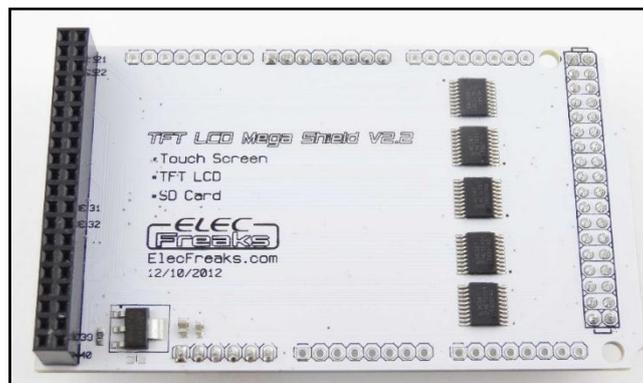


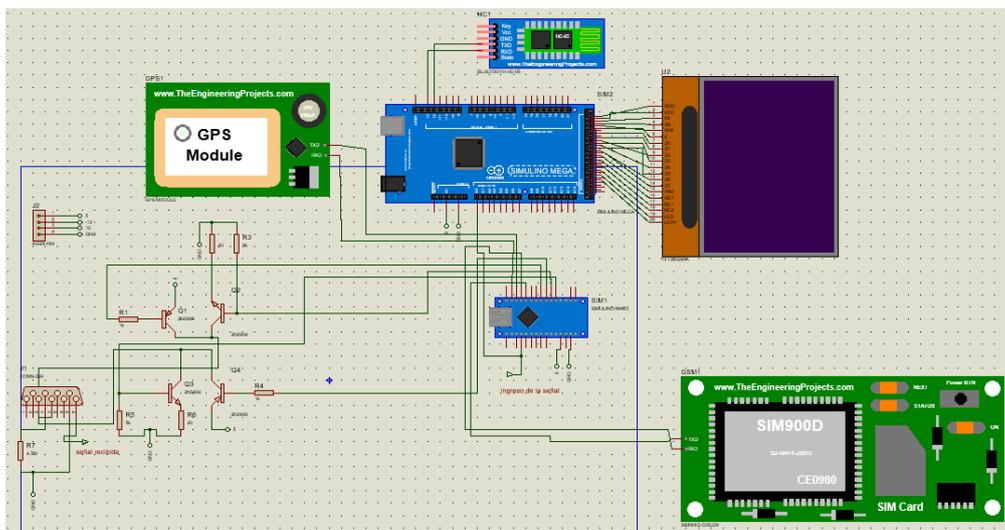
Figura 11-2 TFT LCD Mega Shield

Fuente: <http://hub360.com.ng/shop-2/tft-arduino-mega-shield/>

## 2.4. Diagrama de conexión del Módulo de medición

En la *Figura 12-*, se muestran las conexiones realizadas para el funcionamiento del módulo de medición, en este diagrama existen dos equipos de procesamiento, Arduino Mega y Arduino Nano, sus terminales están conectadas con la siguiente disposición:

- El sensor SPO2 recibirá una señal TTL, esta señal será enviada a través del Arduino nano, mediante las salidas digitales: D2, D3, D4 y D5.
- La salida del sensor SPO2 pasará por un circuito amplificador de transimpedancia que será detallado más adelante, esta salida se conectará en el Arduino nano y mega a las entradas análogas A0 de cada procesador.
- El bluetooth para la comunicación con el teléfono celular a través de la aplicación móvil se conectan a las entradas digitales D6 y D7 del Arduino nano.
- El módulo GSM que será encargado de enviar los mensajes de alerta está conectado a través de las entradas digitales D8 y D9.
- El sensor de posicionamiento global GPS está conectado a las entradas digitales D10 y D11, y será el que nos permita obtener la posición exacta del paciente en casos emergentes.
- La pantalla LCD que mostrará los resultados de la medición, se conecta a las terminales del Arduino Mega mediante el Shield TFT.



*Figura 12-2 Diagrama de Conexión del Módulo de Medición*  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

#### 2.4.1. Alimentación del Prototipo

Para el funcionamiento del prototipo se utilizarán dos baterías de 9 voltios *Figura 13-2*, basándose en la *Ecuación 1-2* para calcular el tiempo de duración con el objetivo de adquirir una de larga duración para este dispositivo.

$$T = \frac{\text{Capacidad de la batería(mAh)}}{\text{Consumo del dispositivo (mA)}*0.7} \quad (1-2)$$



*Figura 13-2 Alimentación del Prototipo*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

#### 2.4.2. Diagrama de Bloques del Funcionamiento del Sistema no Invasivo

En la *Figura 14-2*, se plantea el diagrama de funcionamiento en sus diferentes etapas del sistema electrónico no invasivo para monitoreo de pacientes con diabetes, en el cual se toma al Arduino Nano como controlador principal y al Arduino Mega como controlador secundario.

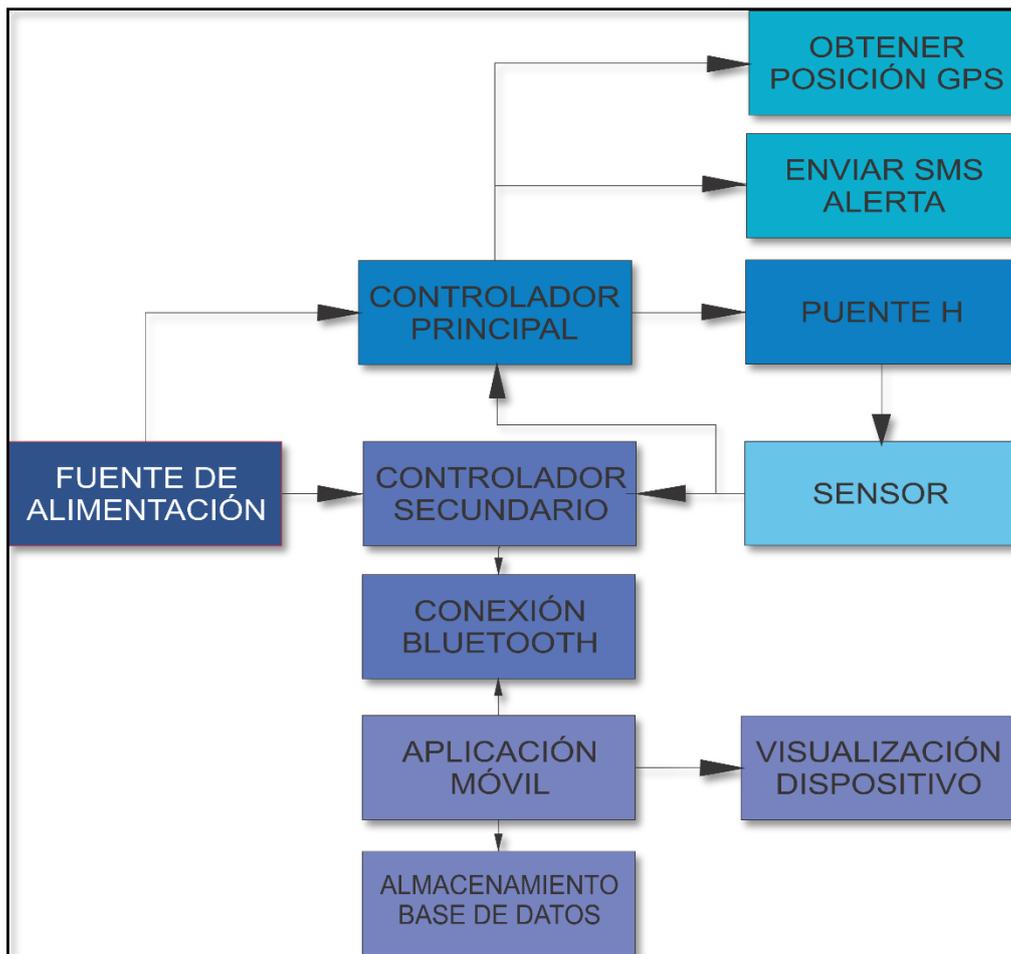


Figura 14-2 Diagrama de Bloques del Funcionamiento del Dispositivo  
 Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

#### 2.4.2.1. Controlador Principal

Este controlador es el encargado de enviar dos señales TTL al sensor, con una frecuencia de 1KHz que es mayor a la frecuencia cardíaca máxima en reposo (80ppm - 100ppm) a través del puente H que tiene como función invertir una de las señales enviadas para de este modo encender el sensor para luego de pasar por el proceso de amplificación obtener la señal detectada.

En la *Figura 15-2*, se puede visualizar las señales TTL enviadas al sensor para su polarización, lo que permite que el sensor obtenga una señal típica pulsátil biomédica.

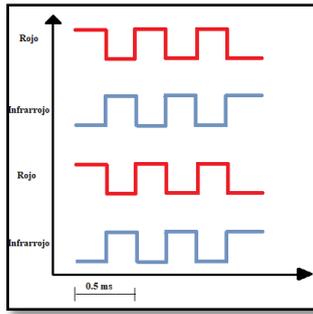


Figura 15-2 Señal de Ingreso al sensor TTL

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

El controlador principal, además, procesará la señal recibida luego de que este pase por la etapa de amplificación tomará el número de muestras requerido, que se ha considerado en un rango de 50 muestras, luego de esto obtendrá un promedio de las muestras para obtener el nivel de concentración de la glucosa en la sangre.

Finalmente, el resultado final de la medición se enviará mediante el dispositivo bluetooth a la aplicación móvil y en caso de que el nivel de glucosa detectado llega o supera el nivel de riesgo para pacientes diabéticos, se enviará la orden para que el dispositivo GSM realice su función.

#### 2.4.2.2. Puente H

La función principal del puente H *Figura 16-2*, en el dispositivo es de incrementar la intensidad de luz incidente en los leds del sensor, esta etapa es necesaria para incrementar la corriente con la que se está trabajando, este circuito procesa una señal TTL en alto mientras que la otra señal TTL se encuentra en bajo, es decir que mientras el led rojo se encuentra encendido el led infrarrojo estará apagado, al cambiar de estado estas señales el estado de los leds también cambiará, de esta manera se enciende el sensor para su funcionamiento.

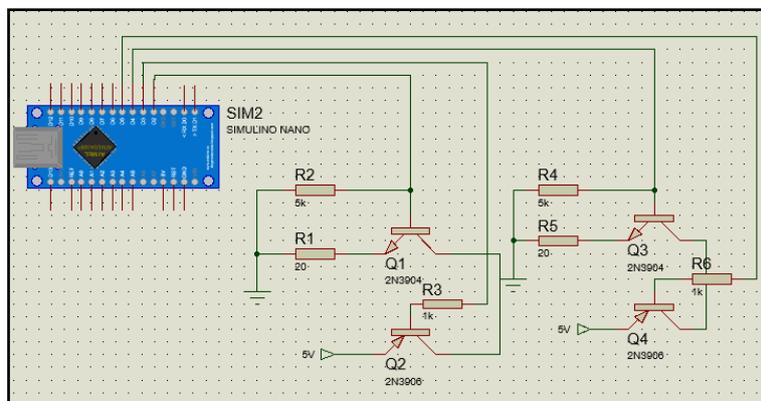
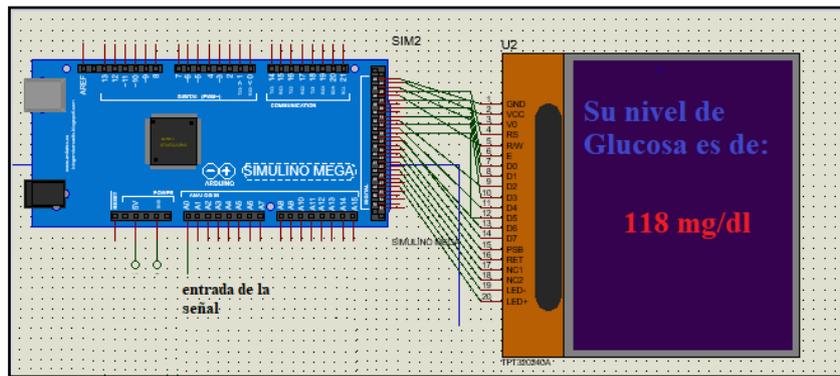


Figura 16-2 Diagrama del Puente H

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 2.4.2.3. Controlador Secundario

Se utilizó el Arduino Mega como controlador secundario *Figura 17-2*, en el cual a través del terminal A0 ingresará la señal detectada por el sensor y realizará su proceso de conversión, obteniendo así el resultado final de la concentración de glucosa en la sangre, después este permitirá la visualización de la medida obtenida a través de la pantalla LCD que es parte del dispositivo.



*Figura 17-2 Controlador Secundario*  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

## 2.5. Requerimientos de Software del prototipo

Los requerimientos de Software necesarios para el desarrollo de este proyecto están descritos a continuación:

Requerimientos del Software para el módulo de medición

- Procesar la salida analógica del sensor de oximetría para convertirla en miligramos por decilitro (unidades de medida de concentración de glucosa)
- Programación del sensor de posicionamiento global GPS
- Programación del módulo GSM para el envío de mensajes de alerta
- Programación del módulo bluetooth para el envío-recepción de datos entre el dispositivo y un teléfono celular.
- Visualización de los resultados de la medición a través de la pantalla LCD

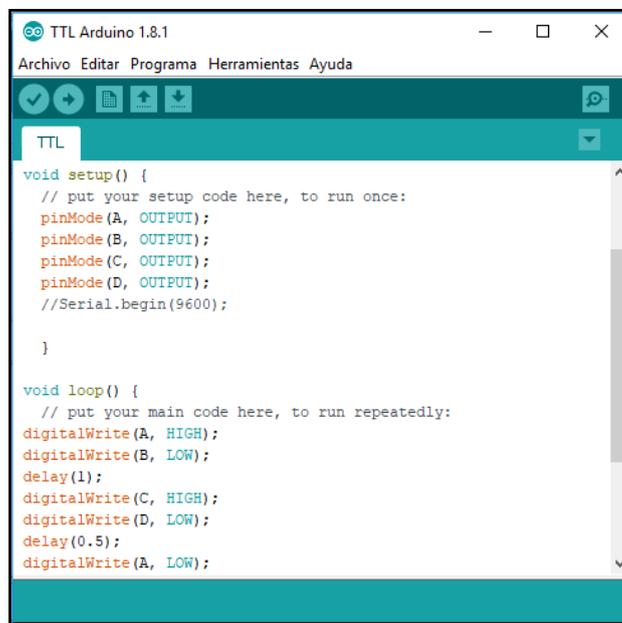
Requerimientos del Software para el almacenamiento de datos

- Creación de una página Web que permita el acceso a la historia clínica del paciente
- Desarrollo de una aplicación móvil que permita el control del dispositivo y el registro de las mediciones en la página Web creada
- Elaboración de una base de datos que almacene los datos obtenidos en las mediciones, además de los datos del paciente.

### 2.5.1. Software para la Programación del prototipo

La programación en las tarjetas de desarrollo Arduino se realizó mediante su software IDE, que contiene un editor de texto para la programación, este se conecta al hardware Arduino y Genuino para la carga de los programas desarrollados. (Arduino, 2017)

Su estructura es de fácil implementación, simulando el entorno de programación de C++ está compuesta principalmente de dos bloques *Figura 18-2*: void setup() y void loop() que contienen instrucciones, las cuales contienen la declaración de las variables y la programación respectivamente. (Ruiz Gutiérrez, 2007 pág. 6)

The image shows a screenshot of the Arduino IDE window titled 'TTL Arduino 1.8.1'. The window has a menu bar with 'Archivo', 'Editar', 'Programa', 'Herramientas', and 'Ayuda'. Below the menu bar is a toolbar with icons for file operations and a search icon. The main area is a code editor with a teal header bar containing the text 'TTL'. The code is written in C++ and is color-coded. It defines two functions: 'void setup()' and 'void loop()'. The 'setup()' function contains comments and code for initializing four pins (A, B, C, D) as outputs and starting the serial port at 9600 baud. The 'loop()' function contains comments and code for writing digital values to the same four pins in a sequence, with a 1-second delay between pin A and B, and a 0.5-second delay between pins B, C, D, and A.

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
  pinMode(A, OUTPUT);  
  pinMode(B, OUTPUT);  
  pinMode(C, OUTPUT);  
  pinMode(D, OUTPUT);  
  //Serial.begin(9600);  
  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
  digitalWrite(A, HIGH);  
  digitalWrite(B, LOW);  
  delay(1);  
  digitalWrite(C, HIGH);  
  digitalWrite(D, LOW);  
  delay(0.5);  
  digitalWrite(A, LOW);  
}
```

*Figura 18-2 Estructura de Programación de Arduino IDE*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

## 2.5.2. MySql

MySql es un software de gestión de base de datos de código abierto, escalable y multiusuario que almacena la información a través de tablas las cuales se conectan a través de relaciones, y permite realizar transacciones. se ha convertida en la principal opción para el desarrollo de aplicaciones Web debido a su rendimiento, facilidad de uso y a su confiabilidad. (Pavón, 2012 pág. 4)

Para la administración y gestión de los datos que se han manejado en la implementación del prototipo, se ha utilizado el software PhpMyAdmin para la creación de la base de datos requerida como se muestra en la Figura 19-2; *Error! No se encuentra el origen de la referencia.* . (Pavón, 2012 págs. 5-9)

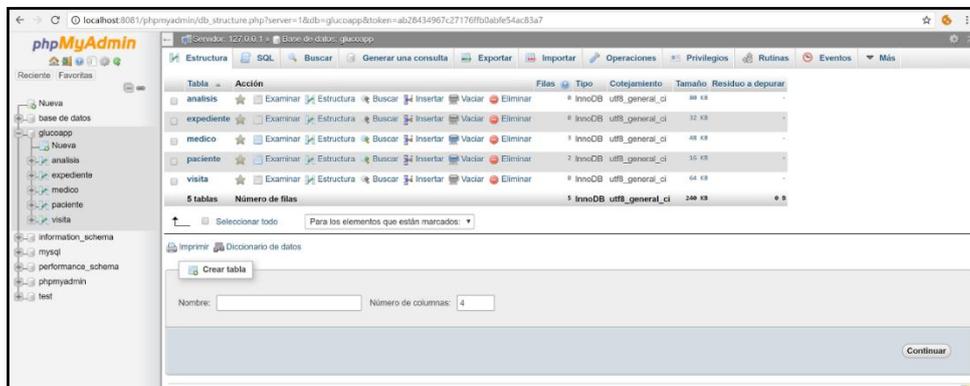


Figura 19-2 Administración DB con PhpMyAdmin  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la Figura 20-2, es posible observar el diagrama conformado por 5 tablas: paciente, análisis, visita, expediente y médico, las cuales se relacionan entre sí a través de las llaves principales de cada tabla.

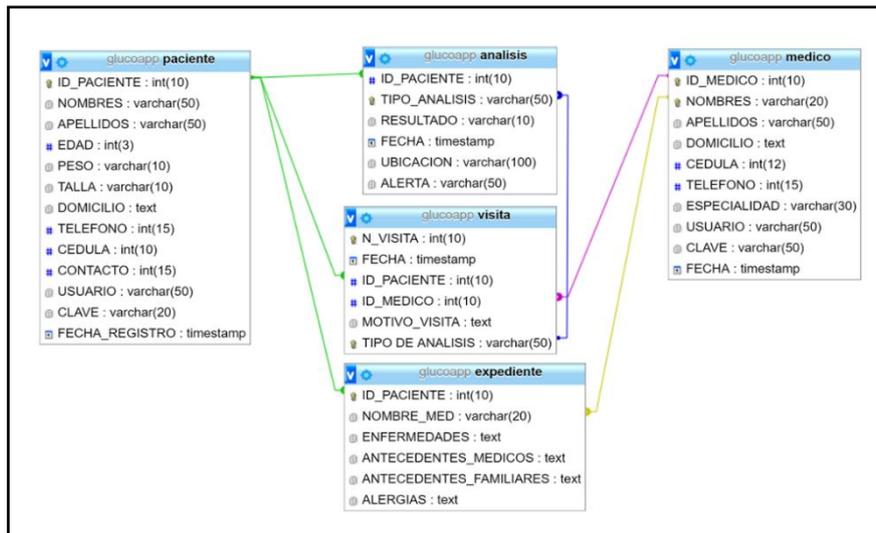


Figura 20-2 Diagrama de la Base de Datos  
 Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 2.5.3. Dreamweaver

Dreamweaver *Figura 21-3*, es un gestor de páginas Web de fácil uso, esta aplicación ofrece varios formatos como: html, php, css, java script, xml, entre otros, a través de este es posible programar y maquetar nuestro propio sitio Web a través de un entorno visual que permite diseñar y agregar funcionalidades a la página Web que está siendo creada por el desarrollador. (Unidad Didáctica, 2013 págs. 3-11)

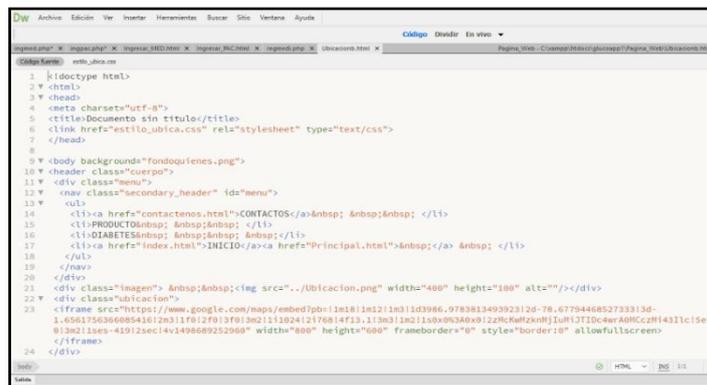


Figura 21-3 Editor de código Dreamweaver  
 Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

A través de este editor de código se ha desarrollado la página Web *Figura 22-4*, en la cual se encuentra la base de datos que almacenará la información de médicos y pacientes, así como los datos de medición que se obtengan del dispositivo de medición de glucosa, esta página, además contiene información acerca del dispositivo, como también información importante acerca de la enfermedad, para acceder a la información del paciente es necesario registrarse y crear un perfil de usuario *Figura 23-5*.



Figura 22-4 Diseño de Página Web  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017



Figura 23-5 Registro de Pacientes  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Para la creación de la página Web destinada al presente proyecto se ha utilizado un hosting gratuito en el cual se han cargado los archivos .php, obteniendo la siguiente dirección: www.glucoapp.eshost.ar dentro del servidor eshost.com.ar, y el protocolo DNS es el encargado de traducir la dirección IP donde se aloja el dominio mencionado anteriormente.

En la Figura 24-6, se presenta el diagrama de flujo del funcionamiento de la página Web, en la que como primera instancia accede a una página de registro en la que se selecciona el tipo de registro que se realizará, siendo estos como médico o como paciente, de ahí en adelante podrá acceder a realizar modificaciones que se registrarán en la base de datos en caso de ser necesario, además se podrá observar las historias clínicas de cada paciente como la visitas realizadas al consultorio médico.

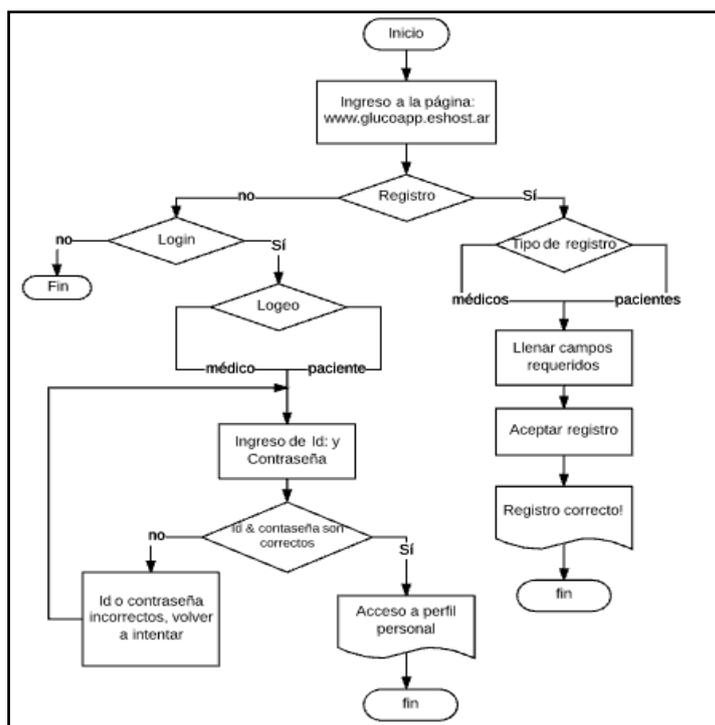


Figura 24-6 Diagrama de Flujo de la Página Web  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

#### 2.5.4. App Inventor

App inventor es una plataforma de desarrollo de aplicaciones para sistema operativo Android, es una herramienta de fácil uso, puesto que no es necesario conocer sobre programación para la creación de aplicaciones, sino que se maneja de forma gráfica diseñando manualmente la interfaz de usuario, para el ensamblaje de la aplicación solo basta enlazar los bloques generados y de este modo dar las funcionalidades requeridas a la aplicación como se observa en la Figura 25-7.

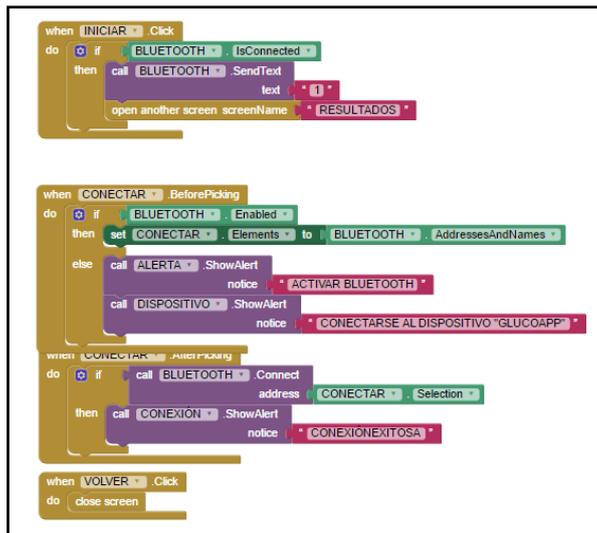


Figura 25-7 Ensamblaje de la Aplicación Móvil

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la Figura 26-8, se puede observar el diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación móvil, mediante la cual se va a controlar el dispositivo no invasivo.

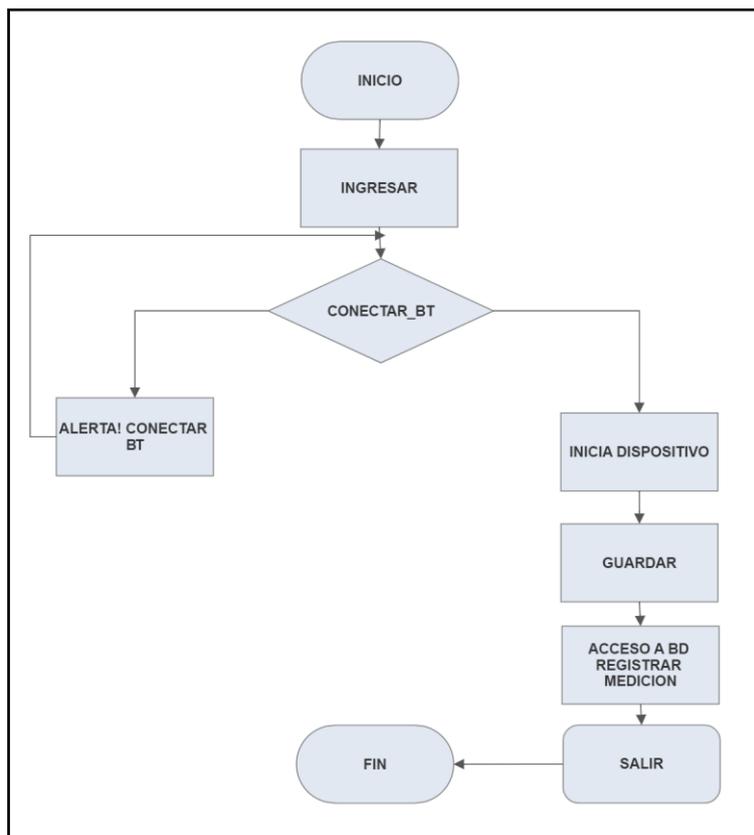


Figura 26-8 Diagrama de Funcionamiento de la Aplicación

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

## 2.6. Construcción del Prototipo de Sistema Electrónico no Invasivo

Se detalla la manera en que se llevó a cabo la construcción del prototipo de sistema electrónico no invasivo para medición de niveles de glucosa en paciente diabéticos.

### 2.6.1. *Elaboración del Circuito Electrónico*

El circuito electrónico *Figura 27-9*, se realizó en una placa perforada con las siguientes dimensiones: 11cm de largo por 9cm de ancho.



*Figura 27-9 Circuito de Puente H*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 2.6.2. *Preparación de la Armazón del Dispositivo*

La estructura de la caja está hecha en Sintra, la cual posee perforaciones para la conexión del sensor, el cable de alimentación y de las antenas de los módulos GSM y GPS. Y una perforación en la tapa para la visualización de la pantalla. Las dimensiones de la caja son 13 cm de largo x 9 cm de ancho y 10 cm de altura. Adicionalmente tiene un espacio de 2 cm de largo por 9 cm de ancho y 5 cm de alto, espacio destinado para la fuente de alimentación del dispositivo. Como se observa en la *Figura 28-10*.



*Figura 28-10 Armazón del Dispositivo*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 2.6.3. *Prototipo Finalizado*

Después de realizar todas las actividades descritas, se procedió a ensamblar el dispositivo, quedando así listo para realizar las respectivas pruebas como se observa en la *Figura 29-11*.



*Figura 29-11 Dispositivo Terminado*  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

## **2.7. Obtención de las Ecuaciones de Glucometría**

Previo a la obtención de estas ecuaciones para el dispositivo no invasivo, se consideró uno de los métodos de análisis óptico que se utiliza para obtener la concentración de sustancias en fluidos, en donde la Ley de Lambert-Beer es la parte fundamental del estudio.

### **2.7.1. Curva de Calibración de Glucosa**

El objetivo de este sistema es obtener mediante espectrofotometría el grado de concentración de glucosa en la sangre, para lo cual se utilizó un sensor que emite luz visible de 660nm y luz infrarroja de 890nm, siendo un dedo el medio absorbente por el que atraviesa la luz.

Con la colaboración del encargado de laboratorio de Productos Naturales de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se realizó la curva de calibración de la glucosa mediante el método de espectrofotometría obteniéndose la curva estándar, en donde se relaciona la absorbancia con la concentración, utilizando longitudes de onda entre 340nm y 510nm, como se muestra en la *Gráfico 1-22*.

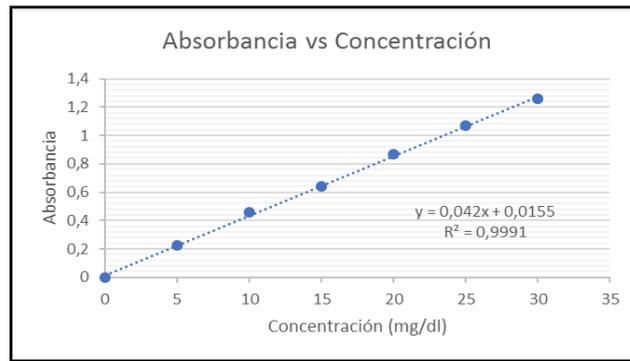


Gráfico 1-2 Relación Absorbancia-Concentración  
 Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Esta relación demuestra que existe absorción de luz por parte de la glucosa a longitudes de onda antes citadas, y por lo que se puede decir que hay relación entre la intensidad de luz transmitida y la concentración de glucosa. Quedando como resultado la *Ecuación 2-2*.

$$y = 0.042x + 0.0155 \quad (2-2)$$

Se deduce que el dispositivo diseñado tiene una relación directa con la Ley de Lambert - Beer, por la analogía que existe entre la intensidad de luz que se transmite y la concentración de glucosa, esta depende de la longitud de onda a la que se transmite para que la glucosa absorba la luz. De esta deducción se obtiene la gráfica mostrada en la Gráfico 2-1.

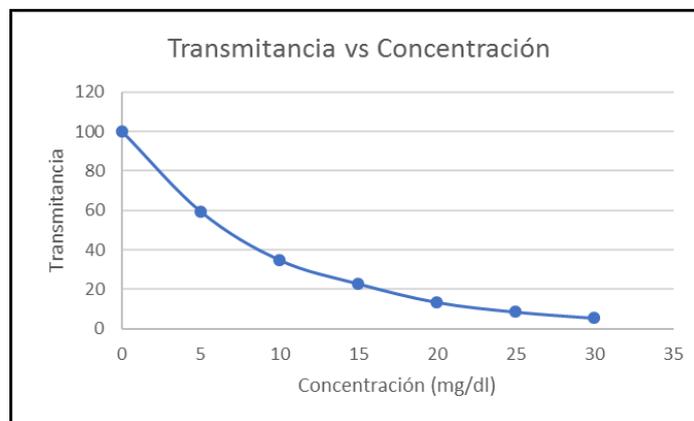


Gráfico 2-1 Relación Intensidad de luz – Concentración  
 Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

El fotodiodo del sensor recibe una determinada intensidad de luz que sale del medio absorbente (dedo), el mismo que transforma esa luz en una señal baja de corriente, que posteriormente es tratada en el circuito para la obtención de la señal fotopletoisomográfica.

Una vez realizado el análisis se determina que existe relación directa entre la concentración de glucosa y el voltaje en la salida del amplificador de transimpedancia como se observa en la

Tabla 4-2. Por lo tanto, se realiza la primera recolección de datos con el dispositivo no invasivo y un glucómetro de marca Accu – Check, el cual es invasivo y utilizado a nivel comercial.

Tabla 4-2 Mediciones de Voltaje y Concentración de Glucosa

Glucómetro no invasivo (V)	Glucómetro Accu-Check (mg/dl)
4.2139	50
3.9302	96
3.9298	99
3.9209	103
3.9158	104
3.9029	106
3.8926	114
3.8725	127
3.7905	130
3.5863	180
3.0204	250
2.9053	350

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Una vez recolectados los datos de esta tabla con los dispositivos antes mencionados se realizó la gráfica de relación entre el voltaje pico – pico del prototipo diseñado y la concentración de glucosa arrojada por el dispositivo de comparación que se ha elegido *Gráfico 3-2*.

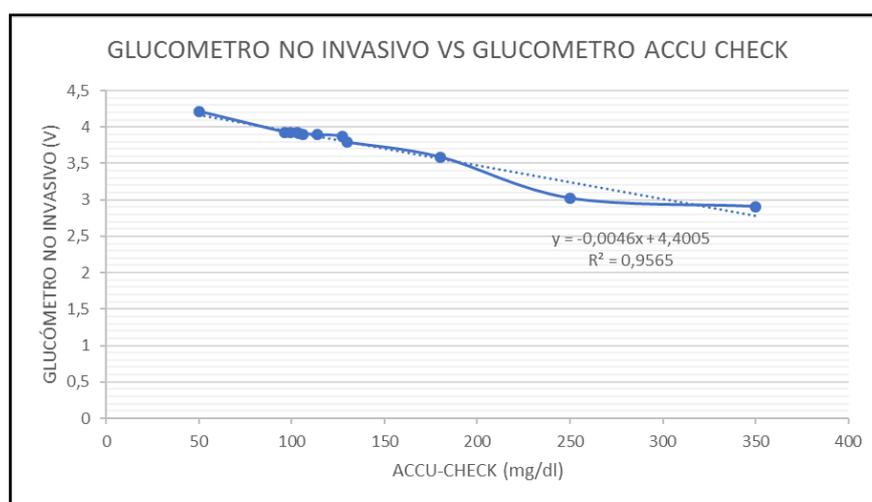
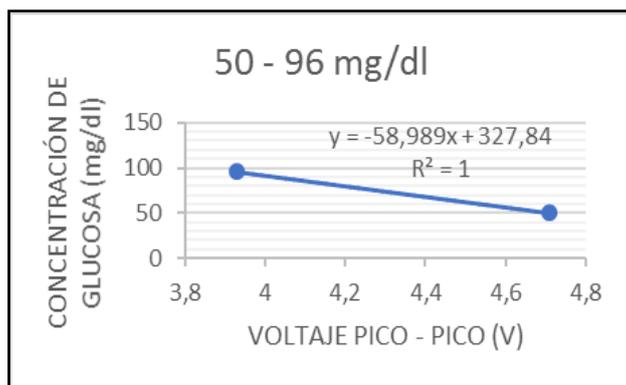


Gráfico 3-2 Relación Voltaje – Concentración

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

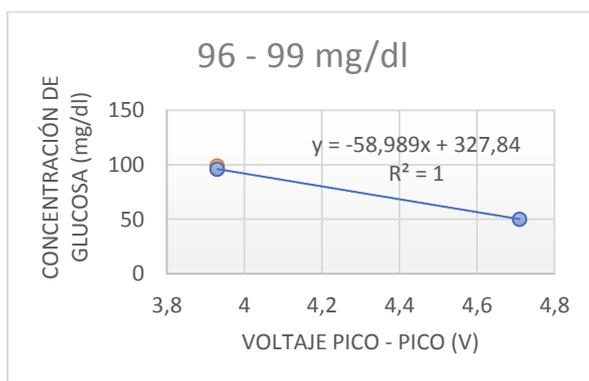
La tendencia lineal calculada por mínimos cuadrados de la gráfica es  $R^2=0.9565$ , lo que indica que no es factible utilizar una sola ecuación que se ajuste a los valores de concentración de glucosa, debido a que varios de los rangos se encuentran fuera de la linealidad de este sistema, por lo tanto, al utilizar la ecuación arrojada en la *Gráfico 4-2*, se obtiene un rango de error más amplio; por lo que se deduce que es necesario realizar ecuaciones dividiendo en intervalos a la curva anterior.

De esta manera se obtienen 11 ecuaciones lineales, que representan el voltaje del dispositivo no invasivo y concentración de glucosa, siendo estas ecuaciones determinadas matemáticamente para que exista una mayor precisión.



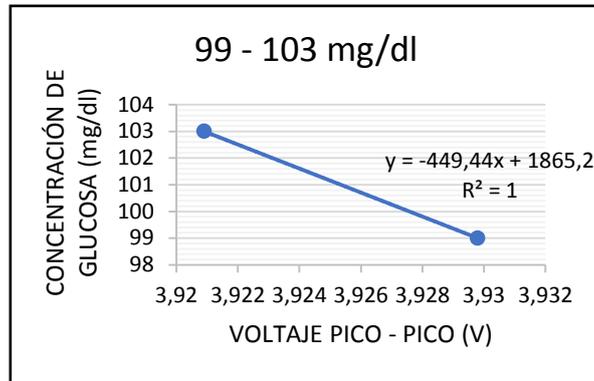
*Gráfico 4-2 Rango 1*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la *Gráfico 5-2*, se observa la primera ecuación con un rango de concentración de glucosa del dispositivo Accu-Check y el voltaje del dispositivo no invasivo que equivalen: 50 mg/dl a 4,2139V y 96 mg/dl a 3,9302V



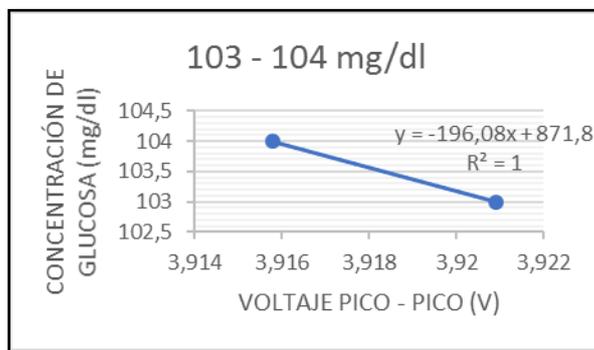
*Gráfico 5-2 Rango 2*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la *Gráfico 6-2*, Figura 10-2 se observa la primera ecuación con un rango de concentración de glucosa del dispositivo Accu-Check y el voltaje del dispositivo no invasivo que equivalen: 96 mg/dl a 3.9302 V y 99 mg/dl a 3,9298 V



*Gráfico 6-2 Rango 3*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la *Gráfico 7-2*, se observa la primera ecuación con un rango de concentración de glucosa del dispositivo Accu-Check y el voltaje del dispositivo no invasivo que equivalen: 99 mg/dl a 3,9298 V y 103 mg/dl a 3,9209V



*Gráfico 7-2 Rango 4*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la *Gráfico 8-2*, se observa la primera ecuación con un rango de concentración de glucosa del dispositivo Accu-Check y el voltaje del dispositivo no invasivo que equivalen: 103 mg/dl a 3,9209 V y 104 mg/dl a 3,9158V

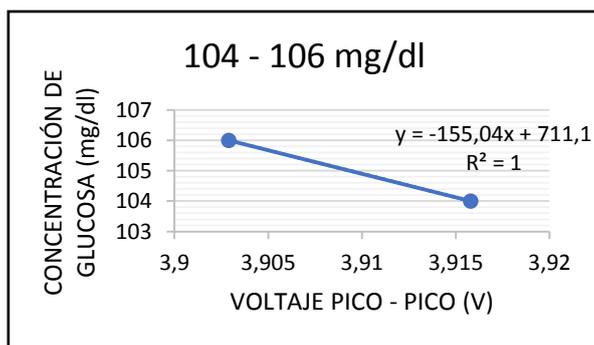


Gráfico 8-2 Rango 5

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la Gráfico 9-2; *Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, se observa la primera ecuación con un rango de concentración de glucosa del dispositivo Accu-Check y el voltaje del dispositivo no invasivo que equivalen: 104 mg/dl a 3,9158V y 106 mg/dl a 3,9029V

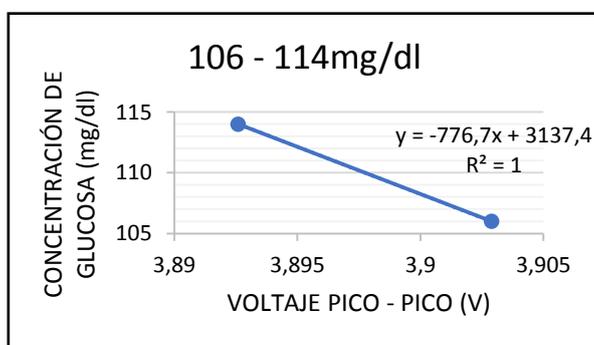


Gráfico 9-2 Rango 6

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la Gráfico 10-2, se observa la primera ecuación con un rango de concentración de glucosa del dispositivo Accu-Check y el voltaje del dispositivo no invasivo que equivalen: 106 mg/dl a 3,9029V y 114 mg/dl a 3,8926V

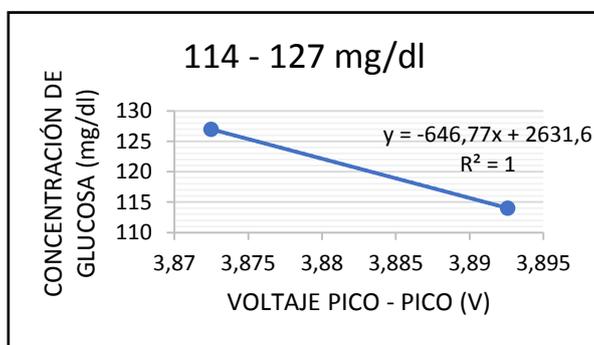
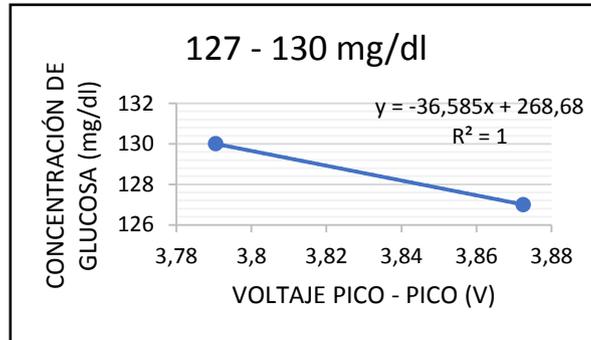


Gráfico 10-2 Rango 7

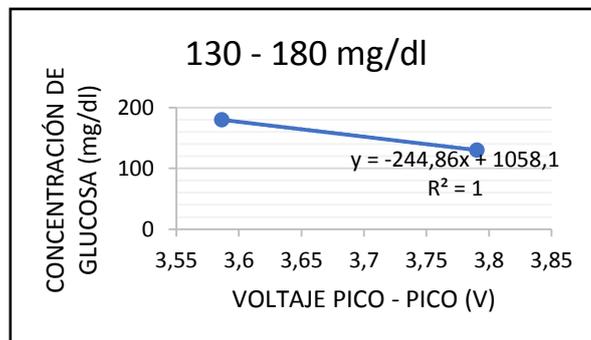
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la *Gráfico 11-2*, se observa la primera ecuación con un rango de concentración de glucosa del dispositivo Accu-Check y el voltaje del dispositivo no invasivo que equivalen: 114 mg/dl a 3,8926 V y 127 mg/dl a 3,8725V



*Gráfico 11-2 Rango 8*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la *Gráfico 12-*, se observa la primera ecuación con un rango de concentración de glucosa del dispositivo Accu-Check y el voltaje del dispositivo no invasivo que equivalen: 127 mg/dl a 3,8725 V y 130 mg/dl a 3,7905V



*Gráfico 12-2 Rango 9*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la *Gráfico 13-2*, se observa la primera ecuación con un rango de concentración de glucosa del dispositivo Accu-Check y el voltaje del dispositivo no invasivo que equivalen: 130 mg/dl a 3,7905V y 180 mg/dl a 3,5863V

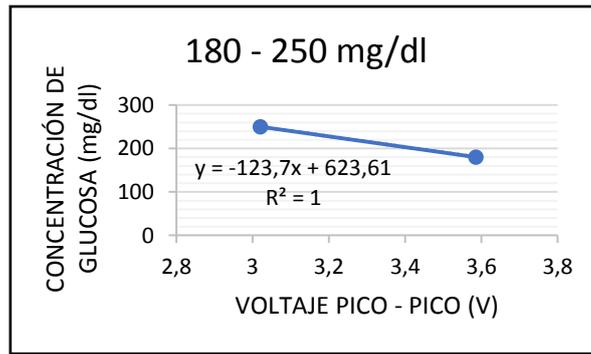


Gráfico 13-2 Rango 10  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la Gráfico 14-2, se observa la primera ecuación con un rango de concentración de glucosa del dispositivo Accu-Check y el voltaje del dispositivo no invasivo que equivalen: 180 mg/dl a 3,5863V y 250 mg/dl a 3,0204V

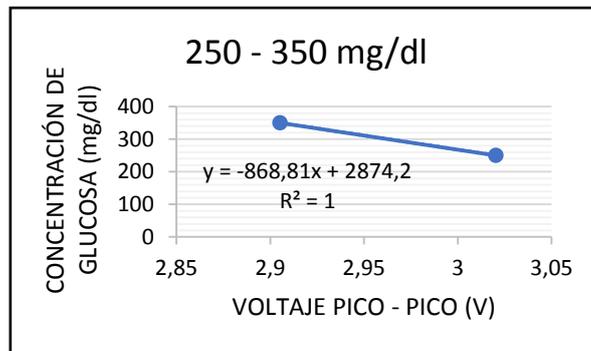


Gráfico 14-2 Rango 11  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Al finalizar la obtención de las 11 ecuaciones algebraicas se logró que el prototipo diseñado disminuya el error frente al equipo Accu Check con el que se está comparando. Por lo tanto, se definen las siguientes ecuaciones Tabla 5-2.

Tabla 5-2 Ecuaciones de la Relación Glucosa vs Voltaje

Rangos	Relación		Ecuaciones
	Concentración - Voltaje		
1	96	3,9302	y=-58,989 + 327,84 (2-2)
	50	4,2139	
2	99	3,9298	y=- 7500x + 29573 (2-3)
	96	3,9302	
3	103	3,9209	y=- 449,44x + 1865,2 (2-4)
	99	3,9298	

<b>4</b>	104	3,9158	y=- 196,08x + 871,8 (2-5)
	103	3,9209	
<b>5</b>	106	3,9029	y=- 155,04x + 711,1 (2-6)
	104	3,9158	
<b>6</b>	114	3,8926	y=- 776,7x + 3137,4 (2-7)
	106	3,9029	
<b>7</b>	127	3.8725	y=- 646,77x + 2631,6 (2-8)
	114	3,8926	
<b>8</b>	130	3,7905	y=- 36,585x + 268,68 (2-9)
	127	3.8725	
<b>9</b>	180	3,5863	y=- 244,86x + 1058,1 (2-10)
	130	3,7905	
<b>10</b>	250	3,0204	y=- 123,7x + 623,61 (2-11)
	180	3,5863	
<b>11</b>	350	2,9053	y=- 868,81x + 2874,2 (2-12)
	250	3,0204	

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

El resultado de las ecuaciones que se muestran en esta tabla son las relaciones que se van a controlar desde el Arduino para que este arroje los valores de concentración glucosa en lugar del voltaje pico – pico.

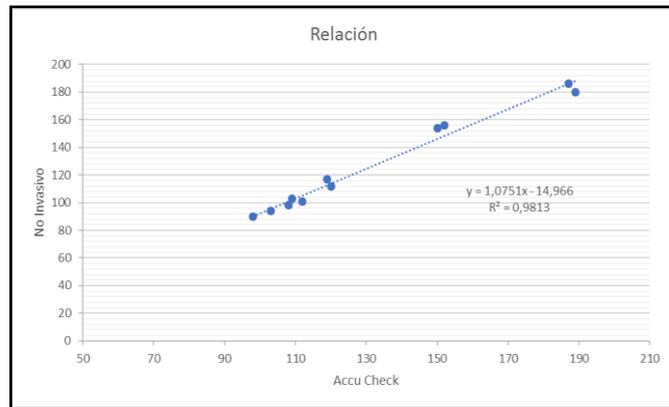
Una vez implementado el prototipo con la primera prueba se procede a verificar los resultados de la linealidad del sistema. Como se puede observar en la *Tabla 6-2*

**Tabla 6-2 Verificación de la Linealidad del Prototipo**

Glucómetro Accu – Check (mg/dl)	Glucómetro no Invasivo Glucoapp (mg/dl)
90	98
94	103
98	108
101	112
103	109
112	120
117	119
154	150
156	152
180	189
186	187

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Encontrando como resultado la *Gráfico 15-2*, en la que se puede observar que la relación por mínimos cuadrados es de 0,9813 y una nueva ecuación lineal con la que se pretende reducir el error del glucómetro.



*Gráfico 15-2 Relación Equipo Invasivo vs No Invasivo*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Por lo tanto, se establece la *Ecuación 3-2* en donde g será el valor de la glucosa y z serán los valores obtenidos de las ecuaciones anteriormente mencionadas.

$$g = 1,0751z - 14,966 \quad (3-2)$$

La ecuación antes mencionada se programa en los controladores, y se ensambla el dispositivo para realizar las pruebas siguientes. Y comparar los resultados con el dispositivo elegido.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 3.1. Introducción

En el presente capítulo se desarrollan los análisis en función de las mediciones realizadas y registradas. Así como los factores que se han diseñado en el sistema.

#### 3.2. Aplicación Web

Las pruebas principales de la Página Web consisten en primer lugar en tener acceso al sitio [http://glucoapp.eshost.com.ar/glucoapp1/Pagina\\_Web/index.html](http://glucoapp.eshost.com.ar/glucoapp1/Pagina_Web/index.html) y comprobar el funcionamiento de los formularios que existen en la misma.

##### 3.2.1. Registro

La etapa de registro consiste en verificar en el sitio web si al llenar el formulario y validarlo, estos datos se almacenan correctamente en las tablas correspondientes y se actualiza la base de datos. Como se muestra en la *Figura 1-3*, *Figura 2-3* y *Figura 3-1*.

*Figura 1-3* Formulario Registro Médico - Paciente  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

*Figura 2-3* Registro Médico - Paciente  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

ID_MEDICO	NOMBRES	APELLIDOS	DOMICILIO	CEDULA	TELEFONO	ESPECIALIDAD	USUARIO	CLAVE
r	21			0	0			
r	20	ana	elkosd	enqjdsrjdsj	561632	55123235	scdscs	CAMI 1234
r	24	gritg	efhefe	hefe	6575750	56445345	rhgryly	aq 1111
r	25	Johana	Barreno	ESPOCH	1234547890	23154789	Diabetólogo	Joha_Med Joha_Med
r	26	Gabriel Alejandro	Naranjo Vasconez	Alahuaipe y Victor Hugo	1814481259	98952632	Medico Internista	gabovv gabogato

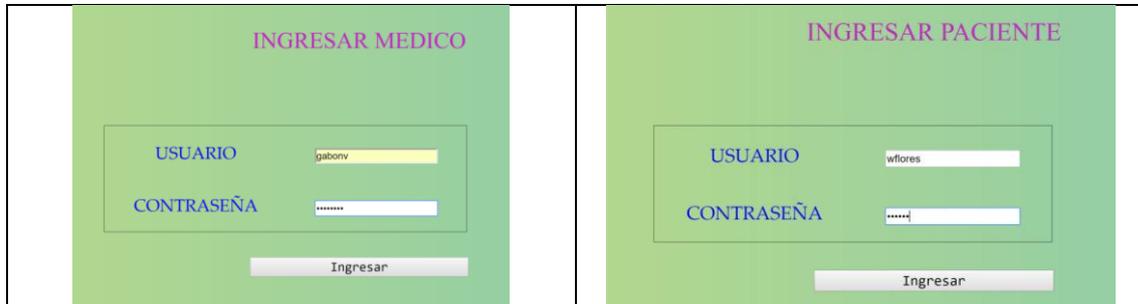
  

ID_PACIENTE	NOMBRES	APELLIDOS	SEXO	EDAD	PESO	TALLA	DOMICILIO	TELEFONO	CEDULA	CONTACTO	USUARIO
5	ERIKARAN	diocdand	MASCULINO	12	15	145	febedjdt	9655	156165156	651515	ari
6	amrn	#	femenino	11	123	143	adkjtstj	23942990	21093213	1232139043	an
7	hythly	hythlyth	masculino	12	125	231	hgthhg	405645	4664645	646464342	ar
8	Johana	Barreno	Femenino	25	62	157	Joaquín Pinto y Diágonis Paredes	884454213	604528630	987203421	JohanaB
9	Rafis	kgjgdf	femenino	24	129	150	hgthf	5165151	1195116596	19195223	aa
10	Walter Efran	Flores Tubon	Masculino	53	186	172	Juan B Vela y Castillo	984310725	1801862028	699213728	eflores

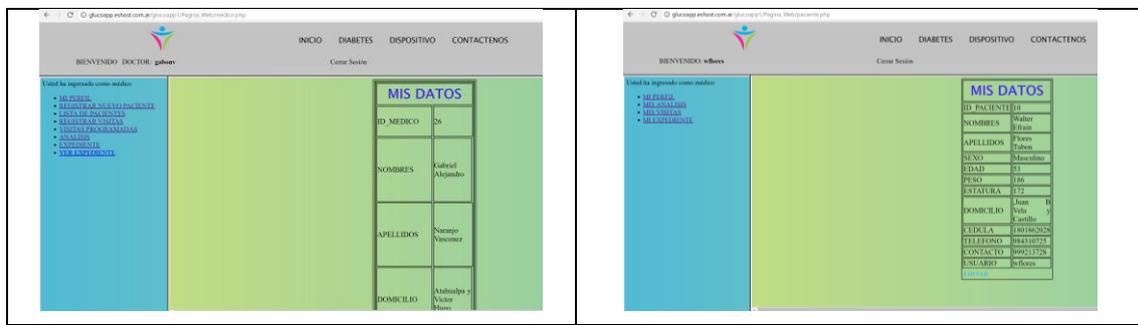
*Figura 3-1* Verificación Base De Datos  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

##### 3.2.2. Ingreso a la plataforma

Una vez registrados en la página, se puede verificar la autenticación de médicos y pacientes como se muestra en la figura *Figura 4-3* y *Figura 5-3*.



*Figura 4-3* Formulario Ingreso Médico - Paciente  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017



*Figura 5-3* Ingreso Médico - Paciente  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 3.2.3. Opciones de autenticación para el Médico y Paciente

En este apartado se puede observar las distintas opciones que ofrece esta plataforma. Un usuario se autentica ya sea como paciente o como médico. En el caso del médico puede observar el perfil con el que se ha registrado, realizar el registro, visualizar la lista, registrar visitas de los pacientes, ver las visitas que están programadas, verificar resultados de los análisis, buscar expedientes y también registrarlos.

En la *Figura 6-3*, se puede observar la opción de ver la lista de los pacientes.



Figura 6-3 Lista de Pacientes

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En el caso de ingresar como paciente, este únicamente podrá visualizar desde la web sus datos de registro, su expediente, los análisis que se ha realizado, y las visitas programadas o realizadas. En la Figura 7-3, se muestra la opción de visualizar los análisis registrados.

SU VISITAS	
NUMERO DE VISITA	1
FECHA	2017-10-20
ID_PACIENTE	5
ID_MEDICO	20
MOTIVO DE VISITA	IRIR
TIPO DE ANALISIS	GLUCOSA EN AYUNAS
SU VISITAS	
NUMERO DE VISITA	3
FECHA	2017-10-20
ID_PACIENTE	5
ID_MEDICO	20
MOTIVO DE VISITA	hacer analisis de glucosa
TIPO DE ANALISIS	realizar una semana de glucemi
SU VISITAS	
NUMERO DE VISITA	4
FECHA	2017-10-28
ID_PACIENTE	5
ID_MEDICO	25
MOTIVO DE VISITA	Control
TIPO DE ANALISIS	En ayuno

Figura 7-3 Ingreso Médico - Paciente

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 3.2.4. Menú General del Sitio Web

En el menú general que se muestra en la pantalla principal de la página web, se encuentra opciones, a las que se puede acceder sin necesidad de un registro previo. En la opción Diabetes se encuentra un resumen breve de la enfermedad y sus causas, en Dispositivo se puede observar el funcionamiento del mismo.

La opción contactos redirige a la información de contacto de las desarrolladoras de este sistema, además se puede encontrar el manual de usuario del dispositivo, la ubicación de la empresa, la misión y visión del proyecto y la información general de quienes desarrollan este proyecto, como se muestra en las Figura 8-3, Figura 9-3 y Figura 10-3.

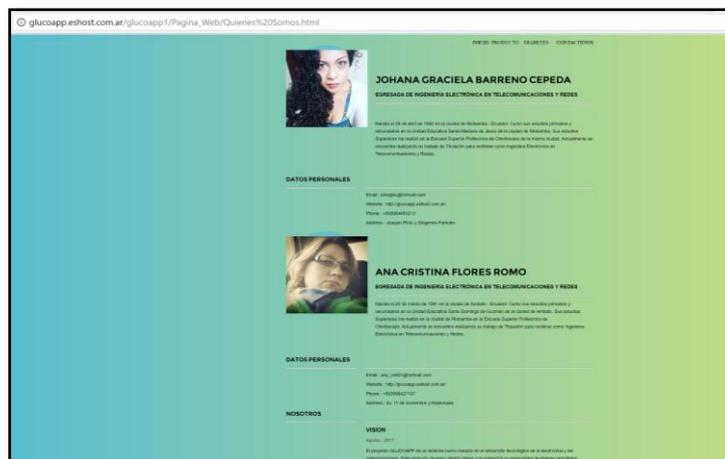


Figura 8-3 Opción Quiénes Somos

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

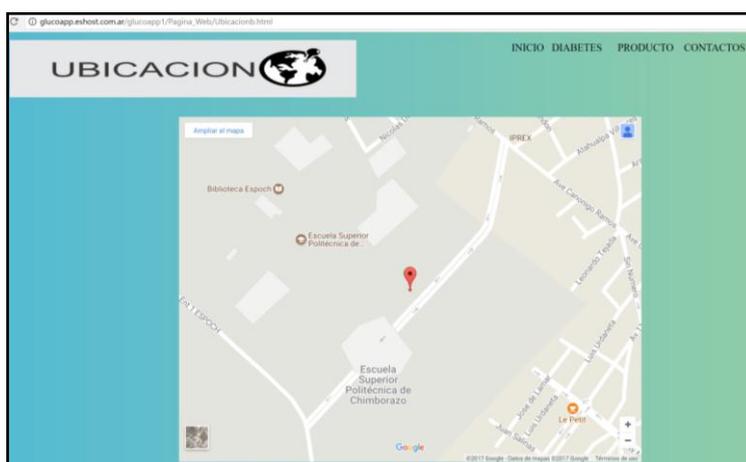


Figura 9-3 Opción Ubicación

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017



Figura 10-3 Opción Diabetes

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 3.3. Aplicación Móvil

Las pruebas principales que se realizaron en la aplicación móvil para sistemas Android se detallan a continuación.

#### 3.3.1. Pantalla Principal de la Aplicación

En la *Figura 11-3*, se presenta la pantalla de bienvenida de la aplicación desde la cual se podrá ingresar a la utilidad del sistema.



*Figura 11-3 Pantalla Principal Glucoapp*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### **3.3.2. Pantalla de Medición**

Al ingresar en esta ventana de la aplicación se puede controlar el inicio de las mediciones del dispositivo, la conexión al bluetooth del dispositivo y a la vez pasar a la etapa de almacenamiento de los resultados, como se observa en la *Figura 12-3*.



*Figura 12-3 Pantalla Medición Glucoapp*  
**Realizado por:** BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### **3.3.3. Pantalla de Ingreso a la base de datos y Registro de Mediciones**

Como se muestra en la *Figura 13-* y *Figura 14-3*, la aplicación móvil permite al paciente ingresar a su perfil de usuario y registrar los resultados de las pruebas realizadas de la glucosa.



Figura 13-3 Ingreso a la Base de Datos

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017



Figura 14-3 Registro de Resultados

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 3.4. Dispositivo

Cuando el valor de la medición de Glucosa supera los 350 mg/dl o por el contrario es menor a 50 mg/dl, se envía un mensaje de alerta al médico y a un familiar encargado del paciente. El mensaje de texto contiene la medición, la ubicación del paciente junto con la fecha y hora. Para las pruebas realizadas con el prototipo, se fijó un límite máximo de 240 mg/dl para comprobar el funcionamiento como se observa en la *Figura 15-3*.



Figura 15-3 Mensaje de alerta  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la pantalla LCD del dispositivo implementado se observa la medición del nivel de glucosa de un paciente como se muestra en la *Figura 16-3*.



Figura 16-3 Prueba del Dispositivo  
Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

### 3.5. Pruebas de efectividad del dispositivo

#### 3.5.1. Primer Día Análisis de Resultados

Tabla 1-3 Ecuaciones de la relación Glucosa vs Voltaje

Paciente	Edad	Glucómetro Accu – Check (mg/dl)	Glucómetro no Invasivo Glucoapp (mg/dl)	Error (%)
<b>Camila Flores</b>	13	96	101	4,950
<b>Sabina Romo</b>	52	103	108	4,630
<b>Walter Flores</b>	54	104	109	4,587
<b>Cristina Flores</b>	26	114	119	4,202
<b>Johana Barreno</b>	25	80	84	4,762
<b>Alberto Lucio</b>	52	121	127	4,724

<b>Sandra Romo</b>	47	76	74	2,632
<b>Andrea Lucio</b>	27	102	98	3,922
<b>Gloria Castillo</b>	72	151	156	3,205
<b>Ruth Cepeda</b>	50	70	73	4,110
<b>José Barreno</b>	55	84	87	3,448
<b>Erika Barreno</b>	22	80	77	3,750
<b>María Lema</b>	29	180	186	3,226
<b>Ángel Cepeda</b>	83	186	194	4,124
<b>Alejandro Velásquez</b>	22	91	95	4,211
<b>Gary Cabeza</b>	22	84	80	4,762
<b>Error</b>				4,146

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

En la *Tabla 1-3* se observa los valores de concentración de glucosa obtenidos en el primer día de prueba del dispositivo, obteniendo un error promedio que supera el 4%. Estas medidas fueron tomadas aproximadamente 3 horas después de la ingesta de alimentos desde los dispositivos Invasivo y No Invasivo. El valor del error será analizado según la norma ISO 15197.

**Tabla 2-3 Norma ISO 15197**

Límite Inferior	Glucómetro no Invasivo Glucoapp (mg/dl)	Límite Superior
<b>63</b>	73	77
<b>69</b>	74	83
<b>71</b>	84	89
<b>71</b>	77	89
<b>75</b>	80	93
<b>75</b>	87	93
<b>82</b>	95	100
<b>87</b>	101	105
<b>93</b>	98	111
<b>94</b>	108	112
<b>95</b>	109	113
<b>105</b>	119	123
<b>112</b>	127	130
<b>142</b>	156	160
<b>171</b>	186	189
<b>177</b>	194	195

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Según la Norma ISO 15197 del 2015, los dispositivos utilizados para el monitoreo continuo de glucosa (CGM), deben cumplir con los siguientes aspectos, los valores de concentración menores a 75mg/dl tendrán una desviación de  $\pm 15$ mg/dl y los mayores o iguales a 75mg/dl podrán llegar hasta  $\pm 20$ mg/dl. (QS Mexiko AG, 2013). Por lo tanto, como se muestra en la

Tabla 2-3, los valores que se obtienen con el glucómetro no invasivo se encuentran dentro de los intervalos permitidos por la norma.

### 3.5.2. Pruebas de los días 2 al 7

En las pruebas de los siguientes días se comparan los resultados entre los equipos Invasivo y No Invasivo verificando que no existe error superior al 5%. Para este estudio se contó con tres tipos de pacientes: Diabéticos, Pre Diabéticos y los que no padecen de la enfermedad.

**Tabla 3-1 Análisis del día 2 (29-09-2017)**

Paciente	Glucoapp (mg/dl)	Glucómetro Accu – Check (mg/dl)	Error (%)
Gloria Castillo	173	165	4,624
Walter Flores	239	245	2,449
Ángel Cepeda	190	186	2,105
Sabina Romo	116	112	3,200
Alberto Lucio	125	121	3,200
José Barreno	113	110	2,655
Cristina Flores	109	106	2,752
Johana Barreno	100	104	3,846
Alejandro Velásquez	88	91	3,297
Ruth Cepeda	74	76	2,632

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

**Tabla 4-3 Análisis del día 3 (1-10-2017)**

Paciente	Glucoapp (mg/dl)	Glucómetro Accu – Check (mg/dl)	Error (%)
Gloria Castillo	201	205	1,951
Walter Flores	125	121	3,200
Ángel Cepeda	132	134	1,493
Sabina Romo	106	103	2,913
Alberto Lucio	116	112	3,200
José Barreno	113	110	2,655
Cristina Flores	94	96	2,083
Johana Barreno	104	101	2,970
Alejandro Velásquez	87	84	3,571
Ruth Cepeda	73	70	4,286

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

**Tabla 5-3 Análisis del día 4 (7-10-2017)**

Paciente	Glucoapp (mg/dl)	Glucómetro Accu – Check (mg/dl)	Error (%)
Gloria Castillo	155	151	2,649
Walter Flores	100	104	3,846
Ángel Cepeda	122	120	1,667
Sabina Romo	128	130	1,538
Alberto Lucio	99	95	4,211
José Barreno	106	108	1,852
Cristina Flores	94	98	4,082

Johana Barreno	103	99	4,040
Alejandro Velásquez	82	79	3,797
Ruth Cepeda	76	80	5,000

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

**Tabla 6-3 Análisis del día 5 (16-10-2017)**

Paciente	Glucoapp (mg/dl)	Glucómetro Accu – Check (mg/dl)	Error (%)
Gloria Castillo	169	176	3,977
Walter Flores	125	127	1,575
Ángel Cepeda	156	151	3,311
Sabina Romo	104	101	2,970
Alberto Lucio	99	103	3,883
José Barreno	94	96	2,083
Cristina Flores	76	80	5,000
Johana Barreno	113	114	0,877
Alejandro Velásquez	90	94	4,255
Ruth Cepeda	88	84	4,762

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

**Tabla 7-3 Análisis del día 6 (18-10-2017)**

Paciente	Glucoapp (mg/dl)	Glucómetro Accu – Check (mg/dl)	Error (%)
Gloria Castillo	155	160	3,125
Walter Flores	116	112	3,571
Ángel Cepeda	135	129	4,651
Sabina Romo	101	98	3,061
Alberto Lucio	103	107	3,738
José Barreno	106	103	2,913
Cristina Flores	125	127	1,575
Johana Barreno	106	102	3,922
Alejandro Velásquez	89	92	3,261
Ruth Cepeda	75	72	4,167

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

**Tabla 8-3 Análisis del día 7 (29-10-2017)**

Paciente	Glucoapp (mg/dl)	Glucómetro Accu – Check (mg/dl)	Error (%)
Gloria Castillo	160	154	3,750
Walter Flores	111	115	3,604
Ángel Cepeda	245	249	2,606
Sabina Romo	96	99	3,125
Alberto Lucio	97	100	4,186
José Barreno	102	106	3,922
Cristina Flores	80	76	5,000
Johana Barreno	86	89	3,488
Alejandro Velásquez	95	91	4,211
Ruth Cepeda	78	75	3,846

Realizado por: BARRENO. Johana & FLORES. Ana, 2017

Como se puede observar, de los resultados que se muestran en las tablas anteriores existe un funcionamiento adecuado del dispositivo, todos los valores de las mediciones alcanzan como

máximo el 5% de error, sin embargo, todos se encuentran dentro de los rangos que permite la norma ISO 15197:2013.

## CONCLUSIONES

- Se implementó un prototipo de sistema electrónico no invasivo, el cual opera sobre dos nodos denominados dispositivo y almacenamiento, los cuales permiten que el paciente además de visualizar sus niveles de concentración de glucosa pueda acceder y registrar los resultados de su medición en una base de datos alojada en la web.
- Luego de realizar un análisis de los resultados del estudio de absorbancia y concentración, al calcular la transmitancia, se observa que existe una relación matemática entre la concentración de sustancia (glucosa) y la absorbancia. Por lo que se concluye que existe absorción de luz por parte de la glucosa.
- Se desarrolló el módulo de comunicación que conecta el prototipo no invasivo con la aplicación móvil y a la vez con la base de datos mediante módulo bluetooth conectado a la tarjeta de desarrollo Arduino Nano.
- La base de datos la cual almacena la información de los niveles de glucosa en la sangre se encuentra vinculada en una página web mediante un entorno gráfico que facilita su manejo. Se obtiene a disposición los resultados de los análisis obtenidos en tiempo real.
- Si los resultados de las mediciones superan los 350mg/dl o a su vez no superan los 50mg/dl, la función del dispositivo es alertar al médico, para lo cual envía un mensaje de texto del resultado de la medición junto con la fecha, hora y ubicación del paciente.
- Una vez realizadas las pruebas del sistema construido se analizó la norma ISO 15197 para verificar que los resultados que se obtuvieron se encuentren dentro de los parámetros que esta permite, obteniendo un error máximo del  $\pm 5\%$  en todas las mediciones realizadas.
- El prototipo presenta un alto nivel de operatividad por su tamaño y funcionalidad para el cual fue diseñado, y de gran ayuda para la prevención de niveles altos de glucosa que comprometa la salud de las personas que padecen esta enfermedad.

## RECOMENDACIONES

- Es importante que se realicen estudios posteriores para incorporar a este sistema otro tipo de mediciones que puedan brindar al paciente una mejor prevención y control de enfermedades.
- Se recomienda utilizar nuevas tecnologías que puedan reemplazar el uso de los dispositivos para reducir el tamaño y mejores prestaciones.
- Para tener mayor seguridad de los datos almacenados se recomienda utilizar un hosting que ofrezca mayor protección.
- El prototipo desarrollado debe estar ubicado en un lugar visible para un mejor acceso. Debe estar cerca de algún sitio abierto para una mejor recepción de las señales del GPS y la red GSM.
- Es necesario tener un cuidado especial con el prototipo protegiéndolo de la lluvia, polvo o altas temperaturas, logrando así prolongar su vida útil.
- Tomar en cuenta la sensibilidad del módulo de comunicación con el fin de que se pueda enviar de forma correcta el mensaje.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGAMEZ BENITEZ, Lorena, et al.** *Sistema Electrónico*. [En línea] 13 de agosto de 2013. [Consulta: 10 de agosto de 2017.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/anamiranda1610/sistema-electrnico>.

**ARDUINO.** *Arduino Software (IDE)*. [En línea] 2017. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment>.

**ARDUINO.cc.** *Producto*. [En línea] 2017 Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>.

**AREA TECNOLOGIA.** *Sistemas de Comunicación*. [En línea] 09 de Marzo de 2009. Disponible en: [es.slideshare.net/areatecnologia/los-sistemas-de-comunicación](https://es.slideshare.net/areatecnologia/los-sistemas-de-comunicación).

**BERNOVILLE.** *Diabetes Mellitus*. New Delhi : B. JAIN PUBLISHERS Ltd., 2007, pp. 1-25.

**BRILL, MARLENE TARG.** *Diabetes*. Minneapolis : Twenty-First Century Books, 2012, pp. 4-5.

**BRUNATTI, Carlos, et al.** *Introducción a la Espectroscopía de Absorción Molecular Ultravioleta, Visible e Infrarrojo Cercano*. pp. 1.

**CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL.** *Guía para la atención de las personas diabéticas tipo 2*. San José de Costa Rica : 2007.

**CENTRO PARA LA INNOVACIÓN DE LA DIABETES INFANTIL SANT JOAN DE DÉU.** *Control de la Glucosa*. [En línea] 16 de 04 de 2014. [Consulta: 02 de 10 de 2017.] Disponible en: <https://www.diabetes-cidi.org/es/diabetes-tipo-1/debut/es-glucometro>.

**DIAZ , David.** *Freestyle Libre, un glucometro para diabeticos sin pinchazos*. [En línea] 01 de 02 de 2017. [Consulta: 02 de 10 de 2017.] Disponible en: <https://www.vitonica.com/enfermedades/freestyle-libre-un-glucometro-para-diabeticos-sin-pinchazos>.

**FERNÁNDEZ, Alicia, et al.** *Sistemas de Comunicación*. [En línea] Junio de 2002. Disponible en: [iee.fing.edu.uy/ense/asign/siscom/teorico/clases/clase1.pdf](http://iee.fing.edu.uy/ense/asign/siscom/teorico/clases/clase1.pdf).

**FUENTES, R, et al.** *AVANCES EN MEDICIÓN DE GLUCOSA: DEL GLUCÓMETRO TRADICIONAL AL SISTEMA FLASH* . [En línea] 2014. Disponible en: <https://botplusweb.portalfarma.com/Documentos/2017/4/11/114475.pdf>.

**GARCÍA AYALA, Estefany Gabriela.** *Investigación Nacional de Diabetes Ecuador*. Quito : s.n., 2012.

**GARCÍA, Domingo.** *Nosología y patología general*. Barcelona : Salvat, 1975. pp. 144-148.

**GONZALEZ, Andrea.** *Espectrofotometría*. Disponible en: [https://www.academia.edu/24664003/ESPECTROFOTOMETR%C3%8DA\\_Principio\\_de\\_la\\_Espectro\\_fotometr%C3%ADa](https://www.academia.edu/24664003/ESPECTROFOTOMETR%C3%8DA_Principio_de_la_Espectro_fotometr%C3%ADa). pp. 1-13.

**GOTTAU, Gabriela.** *Métodos de medición continua de glucosa en sangre no invasivos para diabéticos ¿funcionan?*. [En línea] 24 de 01 de 2017. [Consulta: 01 de 10 de 2017.] Disponible en: <https://www.vitonica.com/enfermedades/metodos-de-medicion-continua-de-glucosa-en-sangre-no-invasivos-para-diabeticos-funcionan>.

**GUERRERO, Fermin.** *Vivir con Diabetes*. Buenos Aires : Grupo Imaginador de Ediciones, 2006. pp. 5-8.

**IGLESIAS, Ruben.** *Instalación de Equipos y Sistemas de Comunicación Radioeléctricos.* Vigo : Ideaspropias, 2004, pp. 1-3.

**INEC. 2014.** *Diabetes y enfermedades hipertensivas entre las principales causas de muerte en el 2013.* Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., 2014.

**MCDOWELL, et al.** *Diabetes: a Handbook for the Primary Healthcare Team.* Philadelphia : Pearson, 2007. pp. 2-10.

**LÓPEZ TOCTAGUANO, Víctor Leandro y OÑATE AMAGUAÑA, William Paúl.** *Diseño e Implementación de un Glucómetro no Invasivo Basado en la Ley de Lambert Beer y Longitud de Onda Cercana al Infrarrojo (NIR), con Interfaz de Comunicación Bluetooth a Dispositivos con Sistema Operativo Android (Tesis de pregrado).* Ingeniería Electrónica, Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador : s.n., 2014. pág. 19, Tesis.

**NEREA, María.** *Elementos de un Sistema de Comunicación* [En línea] 2010. Disponible en: <http://maria15nerea16.blogspot.com/2010/06/elementos-de-un-sistema-de-comunicacion.html>.

**MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, Orlando.** *Tecnologías GSM, CDMA, TDMA, GPRS, EDGE, UMTS.* [En línea] 22 de octubre de 2009. [Consulta: 10 de agosto de 2017.] Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos75/tecnologias-gsm-cdma-tdma-gprs/tecnologias-gsm-cdma-tdma-gprs2.shtml>.

**MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA.** *Guía de Práctica Clínica (GOC) de Diabetes Mellitus tipo 2.* [En línea] 2017. Disponible en: <http://salud.gob.ec>.

**MOHAMMAD, Yousser.** *Antecedentes y Principios de la Pulsioximetría.* s.l. : NONIN, 2010, pp. 2.

**MORENO, Esteban, et al,** *Diagnóstico y tratamiento en enfermedades metabólicas.* Madrid : Díaz de Santos, pp. 6-7.

**NATIONAL INSTITUTE OF DIABETES AND DIGESTIVE AND KIDNEY DISEASES.** *Guía para personas con diabetes tipo 1 y tipo 2.* pp. 18.

**NOGUEROL CASADO, M J, et al.** *Pulsioximetría.* Coruña, España : s.n. pp. 1.

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *Informe Mundial sobre la Diabetes.* s.l. : OMS, 2016.

**PAVÓN, Juan.** *PHP y MySQL.* Madrid : s.n., 2012. pp. 5-9.

**PORRAS, Eve.** *Tecnología GSM.* [En línea] 16 de abril de 2012. [Consulta: 10 de agosto de 2017.] Disponible en: <http://eve-ingsistemas-u.blogspot.com/2012/04/el-sistema-global-para.html>.

**QUIRARTE, Antonio.** *Qué tarjeta de desarrollo elegir.* [En línea] 2014. [Consulta: 03 de 10 de 2017.] Disponible en: <http://hacedores.com/que-tarjeta-de-desarrollo-elegir-parte-1/>.

**REGALADO, Napoleon.** *Medios de Transmisión y Perturbaciones.* El Salvador : El Salvador C.A, 2014, pp. 173-186.

**RIVERA, Erika.** *Diabetes Mellitus; Programa completo para el tratamiento dietético.* México : Editorial Pax, 2000. pp. 2.

**RUIZ GUTIÉRREZ, José Manuel.** *Arduino:Manual de programación.* San Francisco : Creative Commons, 2007. pp. 6.

**SALAS, Mario A.** *El abc de la diabetes mellitus e hipertensión arterial.* Bloomington : Pabibrio, 2015. pp. 5.

**SKOOG, Douglas A, et al.** *Principios de Análisis Instrumental*. Quinta Edición. Madrid : McGraw-Hill, 2001, pp. 325.

—. **2001**. Introducción a la espectrometría de absorción molecular ultravioleta/visible. [ed.] Concepción Fernández Madrid. *Principios de Análisis Instrumental*. Quinta Edición. Madrid : McGraw-Hill, 2001, págs. 322-323.

—. **2001**. Ley de Beer. [ed.] Concepción Fernández Madrid. *Principios de Análisis Instrumental*. Quinta Edición. Madrid : McGraw-Hill, 2001, pág. 324.

**STALLINGS, William.** *Medios de Transmisión*. Granada : Prentice Hall, 2000, pp. 102.

**T-BEM.** *Módulo GPS Serial NEO-6M*. [En línea] 2017. Disponible en: <http://teslabem.com/modulo-gps-serial-neo-6m.html>.

**TEBAR, Francisco Javier, et al.** *La Diabetes Mellitus en la Práctica clínica*. Buenos Aires : Panamericana, 2009. pp. 5.

**Tomasi, Wayne.** *Introducción a las Comunicaciones Electrónicas*. México: Pearson Education, 2003. pp. 1-3.

**Tomasi, Wayne.** *Modos de Transmisión*. México: Pearson Education, 2003. pp. 10.

**Tomasi, Wayne.** *Servicio Telefónico Móvil*. México: Pearson Education, 2003. pp. 864-868.

**Tomasi, Wayne.** *Arquitectura del Sistema GSM*. México: Pearson Education, 2003. pp. 889-890.

—. **2003**. Arquitectura del Sistema GSM. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México : Pearson Education, 2003, págs. 889-890.

—. **2003**. Introducción a las Comunicaciones Electrónicas. *SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS, CUARTA EDICIÓN*. México : Pearson Education, 2003, págs. 1-2.

—. **2003**. Modos de Transmisión. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México : Pearson Education, 2003, pág. 10.

—. **2003**. Servicio Telefónico Móvil. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México : Pearson Education, 2003, págs. 864-868.

**TORRENTE, Artero Oscar.** *¿Qué es un Sistema electrónico? Arduino. Curso Práctico de Formación*. Primera Edición. México : Alfaomega, 2013, pp. 61-62.

**TORRENTE, Artero Oscar.** *¿Qué es Arduino?* México : Alfaomega, 2013, pp. 63-65.

**UNIDAD DIDÁCTICA.** *Coceptos Básicos de Dreamweaver*. 2013. pp. 2-13.

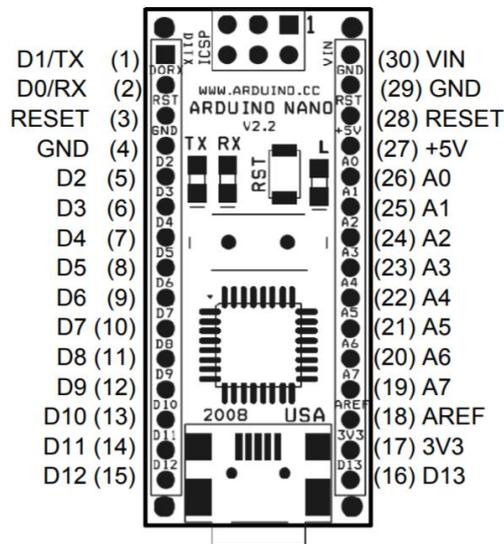
**VIOLANTE, Mario.** *Sabes como Funcionan las Tiras Reactivas que usas con tu Glucometro?* [En línea] 2011. Disponible en: <http://www.estudiabetes.org/foro/t/sabes-como-funcionan-las-tiras-reactivas-que-usas-con-tu-glucometro/10331/2>.

# ANEXOS

## ANEXO A

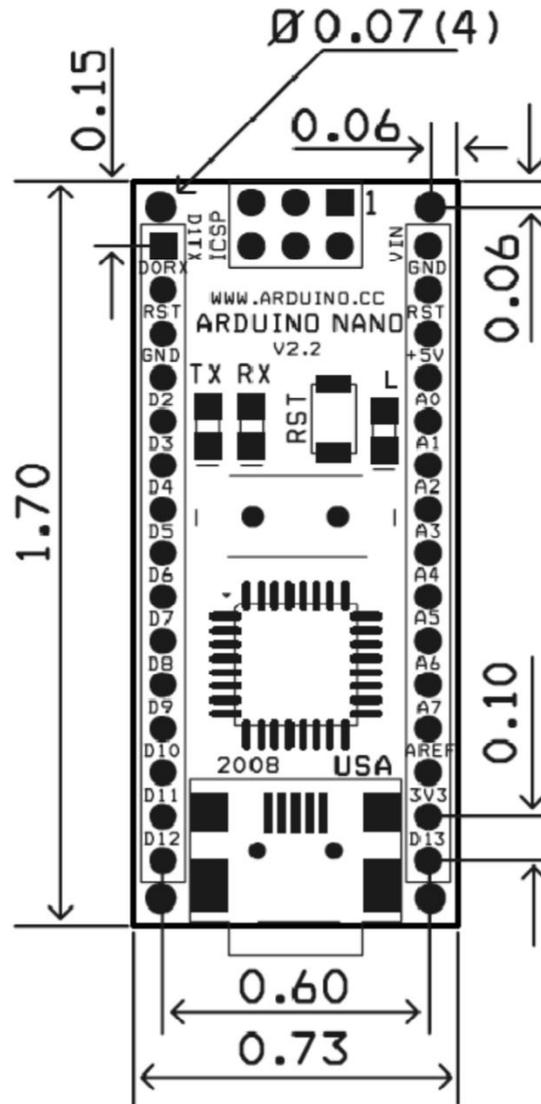
### ARDUINO NANO – DATASHEET

#### Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

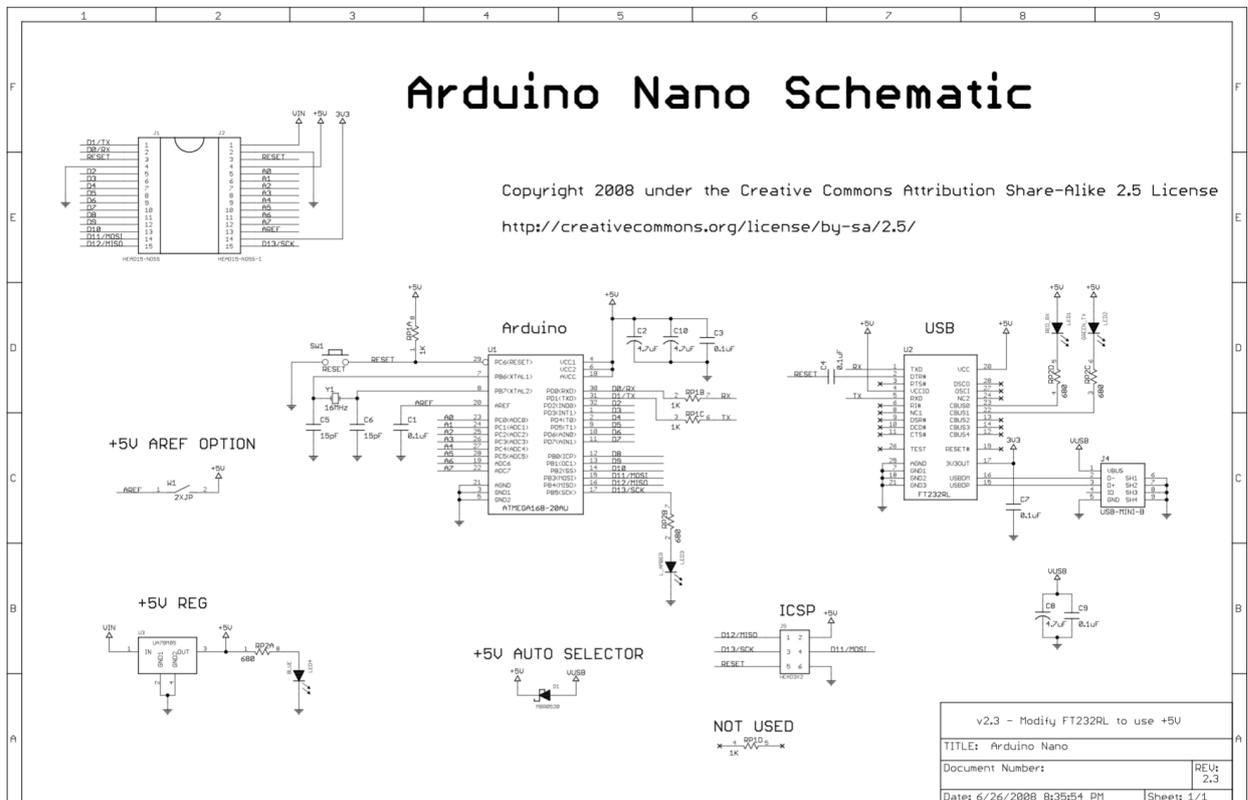
**Arduino Nano Mechanical Drawing**



ALL DIMENTIONS ARE IN INCHES

**Arduino Nano Bill of Material**

Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-C0805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic NOP/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONsemi	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept Rt. Angle	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT2012SRCPRV	Kingbright	604-APT2012SRCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	04-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digikey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-071KL	Yageo	YC164J-1.0KCT-ND	Digikey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-07680RL	Yageo	YC164J-680CT-ND	Digikey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150gf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digikey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins SSOP	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYRG3	TI	595-UA78M05CDCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Crystal, 16MHz +/-20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser



# MEGA 2560 R3 Datasheet



## ■ INTRODUCTION

MEGA 2560 R3 is an Arduino compatible board, It's based on Arduino MEGA 2560 design, So you can use BUONO MEGA 2560 as Arduino MEGA 2560, All Code, shield and IDE for Arduino MEGA 2560 R3 are also valid on BUONO MEGA 2560, Some visible improvement on hardware make BUONO more flexible and easier use, For example: 3.3V or 5V IO selectable allow you connect some 3.3V modules (such as XBee) to BUONO directly.



## ■ THE DIFFERENCE BETWEEN Arduino MEGA 2560 AND BUONO MEGA 2560

	Arduino MEGA 2560	BUONO MEGA 2560
USB Connector	Type B Female	Micro USB connector
Operating Voltage	5V	3.3V or 5V selectable
3.3V Current	50mA	600mA
5V Current	500mA	1.8A
Input Range	7V to 12V	6V to 23V
MCU	ATMEGA2560	ATMEGA2560
Others		Ground terminal LPF for AVCC

## ■ FEATURES

- Inherits all of Arduino MEGA 2560's features
- Compatible to Arduino MEGA 2560's pin layout, screw hole and dimensions
- 3.3V or 5V operating voltage selectable
- More visible location of indication LEDs
- Evolved with SMD components
- Digital I/O pins 54(of which 15 provided PWM output)
- Analog Input pins 16
- Flash memory 256 KB or which 8KB used by bootloader
- SRAM 8 KB
- EEPROM 4KB
- Clock speed 16MHz
- Micro USB connection make the cable can be mixed use with most digital products such as cell phone
- 5V DC/DC provide 95% efficiency
- 6V to 23V wide rang input
- Provide max 1.8A for peripheral circuits
- Ground terminal make measurement easier

## ■ PACKAGE LIST

- 1xBUONO MEGA 2560
- 1xMicro USB cable
- 4xScrew and nut

## ■ CONTACT US

540 Mill River LN San Jose,  
CA95134

E-mail:[support@inhaos.com](mailto:support@inhaos.com)

Web:[www.inhaos.com](http://www.inhaos.com)

# NEO-6 series

## Versatile u-blox 6 GPS modules

### Highlights

- UART, USB, DDC (I<sup>2</sup>C compliant) and SPI interfaces
- Available in Crystal and TCXO versions
- Onboard RTC crystal for faster warm and hot starts
- 1.8 V and 3.0 V variants



NEO-6:  
12.2 x 16.0 x 2.4 mm

### Features

- u-blox 6 position engine:
  - Navigate down to -162 dBm and -148 dBm coldstart
  - Faster acquisition with AssistNow Autonomous
  - Configurable power management
  - Hybrid GPS/SBAS engine (WAAS, EGNOS, MSAS)
  - Anti-jamming technology
- Simple integration with u-blox wireless modules
- A-GPS: AssistNow Online and AssistNow Offline services, OMA SUPL compliant
- Backward compatible (hardware and firmware); easy migration from NEO-5 family or NEO-4S
- LCC package for reliable and cost effective manufacturing
- Compatible with u-blox GPS Solution for Android
- Based on GPS chips qualified according to AEC-Q100
- Manufactured in ISO/TS 16949 certified production sites
- Qualified according to ISO 16750

### Product description

The NEO-6 module series brings the high performance of the u-blox 6 position engine to the miniature NEO form factor. u-blox 6 has been designed with low power consumption and low costs in mind. Intelligent power management is a breakthrough for low-power applications. These receivers combine a high level of integration capability with flexible connectivity options in a small package. This makes them perfectly suited for mass-market end products with strict size and cost requirements. The DDC interface provides connectivity and enables synergies with u-blox LEON and LISA wireless modules.

All NEO-6 modules are manufactured in ISO/TS 16949 certified sites. Each module is tested and inspected during production. The modules are qualified according to ISO 16750 - Environmental conditions and electrical testing for electrical and electronic equipment for road vehicles.

### Product selector

Model	Type	Supply	Interfaces	Features
	Standalone GPS Standalone GLONASS Timing & Raw Data Dead Reckoning	1.75 V – 2.0 V 2.7 V – 3.6 V	UART USB SPI DDC (I <sup>2</sup> C compliant)	Programmable (flash) FW update Oscillator RTC crystal Antenna supply and supervisor Configuration pins Timepulse External interrupt / Wakeup
NEO-6G	•	•	• • • •	T • ○ 3 1 •
NEO-6Q	•	•	• • • •	T • ○ 3 1 •
NEO-6M	•	•	• • • •	C • ○ 3 1 •

○ = requires external components and integration on application processor

C = Crystal / T = TCXO



## Receiver performance data

Receiver type	50-channel u-blox 6 engine GPS L1 C/A code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS	
Navigation update rate	up to 5 Hz	
Accuracy <sup>1</sup>	Position	2.5 m CEP
	SBAS	2.0 m CEP
Acquisition <sup>1</sup>	NEO-6G/Q	NEO-6M
	Cold starts:	26 s    27 s
	Aided starts <sup>2</sup> :	1 s    < 3 s
	Hot starts:	1 s    1 s
Sensitivity <sup>3</sup>	NEO-6G/Q	NEO-6M
	Tracking:	-162 dBm    -161 dBm
	Cold starts:	-148 dBm    -147 dBm
	Hot starts:	-157 dBm    -156 dBm

<sup>1</sup> All SV @ -130 dBm

<sup>2</sup> Dependent on aiding data connection speed and latency

<sup>3</sup> Demonstrated with a good active antenna

## Electrical data

Power supply	2.7 V – 3.6 V (NEO-6Q/6M) 1.75 V – 2.0 V (NEO-6G)
Power consumption	111 mW @ 3.0 V (continuous) 33 mW @ 3.0 V Power Save Mode (1 Hz) 68 mW @ 1.8 V (continuous) 22 mW @ 1.8 V Power Save Mode (1 Hz)
Backup power	1.4 V – 3.6 V, 22 µA
Supported antennas	Active and passive

## Interfaces

Serial interfaces	1 UART 1 USB V2.0 full speed 12 Mbit/s 1 DDC (I <sup>2</sup> C compliant) 1 SPI
Digital I/O	Configurable timepulse 1 EXTINT input for Wakeup
Serial and I/O	Voltages    2.7 – 3.6 V (NEO-6Q/6M) 1.75 – 2.0 V (NEO-6G)
Timepulse	Configurable    0.25 Hz to 1 kHz
Protocols	NMEA, UBX binary, RTCM

### Legal Notice

u-blox reserves all rights to this document and the information contained herein. Products, names, logos and designs described herein may in whole or in part be subject to intellectual property rights. Reproduction, use, modification or disclosure to third parties of this document or any part thereof without the express permission of u-blox is strictly prohibited.

The information contained herein is provided "as is". No warranty of any kind, either express or implied, is made in relation to the accuracy, reliability, fitness for a particular purpose or content of this document. This document may be revised by u-blox at any time. For most recent documents, please visit [www.u-blox.com](http://www.u-blox.com).

Copyright © 2011, u-blox AG

Specification applies to PW 7

## Package

24 pin LCC (Leadless Chip Carrier): 12.2 x 16.0 x 2.4 mm, 1.6 g

Pinout



## Environmental data, quality & reliability

Operating temp.    -40° C to 85° C

Storage temp.      -40° C to 85° C

RoHS compliant (lead-free)

Qualification according to ISO 16750

Manufactured in ISO/TS 16949 certified production sites

## Support products

u-blox 6 Evaluation Kits:

Easy-to-use kits to get familiar with u-blox 6 positioning technology, evaluate functionality, and visualize GPS performance.

EVK-6H:            u-blox 6 Evaluation Kit with TCXO, suitable for NEO-6G, NEO-6Q

EVK-6P:            u-blox 6 Evaluation Kit with crystal, suitable for NEO-6M

## Ordering information

NEO-6G-0	u-blox 6 GPS Module, 1.8V, TCXO, 12x16mm, 250 pcs/reel
NEO-6M-0	u-blox 6 GPS Module, 12x16mm, 250 pcs/reel
NEO-6Q-0	u-blox 6 GPS Module, TCXO, 12x16mm, 250 pcs/reel

Available as samples and tape on reel (250 pieces)

## Contact us

HQ Switzerland  
+41 44 722 7444  
[info@u-blox.com](mailto:info@u-blox.com)

EMEA  
+41 44 722 7444  
[info@u-blox.com](mailto:info@u-blox.com)

Americas  
+1 703 483 3180  
[info\\_us@u-blox.com](mailto:info_us@u-blox.com)

APAC – Singapore  
+65 6734 3811  
[info\\_ap@u-blox.com](mailto:info_ap@u-blox.com)

China  
+86 10 68 133 545  
[info\\_cn@u-blox.com](mailto:info_cn@u-blox.com)

Japan  
+81 3 5775 3850  
[info\\_jp@u-blox.com](mailto:info_jp@u-blox.com)

Korea  
+82 2 542 0861  
[info\\_kr@u-blox.com](mailto:info_kr@u-blox.com)

Taiwan  
+886 2 2657 1090  
[info\\_tw@u-blox.com](mailto:info_tw@u-blox.com)

## Receiver performance data

Receiver type	50-channel u-blox 6 engine GPS L1 C/A code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS	
Navigation update rate	up to 5 Hz	
Accuracy <sup>1</sup>	Position	2.5 m CEP
	SBAS	2.0 m CEP
Acquisition <sup>1</sup>	NEO-6G/Q	NEO-6M
	Cold starts:	26 s    27 s
	Aided starts <sup>2</sup> :	1 s    < 3 s
	Hot starts:	1 s    1 s
Sensitivity <sup>3</sup>	NEO-6G/Q	NEO-6M
	Tracking:	-162 dBm    -161 dBm
	Cold starts:	-148 dBm    -147 dBm
	Hot starts:	-157 dBm    -156 dBm

<sup>1</sup> All SV @ -130 dBm

<sup>2</sup> Dependent on aiding data connection speed and latency

<sup>3</sup> Demonstrated with a good active antenna

## Electrical data

Power supply	2.7 V – 3.6 V (NEO-6Q/6M) 1.75 V – 2.0 V (NEO-6G)
Power consumption	111 mW @ 3.0 V (continuous) 33 mW @ 3.0 V Power Save Mode (1 Hz) 68 mW @ 1.8 V (continuous) 22 mW @ 1.8 V Power Save Mode (1 Hz)
Backup power	1.4 V – 3.6 V, 22 µA
Supported antennas	Active and passive

## Interfaces

Serial interfaces	1 UART 1 USB V2.0 full speed 12 Mbit/s 1 DDC (I <sup>2</sup> C compliant) 1 SPI
Digital I/O	Configurable timepulse 1 EXTINT input for Wakeup
Serial and I/O	Voltages    2.7 – 3.6 V (NEO-6Q/6M) 1.75 – 2.0 V (NEO-6G)
Timepulse	Configurable    0.25 Hz to 1 kHz
Protocols	NMEA, UBX binary, RTCM

### Legal Notice

u-blox reserves all rights to this document and the information contained herein. Products, names, logos and designs described herein may in whole or in part be subject to intellectual property rights. Reproduction, use, modification or disclosure to third parties of this document or any part thereof without the express permission of u-blox is strictly prohibited.

The information contained herein is provided "as is". No warranty of any kind, either express or implied, is made in relation to the accuracy, reliability, fitness for a particular purpose or content of this document. This document may be revised by u-blox at any time. For most recent documents, please visit [www.u-blox.com](http://www.u-blox.com).

Copyright © 2011, u-blox AG

Specification applies to FW 7

## Package

24 pin LCC (Leadless Chip Carrier): 12.2 x 16.0 x 2.4 mm, 1.6 g

Pinout



## Environmental data, quality & reliability

Operating temp.    -40° C to 85° C

Storage temp.    -40° C to 85° C

RoHS compliant (lead-free)

Qualification according to ISO 16750

Manufactured in ISO/TS 16949 certified production sites

## Support products

u-blox 6 Evaluation Kits:

Easy-to-use kits to get familiar with u-blox 6 positioning technology, evaluate functionality, and visualize GPS performance.

EVK-6H:    u-blox 6 Evaluation Kit with TCXO, suitable for NEO-6G, NEO-6Q

EVK-6P:    u-blox 6 Evaluation Kit with crystal, suitable for NEO-6M

## Ordering information

NEO-6G-0	u-blox 6 GPS Module, 1.8V, TCXO, 12x16mm, 250 pcs/reel
NEO-6M-0	u-blox 6 GPS Module, 12x16mm, 250 pcs/reel
NEO-6Q-0	u-blox 6 GPS Module, TCXO, 12x16mm, 250 pcs/reel

Available as samples and tape on reel (250 pieces)

## Contact us

HQ Switzerland  
+41 44 722 7444  
[info@u-blox.com](mailto:info@u-blox.com)

China  
+86 10 68 133 545  
[info\\_cn@u-blox.com](mailto:info_cn@u-blox.com)

EMEA  
+41 44 722 7444  
[info@u-blox.com](mailto:info@u-blox.com)

Japan  
+81 3 5775 3850  
[info\\_jp@u-blox.com](mailto:info_jp@u-blox.com)

Americas  
+1 703 483 3180  
[info\\_us@u-blox.com](mailto:info_us@u-blox.com)

Korea  
+82 2 542 0861  
[info\\_kr@u-blox.com](mailto:info_kr@u-blox.com)

APAC – Singapore  
+65 6734 3811  
[info\\_ap@u-blox.com](mailto:info_ap@u-blox.com)

Taiwan  
+886 2 2657 1090  
[info\\_tw@u-blox.com](mailto:info_tw@u-blox.com)

## ANEXO D

### GSM SIM A6 – DATASHEET

Ai ThinkerTechnology Co.Ltd 深圳市安信可科技有限公司

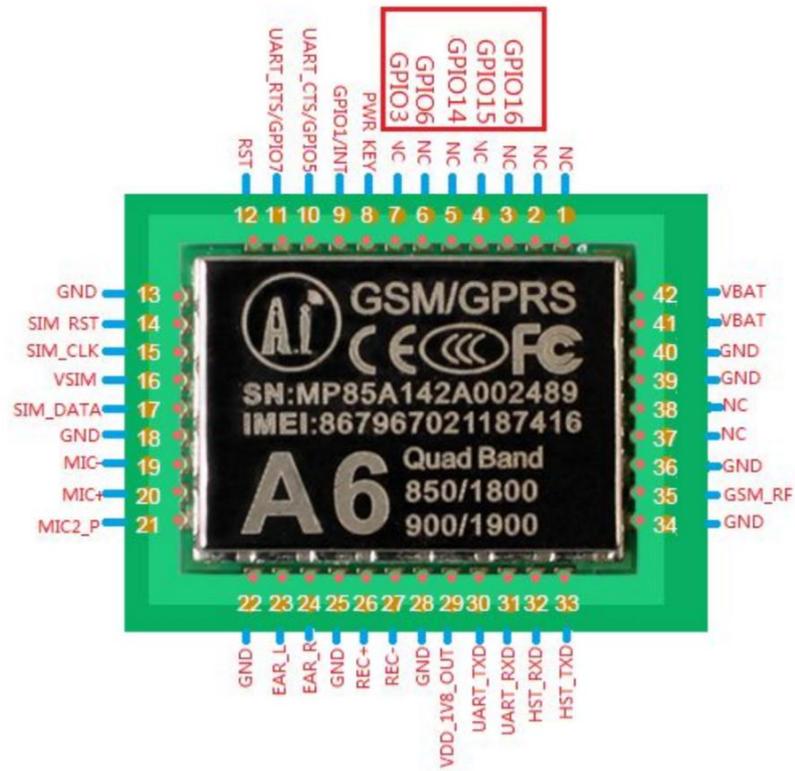
---

#### 1.Features

- Size specifications
  - A6 size : 22.8×16.8×2.5mm;
  - A7 size : 22.8×19.8×2.5mm;
- Working temperature : -30°C to +80°C;
- Working voltage : 3.3V-4.2V;
- Power voltage: >3.4V;
- Standby currents below 3ma, A7 increase 2m;
- Support quad-band GSM/GPRS, include 850,900,1800,1900MHZ;
- GPRS Class 10;
- Sensitivity: <-105;
- Supports voice calls
- Supports SMS messages
- GPIO-level 2.8V;
- Supports GPRS data services, the maximum data rate, download 85.6Kbps, upload 42.8Kbps
- Support standard GSM07.07,07.05 AT command and Ai Thinker extended commands
- Supports 2 serial ports:download a serial port and AT command port;
- AT commands support the standard AT, and TCP/IP command interface;
- Support for digital audio and analog audio, support HR,FR,EFR,AMR speech coding;
- Support GPS+AGPS (only A7 support) ;
- GPS location information support a separate serial NEMA output and read by AT (only A7 support)
- Support external 300,000 pixel webcam;
- Support ROHS, FCC, CE, CTA certification;
- SMT 42PIN package;

## 2.A6 module (GSM+GPRS, quad-band)

### 2.1. A6 Pin Descriptions

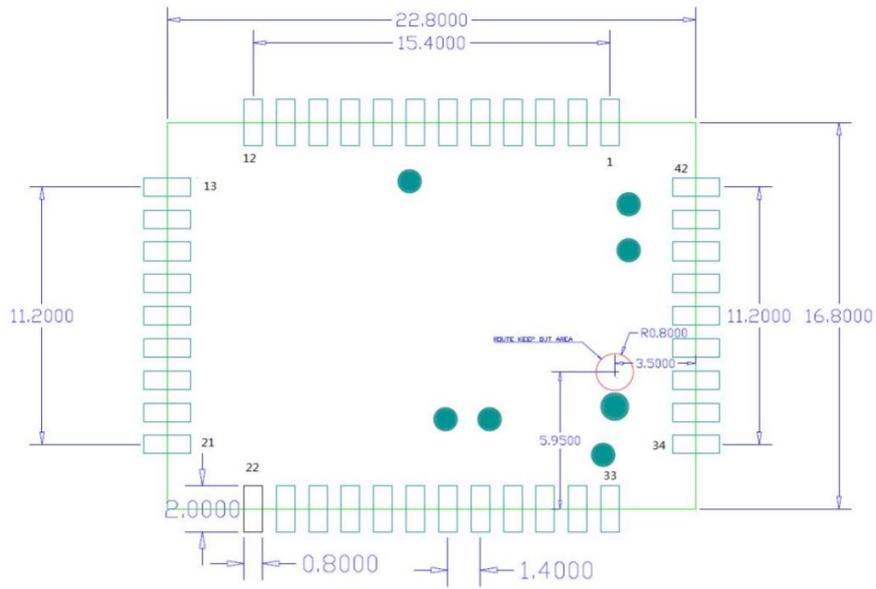


AI

Pin number	Pin name	function
1	NC	NC,
2	NC	NC
3	NC	NC, V3 version of hardware for GPIO16
4	NC	NC, V3 version of hardware for GPIO15
5	NC	NC, V3 version of hardware for GPIO14
6	NC	NC, V3 version of hardware for GPIO6,(As a network status indicator)
7	NC	NC, V3 version of hardware for GPIO3
8	PWR_KEY	Power button, >1.9V more than 2s to boot; After power on ,connecting and disconnecting,Both are ok.
9	GPIO1/INT	Used to control the module to enter low-power mode, high exit low level access, in this mode the standby current <1mA .( in this mode ,the serial port cannot be used,please note)
10	UART_CTS/GPIO5	UART _CTS pin
11	UART_RTS/GPIO7	UART _RTS pin
12	RST	Module hardware RESET pin, this PIN when using low level <0.05V, current is 70ma, recommends using NMOS control; Pull down mean the module hardware shutdown, the pin during normal work when there is leakage, will cause the module is not stable, it is difficult to register network
13	GND	GND
14	SIM_RST	SIM Card RST pin
15	SIM_CLK	SIM card CLK pin
16	VSIM	SIM power pin
17	SIM_DATA	SIM data pin
18	GND	GND
19	MIC-	MIC-
20	MIC+	MIC+
21	MIC2_P	Headphone MIC interface
22	GND	GND
23	EAR_L	Headphones left
24	EAR_R	Headphones right
25	GND	GND
26	REC+	Speaker positive

27	REC-	Speaker negative
28	GND	GND
29	VDD_1V8_OUT	External 1.8V Power pin
30	UART_TXD	UART_TXD,Pin level 2.8V
31	UART_RXD	UART_RXD,Pin level 2.8V
32	HST_RXD	Download serial port RXD Pin,pin level2.8V
33	HST_TXD	Download serial port TXD pin,pin level2.8V
34	GND	GND
35	GSM_RF	Antenna pin,can connect Antenna,if connect PCB lin,advice 50ohm cable.
36	GND	GND
37	NC	NC
38	NC	NC
39	GND	GND
40	GND	GND
41	VBAT	External power supply (3.5V-4.2V ),
42	VBAT	maximum power supply current > 2A

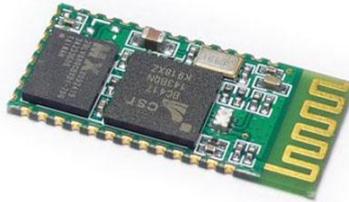
## 2.2.Package information



# HC-05

## -Bluetooth to Serial Port Module

### Overview



HC-05 module is an easy to use Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) module, designed for transparent wireless serial connection setup.

Serial port Bluetooth module is fully qualified Bluetooth V2.0+EDR (Enhanced Data Rate) 3Mbps Modulation with complete 2.4GHz radio transceiver and baseband. It uses CSR Bluecore 04-External single chip Bluetooth system with CMOS technology and with AFH(Adaptive Frequency Hopping Feature). It has the footprint as small as 12.7mmx27mm. Hope it will simplify your overall design/development cycle.

### Specifications

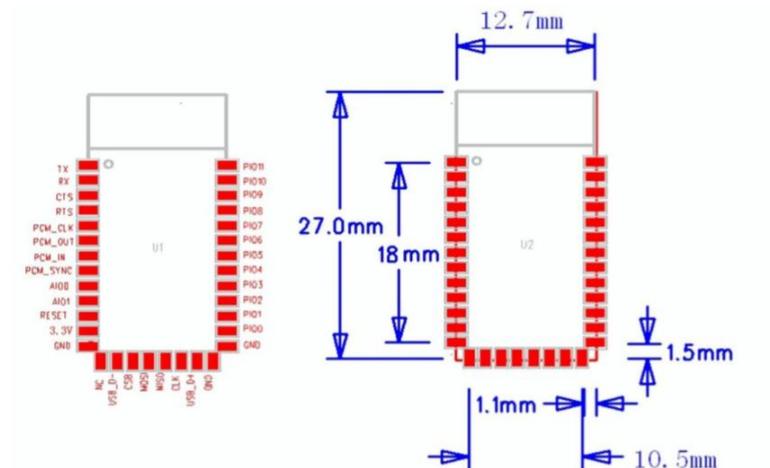
#### Hardware features

- Typical -80dBm sensitivity
- Up to +4dBm RF transmit power
- Low Power 1.8V Operation ,1.8 to 3.6V I/O
- PIO control
- UART interface with programmable baud rate
- With integrated antenna
- With edge connector

## Software features

- Default Baud rate: 38400, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity, Data control: has. Supported baud rate: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800.
- Given a rising pulse in PIO0, device will be disconnected.
- Status instruction port PIO1: low-disconnected, high-connected;
- PIO10 and PIO11 can be connected to red and blue led separately. When master and slave are paired, red and blue led blinks 1time/2s in interval, while disconnected only blue led blinks 2times/s.
- Auto-connect to the last device on power as default.
- Permit pairing device to connect as default.
- Auto-pairing PINCODE:"0000" as default
- Auto-reconnect in 30 min when disconnected as a result of beyond the range of connection.

## Hardware



PIN Name	PIN #	Pad type	Description	Note
GND	13	VSS	Ground pot	
	21			
	22			
3.3 VCC	12	3.3V	Integrated 3.3V (+) supply with On-chip linear regulator output within 3.15-3.3V	
AIO0	9	Bi-Directional	Programmable input/output line	
AIO1	10	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO0	23	Bi-Directional RX EN	Programmable input/output line, control output for LNA(if fitted)	
PIO1	24	Bi-Directional TX EN	Programmable input/output line, control output for PA(if fitted)	

PIO2	25	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO3	26	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO4	27	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO5	28	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO6	29	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO7	30	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO8	31	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO9	32	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO10	33	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO11	34	Bi-Directional	Programmable input/output line	

<b>RESETB</b>	11	CMOS input with weak internal pull-up	Reset if low.input debounced so must be low for >5MS to cause a reset	
<b>UART_RTS</b>	4	CMOS output, tri-stable with weak internal pull-up	UART request to send, active low	
<b>UART_CTS</b>	3	CMOS input with weak internal pull-down	UART clear to send, active low	
<b>UART_RX</b>	2	CMOS input with weak internal pull-down	UART Data input	
<b>UART_TX</b>	1	CMOS output, Tri-stable with weak internal pull-up	UART Data output	
<b>SPI_MOSI</b>	17	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data input	
<b>SPI_CSB</b>	16	CMOS input with weak internal pull-up	Chip select for serial peripheral interface, active low	
<b>SPI_CLK</b>	19	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface clock	
<b>SPI_MISO</b>	18	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data Output	
<b>USB_-</b>	15	Bi-Directional		

USB_+	20	Bi-Directional		
NC	14			
PCM_CLK	5	Bi-Directional	Synchronous PCM data clock	
PCM_OUT	6	CMOS output	Synchronous PCM data output	
PCM_IN	7	CMOS Input	Synchronous PCM data input	
PCM_SYNC	8	Bi-Directional	Synchronous PCM data strobe	

## Arduino 3.2" TFT Touch Mega Shield

### Overview



The Arduino 3.2" TFT Touch Mega Shield is designed for all the Arduino Mega compatible boards. It works in 3.3V voltage level. It can be directly plugged on the Arduino Mega and other compatible boards. It will offer display, touch and storage functions for the Arduino Mega board.

### Features

- Compatible with 3.3/5V operation voltage level
- Compatible with UTFT library
- With SD Card Socket

## Specifications

PCB size	79.3mm X 57.5mm X 1.6mm
Indicators	-
Power supply	compatible with Arduino Mega
Communication Protocol	-
RoHS	Yes

## Electrical Characteristics

Specification	Min	Type	Max	Unit
Power Voltage	4.5	5	5.5	VDC
Input Voltage VH:	3	-	5.5	V
Input Voltage VL:	-0.3	0	0.5	V

## Hardware

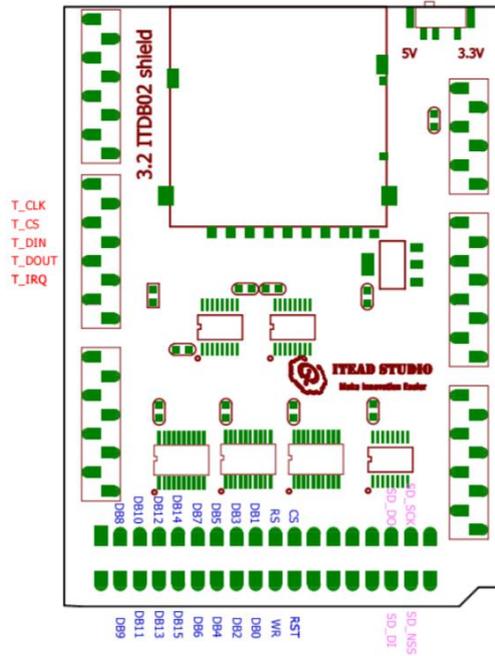


Figure 1 Bottom View

**Pin map of Arduino 2.8" TFT Touch Shield:**

Arduino Mega PIN	Description
D2	T_IRQ
D3	T_DOUT
D4	T_DIN
D5	T_CS
D6	T_CLK
D22	DB8
D23	DB9
D24	DB10
D25	DB11
D26	DB12
D27	DB13
D28	DB14

D29	DB15
D30	DB7
D31	DB6
D32	DB5
D33	DB4
D34	DB3
D35	DB2
D36	DB1
D37	DB0
D38	RS
D39	WR
D40	CS
D41	RST
D50	SD_MISO
D51	SD_MOSI
D52	SD_SCK
D53	SD_NSS

The Arduino 3.2" Touch shield uses the SSD1289 controller , it support 16bit data interface. The touch IC is XPT2046.

## Operation voltage level setting switch

When using the Arduino 3.2 TFT Touch shield with 5V operation level development board – like Arduino MEGA and so on, set the operation voltage level switch to 5V side.

When using the Arduino 3.2 TFT Touch shield with 3.3V operation level development board set the operation voltage level switch to 3.3V side.

## Software

This shield is compatible with UTFT library for Arduino Mega, chipKitMax32 and their compatible boards. You can down load the library here:

<http://henningkarlsen.com/electronics/library.php?id=52>

## Revision History

Rev.	Description	Release date
v1.0	Initial version	2012-04-18

## ANEXO G

### SENSOR DE OXIMETRÍA

**ESPAÑOL**

## OXIMAX® DS-100A Durasensor

Sensor de oxígeno para adultos

### Modo de empleo

---

#### Indicaciones y contraindicaciones

El sensor de oxígeno para adultos Durasensor de Nellcor modelo DS-100A está indicado para la vigilancia continua no invasiva de la saturación de oxígeno arterial y la frecuencia del pulso en pacientes de más de 40 kg de peso.

El DS-100A está contraindicado para pacientes activos o para usos prolongados. No está diseñado para la vigilancia durante largos períodos de tiempo. Debe moverse cada 4 horas (o más a menudo si así lo requiere el estado de la circulación o la integridad de la piel) y volverse a aplicar en un lugar diferente. Para la vigilancia durante largos períodos de tiempo, utilice un sensor de oxígeno OxiMAX (MAX-A, MAX-AL o MAX-N) o un sensor Oxisensor II (D-25, D-25L o N-25), dependiendo de la edad y el tamaño del paciente, y de la compatibilidad del instrumento.

#### Instrucciones de uso

Use este sensor sólo con instrumentos de Nellcor e instrumentos que contengan oximetría de Nellcor o con instrumentos autorizados para usarse con sensores de Nellcor (instrumentos compatibles con Nellcor). Este sensor integra la tecnología OxiMAX® de Nellcor en su diseño. Cuando se conecta a un instrumento que permite el uso de OxiMAX, este sensor usa la tecnología OxiMAX para proporcionar funciones avanzadas de rendimiento adicionales. Consulte a cada fabricante las características y la compatibilidad de cada modelo de sensor y cada instrumento.

Los sensores reutilizables pueden utilizarse en el mismo lugar durante un máximo de 4 horas, siempre que se compruebe periódicamente el lugar para garantizar la integridad de la piel y para corregir la posición. Debido a que el estado individual de la piel afecta a la capacidad de ésta para tolerar la colocación del sensor, con algunos pacientes puede ser necesario cambiar de lugar el sensor más frecuentemente.

#### Para aplicar el DS-100A:

1. Coloque el dedo índice sobre la ventana del sensor del DS-100A con la punta del dedo tocando el tope. **(1)**
  2. Si la uña es muy larga, sobresaldrá del tope del dedo. **(2)**
  3. Extienda y abra las pestañas posteriores del sensor para aplicar una fuerza uniforme sobre toda la longitud de las almohadillas. Compruebe la posición del sensor. Si no puede
-

colocarse correctamente el dedo índice, o éste no está disponible, puede utilizarse un dedo más pequeño, o utilizar un sensor de oxígeno OxiMAX u Oxisensor II. No utilice el DS-100A en pulgares, en dedos del pie ni en manos o pies de niños. **(3)**

**Nota:** Cuando seleccione el lugar de colocación del sensor, debe darse prioridad a las extremidades en las que no haya colocados catéteres arteriales, manguitos de tensión arterial ni líneas de infusión intravascular.

4. Debe orientarse el sensor de tal forma que el cable quede colocado a lo largo de la parte superior de la mano. **(4)**
5. Conecte el DS-100A al oxímetro y compruebe que funciona correctamente, tal como se describe en el manual del usuario del mismo.

**Nota:** Si el sensor no sigue correctamente el pulso, puede estar mal colocado, o el emplazamiento del sensor puede ser demasiado estrecho, ancho o estar demasiado pigmentado o coloreado (por ejemplo, debido a la aplicación externa de coloración tal como laca de uñas, tinte o crema pigmentada) como para permitir la transmisión apropiada de luz. Si ocurre alguna de estas situaciones, vuelva a colocar el sensor o elija otro sensor Nellcor y utilícelo en un lugar diferente.

## **Limpieza**

La superficie del DS-100A puede limpiarse frotándola con una solución tal como alcohol isopropílico al 70 %. Si se requiere una desinfección de bajo nivel, utilice una solución de lejía reducida en proporción 1:10. No utilice lejía sin diluir (hipoclorito de sodio del 5 al 5,25 %) ni ninguna otra solución de limpieza aparte de las recomendadas aquí, ya que podrían ocasionar daños permanentes en el sensor.

**AVISO:** No exponga los conectores de contacto a la solución de limpieza, pues se podría dañar el sensor.

### **Para limpiar o desinfectar el sensor:**

1. Impregne una almohadilla de gasa limpia y seca con la solución de limpieza, y frote con ella todas las superficies del sensor y del cable.
2. Impregne otra almohadilla de gasa limpia y seca con agua esterilizada o destilada, y frote con ella todas las superficies del sensor y del cable.
3. Seque el sensor y el cable frotando todas las superficies con una almohadilla de gasa limpia y seca.

### **PRECAUCIÓN**

1. No esterilice mediante radiación, vapor u óxido de etileno. Este tipo de esterilización podría dañar al sensor.
  2. La aplicación incorrecta del DS-100A puede dar lugar a mediciones incorrectas.
  3. Si utiliza el DS-100A en presencia de luces brillantes las mediciones puede ser imprecisas. En tales casos, cubra el sensor con un material opaco.
-

4. Los sensores reutilizables deben cambiarse de lugar al menos cada 4 horas. Debido a que el estado particular en que se encuentre la piel puede afectar a la capacidad de ésta para tolerar la colocación del sensor, en algunos pacientes puede ser necesario cambiar de lugar el sensor más frecuentemente. Si cambia la integridad de la piel, cambie de lugar el sensor.
5. Los colorantes intravasculares y la coloración aplicada externamente, tal como laca de uñas, colorante o crema pigmentada, pueden dar lugar a mediciones incorrectas.
6. El rendimiento del sistema DS-100A se ve afectado por el movimiento.
7. No utilice esparadrapo para fijar el sensor a su lugar ni para cubrirlo totalmente; las pulsaciones venosas pueden dar lugar a mediciones de saturación incorrectas.
8. Al igual que con todo el equipo médico, oriente cuidadosamente los cables para reducir la posibilidad de enredo o de estrangulamiento del paciente.
9. No utilice el DS-100A ni otros sensores de oximetría durante escáneres de resonancia magnética. La corriente eléctrica puede producir quemaduras. Además, el DS-100A puede afectar a la imagen de la resonancia magnética, y la unidad de resonancia magnética puede afectar a la precisión de las mediciones de oximetría.
10. No altere ni modifique el DS-100A. Las alteraciones o modificaciones pueden afectar al rendimiento o a la precisión.

Si tiene alguna pregunta acerca de esta información, póngase en contacto con el Departamento de Servicio Técnico de Nellcor o con su representante local de Nellcor.

### **Garantía**

Para obtener información acerca de la garantía de este producto, si la tuviera, póngase en contacto con el Departamento de Servicio Técnico de Nellcor o con su representante local de Nellcor.

### **Especificaciones de la precisión**

Si desea conocer el rango de las especificaciones de precisión de este sensor cuando se utilice con monitores Nellcor, consulte la información proporcionada con el monitor o (en EE.UU.) póngase en contacto con el Departamento de Servicio Técnico de Nellcor. Desde fuera de EE.UU., póngase en contacto con su representante local de Nellcor.

Si desea conocer el rango de las especificaciones de precisión de este sensor cuando se utilice con monitores no fabricados por Nellcor, consulte la información proporcionada por el fabricante del instrumento particular.

**Nota:** Consulte el manual de usuario del instrumento si desea obtener instrucciones completas del uso del sensor con dicho instrumento.

Este sensor se vende bajo las siguientes patentes de EE.UU. y los equivalentes de otros países: 6.708.049; 6.591.123 y 4.685.464.

© 2005 Nellcor Puritan Bennett Inc. Reservados todos los derechos.

---

Connector end Pin	Pin Name	Description
9	Phototransistor Cathode	Green Wire
5	Phototransistor Anode	White wire; phototransistor detects level of IR and/or red light transmitted through the finger
7	Shield	Cable shield, connects to copper shield over the photo transistor.
2	Led 1	Red Wire; anode of the IR LED, cathode of the RED LED.
3 5	Led 2	Black wire, cathode of the IR LED, anode of the red LED.

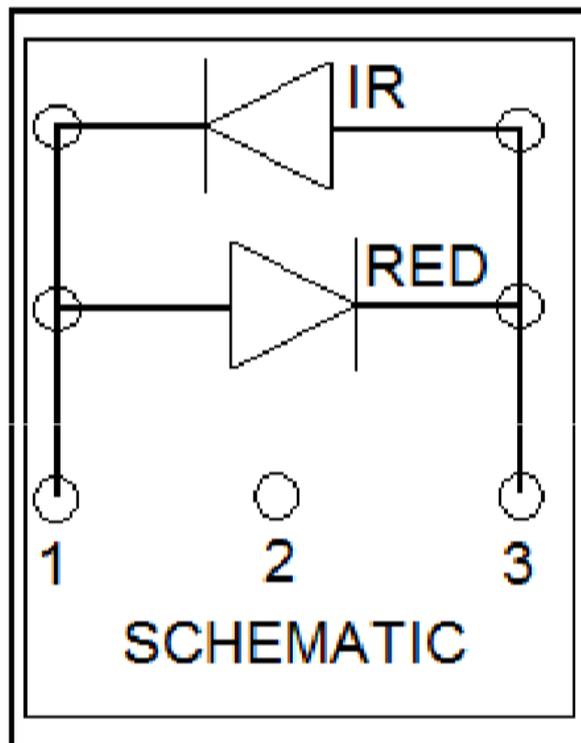
Tipo	Valores
<b>Intervalos de medición</b>	
Intervalo de saturación de SpO <sub>2</sub>	De 1% a 100%
Intervalo de Frecuencia del pulso	De 20 a 250 latidos por minuto (lpm)
Intervalo de perfusión	De 0,03% a 20%
<b>Exactitud de las medidas</b>	
Exactitud de frecuencia de pulso	De 20 a 250 latidos por minuto (lpm) +/- 3 dígitos
SpO <sub>2</sub> exactitud de saturación	Del 70% al 100% de +/- 2 a +/- 3 dígitos
<b>Intervalo de Funcionamiento y disipación</b>	
Longitud de onda de luz roja	Aproximadamente 660 nm
Longitud de onda de luz infrarroja	Aproximadamente 900 nm
Potencia de salida óptica	Menos de 15 mW
Disipación de Alimentación	52,5 mW

### RED 660nm

Parameter @ 25°C	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Absolute	Unit
Forward Voltage	$V_f$	$I_f=20\text{mA}$		1.85	2.30		V
Reverse Voltage	$V_{B_r}$	$I_{br}=10\mu\text{A}$	3.0				V
Reverse Current	$I_r$	$V_r=3\text{V}$			100		$\mu\text{A}$
Radiated Power	$P_o$	$I_f=20\text{mA}$	25				mW
Peak Wavelength	$\lambda_p$	$I_f=20\text{mA}$	657	660	663		nm
Spectral Bandwidth	$\lambda_\Delta$	$I_f=20\text{mA}$		20			nm

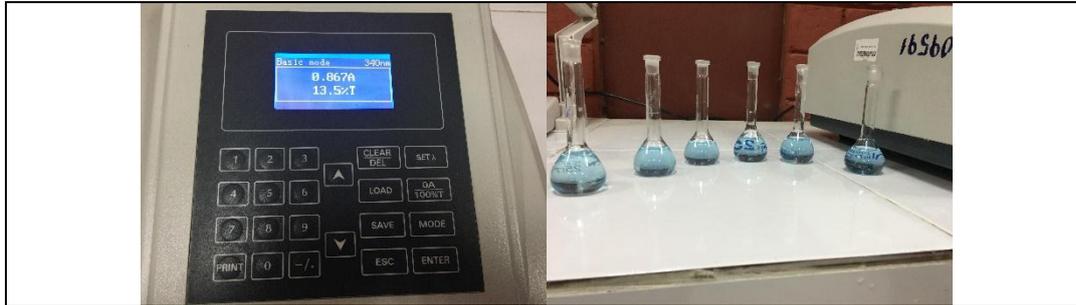
### INFRARED 905nm (ELM-4003)

Forward Voltage	$V_f$	$I_f=20\text{mA}$		1.20	1.40		V
Reverse Voltage	$V_{B_r}$	$I_{br}=10\mu\text{A}$	5.0				V
Peak Wavelength	$\lambda_p$	$I_f=20\text{mA}$	900	905	910		nm
Spectral Bandwidth	$\lambda_\Delta$	$I_f=20\text{mA}$		70			nm
Radiated Power	$P_o$	$I_f=20\text{mA}$	$\geq 0.6$	1			mW



## ANEXO H

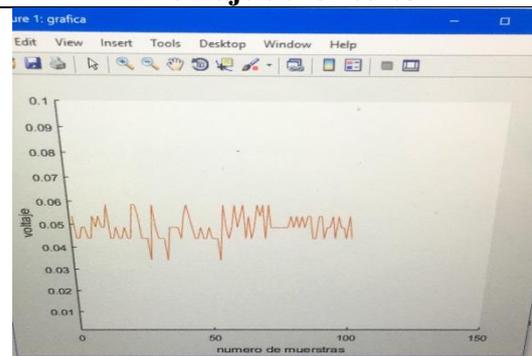
### ESTUDIO Y CONCESIÓN DEL SISTEMA



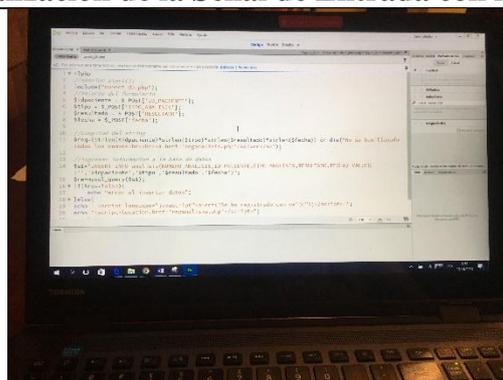
**Obtención de Ecuación de Glucosa con Espectrofotómetro**



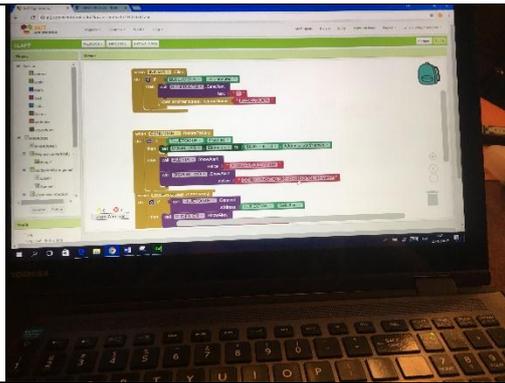
**Montaje del circuito**



**Visualización de la Señal de Entrada con Matlab**



**Diseño de la Página Web**



### Diseño de la Aplicación Móvil



### Elaboración de caja para el dispositivo



### Prueba de la aplicación Móvil - Web



### Prueba del dispositivo

## ANEXO I

### PROGRAMACIÓN PÁGINA WEB

```
//Ingresar Medico
<!doctype html>
<html>
<head>
<meta charset="utf-8">
<title>Documento sin título</title>
<link href="ingresamp.css" rel="stylesheet" type="text/css">
</head>

<body background="fondocon.png">
<header class="Cuerpo">
<div class="menu">
<ul>
<li><a href="index.html" target="_parent">INICIO</a></li>
<li><a href="#">PRODUCTO</a></li>
<li><a href="diabetes.html" target="_parent">DIABETES</a></li>
<li><a href="contactenos.html" target="_parent">CONTACTENOS</a></li>
</ul>
</div>
<div class="logo"></div>
<div class="INGRESAR">INGRESAR MEDICO</div>
<form action="ingmed.php" method="post">
<div class="MEDICOLOG">
<table width="500" height="148" border="0.005">
<tbody>
<tr>
<td> <label>USUARIO</label></td>
<td><input type="text" name="nickUsuario" placeholder="Nombre de Usuario"/> </td>
</tr>
<tr>
<td> <label>CONTRASEÑA</label></td>
<td><input type="password" name="contrasenaUsuario" placeholder="*****"/> </td>
</tr>
</tbody>
</table>
<p><div><input type="submit" name="ingresarUsuario" value="Ingresar" /></div></p>
</div>
</form>
<footer>
<div class="copyright">&copy;2017 -<strong>GLUCOAPP</strong></div>
</footer>
</header>
</body>
```

```

</html>
<?php
session_start();

//VALORES DEL FORMULARIO

$usuario = $_POST["nickUsuario"];
$contrasena = $_POST["contrasenaUsuario"];

//LOGITUD DEL STRING
require("conect_db.php");
$req=(strlen($usuario)*strlen($contrasena)) or die("No se han llenado todos los
campos<br><br><a href='Ingresar_MED.html'>Volver</a>");

//COMPARAR INFORMACION CON LA BASE DE DATOS

$sql=mysql_query("SELECT * FROM medico WHERE usuario='$usuario'");
if($f=mysql_fetch_array($sql)){
if($contrasena==$f['CLAVE']){
$_SESSION['u_usuario']=$usuario;
$_SESSION['idmedico']=$f['ID_MEDICO'];
$_SESSION['nombres']=$f['NOMBRES']; $_SESSION['apellidos']=$f['APELLIDOS'];
    $_SESSION['domicilio']=$f['DOMICILIO'];
$_SESSION['cedula']=$f['CEDULA'];
$_SESSION['telefono']=$f['TELEFONO'];
$_SESSION['especialidad']=$f['ESPECIALIDAD'];
header("location:medico.php");

}else{
echo '<script>alert("CONTRASEÑA INCORRECTA")</script>';
echo "<script>location.href='Ingresar_MED.html'</script>";
}
}else{

echo '<script>alert("ESTE USUARIO NO EXISTE, PORFAVOR REGISTRESE PARA
PODER INGRESAR")</script> ';

echo "<script>location.href='index.html'</script>";

}

?>

//Registro
<!doctype html>
<html>

```

```
<head>
<meta charset="utf-8">
<title>Documento sin título</title>
<link href="../registromed.css" rel="stylesheet" type="text/css">
<script>var __adobewebfontsappname__="dreamweaver"</script><script
src="http://use.edgefonts.net/abril-fatface:n4:default.js" type="text/javascript"></script>
</head>
```

```
<body background="../fondoquienes.png">
<header class="cuerpo">
<div class="menu">
<ul>
<li><a href="contactenos.html">CONTACTENOS</a></li>
<li><a href="diabetes.html">DIABETES</a></li>
<li><a href="#">PRODUCTO</a></li>
<li><a href="index.html">INICIO</a></li>
</ul>
</div>
```

```
<div class="logo"></div>
<div class="presentacion">
<p>REGISTRO MÉDICO</p>
</div>
```

```
<form action="regmedi.php" method="post">
<div id="registro">
<table width="1200" border="0.5">
<tbody>
<tr>
<td> <label>NOMBRES</label></td>
<td><input type="text" name="nombreUsuario" placeholder="Nombre"/> </td>
</tr>
<tr>
<td> <label>APELLIDOS</label></td>
<td><input type="text" name="apellidoUsuario" placeholder="Apellidos"/> </td>
</tr>
<tr>
<td> <label>DOMICILIO</label></td>
<td><input type="text" name="domicilioUsuario" placeholder="Domicilio"/> </td>
</tr>
<tr>
<td> <label>CEDULA</label></td>
<td><input type="text" name="cedulaUsuario" placeholder="Cedula"/> </td>
```



```

$req=(strlen($nombres)*strlen($apellidos)*strlen($domicilio)*strlen($cedula)*strlen($telefono)*strlen($especialidad)*strlen($usuario)*strlen($contrasena)) or die("No se han llenado todos los campos<br><br><a href='REGISTRO_MED.html'>Volver</a>");
//Encriptar la contraseña
$passwordUsuario = md5($contrasena);
//ingresar informacion a la base de datos
$checkuser= mysql_query("SELECT * FROM medico WHERE usuario='$usuario'");

$check=mysql_num_rows($checkuser);
if($check>0){
echo ' <script language="javascript">alert("Atencion, ya existe el nombre de usuario, verifique sus datos");</script> ';
echo "<script>location.href='REGISTRO_MED.html'</script>";
}
else{
mysql_query("INSERT INTO medico VALUES (',$nombres','$apellidos','$domicilio','$cedula','$telefono','$especialidad','$usuario','$contrasena',)");

echo ' <script language="javascript">alert("Usuario registrado con éxito");</script> ';
echo "<script>location.href='INGRESO_MEDPAC.html'</script>";
mysql_close($link);
}
?>

//buscar
<!doctype html>
<html>
<head>
<meta charset="utf-8">
<title>LISTA</title>
<link href="listau.css" rel="stylesheet" type="text/css">
</head>
<body background="fondocon.png">
<center>
<table>
<thead>
<tr>
<th colspan="1"><a href="REGISTRO_PAC.html">NUEVO</a></th>
<th colspan="11">Lista de Pacientes </th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>ID_PACIENTE</td>
<td>NOMBRES</td>

```

```

<td>APELLIDOS</td>
<td>EDAD</td>
<td>PESO</td>
<td>TALLA</td>
<td>DOMICILIO</td>
<td>TELEFONO</td>
<td>CEDULA</td>
<td>CONTACTO</td>
<td colspan="2">OPERACIONES</td>
</tr>
<?php
include("conect_db.php");
$sql1 = "SELECT * FROM paciente";
$resulta1 = mysql_query($sql1);

while($row1 = mysql_fetch_array($resulta1)){
?>
<tr>
<td><?php echo $row1['ID_PACIENTE'];?></td>
<td><?php echo $row1['NOMBRES'];?></td>
<td><?php echo $row1['APELLIDOS'];?></td>
<td><?php echo $row1['EDAD'];?></td>
<td><?php echo $row1['PESO'];?></td>
<td><?php echo $row1['TALLA'];?></td>
<td><?php echo $row1['DOMICILIO'];?></td>
<td><?php echo $row1['TELEFONO'];?></td>
<td><?php echo $row1['CEDULA'];?></td>
<td><?php echo $row1['CONTACTO'];?></td>
<td><a href="modificar.php?ID_PACIENTE=<?php echo $row1['ID_PACIENTE'];?>"
name="modif">Modificar</a></td>

<td><a href="eliminar.php?ID_PACIENTE=<?php echo
$row1['ID_PACIENTE'];?>">ELIMINAR</a></td>
</tr>
<?php
}
?>

</tbody>
</table>
</center>
</body>
</html>
<?php
require("conect_db.php");
$sentenciaaa="SELECT ID_PACIENTE FROM paciente";
$queryaa=mysql_query($sentenciaaa);

```

```
?>
```

```
<!doctype html>
```

```
<html>
```

```
<head>
```

```
<meta charset="utf-8">
```

```
<title>LISTA</title>
```

```
<link href="listau.css" rel="stylesheet" type="text/css">
```

```
</head>
```

```
<body background="fondocon.png">
```

```
<FORM METHOD=POST ACTION="resultados.php">
```

```
ID del paciente: <select name="ID_PACIENTE" size="0">
```

```
<?php
```

```
while($arreglo=mysql_fetch_array($querya)){ ?>
```

```
<option value="<?php echo $arreglo['ID_PACIENTE']?>"><?php echo  
$arreglo['ID_PACIENTE']?></option>
```

```
?>
```

```
<?php
```

```
}
```

```
?>
```

```
<input TYPE="submit" value="Buscar">
```

```
</FORM>
```

```
</body>
```

```
</html>
```

## ANEXO J

### PROGRAMACIÓN ARDUINO

```
//Señales TTL
```

```
int a = 2;
```

```
int b = 3;
```

```
int c = 4;
```

```
int d = 5;
```

```
int f = A0;
```

```
int valor=0;
```

```
int suma=0;
```

```
void setup() {
```

```
// put your setup code here, to run once:
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
pinMode(a, OUTPUT);
```

```
pinMode(b, OUTPUT);
```

```
pinMode(c, OUTPUT);
```

```
pinMode(d, OUTPUT);
```

```
pinMode(f, INPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
// put your main code here, to run repeatedly:
```

```
digitalWrite(a, HIGH);
```

```
digitalWrite(b, LOW);
```

```
digitalWrite(c, HIGH);
```

```
digitalWrite(d, LOW);
```

```
delay(1);
```

```
digitalWrite(a, LOW);
```

```
digitalWrite(b, HIGH);  
digitalWrite(c, LOW);  
digitalWrite(d, HIGH);  
delay(1);
```

```
digitalWrite(a, HIGH);  
digitalWrite(b, LOW);  
digitalWrite(c, HIGH);  
digitalWrite(d, LOW);  
delay(1);
```

```
digitalWrite(a, LOW);  
digitalWrite(b, HIGH);  
digitalWrite(c, LOW);  
digitalWrite(d, HIGH);  
delay(1);
```

```
//GPS
```

```
#include <SoftwareSerial.h>//incluimos SoftwareSerial
```

```
//GPS
```

```
#include <TinyGPS.h>
```

```
#include <Gpsneo.h>
```

```
TinyGPS gps;
```

```
SoftwareSerial serialgps(13,12);
```

```
int year;
```

```
byte month, day, hour, minute, second;
```

```
unsigned long chars;
```

```
unsigned short sentences, failed_checksum;
```

```
void setup()
```

```
{  
  
Serial.begin(9600);  
serialgps.begin(9600);  
Serial.println("");  
Serial.println("BIENVENIDOS");  
Serial.println(" ---Buscando senal--- ");  
Serial.println("");  
}
```

```
void loop()
```

```
{  
gps2();  
}
```

```
void gps2()
```

```
{  
while(serialgps.available())  
{  
int c = serialgps.read();  
if(gps.encode(c))  
{  
float latitude, longitude;  
gps.f_get_position(&latitude, &longitude);  
Serial.print("http://www.google.com/maps/place/");  
Serial.print(latitude);  
Serial.print(',');  
Serial.println(longitude);  
gps.crack_datetime(&year,&month,&day,&hour,&minute,&second);  
if(hour>=5&&hour<23){
```

```
Serial.print("Fecha: ");
Serial.print(day, DEC);
Serial.print("/");
Serial.print(month, DEC);
Serial.print("/");
Serial.print(year);
Serial.print(" Hora: ");
Serial.print((hour-5), DEC);
Serial.print(":");
Serial.print(minute, DEC);
Serial.print(":");
Serial.print(second, DEC);
```

```
gps.stats(&chars, &sentences, &failed_checksum);
```

```
}
```

```
if(hour>=0&&hour<5){
Serial.print("Fecha: ");
Serial.print(day-1, DEC);
Serial.print("/");
Serial.print(month, DEC);
Serial.print("/");
Serial.print(year);
Serial.print(" Hora: ");
Serial.print((hour+19), DEC);
Serial.print(":");
Serial.print(minute, DEC);
Serial.print(":");
Serial.print(second, DEC);
```

```
gps.stats(&chars, &sentences, &failed_checksum);
```

```
}  
}  
}  
}
```

```
//Pantalla
```

```
MP-loading example specifically for the TFTLCD Arduino shield.
```

```
#include <Adafruit_GFX.h> // Core graphics library
```

```
#include <Adafruit_TFTLCD.h> // Hardware-specific library
```

```
#include <SD.h>
```

```
// In the SD card, place 24 bit color BMP files (be sure they are 24-bit!)
```

```
// There are examples in the sketch folder
```

```
#define SD_CS 5 // Card select for shield use
```

```
Adafruit_TFTLCD tft;
```

```
uint8_t spi_save;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
tft.reset();
```

```
uint16_t identifier = tft.readID();
```

```
if(identifier == 0x9341) {
```

```
Serial.println(F("Found ILI9341 LCD driver"));
```

```
} else if(identifier == 0x9328) {
```

```
Serial.println(F("Found ILI9328 LCD driver"));
```

```
} else if(identifier == 0x7575) {
```

```
Serial.println(F("Found HX8347G LCD driver"));
```

```
} else if(identifier == 0x9341) {
```

```
Serial.println(F("Found ILI9341 LCD driver"));
```

```

} else {
Serial.print(F("Unknown LCD driver chip: "));
Serial.println(identifier, HEX);
Serial.println(F("If using the Adafruit 2.8\" TFT Arduino shield, the line:"));
Serial.println(F(" #define USE_ADAFRUIT_SHIELD_PINOUT"));
Serial.println(F("should appear in the library header (Adafruit_TFT.h)."));
Serial.println(F("If using the breakout board, it should NOT be #defined!"));
Serial.println(F("Also if using the breakout, double-check that all wiring"));
Serial.println(F("matches the tutorial."));
return;
}
tft.begin(identifier);
Serial.print(F("Initializing SD card..."));
if (!SD.begin(SD_CS)) {
Serial.println(F("failed!"));
return;
}
Serial.println(F("OK!"));
spi_save = SPCR;
bmpDraw("IMG1.bmp", 0, 0);
delay(1000);
}

void loop()
{
for(int i = 0; i<4; i++) {
tft.setRotation(i);
tft.fillScreen(0);
for(int j=0; j <= 200; j += 50) {
bmpDraw("IMG1.bmp", j, j);

```

```

}
delay(1000);
}
}
#define BUFFPIXEL 20
void bmpDraw(char *filename, int x, int y) {
File  bmpFile;
int   bmpWidth, bmpHeight; // W+H in pixels
uint8_t  bmpDepth;          // Bit depth (currently must be 24)
uint32_t bmpImageoffset;    // Start of image data in file
uint32_t rowSize;           // Not always = bmpWidth; may have padding
uint8_t  sdbuffer[3*BUFFPIXEL]; // pixel in buffer (R+G+B per pixel)
uint16_t lcdbuffer[BUFFPIXEL]; // pixel out buffer (16-bit per pixel)
uint8_t  buffidx = sizeof(sdbuffer); // Current position in sdbuffer
boolean  goodBmp = false;     // Set to true on valid header parse
boolean  flip    = true;      // BMP is stored bottom-to-top
int      w, h, row, col;
uint8_t  r, g, b;
uint32_t pos = 0, startTime = millis();
uint8_t  lcdidx = 0;
boolean  first = true;

if((x >= tft.width()) || (y >= tft.height())) return;

Serial.println();
Serial.print("Loading image ");
Serial.print(filename);
Serial.println("");
// Open requested file on SD card
SPCR = spi_save;

```

```

if ((bmpFile = SD.open(filename)) == NULL) {
  Serial.print("File not found");
  return;
}

// Parse BMP header
if(read16(bmpFile) == 0x4D42) { // BMP signature
  Serial.print(F("File size: ")); Serial.println(read32(bmpFile));
  (void)read32(bmpFile); // Read & ignore creator bytes
  bmpImageoffset = read32(bmpFile); // Start of image data
  Serial.print(F("Image Offset: ")); Serial.println(bmpImageoffset, DEC);
  // Read DIB header
  Serial.print(F("Header size: ")); Serial.println(read32(bmpFile));
  bmpWidth = read32(bmpFile);
  bmpHeight = read32(bmpFile);
  if(read16(bmpFile) == 1) { // # planes -- must be '1'
    bmpDepth = read16(bmpFile); // bits per pixel
    Serial.print(F("Bit Depth: ")); Serial.println(bmpDepth);
    if((bmpDepth == 24) && (read32(bmpFile) == 0)) { // 0 = uncompressed

      goodBmp = true; // Supported BMP format -- proceed!
      Serial.print(F("Image size: "));
      Serial.print(bmpWidth);
      Serial.print('x');
      Serial.println(bmpHeight);

      // BMP rows are padded (if needed) to 4-byte boundary
      rowSize = (bmpWidth * 3 + 3) & ~3;

      if(bmpHeight < 0) {
        bmpHeight = -bmpHeight;

```

```
flip    = false;
}
// Crop area to be loaded
w = bmpWidth;
h = bmpHeight;
if((x+w-1) >= tft.width()) w = tft.width() - x;
if((y+h-1) >= tft.height()) h = tft.height() - y;

// Set TFT address window to clipped image bounds
SPCR = 0;
tft.setAddrWindow(x, y, x+w-1, y+h-1);

for (row=0; row<h; row++) { // For each scanline...
if(flip) // Bitmap is stored bottom-to-top order (normal BMP)
pos = bmpImageoffset + (bmpHeight - 1 - row) * rowSize;
else // Bitmap is stored top-to-bottom
pos = bmpImageoffset + row * rowSize;
SPCR = spi_save;
if(bmpFile.position() != pos) { // Need seek?
bmpFile.seek(pos);
buffidx = sizeof(sdbuffer); // Force buffer reload
}
}
```

## ANEXO K

### MANUAL DE USUARIO

#### NODO 1- Dispositivo

- Encender el dispositivo



- Colocar el sensor tipo pinza en el dedo índice



- Iniciar la aplicación móvil



- Solicitar medición



- Observar Resultados



## NODO 2- Almacenamiento

En este nodo

Al ingresar a la página: [http://glucoapp.eshost.com.ar/glucoapp1/Pagina\\_Web/](http://glucoapp.eshost.com.ar/glucoapp1/Pagina_Web/) se puede realizar las siguientes funciones:

- Registro de Usuarios (Médico - Paciente)

**REGISTRO MÉDICO**

NOMBRES	Nombre
APELLIDOS	Apellidos
DOMICILIO	Domicilio
CEDULA	Cédula
TELEFONO	Telefono
ESPECIALIDAD	Especialidad
USUARIO	Usuario
CONTRASEÑA	Contraseña

### REGISTRO PACIENTE

NOMBRES	<input type="text"/>
APELLIDOS	<input type="text"/>
SEXO	<input type="text"/>
EDAD	<input type="text"/>
PESO	<input type="text"/>
ESTATURA	<input type="text"/>
DOMICILIO	<input type="text"/>
TELEFONO	<input type="text"/>
CEDULA	<input type="text"/>
CONTACTO	<input type="text"/>
USUARIO	<input type="text"/>
CONTRASEÑA	<input type="password"/>

➤ Iniciar Sesión

### INGRESAR PACIENTE

**USUARIO**

**CONTRASEÑA**

### INGRESAR MEDICO

**USUARIO**

**CONTRASEÑA**

➤ El médico tendrá a su disposición varias opciones después de su logueo.

The screenshot shows a web browser window with the URL `glucoapp.eshost.com.ar/glucoapp1/Pagina_Web/medico.php`. The page has a header with navigation links: INICIO, DIABETES, DISPOSITIVO, and CONTACTENOS. Below the header, it says "BIENVENIDO DOCTOR: majose" and "Cerrar Sesión".

The main content area is divided into two sections:

- Left Section (Blue background):** A list of menu items for a doctor:
  - [MI PERFIL](#)
  - [REGISTRAR NUEVO PACIENTE](#)
  - [LISTA DE PACIENTES](#)
  - [REGISTRAR VISITAS](#)
  - [VISITAS PROGRAMADAS](#)
  - [ANALISIS](#)
  - [EXPLORANTE](#)
  - [VER EXPLORANTE](#)
- Right Section (Green background):** A table titled "MIS DATOS" showing the doctor's profile information:
 

ID_MEDICO	27
NOMBRES	Maria Jose
APELLIDOS	Maquinche Moreta
DOMICILIO	Macas

- El paciente tendrá a su disposición varias opciones después de su logueo.



Al ingresar a la aplicación móvil se puede realizar las siguientes funciones:

- Pantalla Principal



- Ingresar a la base de datos



➤ Registro de mediciones en la base de datos

The screenshot shows a mobile application interface with a status bar at the top displaying 'GUARDAR', signal strength, Wi-Fi, 15% battery, and the time 21:19. Below the status bar is a header with a logo and the text 'INICIO DIABETES'. The main content area is titled 'REGISTRO ANALISIS'. On the left, there is a vertical menu with options: 'MI', 'DEFEIL', 'MIS', 'ANALISIS', 'MIS', 'VISITAS', 'MI', 'EXPEDIE', 'REGISTR', 'ANALISIS'. The main form contains the following fields: 'ID' with a dropdown menu showing '8', 'PACIENTE', 'TIPO DE ANALISIS' with a dropdown menu showing 'En ayunas', 'RESULTADO' with a text input field containing '80 mg/dl', and 'FECHA' with a date picker showing '26/10/2017'. At the bottom of the form are two buttons: 'REGISTRAR' and 'SALIR'.

➤ Iniciar mediciones

The screenshot shows a mobile application interface with a status bar at the top displaying 'CONECTAR', signal strength, Wi-Fi, 16% battery, and the time 21:17. Below the status bar is a header with the text 'CONECTAR'. The main content area is titled 'INICIAR MEDICIÓN DE GLUCOSA:'. In the center, there is an illustration of a person sitting on a chair with a large white sphere above their head. Below the illustration are two buttons: 'INICIAR' and 'GUARDAR'. At the bottom of the screen are three buttons: 'CONECTAR', 'DESCONECTAR', and 'SALIR'.