



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2018

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 30 de abril de 2018

Señores
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
Ciudad

El (Los) suscrito(s):

ALEX GORAYEF MEDINA DIAZ, con C.C. No. 1075299873,

JONATHAN ZAMUDIO PATARROYO, con C.C. No. 1075286810,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado PROTOTIPO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA Y CONTROL PARA "GENERADOR FLUJO DE ELECTRONES" EN VEHÍCULOS A GASOLINA presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de

INGENIERO ELECTRÓNICO;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: A. GORAYEF MEDINA DIAZ EL AUTOR/ESTUDIANTE: JONATHAN ZAMUDIO P.

Firma: Alex Gorayef Medina.

Firma:

Vigilada Mineducación



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Prototipo de sistema de supervisión remota y control para “generador flujo de electrones” en vehículos a gasolina.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
<ul style="list-style-type: none">Medina DiazZamudio Patarroyo	<ul style="list-style-type: none">Alex GorayefJonathan

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
<ul style="list-style-type: none">Molina Mosquera	<ul style="list-style-type: none">Johan Julián

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Electrónico.

FACULTAD: Ingeniería.

PROGRAMA O POSGRADO: Electrónica.

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018

NÚMERO DE PÁGINAS: 86

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general Grabados ___ Láminas ___
Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Lector de PDF

MATERIAL ANEXO: No aplica

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria): No aplica

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español	Ingles
1. Monitoreo	1. Monitoring
2. Variables de proceso	2. Process variables
3. Control	3. Control
4. Visualización	4. Visualization
5. Registro	5. Recording
6. Bluetooth	6. Bluetooth

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El siguiente trabajo presenta el diseño e implementación de un sistema de supervisión remota y control para “generador flujo de electrones” en vehículos a gasolina. El trabajo posee dos partes fundamentales. La primera se encarga del monitoreo en tiempo real de las variables de proceso voltaje, corriente, temperatura y nivel en el “generador flujo de electrones”, y de acuerdo a las mediciones que se obtienen, se hace el control adecuado de corriente y nivel. La segunda parte no menos importante, es la visualización y registro de las variables de procesos en un aplicativo móvil. Las dos partes se comunican mediante Bluetooth lo que da una amplia libertad de movimiento y por consiguiente mayor comodidad al usuario.

El resultado de esto, es un sistema que permite la supervisión remota de las variables de proceso, y un registro en el móvil donde este instalada la aplicación, esto, con el fin de un posterior análisis del comportamiento del sistema a lo largo del tiempo, además, el sistema permite el control de corriente y nivel en el “generador flujo de electrones”.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This work shows the design and implementation of a system of remote monitoring and control for “generador flujo de electrones” in gasoline vehicles. This project has two main parts. The first is responsible of monitoring in real time of the process variables voltage, current, temperature and water level in this one, the measurements are used to do the correct current and water level control. The second part is in charge of the process variables visualization and recording on a mobile device. This two parts are communicated through Bluetooth technology which provides wide range of movement and therefore greater comfort to the user.

The result of this, is a system that supplies a remote monitoring of process variables, and a recording on mobile device where the app is installed. This, for the purpose of a subsequent analysis about the behavior of the system over time, in addition, the system allows the current and water lever control in the “generador flujo de electrones”

APROBACIÓN DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Johan Julián Molina Mosquera

Firma:

Nombre Jurado: Vladimir Mosquera Cerquera

Firma:

Nombre Jurado: José de Jesus Salgado Patrón

Firma:

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA Y CONTROL PARA
“GENERADOR FLUJO DE ELECTRONES” EN VEHÍCULOS A GASOLINA**

ALEX GORAYEF MEDINA DÍAZ
JONATHAN ZAMUDIO PATARROYO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA – HUILA
2017

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA Y CONTROL PARA
“GENERADOR FLUJO DE ELECTRONES” EN VEHÍCULOS A GASOLINA**

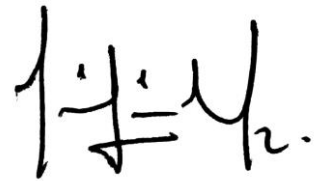
ALEX GORAYEF MEDINA DÍAZ
JONATHAN ZAMUDIO PATARROYO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Electrónico

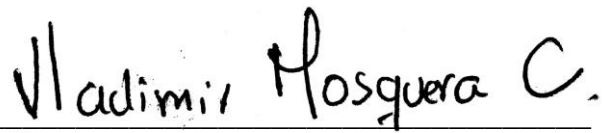
Director:
JOHAN JULIÁN MOLINA MOSQUERA
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA – HUILA
2017

Nota de aceptación



Firma del director del proyecto



Firma del Primer jurado



Firma del Segundo jurado

Con humildad;

Agradezco a Dios quien me permite alcanzar este nuevo escalón en la vida;

A mis padres Santiago y Beatriz quienes han hecho un gran esfuerzo para permitirme alcanzar esta meta, y me han instruido e inculcado valores para hacer de mí una mejor persona día a día;

A mis hermanos Santiago y Osiris quienes siempre han sido mi apoyo;

A mi compañero Jonathan quien fue un pilar en este proyecto de grado;

ALEX GORAYEF MEDINA DÍAZ

Agradezco infinitamente a Dios por darme la vida y la oportunidad de luchar por este sueño;

A mis padres José Manuel y María Eugenia quienes han batallado incansablemente para brindarme lo mejor, con amor y comprensión incondicional;

A mis familiares que siempre me apoyaron moral y económicamente;

A mis maestros quienes forjaron mi formación personal y profesional;

A mi compañero y amigo Gorayef por brindarme su apoyo y confianza en la realización de este proyecto de grado;

JONATHAN ZAMUDIO PATARROYO

AGRADECIMIENTOS

A la universidad Surcolombiana, por ofrecernos la oportunidad de estudiar en esta alma mater de gran calidad.

Al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) por permitir usar sus instalaciones y sus herramientas electrónicas para la terminación del proyecto.

A Green Label Colombia por habernos brindado su confianza y permitido la ejecución de este proyecto.

A los ingenieros que nos brindaron su apoyo, conocimiento y tiempo para lograr la culminación del trabajo final de grado.

A nuestros amigos por todos los buenos momentos que se pasaron y nos ayudaron en nuestro crecimiento personal y profesional.

Todas las personas que de una u otra forma colaboraron para la culminación de este proyecto de grado.

TABLA DE CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1 ESTADO DEL ARTE	18
2.2 GENERADOR FLUJO DE ELECTRONES	19
2.3 SISTEMA DE MONITOREO, CONTROL Y REGISTRO	20
2.4 MODULACIÓN PWM	21
2.5 MICROCONTROLADORES PIC	21
2.6 FILTRO PASA BAJO	22
2.7 MONITOR DE CORRIENTE INA219	22
2.8 PROTOCOLO I2C	23
2.9 SONDA DE TEMPERATURA DS18B20	23
2.10 PROTOCOLO 1-WIRE	24
2.11 SENSOR DE PRESIÓN MPX5010DP	25
2.12 CONTROL ON/OFF	26
2.13 BLUETOOTH	26
2.14 MÓDULO BLUETOOTH HC-05	27
2.15 ANDROID	28
2.16 MODELO VISTA CONTROLADOR (MVC)	28
2.17 TELEMETRÍA	29
3. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	30
3.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA	30
3.2 SECCIONES DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL	31
3.2.1 Modulación PWM de corriente sincronizado a RPM.	32
3.2.2 Monitoreo de corriente PWM	36
3.2.3 Monitoreo de voltaje batería	38
3.2.4 Monitoreo de voltaje PWM.	39
3.2.5 Monitoreo de nivel	39
3.2.6 Control de nivel ON/OFF	45
3.2.7 Monitoreo de temperatura.	47
3.3 CONEXIÓN INALÁMBRICA	48
3.3.1 Conexión Bluetooth PIC18F4550.	48
3.3.2 Conexión Bluetooth aplicación móvil	49
3.4 VISUALIZACIÓN Y REGISTRO	53

3.4.1	Modelo vista controlador.....	53
3.4.2	Visualización.....	54
3.4.3	Registro.....	58
3.5	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	61
3.6	COSTO DEL SISTEMA.....	62
4.	VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	63
4.1	VOLTAJE.....	63
4.2	CORRIENTE GENERADOR.....	65
4.3	TEMPERATURA.....	66
4.4	EFEECTO TEMPERATURA – CORRIENTE.....	67
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	68
5.1	CONCLUSIONES.....	68
5.2	RECOMENDACIONES.....	69
5.3	TRABAJOS FUTUROS.....	70
	BIBLIOGRAFÍA.....	71
	ANEXOS.....	73

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Generador flujo de electrones.....	19
Figura 2. Esquema general del prototipo	20
Figura 3. Esquema de obtención del nivel DC de la señal PWM.....	22
Figura 4. Diagrama de pines monitor de corriente INA219	22
Figura 5. Esquema de pines DS18B20.....	23
Figura 6. Configuración de hardware de conexión ds18b20.....	24
Figura 7. Esquema de pines sensor de presión MPX5010DP	25
Figura 8. Diagrama de bloques de control on/off con	26
Figura 9. Logotipo de dispositivo Bluetooth	26
Figura 10. Módulo Bluetooth HC-05.....	27
Figura 11. Logotipo de Android.....	28
Figura 12. Diagrama de bloques del prototipo	30
Figura 13. Diagrama de flujo interrupción externa	32
Figura 14. Diagrama de flujo modulación PWM.....	35
Figura 15. Diagrama de flujo configuración registros.....	37
Figura 16. Diagrama de flujo lectura de registro	38
Figura 17. Circuito filtro pasa bajo	39
Figura 18. Esquema del monitoreo de nivel.....	40
Figura 19. Diagrama de la medición de nivel	42
Figura 20. Respuesta sensor MPX5010dp sin amplificar	43
Figura 21. Respuesta amplificada del sensor MPX5010dp	44
Figura 22. Circuito amplificador MPX5010dp.....	45
Figura 23. Comportamiento del nivel de líquido.....	46
Figura 24. Diagrama de bloques control ON/OFF.....	46
Figura 25. Bomba de agua 12V	47
Figura 26. Diagrama de flujo comunicación DS18B20.....	48
Figura 27. Diagrama de flujo ListaDevice.java.....	50
Figura 28. Vista de dispositivos vinculados	51
Figura 29. Diagrama de flujo conexión Bluetooth	52
Figura 30. MVR Aplicación móvil	53
Figura 31. Menú navegación	55
Figura 32. Home segmento superior e inferior.....	55
Figura 33. Fragmento PWM.....	56
Figura 34. Fragmentos Sensores.....	56
Figura 35. Fragmentos base de datos	57
Figura 36. Alarmas.....	57
Figura 37. Carpeta BD	58
Figura 38. Estructura Json.....	59
Figura 39. Diagrama de flujo de Registro de datos.....	60

Figura 40. Diagrama aplicación móvil desarrollada	61
Figura 41. Comparativa voltaje prototipo vs voltímetro uni-t ut39c	64
Figura 42. Comparativa voltaje batería prototipo vs voltímetro uni-t ut39c	64
Figura 43. Comparativa corriente prototipo vs amperímetro uni-t ut39c	65
Figura 44. Comparativa temperatura prototipo vs pistola fluke 62	66
Figura 45. Comportamiento Corriente vs Temperatura.....	67

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Mediciones Nivel vs Voltaje	41
Tabla 2. Validación de medición del sensor de presión diferencial.....	43
Tabla 3. Comportamiento de nivel	45
Tabla 4. Configuración módulo USART	49
Tabla 5. Índices para dividir celdas.....	54
Tabla 6. Costo del prototipo.....	62
Tabla 7. Validación voltaje Generador	63
Tabla 8. Validación Voltaje batería.....	64
Tabla 9. Validación corriente Generador	65
Tabla 10. Validación Temperatura.....	66
Tabla 11. Temperatura-Corriente.....	67

LISTAS DE ANEXOS

pág.

ANEXO A. Guía de usuario.....	73
-------------------------------	----

GLOSARIO

RPM. Es el acrónimo de revoluciones por minuto, el cual hace referencia al número de vueltas por minuto que da el cigüeñal del motor del automóvil.

ELECTRÓLISIS. Es el proceso químico que separa los elementos de un compuesto, por la acción de una corriente eléctrica a través de un par de electrodos conectados a una fuente de alimentación y sumergidos en la disolución.

ADC. Analog-to-digital converter consiste en la traducción de las señales análogas a digitales, con el fin de facilitar su procesamiento.

CCP. Es un módulo de Captura, Comparación y Pwm, disponible en los microcontroladores actuales. El modo captura permite almacenar el valor de un timer cuando se ocasiona un evento, el modo comparación compara el valor de dos registros y admite asignar un evento externo de acuerdo a una condición, el modo PWM utiliza un timer para generar un tren de pulsos de amplitud y ciclo de trabajo variable (PWM).

TRANSCEIVER. Es un dispositivo que cuenta con las facultades del transmisor y el receptor, con la ventaja de compartir circuitería para realizar el envío y recepción de información.

UART. Por sus siglas en inglés Universal Asynchronous Receiver Transmitter (Transmisión y Recepción Asíncrona Universal), es un módulo configurable encargado de controlar los puertos de comunicación presentes en los microcontroladores.

RS-232. Es un estándar mundial el cual designa parámetros específicos para la comunicación serial, en la transmisión RS-232 las cadenas de datos son caracteres ASCII.

ASCII. Es un código de caracteres basado en el alfabeto latino, el cual utiliza 7 bits para su representación binaria.

RESUMEN

El siguiente trabajo presenta el diseño e implementación de un sistema de supervisión remota y control para “generador flujo de electrones” en vehículos a gasolina. El trabajo posee dos partes fundamentales. La primera se encarga del monitoreo en tiempo real de las variables de proceso voltaje, corriente, temperatura y nivel en el “generador flujo de electrones”, y de acuerdo a las mediciones que se obtienen, se hace el control adecuado de corriente y nivel. La segunda parte no menos importante, es la visualización y registro de las variables de procesos en un aplicativo móvil. Las dos partes se comunican mediante Bluetooth lo que da una amplia libertad de movimiento y por consiguiente mayor comodidad al usuario.

El resultado de esto, es un sistema que permite la supervisión remota de las variables de proceso, y un registro en el móvil donde este instalada la aplicación, esto, con el fin de un posterior análisis del comportamiento del sistema a lo largo del tiempo, además, el sistema permite el control de corriente y nivel en el “generador flujo de electrones”.

Palabras Clave: Monitoreo, Variables de proceso, Control, Visualización, Registro, Bluetooth.

ABSTRACT

This work shows the design and implementation of a system of remote monitoring and control for “generador flujo de electrones” in gasoline vehicles. This project has two main parts. The first is responsible of monitoring in real time of the process variables voltage, current, temperature and water level in this one, the measurements are used to do the correct current and water level control. The second part is in charge of the process variables visualization and recording on a mobile device. This two parts are communicated through Bluetooth technology which provides wide range of movement and therefore greater comfort to the user.

The result of this, is a system that supplies a remote monitoring of process variables, and a recording on mobile device where the app is installed. This, for the purpose of a subsequent analysis about the behavior of the system over time, in addition, the system allows the current and water lever control in the “generador flujo de electrones”

Keywords: Monitoring, Process variables, Control, Visualization, Recording, Bluetooth.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo documenta cada uno de los componentes necesarios para la realización del sistema de supervisión remota y control para el “generador flujo de electrones”. Este consta de múltiples ramas de desarrollo tales como la instrumentación, el control y el desarrollo de aplicaciones móviles, las cuales serán especificadas a lo largo del documento. Este proyecto tiene como finalidad, permitir la supervisión en tiempo real en el “generador flujo de electrones” evitando daños en el mismo, además, se asegura un correcto funcionamiento del generador ya que el sistema tiene una serie de alarmas que informa al usuario en caso de detectar anomalías en el funcionamiento.

La característica principal de este sistema de supervisión remota y control, es aprovechar de manera eficiente la energía suministrada al generador, ya que cuenta con control de corriente PWM sincronizado por las RPM del vehículo, asegurando un buen funcionamiento y monitoreo constante sobre el “generador flujo de electrones”.

Los vehículos automotores de combustión interna a gasolina, donde sólo del 14%-30% de la energía del combustible es utilizada para moverlo, forman parte de uno de los campos donde se intenta reducir el consumo y recuperar parte de la energía que generalmente se pierde en ineficiencias del motor (68%-72%) y línea de manejo o en el uso de accesorios. La mayor parte de la energía del combustible se pierde en el motor, primordialmente al calentarse. Pequeñas cantidades de energía se pierden en la fricción del motor, bombeando aire dentro y fuera de éste y en la ineficiencia de combustión, lo cual es reflejada en la cantidad de gases contaminantes que son expulsados por el vehículo¹.

Teniendo en cuenta que la contaminación del aire es un problema importante con efectos peligrosos en el sistema ecológico del ser humano², se debe actuar de inmediato para remediar esta situación, sumado a esto, el gobierno insiste que el inventario de combustibles fósiles se está agotando a mayor velocidad, otra razón por lo cual se intenta reducir el consumo de este³.

¹ A dónde va la energía: vehículos de gasolina. Fueleconomy, 2014. Disponible en internet: <https://www.fueleconomy.gov/feg/esatv.shtml#data-sources>

² SUGANYA, E y VIJAYASHAARATHI, S. Smart vehicle monitoring system for air pollution detection using Wsn. Sona college of Technology. Salem. 2016. doi: 10.1109/ICCSP.2016.7754238

³ La Carrera para Conseguir más Petróleo. Semana, 2014. Disponible en internet: <http://www.semana.com/economia/articulo/colombia-esta-en-una-carrera-por-encontrar-nuevos-recursos-energeticos/389266-3>

En Colombia existe una gran variedad de empresas que están optando por el desarrollo de tecnologías amigables con el medio ambiente, con las cuales, se buscan mitigar los efectos de la contaminación por gases tales como CO, CO₂ y HC, ya que los empresarios colombianos prefieren adquirir maquinaria nueva, con tecnología innovadora, eficiente y amigable con el medio ambiente⁴. En esta carrera contra el cambio climático, una de las empresas innovadoras ha sido Green Label Colombia S.A, la cual se encuentra trabajando para hacer grandes aportes en este ámbito. En su línea de investigación enfocada a la reducción de gases de efecto invernadero resultantes del uso de combustibles fósiles, ha desarrollado diversos productos tales como un ordenador de flujo molecular aplicado en el tanque, el cual permite mejorar la eficiencia del combustible que se encuentra dentro de este, sin importar si es tipo diésel o corriente. Dentro de sus desarrollos, también cuenta con otro producto que en sus inicios era similar a un generador de HHO convencional, que se ha logrado modificar con el tiempo para mantener idénticos resultados en la eficiencia del automóvil sin tener un amplio gasto de energía eléctrica sobre el mismo. En la actualidad la empresa ha denominado este desarrollo como “generador de flujo de electrones”.

Green Label Colombia ha tenido la necesidad de adquirir una serie de componentes electrónicos que le permitan monitorear el funcionamiento del dispositivo “generador flujo de electrones” de forma remota desde la comodidad de un smartphone, almacenar las mediciones para un análisis posterior del comportamiento del sistema a lo largo del tiempo, controlar el nivel del líquido almacenado en el dispositivo con el fin de asegurar un correcto funcionamiento, y así mismo regular el consumo eléctrico de este, ya que la corriente es suministrada de acuerdo a una exigencia en tiempo real de automóvil tales como las RPM. La herramienta que permitirá lo mencionado será llamado desde este momento sistema de supervisión remota y control para “generador flujo de electrones”. Con el cual Green Label Colombia quiere dar un plus de fiabilidad a los clientes que adquieran el sistema que han desarrollado.

⁴ Equipos y accesorios. Colombia vive un buen momento para estrenar maquinaria. Virtualpro, 2017. Disponible en internet: <https://www.revistavirtualpro.com/noticias/colombia-vive-un-buen-momento-para-estrenar-maquinaria>

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar prototipo de sistema de supervisión remota y control para el “Generador flujo de electrones” en vehículos a gasolina de la empresa GREEN LABEL COLOMBIA.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar las características y condiciones de trabajo para los sensores que se utilizarán en la medición de corriente, temperatura y nivel.

Identificar las líneas de comunicación entre la computadora del vehículo y el sensor encargado de la medición de las RPM.

Realizar el acoplamiento de las señales generadas por los sensores.

Implementar un control de corriente basada en PWM sincronizada a RPM del vehículo.

Adquirir las mediciones de las variables de proceso corriente, voltaje, rpm, temperatura y nivel del líquido.

Obtener un modelo del comportamiento del nivel de líquido presente en el dispositivo “Generador flujo de electrones”.

Automatizar el llenado del líquido albergado en el “Generador flujo de electrones”.

Generar un registro de las mediciones de las variables de proceso.

Diseñar el modelo vista controlador (MVC) y desarrollar la aplicación móvil.

Validar el prototipo de supervisión remota y control para el “Generador flujo de electrones” implementado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

El desarrollo de las innovaciones tecnológicas aplicadas a los vehículos automotores ha permitido desde hace décadas múltiples avances que han permitido mejorar la experiencia del usuario, el consumo de energía y el fortalecimiento de la protección del medio ambiente.

En el ámbito internacional se han realizado importantes avances en esta área. En 2012, en la Mediterranea University (Italia) se diseñó SMaRTCaR una plataforma basada en teléfonos inteligentes que explota el hardware dedicado de bajo costo para interactuar con sensores a bordo y en el entorno del vehículo. Los datos recuperados se clasifican y luego se transmiten de forma oportuna a través del interfaz inalámbrico más conveniente al centro de control remoto y monitorización específico, para luego presentar la información al usuario mediante una interfaz gráfica (GUI) complementándola con datos recogidos por el propio teléfono móvil, es decir, coordenadas de posición y tiempo⁵.

En 2013, en la Multimedia University (Malasia) se desarrolló un sistema de regulación led inalámbrico controlado a través de Android, que incluía al sistema una atenuación pwm que permitía alcanzar niveles de intensidad más bajos evitando cambios de color durante la atenuación y un control lineal de la intensidad de luz. Obteniendo una buena perspectiva en el campo de la inteligencia ambiental donde la regulación de la luz es necesaria para la iluminación sostenible⁶.

En el ámbito local en la Universidad Surcolombiana, se han desarrollado dos proyectos a nivel de pregrado con temáticas afines. En el año 2014, se desarrolló un proyecto a nivel de pregrado, a partir de un generador de HHO, en el cual monitorearon las siguientes variables de proceso: nivel, temperatura, voltaje y corriente. Además, se realizó un control de nivel del sistema mediante ON/OFF, de igual manera desarrollaron un control de corriente a lazo cerrado, donde el usuario especificaba la corriente deseada del generador HHO, obteniendo buenos resultados⁷.

⁵ CAMPOLO, C. LERA, A. MOLINARO, A. PARATORE, S. y RUGGERI, G. SMaRTCaR: An integrated smartphone-based platform to support traffic management applications. Mediterranea university. 2012. doi: 10.1109/VTM.2012.6398700

⁶ TENG, K. LAM, Z. y WONG, S. Dimmable WiFi-connected LED driver with android based remote control. Multimedia university. 2013. doi: 10.1109/ISWTA.2013.6688793

⁷ ROMERO, J. y RIOS, A. Instrumentación de un sistema de generación de hidrógeno vehicular. Trabajo de grado. ingeniería electrónica. Universidad Surcolombiana. Neiva. 2014.

Más tarde en el 2015, se implementó un analizador básico de gases, el cual contaba con comunicación inalámbrica e interpretación de mediciones de humedad, temperatura, dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), oxígeno (O) y compuestos orgánicos volátiles (VOC's), con una interfaz gráfica bajo la plataforma Android. Además, contaba con la opción de dar registro a cada cliente, solicitando datos como propietario, placa, modelo, cilindraje, entre otros⁸.

2.2 GENERADOR FLUJO DE ELECTRONES

El concepto teórico del generador flujo de electrones consiste en un dispositivo en el cual se lleva cabo un proceso de electrólisis, con baja demanda de corriente (0.2 - 1 Amperio), la Figura 1 presenta una vista general del “generador flujo de electrones”. Los detalles de la tecnología son los siguientes:

- Los electrodos del generador son hilos de oro, como superconductor, los cuales permiten hacer eficiente el proceso energético.
- Los resultados obtenidos preliminarmente sugieren que el aditivo disminuye la fuerza de cohesión en la molécula agua, logrando así, que el enlace entre el hidrógeno y el oxígeno se debilite y que no sea necesario una cantidad enorme de electrones por segundo, con ello, se considera que la producción del generador a través de la manguera de salida, es una pequeña fracción de gas físico y lo que realmente se produce es gas eléctrico (Flujo de electrones)⁹.

Figura 1. Generador flujo de electrones



Fuente. Autores

⁸ MUÑOZ, P. Diseño e implementación de un analizador básico de gases para emisiones vehiculares (HC CO CO₂) desarrollado bajo la plataforma Android. Trabajo de grado. ingeniería electrónica. Universidad Surcolombiana. Neiva. 2015.

⁹ ESCOBAR, S. Energías Alternativas [en línea]. Green Label Colombia, 2016. Disponible en internet: <http://www.greenlabelcolombia.com/energias-alternativas>

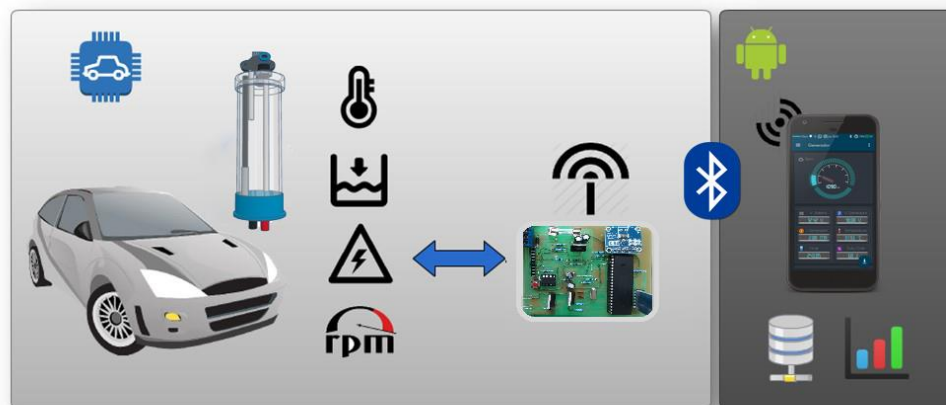
2.3 SISTEMA DE MONITOREO, CONTROL Y REGISTRO

El monitoreo se basa en la recolección de información, con el fin de hacer seguimiento a un proceso y permitir al usuario la observación e interpretación del comportamiento y evolución del sistema en tiempo real, por lo tanto, proporciona la detección de fallas o cualquier tipo de error ocasionado por perturbaciones ajenas y/o propias del sistema, para la toma de medidas correctivas de manera eficiente. Teniendo en cuenta que el “generador flujo de electrones” se encuentra en un lugar incómodo y hostil para la implementación de un sistema de monitoreo local, se opta por el uso de tecnologías inalámbricas, con el fin de brindar una mejor experiencia y comodidad al usuario final.

El control se basa en obtener mediante la manipulación de variables de proceso, el dominio sobre los parámetros de salida, para lograr que estos alcancen valores predefinidos. El registro de la información se fundamenta en el almacenamiento de manera continua o discreta de las variables de proceso en algún tipo de archivo o estructura de datos, con el fin de realizar un posterior análisis o manipulación de estos.

La Figura 2, muestra un esquema general del prototipo que se desea implementar, el cual será dotado de un sistema de instrumentación que permitirá la adquisición de las variables de proceso RPM, temperatura, nivel, corriente y voltaje, además, de un componente de control de nivel y una entrega regulada de corriente de acuerdo a las RPM del vehículo. Después de obtener los parámetros mencionados anteriormente, se hará el envío de la información vía Bluetooth hacia un Smartphone con sistema operativo Android, en el cual, esta será almacenada de forma ordenada en una base de datos local.

Figura 2. Esquema general del prototipo



Fuente. Autores

2.4 MODULACIÓN PWM

Modulación por ancho de pulso (PWM, del inglés pulse-width modulation), Este tipo de modulación genera pulsos de diferentes anchuras para representar la amplitud de una señal analógica¹⁰. Esta técnica es usada para evitar sobrecalentamientos en los dispositivos controlados, ya que regula la energía entregada al sistema. Para este caso, es usado el módulo CCP (Capture, Compare y PWM) con el que cuenta el microcontrolador 18F4550. La entrega de corriente se realiza mediante un monitoreo constante de las RPM del vehículo, la cual es una variable de esfuerzo real del automóvil. Además, es necesario implementar los modos automático y manual de la forma de operación del ciclo útil de la señal PWM, ya que, si el usuario desea suministrar la corriente que el considere pertinente, puede modificarlo de manera manual, o, por el contrario, dejar que el sistema lo asigne de manera automática de acuerdo al requerimiento de esfuerzo.

2.5 MICROCONTROLADORES PIC

En términos generales, el microcontrolador es un computador dedicado, el cual tiene como fin, controlar el funcionamiento de una tarea determinada, sin necesidad de otros componentes para su aplicación siempre y cuando posea los periféricos que correspondan a esta¹¹.

Para esta aplicación se hizo uso del dispositivo PIC18F4550 que es un microcontrolador de 40 pines perteneciente a la familia de los PIC18XXXXX, el cual posee un buen rendimiento computacional y durabilidad a un precio asequible, además, cuenta con varias opciones de oscilaciones, teniendo como reloj externo un mismo cristal. Estas son algunas de las características principales:

- Memoria flash de 32Kbytes
- RAM estática de 2048 bytes
- 3 pines de interrupciones externas
- 13 canales A/D (10 bit de resolución)
- 1 módulo CCP y 1 módulo ECCP
- Módulo EUSART
- Módulo SPI
- Módulo master I2C

¹⁰ ¿Qué es una Señal Modulada por Ancho de Pulso (PWM) y Para Qué es Utilizada? National Instruments, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

¹¹ ANGULO, J y MARTINEZ, I. Microcontroladores <<PIC>> Diseño práctico de aplicaciones primera parte. 3 ed. España: McGraw-Hill Interamericana, 2003. p. 5.

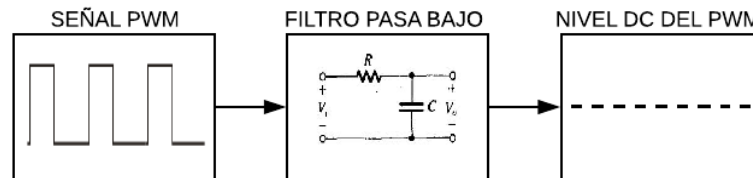
2.6 FILTRO PASA BAJO

El filtro pasa bajo pasivo es un tipo de filtro, que permite el paso de frecuencias bajas en su banda de paso y rechaza frecuencias altas en su banda de rechazo¹², todo esto determinado por una frecuencia de corte (f_c) que depende del valor de la capacitancia (C) y la resistencia (R). El diseño es determinado por la Ecuación 1.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad \text{Ecuación 1}$$

Para la medición de voltaje se aplicó este tipo de filtro, con el fin de obtener el valor DC de la señal PWM como es mostrado en la Figura 3. Dicha señal después es adaptada al voltaje de entrada del microcontrolador mediante un divisor de tensión.

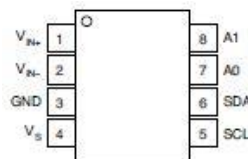
Figura 3. Esquema de obtención del nivel DC de la señal PWM



Fuente. Autores

2.7 MONITOR DE CORRIENTE INA219

Figura 4. Diagrama de pines monitor de corriente INA219



Fuente. Texas Instruments INA219 datasheet

Es un monitor digital de corriente y voltaje, el cual se comunica mediante protocolo I2C. Para el monitoreo de la corriente, el INA219 lee el voltaje en la resistencia shunt que se instale entre sus terminales V_{in+} y V_{in-} . Por otro lado, para la lectura de voltaje, toma el potencial del pin V_{in-} y lo mide con referencia la tierra del circuito. La Figura 4 muestra el diagrama de pines del dispositivo.

¹² MORENO, I. Instrumentación electrónica [en línea]. 5 ed. España: Área de tecnología electrónica. 2004. [Consultado: 3 de noviembre de 2017]. Disponible en internet: <http://www.unet.edu.ve/~ielectro/6-Filtrado.pdf>

2.8 PROTOCOLO I2C

Es uno de los modos de trabajo del módulo puerto serial síncrono (SSP, del inglés *Synchronous Serial Port*) del microcontrolador. Para implementar la tecnología es necesario que el bus de datos sea bidireccional ya que se podrán recibir o enviar datos por este, el otro hilo es usado para generar la señal de reloj de sincronización.¹³ El protocolo I2C posee dos señales:

- **Línea de datos de serie (SDA, en ingles *Serial Data*)**, es el hilo por donde son transmitidos los datos, es bidireccional y eléctricamente se trata de una señal de colector o drenado abierto.
- **Señal de sincronía (SCL, en ingles *Serial Clock*)**, en un esclavo corresponde a una entrada y en el maestro a una salida, esta señal es gobernada por el maestro y en algunos casos puede ser intervenida por el esclavo para desacelerar el funcionamiento. Eléctricamente corresponde a una señal de colector o drenado abierto.

Este protocolo permite la conexión de varios dispositivos donde uno de ellos será el maestro, además, cada dispositivo tendrá su dirección única en el bus, por lo tanto, cuando el maestro requiera información específica de algún esclavo, hará el requerimiento enviando la dirección de este mediante el bus I2C.

2.9 SONDA DE TEMPERATURA DS18B20

Figura 5. Esquema de pines DS18B20



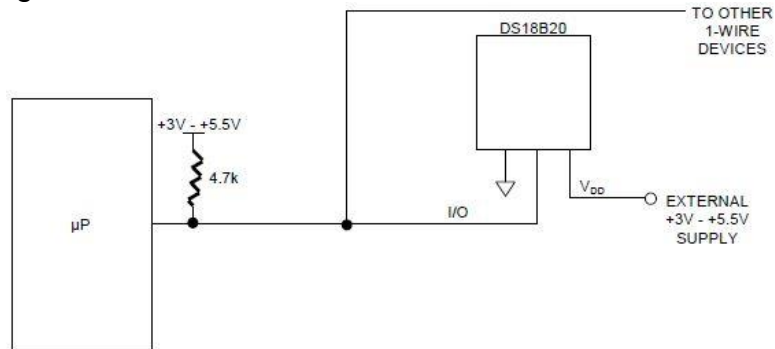
Fuente. Dallas semiconductor DS18B20 datasheet

El ds18b20 mostrado en la Figura 5 es un termómetro digital con un rango de operación de -55°C a 125°C , el cual tiene una resolución de 9 a 12 bits (configurable), el dispositivo trabaja sobre el protocolo de comunicación 1-Wire, por

¹³ I2C PIC comunicación serial [En línea]. Microcontroladores [Consultado: 5 de noviembre de 2017]. Disponible en internet: <http://microcontroladores-mrelberni.com/i2c-pic-comunicacion-serial/>

lo tanto, puede trabajar con dos hilos, uno de datos y otro de referencia sin necesidad de alimentación externa. El modo de conexión del dispositivo es mostrado en la Figura 6.

Figura 6. Configuración de hardware de conexión ds18b20



Fuente. Dallas semiconductor DS18B20 datasheet

2.10 PROTOCOLO 1-WIRE

Es un protocolo que permite la comunicación de dispositivos por un mismo bus de datos, es formado por un microcontrolador (Maestro) y dispositivos esclavos. En la práctica el protocolo en el esclavo puede implementarse de dos formas:

- Con dos alambres, denominado modo parasito, de esta forma el dispositivo esclavo toma la energía suficiente para hacer la medición y la respectiva conversión del mismo bus de datos, esto se logra manteniendo más tiempo el estado lógico en alto; el otro cable es conectado a tierra (GND).
- Con tres alambres, de esta forma el dispositivo esclavo debe contar con tres cables, uno es conectado directamente a la alimentación, otro a tierra y el último es usado simplemente para la comunicación entre maestro-esclavo.

El protocolo cuenta con dos velocidades de transmisión de datos y 6 tipos de señales para su correcto funcionamiento:

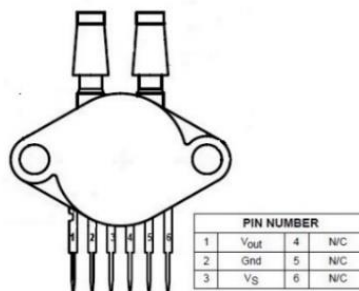
- Estándar: 15.4 Kbps
- Overdrive: 125kbps¹⁴

¹⁴ MENDOZA, G. Uso del protocolo 1-wire con comprobación de redundancia cíclica aplicado a la medición de temperatura y control de acceso [En línea]. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Área de Electrónica, 2015. p. 22. [Consultado: 5 de noviembre

- Pulso de reset
- Pulso de presencia
- Escritura de 0 lógico
- Escritura de 1 lógico
- Lectura de 0 lógico
- Lectura de 1 lógico

2.11 SENSOR DE PRESIÓN MPX5010DP

Figura 7. Esquema de pines sensor de presión MPX5010DP



Fuente. Motorola MPX5010DP datasheet

El sensor mostrado en la Figura 7 es un transductor piezoresistivo de silicio, diseñado para un amplio rango de aplicaciones, particularmente empleado con microcontroladores ya que proporciona un voltaje de salida en un rango entre 0v y 5v el cual es proporcional a la presión sensada. El comportamiento del voltaje de salida es representado en la Ecuación 2:

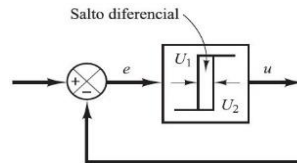
$$V_{out} = V_s * (0.09 * P + 0.04) \quad \text{Ecuación 2}$$

- V_{out}, voltaje de salida del sensor
- V_s, alimentación externa
- P, presión (Kpa)

2.12 CONTROL ON/OFF

Es un sistema de control de dos posiciones, en el que el elemento de actuación solo cuenta con dos estados, normalmente encendido y apagado¹⁵. Este tipo de control es relativamente simple y barato, por lo cual es muy usado en sistemas de control tanto industriales como domésticos.

Figura 8. Diagrama de bloques de control on/off



Fuente. Ogata¹⁵

En la Figura 8 se muestra un diagrama de bloques para un controlador de dos posiciones con una brecha diferencial, la cual representa el rango en el que debe moverse la señal de error antes de una conmutación, además $U_{(t)}$ conserva su valor hasta que la señal de error sea ligeramente desplazado más allá de cero. Con lo anterior se evita una operación demasiado frecuente del mecanismo ON/OFF.

2.13 BLUETOOTH

Figura 9. Logotipo de dispositivo Bluetooth



Fuente. <https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>

Es una tecnología inalámbrica de corto alcance y bajo consumo que permite el intercambio de información entre algunos dispositivos como computadores, teléfonos móviles, PDAs (Asistentes Personales Digitales), etc. Permitiendo una fácil sincronización entre ellos. Esta tecnología forma parte de las llamadas WPAN (Wireless Personal Area Network) cuyo estándar es IEEE 802.15.1¹⁶.

¹⁵ OGATA, K. Ingeniería de control moderna. 5 ed. Madrid, España: Pearson educación, 2010. p. 23.

¹⁶ CHAVARRÍA, D. Tecnología de comunicación de campo cercano (nfc) y sus aplicaciones. [en línea]. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica, 2011. p. 8-9 [Consultado: 6 de noviembre de 2017]. Disponible en Internet: http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2011/pb2011_012.pdf

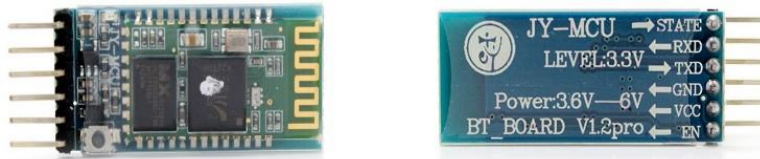
Los principales objetivos de Bluetooth son:

- Permitir la comunicación sencilla entre dispositivos fijos y móviles.
- Evitar la dependencia de cables que permitan la comunicación.
- Permitir la creación de pequeñas redes de forma inalámbrica.
- Proveer un camino fácil para el intercambio de información

2.14 MÓDULO BLUETOOTH HC-05

El módulo HC-05 mostrado en la Figura 10 es un transceiver Bluetooth montado en tarjeta base de 6 pines, interface serial, puede ser configurado como maestro o como esclavo, Bluetooth v2.0 + EDR, 2.4 GHz, alcance 5 m a 10 m. Niveles lógicos de 3.3 V.

Figura 10. Módulo Bluetooth HC-05



Fuente. <http://www.electronicoscaldas.com/modulos-rf/452-modulo-bluetooth-hc-05.html>

Características Hardware:

- Compatible con el protocolo Bluetooth V2.0.
- Voltaje de alimentación: 3.3VDC – 6VDC.
- Voltaje de operación: 3.3VDC.
- Sensibilidad Típica: -80dBm.
- Hasta +4 dBm de potencia de transmisión RF.
- Corriente de operación: < 40 mA
- Corriente modo sleep: < 1mA
- Interfaz UART con velocidad de modulación en baudios programable.

Características del Software:

- Velocidad en baudios (Modo comandos AT): 38400, Bits de datos: 8, Bit de parada: 1, Paridad: Sin paridad.
- Tasa de velocidad de modulación en baudios soportadas: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800.

- Auto-conexión del dispositivo con la última configuración por defecto.
- Permiso conectar el dispositivo emparejado de forma predeterminada.
- Por defecto PINCODE: "1234".
- Reconexión automática en 30 min cuando se desconecta como consecuencia de pérdida de conexión por salirse del rango de alcance¹⁷.

2.15 ANDROID

Figura 11. Logotipo de Android



Fuente. <https://android.com>

Android es un sistema operativo basado en una versión modificada del kernel de Linux para dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y tabletas. Es desarrollado por la Open Handset Alliance y Google, usando diversos conjuntos de herramientas de software de código abierto para dispositivos móviles¹⁸.

2.16 MODELO VISTA CONTROLADOR (MVC)

Este patrón arquitectónico separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de control en tres componentes distintos de forma que las modificaciones al componente de la vista pueden ser hechas con un mínimo impacto en el componente de modelo de datos¹⁹.

¹⁷ Sigma Electrónica. Hoja referencia tarjeta hc-05 ard. [en línea]. [Consultado: 6 de noviembre de 2017]. Disponible en Internet: <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/HOJA%20REFERENCIA%20TARJETA%20HC-05%20ARD.pdf>

¹⁸ UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Programación en dispositivos móviles portables. [en línea]. Software de Comunicaciones. [Consultado: 6 de noviembre de 2017]. Disponible en Internet: <http://sites.google.com/site/swcuc3m/home/android/portada>

¹⁹ GARCIA, H. Avances en informática y sistemas computacionales. Tabasco, México DF, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, tomo I, 2006.

El marco de MVC incluye los componentes siguientes:

Modelos: Es la capa donde se trabaja con los datos, por tanto, contendrá mecanismos para acceder a la información y también para actualizar su estado. Los datos son almacenados en una base de datos, por lo que en los modelos se tienen todas las funciones para acceder a las tablas y hacer los correspondientes selects, updates, inserts, etc.

Vistas: Contiene el código de la aplicación que va a producir la visualización de las interfaces de usuario, por lo tanto, contiene el código que permitirá renderizar los estados de la aplicación.

Controladores: Contiene el código necesario para responder a las acciones que se solicitan en la aplicación. En realidad, es una capa que sirve de enlace entre las vistas y los modelos, respondiendo a los mecanismos que puedan requerirse para implementar las necesidades de la aplicación.

2.17 TELEMETRÍA

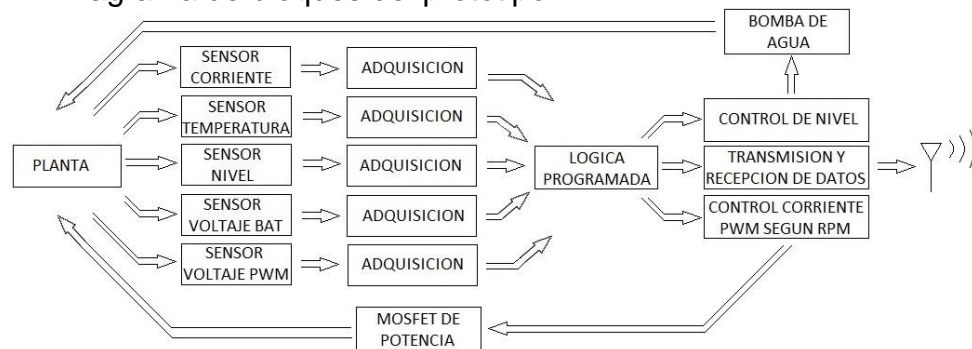
Es la medición de variables físicas y control de eventos a distancia. Así, la comunicación entre las estaciones de medición y la central de monitoreo puede ser por Radio-Frecuencia, línea telefónica, telefonía celular, conexión directa con redes LAN o WAN o comunicación satelital. Al proceso de enviar información desde los diferentes sitios hasta la central de monitoreo sin importar de que tipo sea la comunicación se le llama Telemetría²⁰.

²⁰ Sistemas de Control y Monitoreo [en línea]. Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades, 2014 [Consultado: 8 de noviembre de 2017]. Disponible en internet: http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_12._sistemas_de_control_y_monitoreo_automatico.pdf

3. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

El siguiente capítulo presenta el desarrollo del diseño y todos los parámetros que deben tenerse en cuenta para la implementación del sistema de supervisión remota y control para el generador flujo de electrones en vehículos a gasolina, que tiene como función, monitorear en tiempo real el voltaje, la corriente, el nivel y la temperatura del sistema, además, cuenta con un control ON/OFF de nivel y un control de corriente sincronizado a las RPM del automóvil. La Figura 12 muestra el diagrama de bloques del sistema de instrumentación y monitoreo.

Figura 12. Diagrama de bloques del prototipo



Fuente. Autores

3.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA

Para la selección de cada uno de los elementos usados en el sistema de supervisión, se debió tener en cuenta características importantes. Para la elección del microcontrolador adecuado, se probó la tarjeta de desarrollo PSoC, la cual se consideró inadecuada, ya que resulta costoso la implementación de ésta, y no se adapta a la necesidad económica, así, que se optó por un PIC de la familia Microchip de referencia 18F4550, ya que cuenta con suficientes periféricos, buena capacidad computacional para el desarrollo del sistema y una arquitectura optimizada para la programación en lenguaje C.

Para los sensores a implementar en el generador, se tuvo en cuenta la temperatura usual del medio de trabajo que oscila entre los 80°C y 120°C. En el caso de la corriente se probó con el sensor ACS712, pero no tuvo un desempeño adecuado ya que el generador trabaja con corrientes inferiores a los 100mA en las cuales el sensor no tenía la respuesta esperada y las mediciones no correspondían a las reales, se pretendió linealizar, pero ni fue posible, por lo tanto, se optó por el monitor de corriente INA219 el cual cuenta con la resolución adecuada para las magnitudes

en las cuales trabaja el generador, además cuenta con el protocolo I2C para la comunicación con el microcontrolador con el que se pueden acceder a las diferentes configuraciones con las que cuenta y al valor sensado.

Se hacen dos mediciones, donde una representa el voltaje de la batería y la otra el entregado al generador por la PWM sincronizada a las RPM del automóvil. La primera medición se adquiere del valor almacenado en el registro con el que cuenta el monitor de corriente INA219 donde almacena el valor del potencial en el punto V+ con respecto a GND. Por otro lado, el voltaje PWM fluctúa entre 0V y 12V, medición no apta para un microcontrolador, entonces se reduce al nivel entre 0V y 5V por medio de un divisor de tensión, después de esto se procede a eliminar las frecuencias altas de la señal con el fin de obtener el valor medio de ésta, y de esa manera procesarla en el micro.

La medición de nivel se lleva a cabo con un sensor diferencial de presión, adquiriendo la presión que ejerce el agua de manera capilar comparándola con la presión interna del recipiente, antes de procesar la señal entregada por el sensor, esta debe ser amplificada para aumentar la exactitud de la medida ya que los cambios en la salida del sensor son muy pequeños con respecto al nivel del líquido. Se hicieron las pruebas respectivas para ajustar el valor real almacenado teniendo en cuenta la entrada de voltaje al micro después de ser amplificada.

La temperatura en el recipiente es sensada con el chip ds18b20 el cual tiene un comportamiento adecuado en temperaturas que oscilan entre -55°C y 125°C, lo cual es adecuado para este caso, ya que la temperatura del carro nunca estará por debajo de la temperatura ambiente, ni excederá los 120°C según las pruebas realizadas. Además, este debe estar debidamente sellado para evitar daños por el líquido. La programación del microcontrolador debe contar con el protocolo para la comunicación con el termómetro digital.

La comunicación inalámbrica se realiza mediante el protocolo RS-232, haciendo uso del módulo de Bluetooth HC-05 en el modo esclavo que es el encargado de enviar cada bit de información hacia el dispositivo móvil. En el dispositivo móvil se implementa una aplicación que permite la comunicación, visualización, registro y control del PWM necesario para el desarrollo del proyecto.

3.2 SECCIONES DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL

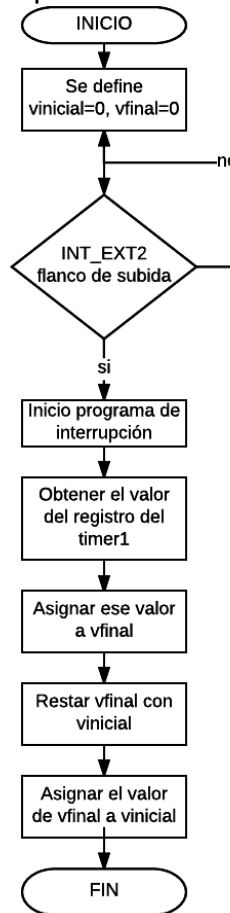
A continuación, se mostrará paso a paso el diseño del sistema de monitoreo y control, dando a conocer todas las secciones con las que éste cuenta, el microcontrolador encargado del programa principal cuenta con una configuración de oscilación de 20MHz.

3.2.1 Modulación PWM de corriente sincronizado a RPM. En la etapa de reconocimiento eléctrico y electrónico del vehículo, se encontró la línea que debe intervenir para adquirir las RPM, la señal encargada de llevar la información es de tipo cuadrada, la cual varía su frecuencia de acuerdo a las revoluciones de automóvil, la relación que se presenta en la Ecuación 3 muestra el comportamiento de las RPM de acuerdo a la frecuencia.

$$RPM = 30 * f_{señal}(Hz.) \quad \text{Ecuación 3}$$

Con la relación obtenida se llega a la conclusión que el microcontrolador debe ser capaz de medir la frecuencia, la cual se realiza mediante una interrupción externa (INT_EXT2), activa por flanco de subida y haciendo uso del registro de 16 bits del timer1, ya que se requiere monitorear la frecuencia a la par con la ejecución del programa principal; en la rutina de interrupción no se hace ningún tipo de operación a menos que sea indispensable, teniendo en cuenta que puede ocasionar bugs cuando se está ejecutando.

Figura 13. Diagrama de flujo interrupción externa



Fuente. Autores

Posteriormente de obtener el valor de la resta mostrada en el diagrama de flujo la Figura 13, se realiza una operación para hallar el valor de esa diferencia en el tiempo, ya que el registro proporciona un valor entero entre 0 y 65535 y el incremento bit a bit depende de los 4 ciclos de reloj necesarios para la realización de una instrucción en el microcontrolador y de la configuración inicial del preescaler que puede ser 1, 2, 4 u 8 para el timer 1. Teniendo en cuenta los parámetros anteriores, con la Ecuación 4²¹ se haya el tiempo en el que el registro hace un incremento

$$T_{incrementeo} = \frac{4 * Timer1Preescaler}{F_{oscilacion}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Después de obtener el valor del tiempo, se procede a multiplicar el resultado de la resta que se realiza en la interrupción con éste, y de esa forma hallar la frecuencia de la señal cuadrada.

Teniendo la frecuencia de la señal se procede a la configuración PWM del microcontrolador, la empresa Green Label Colombia solicitó que la señal PWM aplicada al generador tuviese una frecuencia base de operación de 50KHz, y, además, que el ciclo útil de la señal PWM se asignara de acuerdo a un valor de RPM del automóvil y su funcionamiento sea automática y continuo con respecto a las lecturas constantes del sistema.

Para dar cumplimiento al requisito, se debe tener en cuenta que el módulo CCP del microcontrolador tiene varios modos de trabajo (Capture, Compare y PWM), el cual debe definirse en la configuración inicial para que trabaje como es requerido, además se debe configurar el timer2 para conseguir los 50KHz de operación del PWM, ya que ese es el timer que usa de base el módulo para la operación. Esto se logra inicializando el timer2 con el preescaler ideal para el diseño el cual puede ser 1, 4 o 16, y configurando el registro PR2 de 8bits, el cual determina cuando el timer debe ser reseteado y con esto indicarle al módulo CCP la frecuencia de operación. La ecuación 5²⁶ presenta la relación en lo relacionado anteriormente:

$$F_{pwm} = \frac{F_{osc}}{(4 * Timer2Preescaler * (PR2 + 1))} \quad \text{Ecuación 5}$$

Se debe tener en cuenta que el timer2 cuando es usado para configurar la frecuencia base de operación del PWM no se podrá usar para otra tarea específica. Todo lo anterior se realiza en la configuración inicial de microcontrolador ya que estos parámetros no deben ser alterados cuando el programa principal se encuentre en ejecución, el único parámetro que se modifica es el ciclo útil que será explicado a continuación.

²¹ Microchip PIC18F4550 datasheet

Después de configurar la frecuencia base del PWM, se debe realizar la configuración del ciclo útil, el cual es modificado de acuerdo a la lectura de RPM del automóvil, donde el 100% se presenta cuando el motor del vehículo se encuentre a 1800 RPM, ese valor fue suministrado por la empresa Green Label Colombia.

Los registros encargados del ciclo útil son CCPxL y CCPxCON. El CCPxL contiene los 8 bits MSB y el CCPxCON los 2 bits LSB, proporcionando de esta manera los 10 bits de resolución en el ciclo útil. Con la frecuencia base del PWM, se debe hallar la resolución máxima en bits el cual indica el valor máximo que pueden ser escritos en los registros, ese valor puede ser hallado en la Ecuación 6²⁶:

$$PWM_{resolucion(max)} = \frac{\log(\frac{F_{osc}}{F_{pwm}})}{\log(2)} \text{ bits} \quad \text{Ecuación 6}$$

Después de conocer la resolución máxima de los registros del ciclo útil, se debe conocer el valor máximo que puede ser escrito, el cual es dada por la Ecuación 7²⁶:

$$Valor_{max} = 2^{PWM_{resolucion(max)}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Ahora se debe encontrar el porcentaje de ciclo útil que debe ser aplicado por la PWM en relación con las 1800 RPM que es el valor donde debe estar al 100% el ciclo útil, esto es posible realizarlo por medio de la Ecuación 8.

$$Porcentaje = \frac{100 * RPM}{RPM_{max}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Para encontrar un valor en relación a la frecuencia que es la variable física que está siendo medida, se debe tener en cuenta que, si el valor de RPM en el cual el sistema debe dar el 100% de ciclo útil es 1800, y haciendo uso de la Ecuación 3, entonces la frecuencia máxima para ese caso es 60Hz con lo cual se llega a la Ecuación 9.

$$Porcentaje = \frac{100}{f_{max}} * f_{medida} \quad \text{Ecuación 9}$$

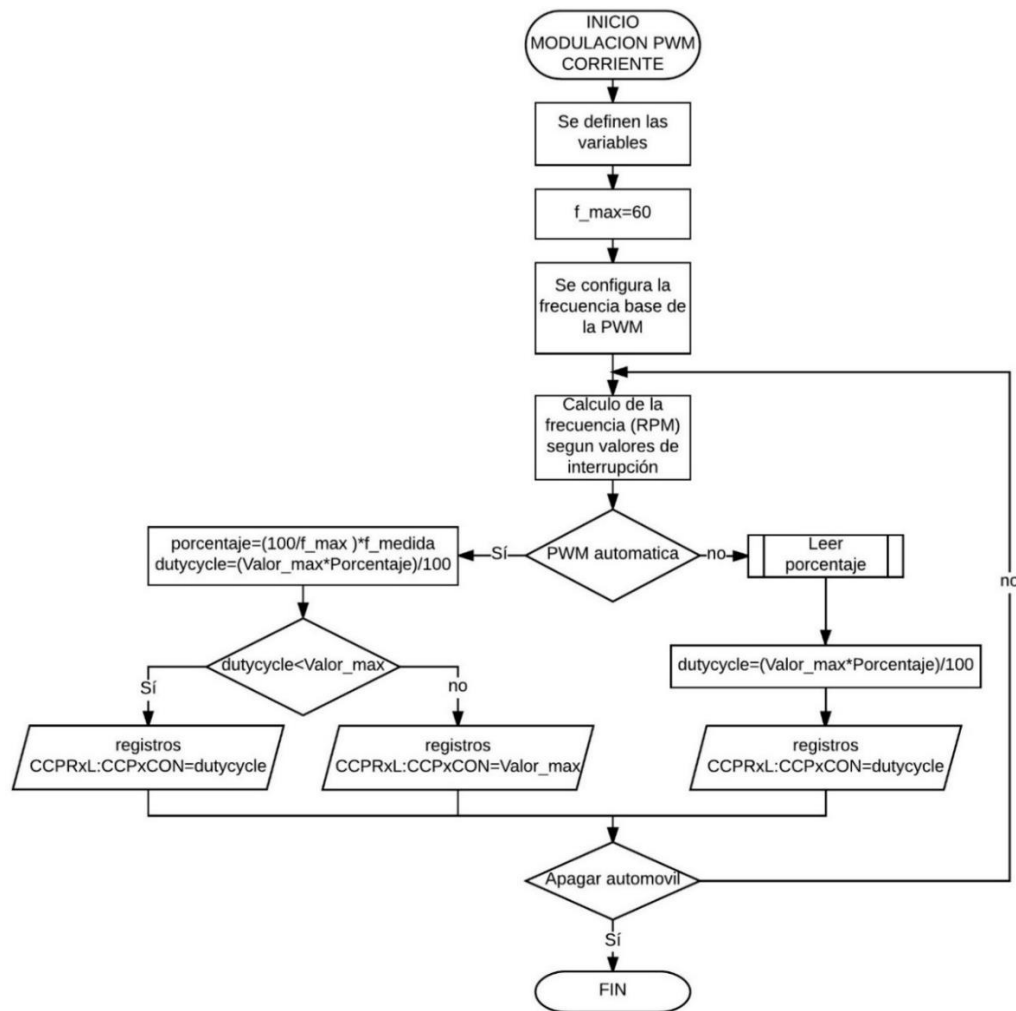
El valor máximo encontrado con la Ecuación 7, corresponde al 100% de ciclo útil, el siguiente paso es encontrar la fórmula para relacionar el valor máximo de ciclo útil con el porcentaje aplicado, el cual tiene relación mostrada en la Ecuación 10.

$$Dutycycle = \frac{Valor_{max} * Porcentaje}{100} \quad \text{Ecuación 10}$$

El valor del ciclo útil calculado con la Ecuación 10, debe ser escrito en los registros CCPxL y CCPxCON y de esa manera hacer accionar el módulo PWM, debe

tenerse en cuenta que no debe existir un ciclo útil que se encuentre por encima del valor máximo, por lo cual, se debió hacer la siguiente condición, si existe un valor mayor a este, entonces mantener el valor máximo, y con eso evitar algún inconveniente. Adicional a lo mencionado, se dejó la opción en donde el usuario decide si desea el PWM automático, como es por default, o si, por el contrario, él da la orden al sistema sobre el ciclo útil deseado, como es mostrado en la Figura 14.

Figura 14. Diagrama de flujo modulación PWM



Fuente. Autores

En la salida PWM del microcontrolador es conectado al MOSFET de potencia IRLZ44N por medio de una resistencia de 15 ohmios, teniendo en cuenta que debe poseer una resistencia de bajo valor en el pin Gate, cuando existen conmutaciones a alta velocidad según indicaciones del fabricante. El MOSFET es el encargado de entregar la corriente demandada por el generador.

3.2.2 Monitoreo de corriente PWM. Para el monitoreo de corriente se tuvo en cuenta el monitor INA219. Este fue instalado entre el terminal positivo del generador y el borne positivo de la batería del automóvil, con el fin de obtener la corriente continua del generador. En la implementación debe ser conectada una resistencia shunt de valor cualquiera en los terminales V+ y V-, adicional, debe tener conectadas resistencias de 3.3 Kohm tipo pull-up en los pines SDA y SCL, entre otros elementos según indicaciones del fabricante para un óptimo desempeño.

Lo primero que se realizó en el microcontrolador fue la configuración del protocolo I2C, donde es especificado los pines de comunicación SDA y SDL, velocidad de transmisión, y modo de trabajo, en este caso master, ya que el micro es el encargado de pedir información y hacer las configuraciones para la calibración. Después, se debe tener en cuenta la dirección con la que cuenta el monitor en la línea de comunicación I2C, el cual debe ser usada para hacer cualquier tipo de intercambio de información, sea de escritura o lectura. Para este caso, como es el único dispositivo conectado al micro con ese protocolo se puede usar la dirección por default 40h sin necesidad de hacer ningún tipo de conexión en los terminales A1 y A0. Con la dirección ya conocida, se debe agregar un bit LSB a esta el cual indica la acción que se va a realizar sobre este, sea lectura o escritura. Primero se hizo el cálculo de calibración que debe ser escrito en el respectivo registro, para esto se hace el siguiente procedimiento, se toma el valor de la resistencia shunt a implementar el cual es de 0.1 ohm, después, el voltaje máximo que será sensado desde V+ con respecto a GND, en este caso se decidió por 32V ya que es el máximo permitido por el INA219 y además el voltaje shunt máximo que podrá ser leído entre los terminales V+ y V- será de 320mV, que puede ser configurado según la preferencia, ya que para la calibración el monitor ofrece una serie de opciones sobre el valor de ese voltaje. Con la Ecuación 11²² se puede hallar la corriente máxima que será sensada.

$$I_{max} = \frac{V_{shunt_{max}}}{R_{shunt}} \quad \text{Ecuación 11}$$

Con ese valor se halla el valor mínimo de LSB y el valor máximo LSB de la corriente, teniendo en cuenta la Ecuación 12²².

$$Cal = trunc\left(\frac{0.04096}{Corriente_{LSB} * R_{shunt}}\right) \quad \text{Ecuación 12}$$

Ese valor es el que debe ser escrito en el registro de calibración del monitor de corriente el cual tiene como dirección interna 05h.

²² Texas Instruments INA219 datasheet

Después debe ser escrito en el registro de configuración de 16 bits todos los parámetros que se tuvieron en cuenta para la calibración, tales como, el voltaje máximo y el voltaje shunt máximo, además, debe especificarse por medio de ese registro la resolución del ADC del registro shunt, y el modo de operación, todo esto se configura a convenir de la aplicación y según la calibración a tener en cuenta. El registro de configuración tiene como dirección interna 00h.

Para la escritura o lectura de cualquier registro debe tenerse en cuenta que el protocolo I2C intercambia tramas de información de 8 bits, por consiguiente, como todos los registros con los que cuenta el monitor de corriente INA219 poseen un tamaño de 16 bits, se deben hacer dos envíos o dos recepciones, ya sea lectura o escritura de información, además otra particularidad de este protocolo es que envía primero el byte LSB. Se siguieron los pasos mostrados en la Figura 15 para la escritura de cada registro.

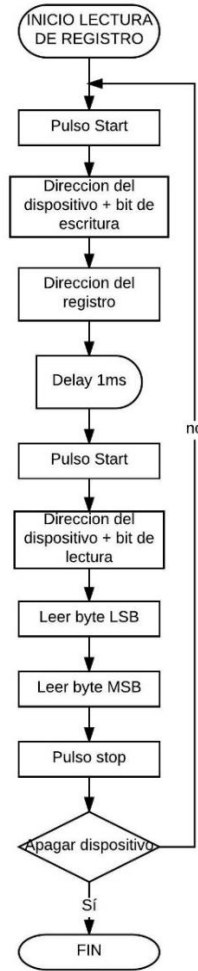
Figura 15. Diagrama de flujo configuración registros



Fuente. Autores

Una vez hecha la escritura en los registros de calibración y configuración se procede a hacer la lectura del registro de la corriente hasta que el sistema se apague, para lograrlo se debe tener en cuenta la dirección interna del registro que almacena el valor de la corriente el cual es 04h, además, debe tener un pequeño delay el cual es suficiente para hacer la conversión del voltaje shunt y el cálculo de la corriente teniendo en cuenta el valor de la resistencia que está implícita en el valor de calibración. La Figura 16 muestra la lectura de cualquier registro.

Figura 16. Diagrama de flujo lectura de registro



Fuente. Autores

3.2.3 Monitoreo de voltaje batería. Para este caso se hace uso del monitor de corriente INA219, ya que fue instalado entre el terminal positivo del generador y el borne positivo de la batería del vehículo. Como fue explicado en la sección del monitoreo de corriente, el bus de voltaje fue configurado para un máximo valor de 36V por consiguiente no hay problema, ya que el automóvil opera con voltajes entre los 12V a 15V.

El INA219 toma ese valor de voltaje entre el terminal V- y tierra del circuito, por lo tanto, a ese valor se debe adicionar el voltaje shunt con el fin de conocer el voltaje total de la batería. Para ello, primero se debe leer el contenido de los registros donde se almacenan el valor del voltaje shunt y el voltaje del bus de la forma como se muestra en la Figura 16. Los registros tienen como dirección interna 01h y 02h respectivamente.

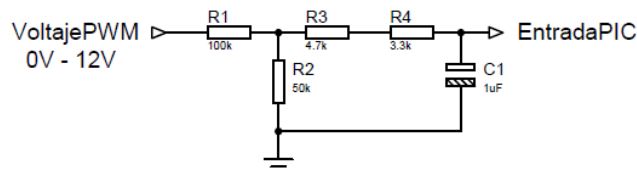
3.2.4 Monitoreo de voltaje PWM. Para el monitoreo del voltaje PWM se debió eliminar los componentes de las frecuencias altas o en otras palabras integrar la señal modulada, para poder hallar el área bajo la curva, además, como se tienen voltajes de salida en el MOSFET entre 0V y 12V se optó por implementar un divisor de tensión que en su salida tuviera voltajes entre 0V y 5V, con el fin de monitorear el voltaje entregado al generador, después de bajar el nivel de voltaje, se implementó un filtro pasivo pasa bajo RC a la señal para obtener el valor medio de la señal y de esta manera procesarla con el microcontrolador.

El filtro RC para señales PWM debe ser diseñado con una frecuencia de corte como mínimo 10 veces menor a la frecuencia base de operación del PWM, en este caso se escogió un valor de 20Hz para el corte, para hallar el valor de la resistencia y la capacitancia, se hace uso de la Ecuación 1 suponiendo el valor del capacitor y especificando el valor de la frecuencia de corte y se obtiene la Ecuación 13.

$$R = \frac{1}{2\pi * f_c * C} \quad \text{Ecuación 13}$$

La resistencia da como resultado 8 Kohm, pero teniendo en cuenta que no existen comercialmente de ese valor, se opta por 2 en serie, cuya suma da como resultado el valor necesario para la implementación. La Figura 17 muestra el circuito del filtro.

Figura 17. Circuito filtro pasa bajo

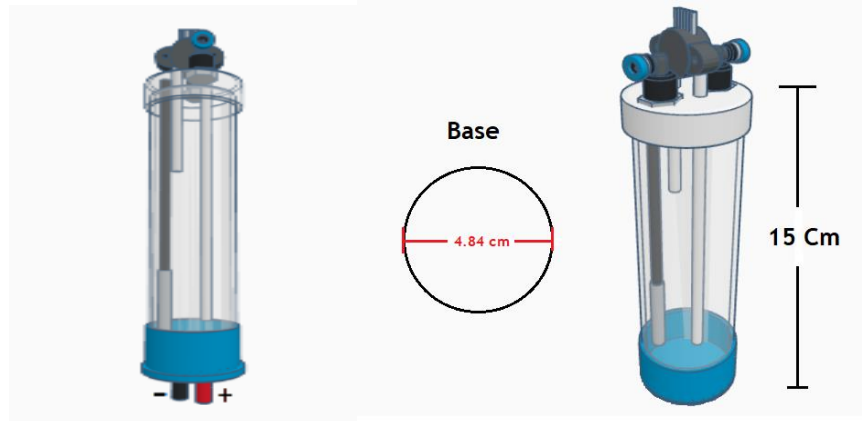


Fuente. Autores

En el micro se deben activar las respectivas configuraciones para el uso de los canales analógicos, además, tener en cuenta que el voltaje PWM leído en la salida del MOSFET es el complemento del voltaje PWM aplicado sobre el generador con referencia al de la batería, por consiguiente, en el programa principal se debe hallar la diferencia entre el valor del voltaje de la batería y el voltaje del mosfet para conocer el valor real aplicado.

3.2.5 Monitoreo de nivel. Para el caso del nivel, se aplica el sensor diferencial de presión MPX5010dp, el cual es instalado en el generador.

Figura 18. Esquema del monitoreo de nivel



Fuente. Autores

El primer paso fue instalar el sensor en el recipiente contenedor como es mostrado en la Figura 18. El dispositivo cuenta con dos puertos, por los cuales, ingresan la presión de referencia y la de interés, en este caso, la segunda es la ejercida por el nivel del líquido. Como el sensor se encuentra ubicado en la parte exterior de la tapa del recipiente, se hace uso de dos extensores, el de la presión de referencia se encuentra ubicado en un sitio donde no entrará en contacto con la sustancia y el otro, se instala a 1.6cm de la base como se observa en la Figura 19. El siguiente paso fue realizar un llenado de forma controlada y supervisada, con el fin de obtener una relación entre la altura del líquido y el voltaje de salida de éste. La toma de datos fue ejecutada con el multímetro digital uni-t ut39c.

Según el datasheet del sensor MPX5010DP, su función transferencia está dada por la Ecuación 14.

$$V_{out} = V_s * (0.09 * P + 0.04) \quad \text{Ecuación 14}$$

- V_s = Voltaje de alimentación
- P = Presión diferencial (Kpa)

Partiendo de la Ecuación 14, se procede a despejar la presión diferencial como se muestra en la Ecuación 15, y así hallar ésta medida para cada muestra de nivel tomado.

$$P = \frac{V_{out} - 0.04 * V_s}{0.09 * V_s} \quad \text{Ecuación 15}$$

La Tabla 1 presenta el resultado de la toma de muestra y la presión diferencial inmersa en el recipiente.

Tabla 1. Mediciones Nivel vs Voltaje

NIVEL (cm)	V_OUT	PRESIÓN DIFERENCIAL(Kpa)
0	0.218	0.04
1	0.218	0.04
2	0.239	0.09
3	0.283	0.18
4	0.322	0.27
5	0.361	0.36
6	0.397	0.44
7	0.438	0.53
8	0.485	0.63
9	0.524	0.72
10	0.562	0.8
11	0.603	0.9

Fuente. Autores

Para validar la medida obtenida por el sensor, se realizó el siguiente análisis matemático con ayuda del ingeniero Bonilla de la facultad de ingeniería. Teniendo en cuenta que un pie de columna de agua es una unidad de presión que equivale a la presión ejercida por una columna de agua de un pie de altura sobre la gravedad terrestre y que la presión se incrementa en forma predecible con la profundidad, en las áreas de presión normal. El gradiente de presión hidrostática normal es presentado en la Ecuación 16.

$$\nabla P = 0.433 \text{ psi/pie} \quad \text{Ecuación 16}$$

Debido a que la unidad de presión del sensor usado es el Kpa, procedemos a realizar la conversión de la presión a ésta unidad.

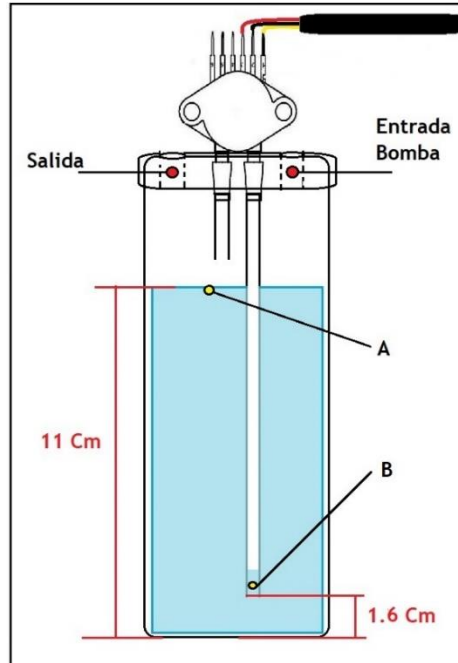
$$0.433 \text{ psi} = 2.9854299 \text{ Kpa}$$

Por lo tanto el gradiente de presión puede ser expresado en $\frac{\text{Kpa}}{\text{cm}}$ como se observa en la Ecuación 17.

$$\begin{aligned} \nabla P &= 2.98 \frac{\text{Kpa}}{\text{pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{30.48 \text{ cm}} \\ \nabla P &= 0.098 \frac{\text{Kpa}}{\text{cm}} \end{aligned} \quad \text{Ecuación 17}$$

Para validar los resultados obtenidos de las mediciones de presión diferencial del sensor realizamos el siguiente procedimiento:

Figura 19. Diagrama de la medición de nivel



Fuente. Autores

La presión presente en el punto B es equivalente a la ejercida por la columna de agua de alrededor de 9.4 Cm para la prueba ilustrada en la Figura 19, mientras que el punto A posee una presión atmosférica o muy cercana a ésta, teniendo en cuenta que el recipiente no es totalmente hermético y está expuesto a diferentes perturbaciones como la ejercida por el motor y la bomba de agua.

Para calcular la presión diferencial medida por el sensor se procede a hallar el valor del gradiente en el punto B, ya que es el lugar donde la columna de agua ejerce presión sobre el aire contenido el tubo extensor.

$$\begin{array}{r} 0.098 \text{ Kpa} \\ \times \\ 1 \text{ cm} \\ \hline 9.4 \text{ cm} \end{array}$$

$$x(11\text{cm}) = \frac{0.098 \text{ Kpa} * 9.4 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 0.921 \text{ Kpa}$$

Se realizan cálculos también para 8 cm y 5 cm para validar la correcta medición del sensor:

$$x(8\text{cm}) = \frac{0.098 \text{ Kpa} * 6.4 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 0.627 \text{ Kpa}$$

$$x(5\text{cm}) = \frac{0.098 \text{ Kpa} * 3.4 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 0.333 \text{ Kpa}$$

Tabla 2. Validación de medición del sensor de presión diferencial

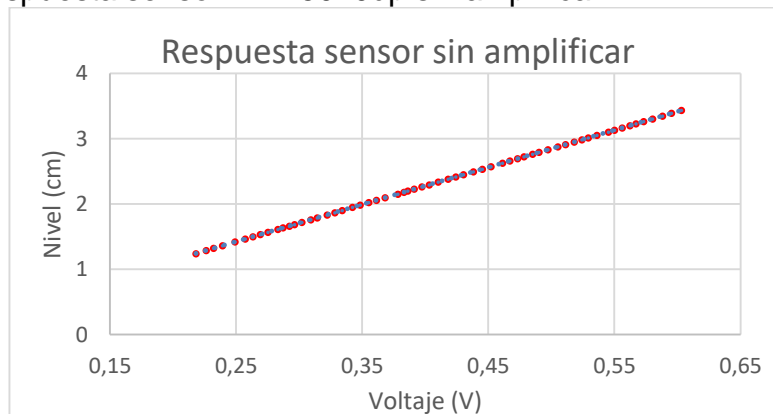
NIVEL (cm)	V_OUT	PRESIÓN DIFERENCIAL MEDIDA (Kpa)	PRESIÓN DIFERENCIAL CALCULADA (Kpa)
5	0.361	0.36	0.333
8	0.485	0.63	0.627
11	0.603	0.9	0.921

Fuente. Autores

Como se observa en la Tabla 2 los valores medidos por el sensor tienen una magnitud muy cercana al valor teórico calculado. Por consiguiente, se concluye que este instrumento es óptimo para la medición de nivel del proyecto, y que la presión diferencial sensada corresponde a la presión ejercida por la columna de agua en el punto B.

El sensor cuenta con una respuesta en voltaje en un rango de 0.2V a 4.7V. Para este caso, de acuerdo a la Tabla 1, la presión ejercida por el nivel del líquido no produce una señal de voltaje mayor a 0.7V. En la Figura 20 se ilustra la respuesta del sensor sin amplificar con respecto al nivel del líquido.

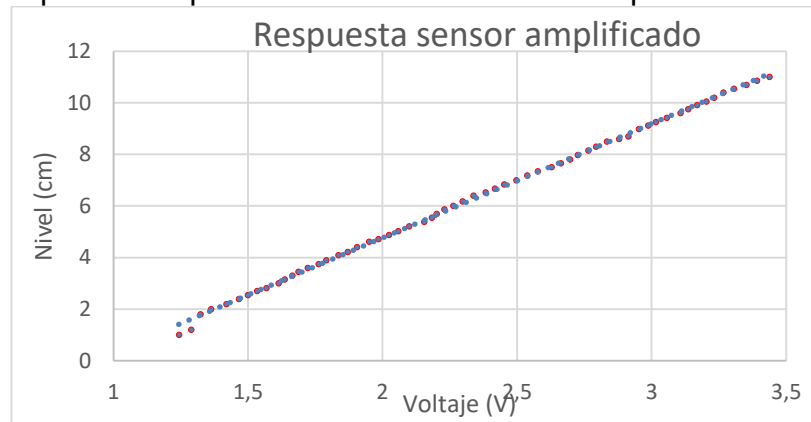
Figura 20. Respuesta sensor MPX5010dp sin amplificar



Fuente. Autores

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a efectuar una adecuación en voltaje de la señal por medio de un amplificador operacional para obtener una respuesta que permita obtener rangos de voltajes más adecuados para el microcontrolador, que posee un ADC unipolar con rangos de operación de 0V a 5V.

Figura 21. Respuesta amplificada del sensor MPX5010dp



Fuente. Autores

En la Figura 21 se observa en rojo la respuesta del sensor después de ser amplificada y en azul la línea de tendencia usada, la cual cuenta con una respuesta bastante aproximada a la real, por lo tanto, la Ecuación 18, la cual es proporcionada partiendo de los datos, es adecuada para la implementación.

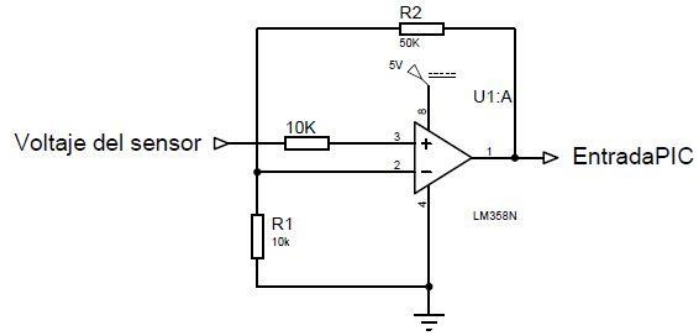
$$Nivel(cm) = 4.2204 * (voltaje_{amplificado\ sensado}) - 3.8769 \text{ Ecuación 18}$$

El amplificador LM358 es usado para el acople del voltaje de salida del sensor diferencial de presión con el microcontrolador, en su configuración como amplificador DC no inversor.

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} \text{ Ecuación 19}$$

La Ecuación 19 describe la ganancia del amplificador según las resistencias a emplear. En este caso R2 es 50k y R1 10k, por lo tanto, la ganancia teórica calculada será 6. El circuito mostrado en la Figura 22 es implementado según el valor de las resistencias halladas y la configuración recomendada por el fabricante

Figura 22. Circuito amplificador MPX5010dp



Fuente. Autores

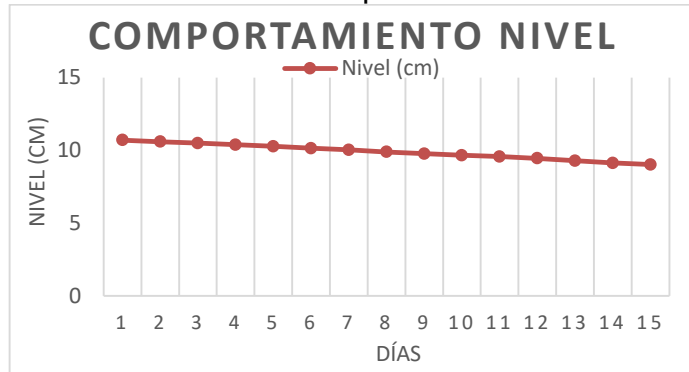
3.2.6 Control de nivel ON/OFF. Para seleccionar el tipo de control adecuado que debía implementarse para el nivel del líquido albergado en el generador, fue necesario realizar un análisis del comportamiento a lo largo del tiempo. Para ello, durante 15 días se ejecutaron mediciones de la distancia recorrida y el nivel, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 3. El comportamiento del nivel es expuesto en la Figura 23, donde observa la mínima variación.

Tabla 3. Comportamiento nivel

Día	Distancia recorrida (km)	Consumo (cm)	Nivel (cm)
1	20	0.1	10.7
2	21	0.105	10.595
3	20	0.1	10.495
4	23	0.115	10.38
5	22	0.11	10.27
6	25	0.125	10.145
7	23	0.115	10.03
8	28	0.14	9.89
9	25	0.125	9.765
10	21	0.105	9.66
11	18	0.09	9.57
12	23	0.115	9.455
13	34	0.17	9.285
14	30	0.15	9.135
15	22	0.11	9.025
TOTAL	355	1,775	

Fuente. Autores

Figura 23. Comportamiento del nivel de líquido

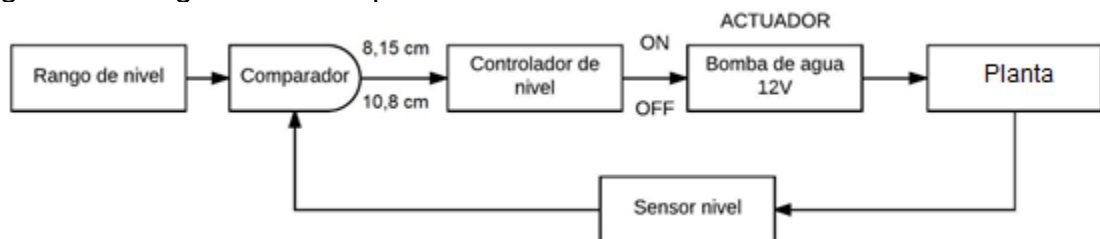


Fuente. Autores

Teniendo en cuenta el análisis anterior, se establece que el tipo de control adecuado para esta variable de proceso es el ON/OFF debido a que no presenta grandes cambios a lo largo del tiempo, otro factor a tener en cuenta son las perturbaciones ocasionadas por el movimiento del vehículo, ya que esto dificulta la medición exacta del nivel y por lo tanto un control más preciso. Debido a lo anterior se optó por el control mencionado, ya que se establece una brecha diferencial, en la cual, el nivel puede variar sin que ocurra una conmutación en el actuador.

Se debe garantizar que los electrodos se encuentren sumergidos en el líquido, por lo tanto, el valor del nivel mínimo se establece en 8.15 cm para cumplir con esta condición, y el valor máximo en 10.8 cm debido a que debe asegurar un espacio entre la tapa superior y el líquido según requerimientos de la empresa Green Label Colombia S.A. El diagrama de bloques es mostrado en la Figura 24.

Figura 24. Diagrama de bloques control ON/OFF



Fuente. Autores

La Figura 25 muestra el actuador seleccionado para el control de nivel, la cual es una bomba de agua comúnmente usado en vehículos, cuando se aplica 12V, este es accionado generando el flujo del líquido entre el reservorio y el generador.

Figura 25. Bomba de agua 12V



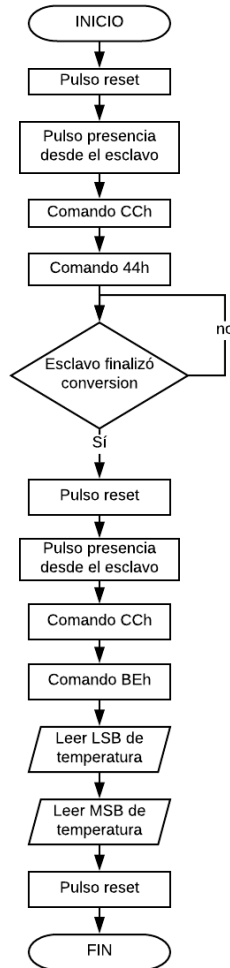
Fuente. Autores

3.2.7 Monitoreo de temperatura. Para el caso de la temperatura se tuvo en cuenta el chip ds18b20 el cual tiene un comportamiento adecuado para las temperaturas de trabajo, además, debe ser encapsulado herméticamente, con el fin de evitar cualquier tipo de filtración del líquido, ya que puede ocasionar daños irremediables en el dispositivo. El chip es sumergido con una capucha protectora, dejando los cables de alimentación y datos descubiertos en el exterior del dispositivo. Se implementó mediante el modo de alimentación externa, entre línea de datos y VCC se ubicó una resistencia de 4.7 Kohm como sugiere el fabricante, por su tecnología de drenaje abierto.

Teniendo en cuenta la interfaz de comunicación usado por el chip, lo primero que se realizó fue la inclusión de dichos protocolos en el programa principal. Primero se definió el puerto por el cual se iba a comunicar el microcontrolador con el termómetro digital, después, se especificó los tiempos que debían seguirse para la señal de lectura, escritura y el pulso de reset que son los necesarios para la comunicación, todo esto, según indicaciones del fabricante.

Con las señales establecidos, se proceden a realizar los siguientes pasos necesarios para inicializar la conversión y leer temperatura, se debe empezar con un pulso reset, el cual el dispositivo esclavo responderá con un pulso de presencia, en este caso como existe un dispositivo sobre la línea de comunicación se procede a enviar el comando CCh para poder acceder a todos los servicios ofrecidos por el chip DS18B20, si existieran varios de estos encapsulados sobre la misma línea de comunicación, sería necesario enviar el comando 55h, para después marcar la dirección del dispositivo y de esa forma acceder al chip deseado con esa dirección, el siguiente paso es iniciar la conversión con comando 44h, el dispositivo enviará por la línea un 0 lógico mientras se encuentre haciendo la conversión, cuando se reciba un 1 lógico en el microcontrolador debe enviarse un pulso reset para que el dispositivo responda con un pulso de presencia, posteriormente se envía CCh de nuevo y se accede al chip y eventualmente se envía el comando BEh para la lectura de toda la memoria scratchpad y como se deseen leer los primeros 2 bytes que son los que contienen los bytes LSB y MSB entonces al recibir los 16 bits se envía un pulso reset para finalizar el envío de información por parte del esclavo. El Diagrama de flujo de la comunicación es mostrado en la Figura 26.

Figura 26. Diagrama de flujo comunicación DS18B20



Fuente. Autores

3.3 CONEXIÓN INALÁMBRICA

En la siguiente sección se muestra todo lo pertinente a la comunicación inalámbrica vía Bluetooth entre el microcontrolador y el dispositivo móvil, la cual fue implementada mediante el módulo HC-05, a través del protocolo RS232.

3.3.1 Conexión Bluetooth PIC18F4550. La conexión entre el microcontrolador y el dispositivo móvil se realiza a través del protocolo de comunicación RS232, el cual transmite toda la información en código ASCII. En ese caso, lo primero que se realizó fue la configuración inicial para el uso de este, en la cual, debe especificarse la velocidad de transmisión, tamaño de trama, los pines de Tx y Rx y el uso o no de paridad, tal como es mostrado en la Tabla 4 La información que recibe el

microcontrolador hace referencia al modo de funcionamiento del PWM (automático o manual) y al ciclo útil de la señal. De esta manera, cuando se establezca el modo manual, es porque se envió desde el dispositivo móvil la letra m seguido del valor del ciclo útil que se desea establecer y un /r (retorno de carro), por ejemplo, cuando el usuario se desea establecer el ciclo útil de la señal PWM en 50 por ciento, el microcontrolador deberá recibir desde la aplicación móvil la siguiente trama “m50/r”.

Tabla 4. Configuración módulo USART

Parámetro	Valor asignado
BAUD	9600
XMIT	PIN_C6
RCV	PIN_C7
PARITY	N
BITS	8

Fuente. Autores

Para el envío de toda la información se hace uso de la función printf(), la cual es propia del protocolo RS232. Allí se especifica el número de caracteres y el formato en el cual serán enviados los datos.

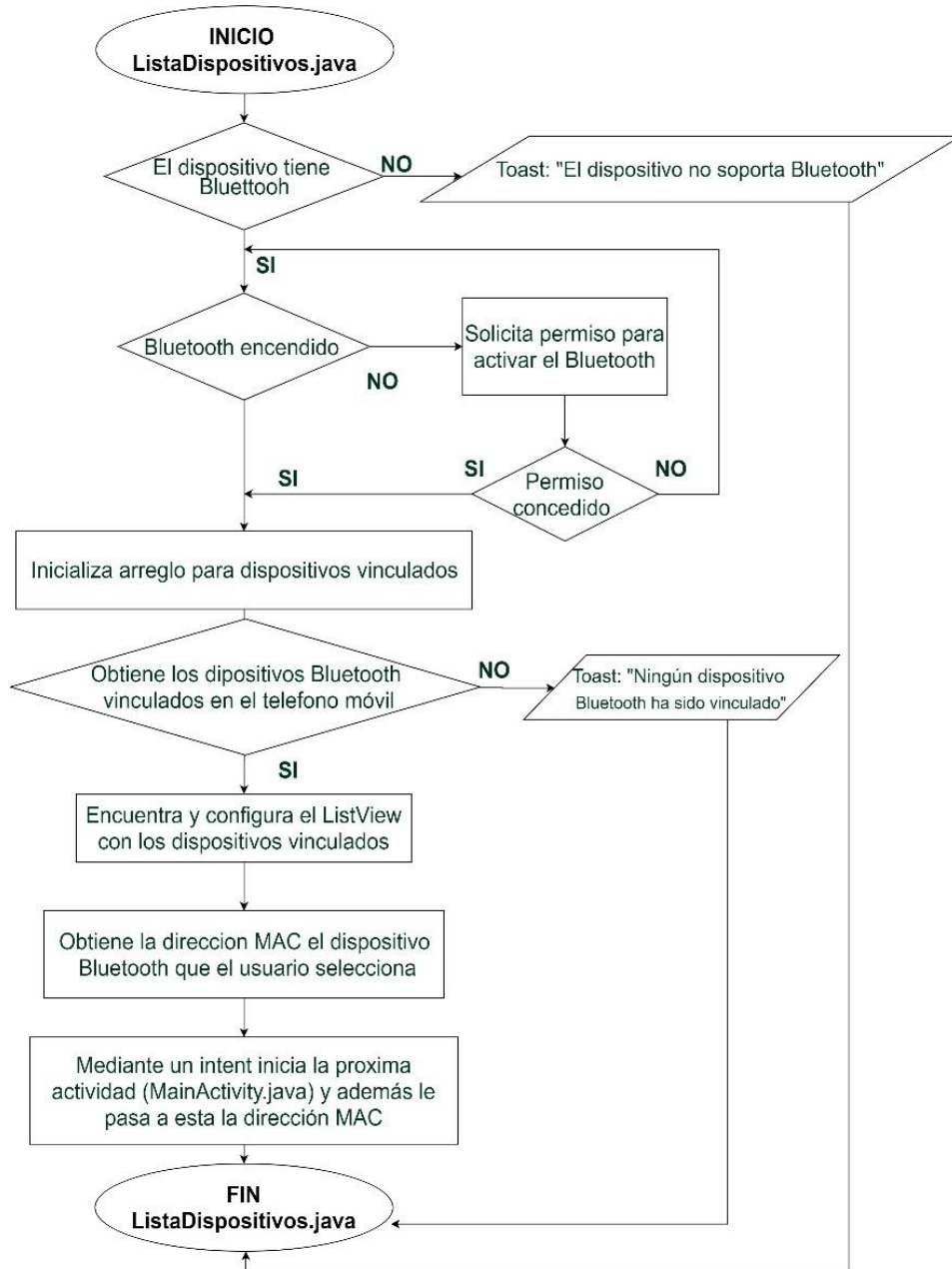
Para la recepción de información se hace mediante la interrupción int_RDA la cual es propia de la directriz de RS232, y le permite al microcontrolador poder procesar la información recibida mediante el pin Rx. La función usada para adquirir los datos recibidos es get_string(), la cual permite definir el tamaño máximo de la trama a recibir y el vector donde se almacenará la información, al final de cada trama de información debe enviarse un /r (retorno de carro) para que la función reconozca que el programa principal debe continuar. En este punto, es donde la lógica programada en el microcontrolador, separa el carácter que especifica el modo de trabajo del PWM, del valor del ciclo útil. Teniendo en cuenta que la cadena recibida es en formato string, cuando ocurra la separación, el valor del ciclo útil continuará en ese formato, por lo tanto, debe realizarse una conversión de string a entero, para poder procesar como valor numérico.

3.3.2 Conexión Bluetooth aplicación móvil. La conexión Bluetooth con el prototipo es el ítem principal de la aplicación móvil desarrollada en el proyecto; los demás componentes de ésta se expondrán a profundidad en la sección 3.4. Se implementaron en el IDE de Android Studio dos Java Class encargadas de esta conexión, ListaDispositivos.Java y MainActivity.Java.

ListaDispositivos.java: En esta actividad se verifica el estado del Bluetooth del dispositivo y se garantiza que esté preparado para iniciar la conexión, además se

genera un ListView ocupado con los dispositivos que han sido vinculados anteriormente en el teléfono celular, permitiendo al usuario selecciona el dispositivo al cual desea conectarse. Luego de determinar esta selección se inicia la actividad principal mediante un Intent y se transmite la dirección MAC definida por el usuario. Siguiendo así el diagrama de flujo presentado en la Figura 27.

Figura 27. Diagrama de flujo ListaDevice.java



Fuente. Autores

La vista correspondiente a esta actividad se denominó device_list.xml y es ilustrada en la Figura 28. Presenta los dispositivos Bluetooth vinculados mediante un ListView, además de una instrucción para el usuario en caso de no encontrar en la lista el nombre y dirección MAC del módulo Bluetooth del prototipo.

Figura 28. Vista de dispositivos vinculados



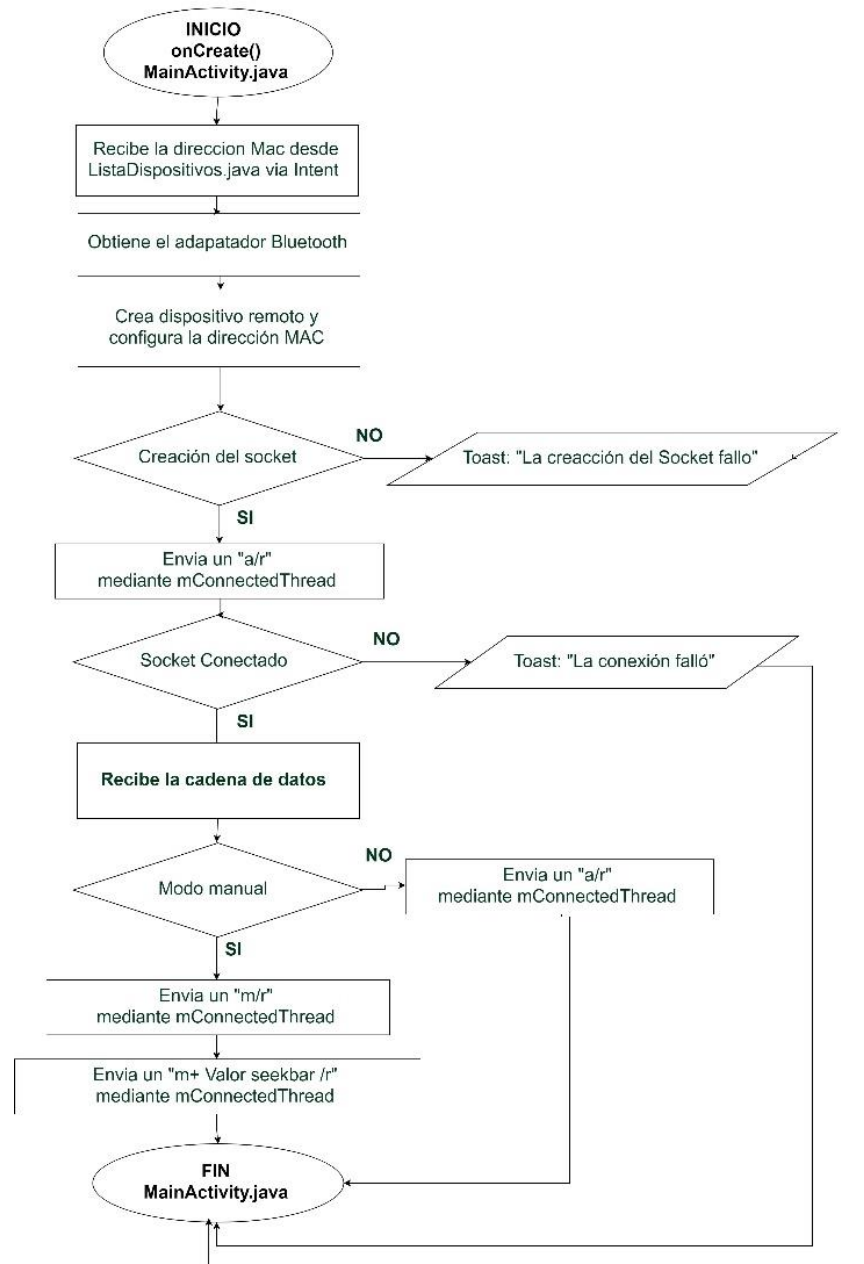
Fuente. Autores

MainActivity: Dentro de esta actividad se ejecutan las tareas principales de la aplicación. La más importante de estas es la conexión Bluetooth, aquí se usa la dirección MAC transmitida por ListaDispositivos.java junto al adaptador Bluetooth para la creación del socket y su correcta Conexión. El éxito de la conexión también es evaluado dentro de esta actividad y permite al usuario conocer el resultado de esta valoración para que se tomen las medidas pertinentes en caso de fallos en el proceso como desconexiones indeseadas o interrupción del envío de información. El diagrama de flujo de las tareas pertinentes a la conexión dentro de esta actividad es presentado en la Figura 29. Las funciones que realiza el MainActivity, pero no son enunciadas en este ítem serán desarrolladas más adelante en este documento.

Para recibir la cadena enviada desde el prototipo se crea un hilo de conexión y un ciclo que permanece activo durante la ejecución de la aplicación, en el cual se leen los bytes desde el buffer de entrada y se convierte la información recibida en formato string. Esta cadena es parcelada y enviada a los diferentes fragmentos que componen la aplicación. Esto será expuesto de forma más clara en el apartado visualización.

La conexión Bluetooth establecida mostrada en la Figura 29 permite también enviar información desde la aplicación hacia el prototipo, pues se debe asignar el modo de variación del ciclo útil de la señal pwm ya sea automático o Manual. Para seleccionar dicho modo se implementó un ToggleButton con los dos estados disponibles, cuando la elección es el modo manual se envía al dispositivo “m+valor ciclo útil+r” y “a/r” para el modo automático.

Figura 29. Diagrama de flujo conexión Bluetooth



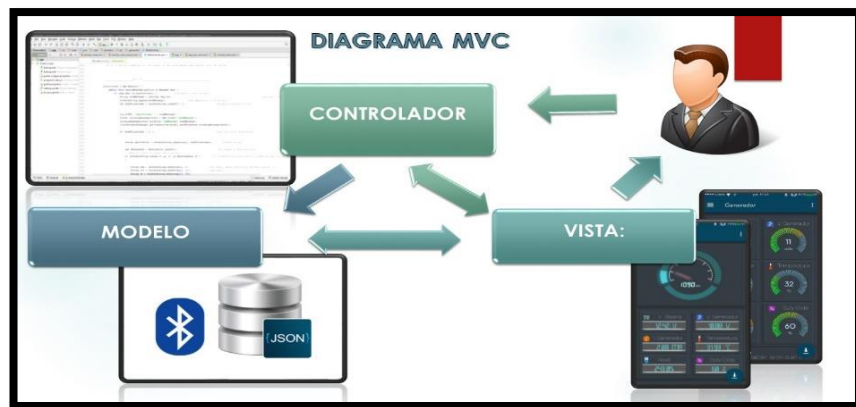
Fuente. Autores

3.4 VISUALIZACIÓN Y REGISTRO

Con el fin de brindar una mejor experiencia de uso del prototipo desarrollado, se diseñó y desarrolló una aplicación móvil basada en el sistema operativo Android, que permite la visualizar en tiempo real de las variables de proceso (Temperatura, nivel, corriente, voltajes, rpm) , establecer el ciclo útil de la señal pwm generada por el prototipo y guardar la información proveniente del sistema de monitoreo en archivos de tipo Json, dicha información también puede ser visualizada dentro de la aplicación para su posterior estudio.

3.4.1 Modelo vista controlador. Como primera medida se diseñó el patrón de arquitectura de software MVR (Modelo vista controlador) para separar los datos, la lógica y la interfaz de usuario de la aplicación. En la Figura 30. se muestra el patrón MVR de la aplicación desarrollada.

Figura 30. MVR Aplicación móvil



Fuente. Autores

Modelo: Es la capa donde se trabaja con los datos, por tanto, contendrá mecanismos para acceder a la información y también para actualizar su estado. Los datos se van a obtener a través de Bluetooth, los cuales podrán ser guardados en formato JSON de forma local es decir dentro del almacenamiento del terminal, por lo que en los modelos se tendrán todas las funciones que accederán a los datos y harán los correspondientes selects, updates, inserts, etc.

Vista: Contiene el código de la aplicación que va a producir la visualización de las interfaces de usuario, es decir el código XML que permitirá renderizar los estados de la aplicación. En esta capa se encuentran las 11 layouts de la aplicación y el navigation drawer que permite la navegación entre vistas.

Controlador: Contiene el código necesario para responder a las acciones que se solicitan en la aplicación. Es una capa que sirve de enlace entre las vistas y el modelo, respondiendo a los mecanismos que puedan requerirse para implementar las necesidades de la aplicación, como la acción que se realiza cuando el usuario presiona el Floating Action Button para guardar la información.

3.4.2 Visualización. Para la visualización de la información dentro de la aplicación móvil se han desarrollado 7 fragmentos, que presentan claramente al usuario los datos en tiempo real. Un navigation drawer también fue implementado para permitir una correcta navegación entre fragmentos, creando con ello un entorno más intuitivo para la aplicación móvil.

MainActivity: Otra de las tareas que se ejecutan dentro esta actividad es la división de la cadena que se recibe del prototipo. Se crea un Handler que permite la comunicación del subproceso con el hilo principal, se verifica que el primer elemento del string que contiene el mensaje sea un “#” y que la longitud de los datos recibidos sea 49. De esta manera se garantiza que el mensaje llega completo y en forma ordenada. Los valores enviados desde el prototipo están separados por un “+”, por ello se procede a obtener cada uno dividiendo la cadena mediante el comando substring conforme a los índices de la Tabla 5.

Ejemplo de cadena enviada desde el prototipo:
899.88+ 60.00+ 13.00+ 12.98+ 24.93+ 32.17+ 49+~

Tabla 5. Índices para dividir celdas

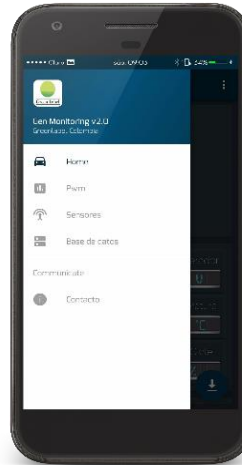
VARIABLE FISICA	INDICE
Rpm	1 → 8
Corriente	9 → 16
Voltaje batería	17 → 23
Voltaje generador	24 → 30
Temperatura	31 → 37
Nivel	38 → 44
Ciclo útil	45 → 48

Fuente. Autores

Para cada una de las variables se calcularon sus valores promedio, mínimo y máximo ampliando así la información mostrada al usuario. Teniendo los datos de cada variable de forma independiente, se transmiten a cada fragmento para presentar la información de manera ordenada. Esta transmisión se realiza mediante

un LocalBroadcastManger y un Intent. La navegación entre fragmentos se realizó mediante un Navigation Drawer que se muestra en la Figura 31.

Figura 31. Menú navegación



Fuente. Autores

Fragmento Home: Es la primera vista mostrada después de que se realiza correctamente la conexión Bluetooth con el prototipo, en este como en los demás fragmentos se reciben los datos transmitidos desde MainActivity para ser presentados al usuario. Esta vista cuenta con dos segmentos comunicados por un scrollView donde se presenta los valores de manera diferente. En el primero se hace uso de TextViews y un solo indicador para las RPM, mientras que, en el segundo, los datos son mostrados a través de indicadores como se observa en la Figura 32.

Figura 32. Home segmento superior e inferior



Fuente. Autores

Fragmento Pwm: Esta vista mostrada en la Figura 33. fue diseñada para acoger toda la información relacionada a pwm, mediante indicadores y TextViews se presentan las RPM del vehículo, el ciclo útil, la corriente y el voltaje de la señal aplicada al generador. En este fragmento se proporciona al usuario la posibilidad de elegir el modo de trabajo del prototipo ya sea automático o manual por medio de un toggleButton y un seekbar, este último para seleccionar el ciclo útil de la señal.

Figura 33. Fragmento PWM



Fuente. Autores

Fragmento Sensores: Dentro de este fragmento se implementó un ViewPager y un TabLayout para permitir el desplazamiento horizontal entre cuatro fragmentos adicionales destinados específicamente a cada uno de los sensores de corriente, nivel, voltaje y temperatura Figura 34. En cada uno de ellos se presenta el valor obtenido por el sensor mediante un TextView y un indicador, además de los valores promedio, mínimo y máximo calculados en la actividad principal. Adicionalmente se grafica en tiempo real el valor sentido en cada uno de los fragmentos.

Figura 34. Fragmentos Sensores



Fuente. Autores

Fragmento Base de datos: Dentro de este fragmento se presentan los datos almacenados dentro de los archivos Json. El proceso de almacenamiento de esta información será expuesto en el ítem de registro. Esta vista cuenta con un spinner y un Radiogroup que permiten al usuario la posibilidad de seleccionar el archivo Json y establecer la variable que se debe ser graficada. También cuenta con un botón para que el usuario pueda compartir por correo el archivo Json seleccionado. La vista del fragmento Base de datos es mostrada en la Figura 35.

Figura 35. Fragmentos base de datos



Fuente. Autores

Alarmas: Fueron implementadas dos alarmas en la aplicación mediante DialogFragments, la primera en caso de que no se registre corriente aplicada al generador obviando cuando el usuario establezca el ciclo útil en cero. La segunda alarma será mostrada cuando se detecte desconexión con el prototipo o cuando éste deje de transmitir la cadena que contiene los datos. Las vistas de las dos alarmas son mostradas en la Figura 36. En el momento en el que se despliegan estos DialogFragments también se reproduce un tono de alarma.

Figura 36. Alarmas

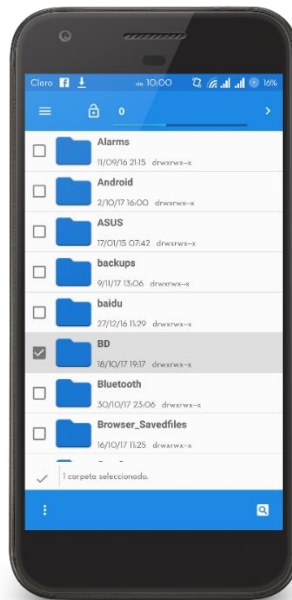


Fuente. Autores

3.4.3 Registro. Para realizar el almacenamiento de la información dentro de la aplicación móvil se ha hecho uso de los archivos de texto ligero Json, los cuales pueden ser leídos por cualquier lenguaje de programación. Estos archivos son guardados en el almacenamiento interno del dispositivo que ejecuta la aplicación para su posterior revisión. Las tareas pertinentes al registro de datos son ejecutadas enteramente dentro la actividad principal.

MainActivity: Como primera medida se crea el directorio donde serán almacenados los archivos de tipo Json que contendrán los datos de las variables. Para ello se crea una carpeta denominada “BD” dentro del almacenamiento interno del dispositivo como se observa en la Figura 37., la lógica implementada para la creación de la carpeta permite verificar si la creación de ésta fue exitosa o en su defecto si ya existe este directorio.

Figura 37. Carpeta BD




Fuente. Autores

Para la creación de los archivos Json se crea una clase ValorSensores donde se implementa Getter y Setter para cada variable, se establece una etiqueta para cada valor. La estructura Json resultante se muestra en la Figura 38.

Figura 38. Estructura Json

```
[
  {
    "Temperatura": " 32.06",
    "Nivel": "242.25",
    "Corriente": " 20.02",
    "VBateria": " 0.41",
    "VGenerador": " 6.87",
    "Rpm": "1090.30",
    "Ciclo": " 60"
  },
  {
    "Temperatura": " 32.00",
    "Nivel": "238.30",
    "Corriente": " 20.01",
    "VBateria": " 12.40",
    "VGenerador": " 6.88",
    "Rpm": "1090.30",
    "Ciclo": " 60"
  }
]
```

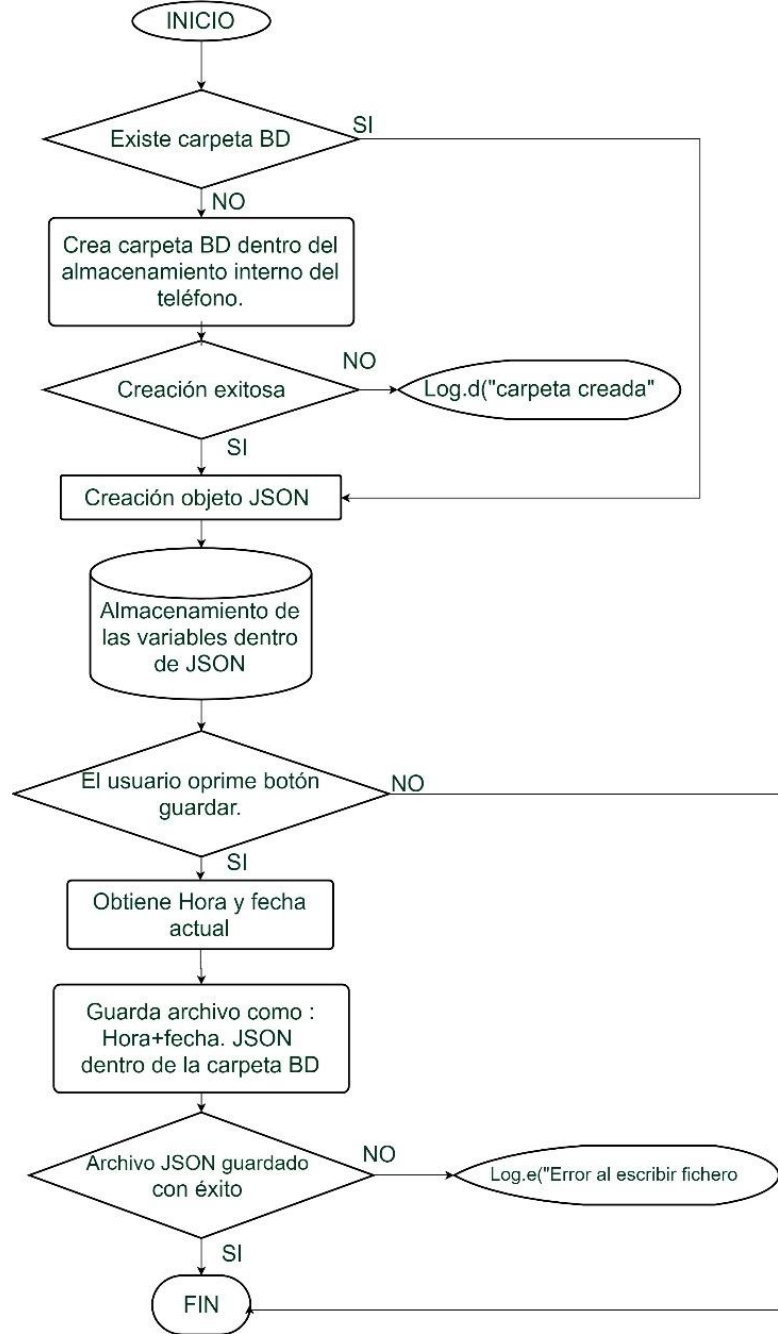


The screenshot shows a JSON viewer interface. On the left, the raw JSON text is displayed. On the right, the JSON is rendered as a tree structure under a 'JSON' header. The root is an array with two elements, indexed 0 and 1. Each element is an object containing seven key-value pairs: 'Temperatura', 'Nivel', 'Corriente', 'VBateria', 'VGenerador', 'Rpm', and 'Ciclo'. The values are strings, some with leading spaces.

Fuente. Autores

Para permitir al usuario elegir el momento en el que desea guardar los datos de la sesión se implementó un Floating Button, visible en todas las instancias de la aplicación una vez exista conexión. El archivo Json generado en el momento que el usuario oprime el botón toma como nombre la fecha y hora actual del dispositivo. Finalmente, la lógica de la aplicación notifica visualmente al usuario si el almacenamiento de la información fue exitoso. El diagrama de flujo del proceso de registro corresponde a la Figura 39.

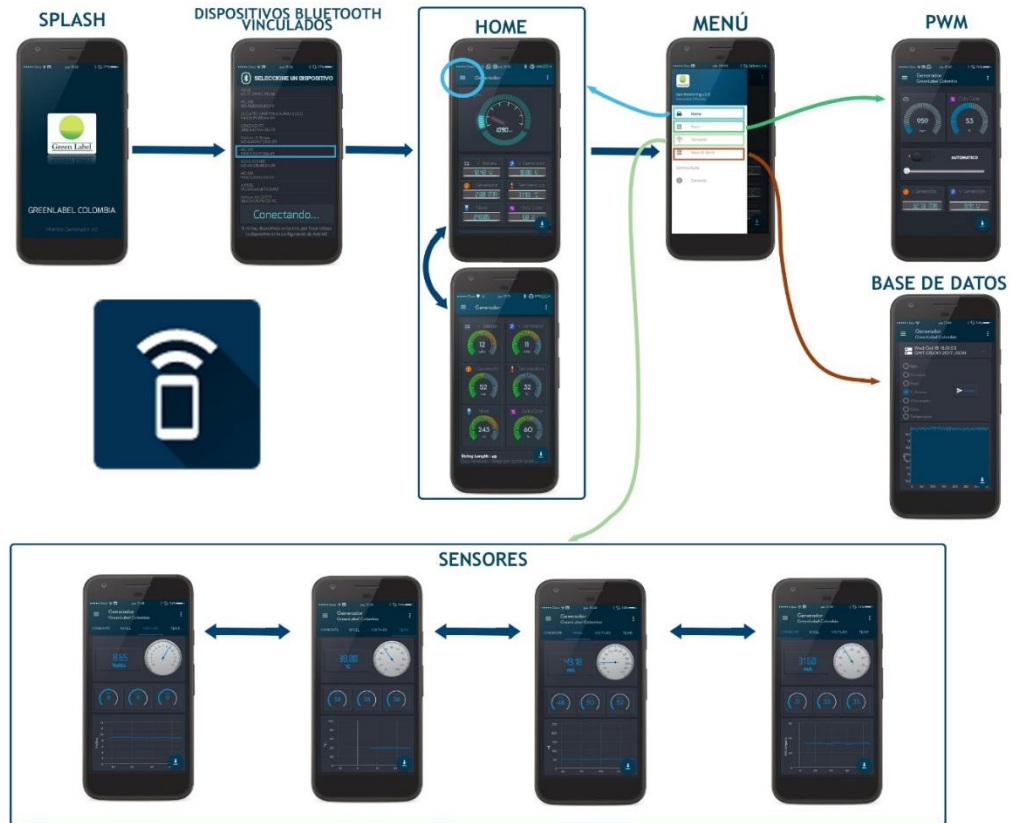
Figura 39. Diagrama de flujo de Registro de datos



Fuente. Autores

La aplicación móvil Android desarrollada sigue el diagrama de funcionamiento que se muestran en la Figura 40.

Figura 40. Diagrama aplicación móvil desarrollada



Fuente. Autores

3.5 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El prototipo se conecta al sistema eléctrico del automóvil que proporciona 12Vdc, con el propósito de encender a la par con el vehículo, después de encendido, el monitoreo de las RPM es constante, con el fin de proporcionar la corriente de acuerdo a esa medida, la configuración por default en esta sección del sistema es modo automático, si el cliente desea establecer un ciclo útil determinado, debe ingresar al aplicativo móvil desde un dispositivo Android, seleccionar el dispositivo Bluetooth con el que cuenta el prototipo y de esa manera variar manualmente el valor del ciclo útil.

La aplicación cuenta con la visualización de todas las variables de proceso en tiempo real y la opción del registro de todas las mediciones realizadas en el lapso que la aplicación estuvo activa, además si el usuario desea observar algún registro anterior lo puede visualizar mediante ésta. Igualmente, proporciona alarmas las

cuales son activas cuando hay desconexión total o parcial con el módulo de Bluetooth o cuando no se cuenta el generador conectado, esto se efectúa con el fin de asegurar un óptimo desempeño del generador flujo de electrones.

3.6 COSTO DEL SISTEMA

Los recursos con los que se financió el proyecto fueron asumidos por la empresa Green Label Colombia, el presupuesto destinado para el desarrollo del proyecto se muestra a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Costo del prototipo

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR
Microcontrolador	\$25000	1	\$ 25000
Monitor corriente INA219	\$25000	1	\$25000
Sonda temperatura ds18b20	\$15000	1	\$ 15000
Sensor MPX5010DP	\$90000	1	\$ 90000
IRLZ44N	\$2000	2	\$4000
Conector DB9 macho y hembra	\$3000	1	\$3000
Módulo Bluetooth HC-05	\$20000	1	\$20000
Bomba de agua	\$25000	1	\$25000
Cable instalación eléctrica	\$3000	9	\$27000
Componentes (borneras, caja, soportes, resistencias, etc)			\$100000
Total			\$334000

Fuente. Autores

4. VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Para garantizar que el prototipo implementado permita una visualización correcta de las variables de proceso se llevaron a cabo diferentes pruebas, comparando el valor mostrado en la aplicación móvil y el valor medido con un instrumento comercial adecuado para dicho fin.

4.1 VOLTAJE

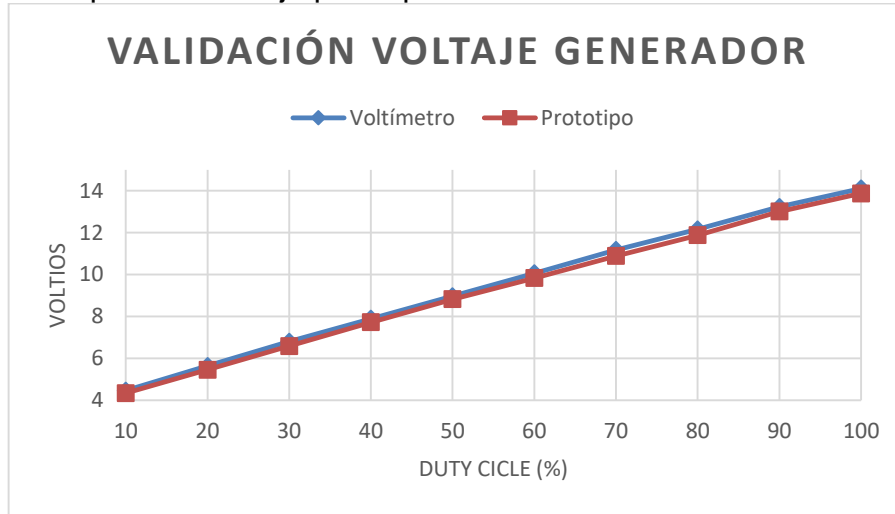
Para validar la medición efectuada por el prototipo, se realizaron dos pruebas comparativas, una hace referencia al voltaje del generador y la otra se basa en el voltaje de la batería. En ambas pruebas se tomaron diez muestras estableciendo para ello una escala incremental de ciclo útil de la señal Pwm. En la tabla 7 y 8 se visualiza la validación comparativa de los voltajes medidos por el prototipo y el voltímetro uni-t ut39c. Los resultados de ambos procesos son mostrados en las Figuras 41 y 42 respectivamente.

Tabla 7. Validación voltaje Generador

Duty cycle	Voltímetro uni-t ut39c (v)	Prototipo v
10	4.46	4.34
20	5.64	5.45
30	6.8	6.58
40	7.89	7.72
50	8.97	8.82
60	10.06	9.83
70	11.17	10.88
80	12.16	11.88
90	13.23	13.01
100	14.11	13.87

Fuente. Autores

Figura 41. Comparativa voltaje prototipo vs voltímetro uni-t ut39c



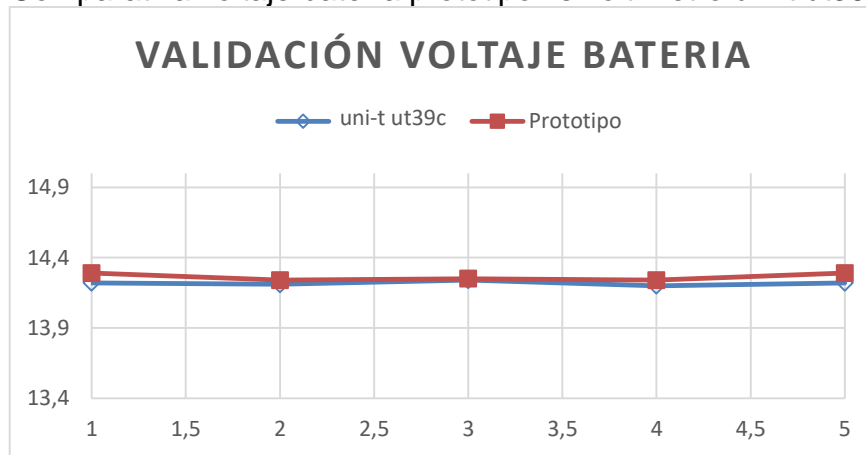
Fuente. Autores

Tabla 8. Validación Voltaje batería

Medición	Tester uni-t ut39c (v)	PROTOTIPO (v)
1	14.22	14.29
2	14.21	14.24
3	14.24	14.25
4	14.2	14.24
5	14.22	14.29

Fuente. Autores

Figura 42. Comparativa voltaje batería prototipo vs voltímetro uni-t ut39c



Fuente. Autores

4.2 CORRIENTE GENERADOR

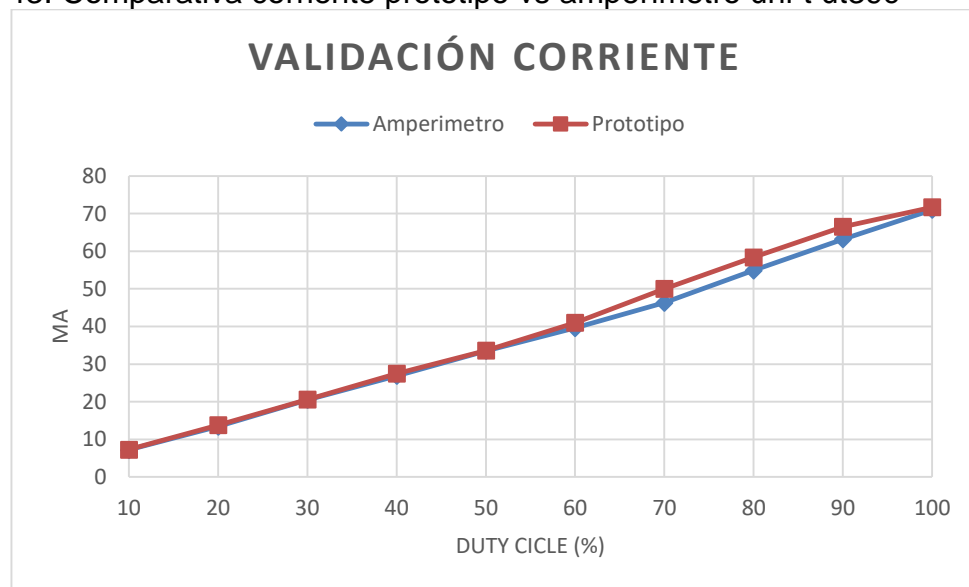
La prueba de validación de la medición de corriente se desarrolló con la misma metodología anterior. En la tabla 9 se visualiza la validación comparativa de la corriente medida por el prototipo y el amperímetro uni-t ut39c. El resultado del proceso es mostrado en la Figura 43.

Tabla 9. Validación corriente Generador

Duty cycle	Amperímetro uni-t ut39c (mA)	Prototipo (mA)
10	7.2	7.3
20	13.4	13.8
30	20.5	20.6
40	26.9	27,5
50	33.5	33.6
60	39.6	41
70	46.3	50
80	54.9	58.4
90	63.2	66.5
100	71	71.7

Fuente. Autores

Figura 43. Comparativa corriente prototipo vs amperímetro uni-t ut39c



Fuente. Autores

4.3 TEMPERATURA

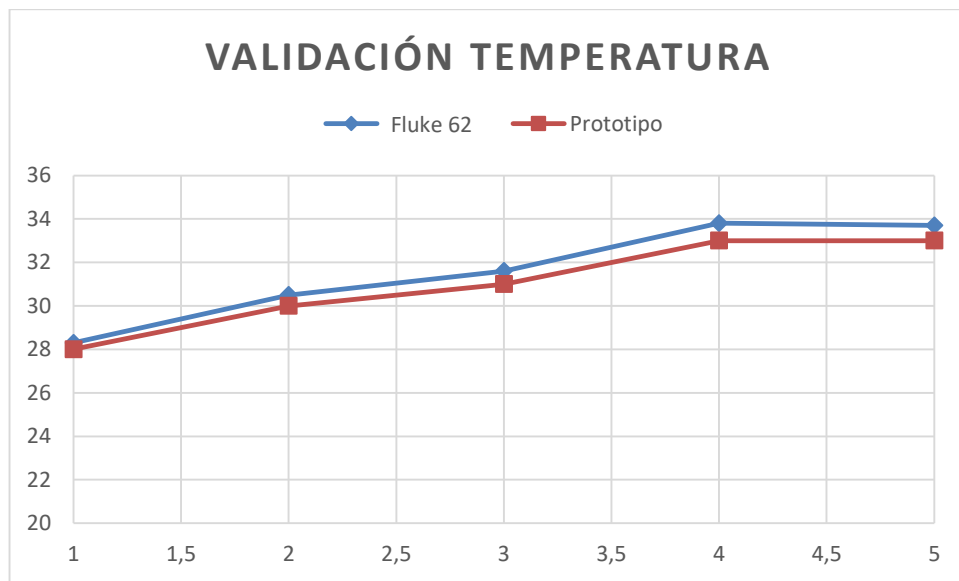
La validación de la temperatura se realizó mediante 5 muestras tomadas a diferentes horas durante un día. En la tabla 10 se visualiza la validación comparativa de la temperatura medida por el prototipo y la pistola fluke 62. El resultado del proceso es mostrado en la Figura 44.

Tabla 10. Validación Temperatura

Medición	PISTOLA (°C)	PROTOTIPO (°C)
1	28.3	28
2	30.5	30
3	31.6	31
4	33.8	33
5	33.7	33

Fuente. Autores

Figura 44. Comparativa temperatura prototipo vs pistola fluke 62



Fuente. Autores

4.4 EFECTO TEMPERATURA – CORRIENTE

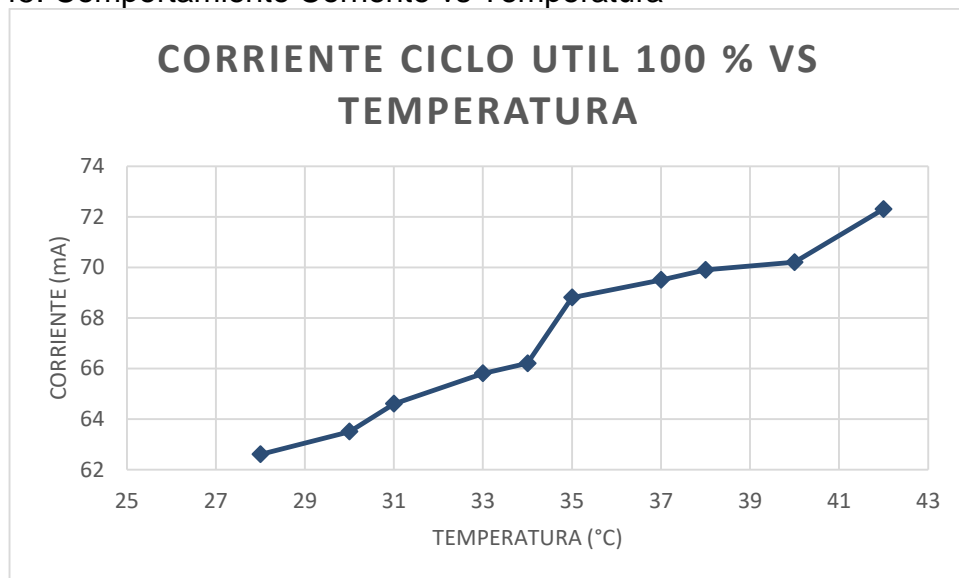
Se realizó una prueba adicional para verificar la influencia de la temperatura del líquido sobre la intensidad de corriente consumida por el generador. Para ello se tomaron 10 muestras a diferentes temperaturas manteniendo el ciclo útil de la señal pwm en 100%. Los resultados de esta prueba se presentan en la tabla 11 y la Figura 45.

Tabla 11 Temperatura-Corriente

Medición	Temperatura (°C)	Corriente (mA)
1	28	62.6
2	30	63.5
3	31	64.6
4	33	65.8
5	34	66.2
6	35	68.8
7	37	69.5
8	38	69.9
9	40	70.2
10	42	72.3

Fuente. Autores

Figura 45. Comportamiento Corriente vs Temperatura



Fuente. Autores

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un prototipo de un sistema de supervisión remota y control para el generador flujo de electrones, el cual consta de dos partes; la primera, está compuesta por todo lo referente a la instrumentación y el envío de la información a través de la tecnología Bluetooth, con la cual, se hacen las respectivas mediciones de las variables de proceso, para después ser enviadas hacia el dispositivo móvil; por otro lado, la otra sección, se encarga de la recepción de la información, visualización y registro de las variables de proceso, además, opera como dispositivo mediante el cual se controla el modo de operación del módulo PWM de acuerdo a la preferencia del usuario.
- El generador flujo de electrones se encuentra instalado a poca distancia del motor del vehículo, lo que ocasiona una exposición constante a altas temperaturas. Debido a lo anterior, se utilizaron materiales con mayor resistencia térmica, para evitar deformaciones que se evidenciaron durante el proceso.
- La comunicación inalámbrica es apropiada para proporcionar al usuario una gran comodidad, ya que permite el monitoreo constante del equipo, con un rango de movilidad de alrededor de 15mts.
- La señal que transporta la información del valor de RPM del vehículo hasta el tacómetro, varía su frecuencia de manera lineal con respecto a dicha magnitud.
- El nivel del líquido albergado en el generador flujo de electrones posee una tasa de consumo bastante baja, sin embargo, debió asegurarse un nivel mínimo, el cual se encuentra por encima de la altura máxima de los electrodos, ya que, si en algún momento el nivel adquiere un valor menor, ocasionaría un mal funcionamiento en el generador, puesto que la corriente es proporcional al área de contacto entre los electrodos y el líquido presente en el generador.
- Como se muestra en la Figura 19 la presión en el punto A corresponde a la atmosférica y la del punto B es la presión atmosférica + la presión ejercida por la columna de agua, por lo tanto, La presión diferencial medida por el sensor, corresponde a la presión ejercida por la columna de agua.

- El sistema operativo escogido para el diseño de la aplicación móvil fue Android, ya que es el sistema predominante y de más fácil acceso en el mercado mundial.
- Según las pruebas realizada se evidenció una relación proporcional entre la corriente aplicada al generador y la temperatura de trabajo, la cual es mostrada en la Figura 45, esto quiere decir que a medida que la temperatura del líquido aumenta el consumo de corriente por parte del generador responde de la misma manera.
- La existencia de protocolos para el intercambio de información, tales como I2C, 1-wire y demás resultan muy útiles para adquisición de los valores almacenados en los dispositivos que trabajan bajo esa misma interfaz.

5.2 RECOMENDACIONES

- A la hora de la instalación del generador debe tenerse en cuenta los bornes positivos y negativos de los electrodos tal como lo muestra la estructura física de la Figura 18, con el fin de proporcionar un correcto funcionamiento.
- La alimentación eléctrica del circuito encargado de la instrumentación, debe ser suministrada del mismo punto en el que el generador está siendo conectado.
- Se debe tener en cuenta el ambiente de trabajo para la selección de los materiales que componen la estructura física y electrónica del proyecto, ya que las temperaturas pueden variar entre los 90° a 105° dependiendo el automóvil.
- Ya que la corriente máxima consumida por el generador no supera los 140mA se debe escoger un instrumento de medición acorde a este rango de medida y con alta sensibilidad.
- La medición de nivel mediante el sensor de presión diferencial presenta algunas oscilaciones en la medida, teniendo en cuenta el movimiento continuo del vehículo, por lo tanto, se recomienda el uso de otras técnicas para una medición precisa.

5.3 TRABAJOS FUTUROS

- Continuar con el desarrollo de la aplicación para los diferentes sistemas operativos existentes en el mercado.
- Desarrollar la base de datos online, para proporcionar al usuario mayor comodidad a la hora de revisar las mediciones, y de igual forma, provee un control a la empresa Green Label sobre los generadores.
- Desarrollar el monitoreo de otras variables de proceso, tales como el gas producido por el generador, con el fin de generar un balance óptimo entre las demás variables y la energía aportada por este.
- Desarrollar un sistema de alarmas que trabaje paralelo a la aplicación, con el fin de darle a conocer al usuario cuando algo está funcionando erróneamente en el generador, sin tener la necesidad de ingresar a la aplicación móvil para la verificación.

BIBLIOGRAFÍA

A dónde va la energía: vehículos de gasolina. Fueleconomy, 2014. Disponible en internet:

<https://www.fueleconomy.gov/feg/esatv.shtml#data-sources>

ANGULO, J y MARTINEZ, I. Microcontroladores <<PIC>> Diseño práctico de aplicaciones primera parte. 3 ed. España: McGraw-Hill, 2003. 357 p.

CAMPOLO, C. LERA, A. MOLINARO, A. PARATORE, S. y RUGGERI, G. SMaRTCaR: An integrated smartphone-based platform to support traffic management applications. Mediterranea university. 2012. doi: 10.1109/VTM.2012.6398700

CHAVARRÍA, D. Tecnología de comunicación de campo cercano (nfc) y sus aplicaciones. [en línea]. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica, 2011.83 p. [Consultado: 6 de noviembre de 2017]. Disponible en Internet: http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2011/pb2011_012.pdf

Equipos y accesorios. Colombia vive un buen momento para estrenar maquinaria. Virtualpro, 2017. Disponible en internet: <https://www.revistavirtualpro.com/noticias/colombia-vive-un-buen-momento-para-estrenar-maquinaria>

ESCOBAR, S. Energías Alternativas [en línea]. Green Label Colombia, 2016. Disponible en internet: <http://www.greenlabelcolombia.com/energias-alternativas>

GARCIA, H. Avances en informática y sistemas computacionales. Tabasco, México DF, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, tomo I, 2006.

I2C PIC comunicación serial [En línea]. Microcontroladores [Consultado: 5 de noviembre de 2017]. Disponible en internet: <http://microcontroladores-mrelberni.com/i2c-pic-comunicacion-serial/>

La Carrera para Conseguir más Petróleo. Semana, 2014. Disponible en internet: <http://www.semana.com/economia/articulo/colombia-esta-en-una-carrera-por-encontrar-nuevos-recursos-energeticos/389266-3>

MENDOZA, G. Uso del protocolo 1-wire con comprobación de redundancia cíclica aplicado a la medición de temperatura y control de acceso [En línea]. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Área de Electrónica, 2015. 122 p. [Consultado: 5 de noviembre de 2017]. Disponible en

internet: Repositorio educativo digital USAC.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/1302/>

MORENO, I. Instrumentación electrónica [en línea]. 5 ed. España: Área de tecnología electrónica. 2004. [Consultado: 3 de noviembre de 2017]. Disponible en internet:
<http://www.unet.edu.ve/~ielectro/6-Filtrado.pdf>

MUÑOZ, P. Diseño e implementación de un analizador básico de gases para emisiones vehiculares (HC CO CO₂) desarrollado bajo la plataforma Android. Trabajo de grado. ingeniería electrónica. Universidad Surcolombiana. Neiva. 2015.

OGATA, K. Ingeniería de control moderna. 5 ed. Madrid, España: Pearson educación, 2010. 894 p.

ROMERO, J. y RIOS, A. Instrumentación de un sistema de generación de hidrógeno vehicular. Trabajo de grado. ingeniería electrónica. Universidad Surcolombiana. Neiva. 2014.

Sigma Electrónica. Hoja referencia tarjeta hc-05 ard. [en línea]. [Consultado: 6 de noviembre de 2017]. Disponible en Internet:
<http://www.sigmaelectronica.net/manuals/HOJA%20REFERENCIA%20TARJETA%20HC-05%20ARD.pdf>

Sistemas de Control y Monitoreo [en línea]. Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades, 2014 [Consultado: 8 de noviembre de 2017]. Disponible en internet:
http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_12._sistemas_de_control_y_monitoreo_automatico.pdf

SUGANYA, E y VIJAYASHAARATHI, S. Smart vehicle monitoring system for air pollution detection using Wsn. Sona college of Technology. Salem. 2016. doi: 10.1109/ICCSP.2016.7754238

TENG, K. LAM, Z. y WONG, S. Dimmable WiFi-connected LED driver with android based remote control. Multimedia university. 2013. doi: 10.1109/ISWTA.2013.6688793

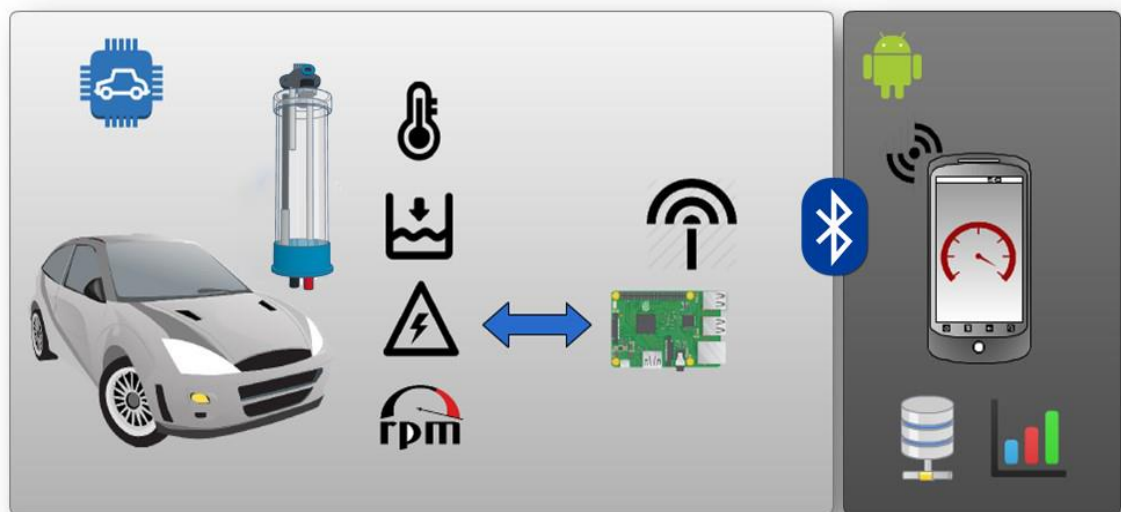
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Programación en dispositivos móviles portables. [en línea]. Software de Comunicaciones. [Consultado: 6 de noviembre de 2017]. Disponible en Internet:
<http://sites.google.com/site/swcuc3m/home/android/portada>

¿Qué es una Señal Modulada por Ancho de Pulso (PWM) y Para Qué es Utilizada? National Instruments, 2016. [En línea]. Disponible en:
<http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

ANEXOS

ANEXO A. Guía de usuario

PROTOTIPO SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA Y CONTROL PARA GENERADOR FLUJO DE ELECTRONES EN VEHÍCULOS A GASOLINA



GUÍA DE USUARIO

Versión: 01.00

06/12/2017

CONTENIDO

1. COMPONENTES DEL SISTEMA
2. INSTALACIÓN
3. OPERACIÓN
4. SOLUCIÓN DE ERRORES

1. COMPONENTES DEL SISTEMA

1.1 Generador



Ilustración 1

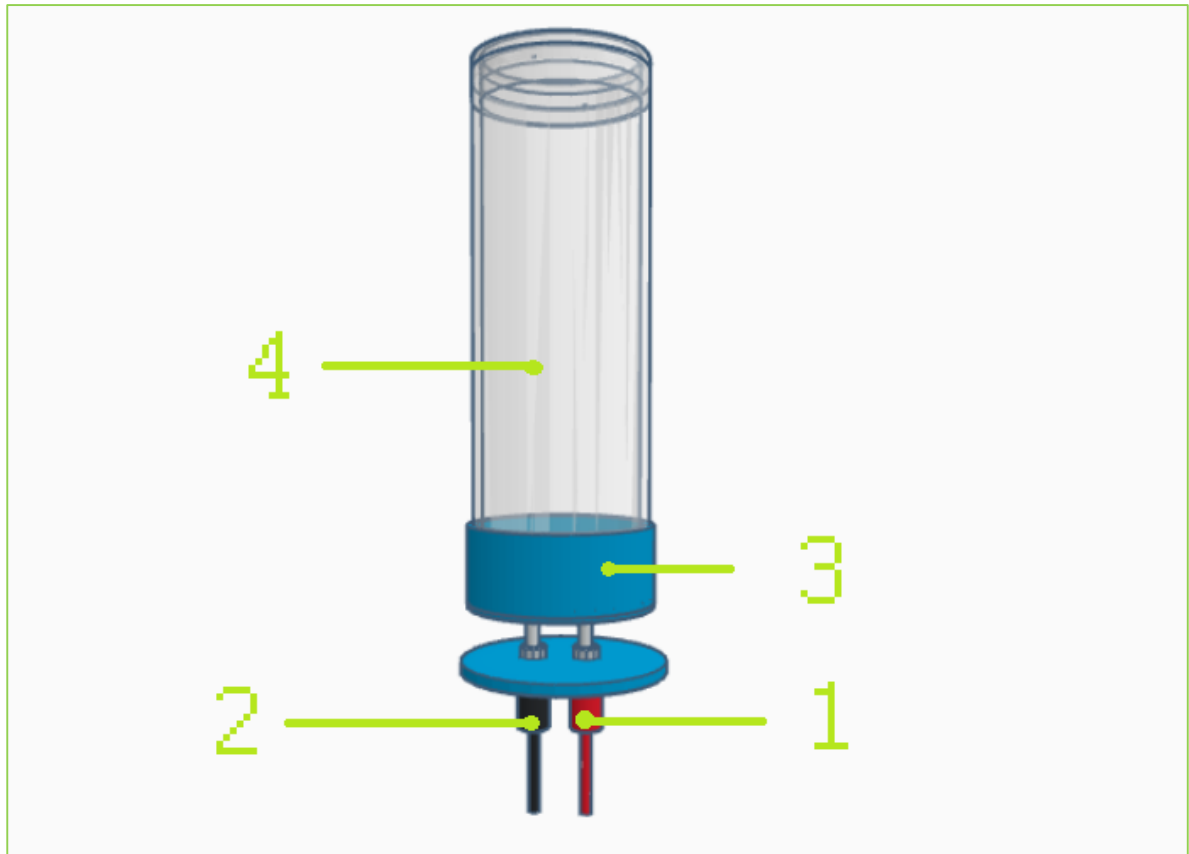


Ilustración 2

1. **Conexión 12 v:** En este punto se debe conectar la alimentación del generador proveniente de la caja principal.
2. **Conexión PWM:** En este punto se debe conectar la señal PWM generada desde el circuito integrado en la caja principal.
3. **Base Generador:** Permite fijar los electrodos de forma más estable.
4. **Envase Generador.**

1.2 Caja principal

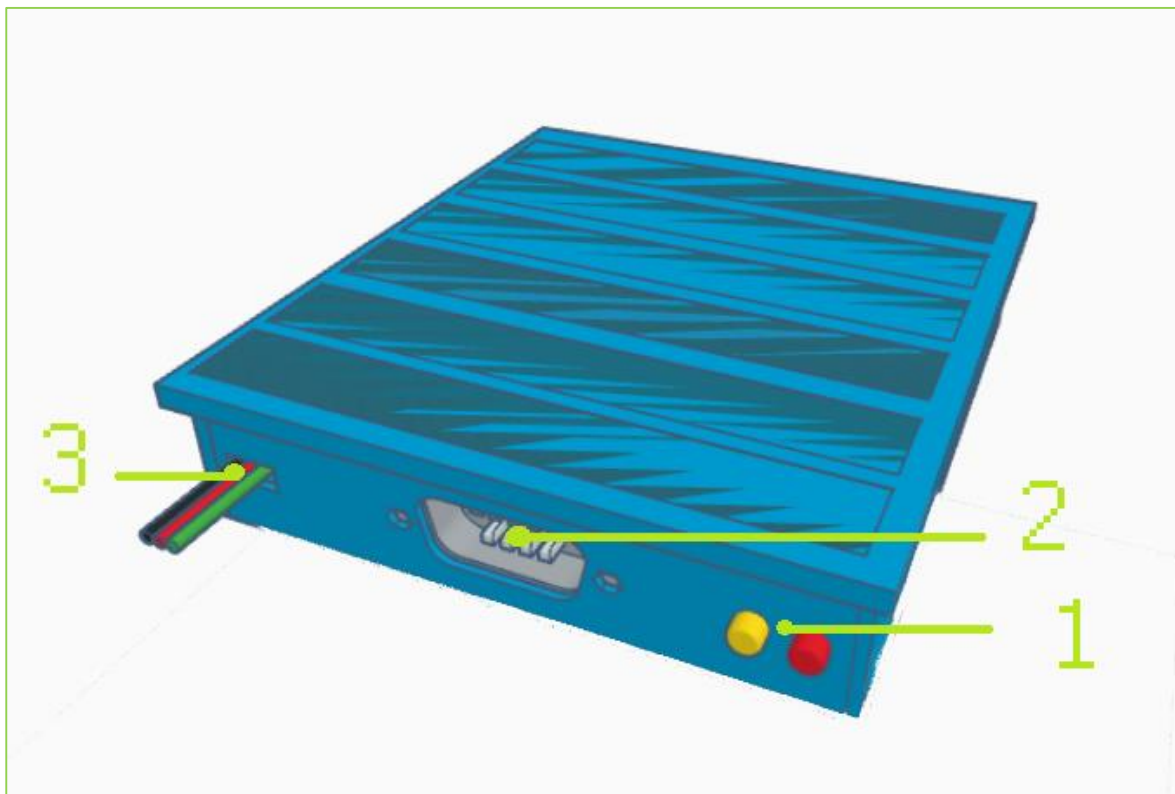


Ilustración 3

- 1. **Leds:** El led rojo parpadea constantemente para indicar que el sistema funciona correctamente.
- 2. **Conector DB9:** Simplifica la conexión con los sensores, la alimentación del generador y el accionador de la bomba.
- 3. **Bornera de tres puntos:** Permite la conexión de las dos líneas de alimentación (ROJO:12V-NEGRO-MASA) y la señal de las revoluciones por minuto (VERDE).

1.3 Cable con terminal DB9

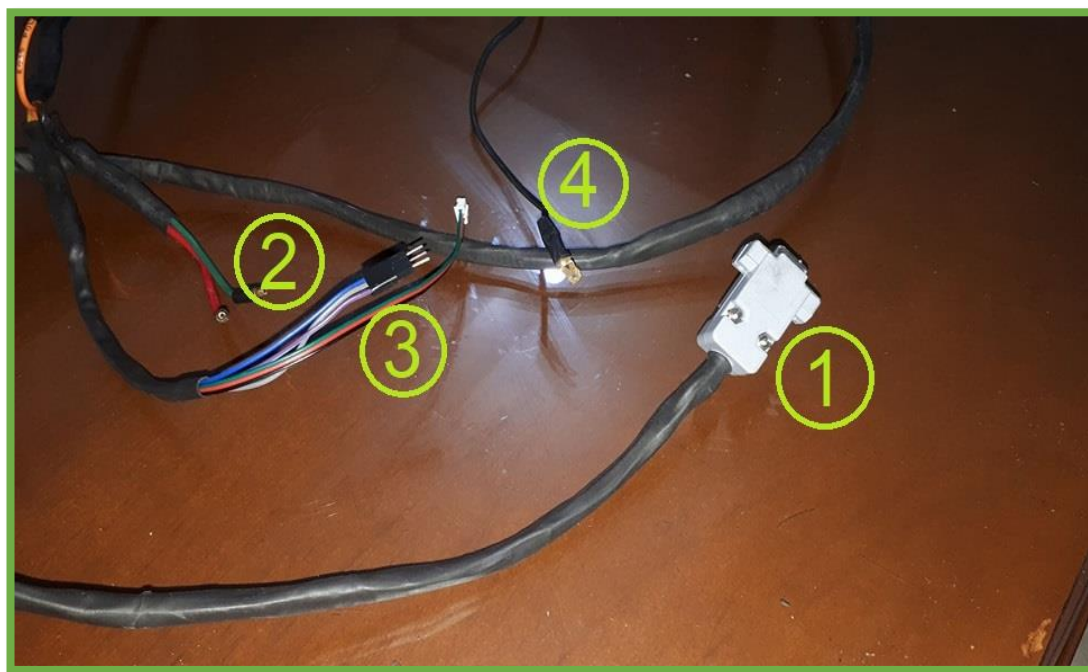


Ilustración 4

1. Conector DB9
2. Alimentación generador: Línea ROJA (12v) y línea verde (PWM)
3. Comunicación de sensores: Conector de 3 pines macho (Sensor Nivel) y conector de 3 pines hembra (Sensor Temperatura).
4. Control bomba: Se conecta al borne negativo de la bomba para permitir su activación.



1.4 Soporte Generador flujo de electrones

1. Generador flujo de electrónes.
2. Base Generador.
3. Sensor de Nivel.
4. Soporte trasero.

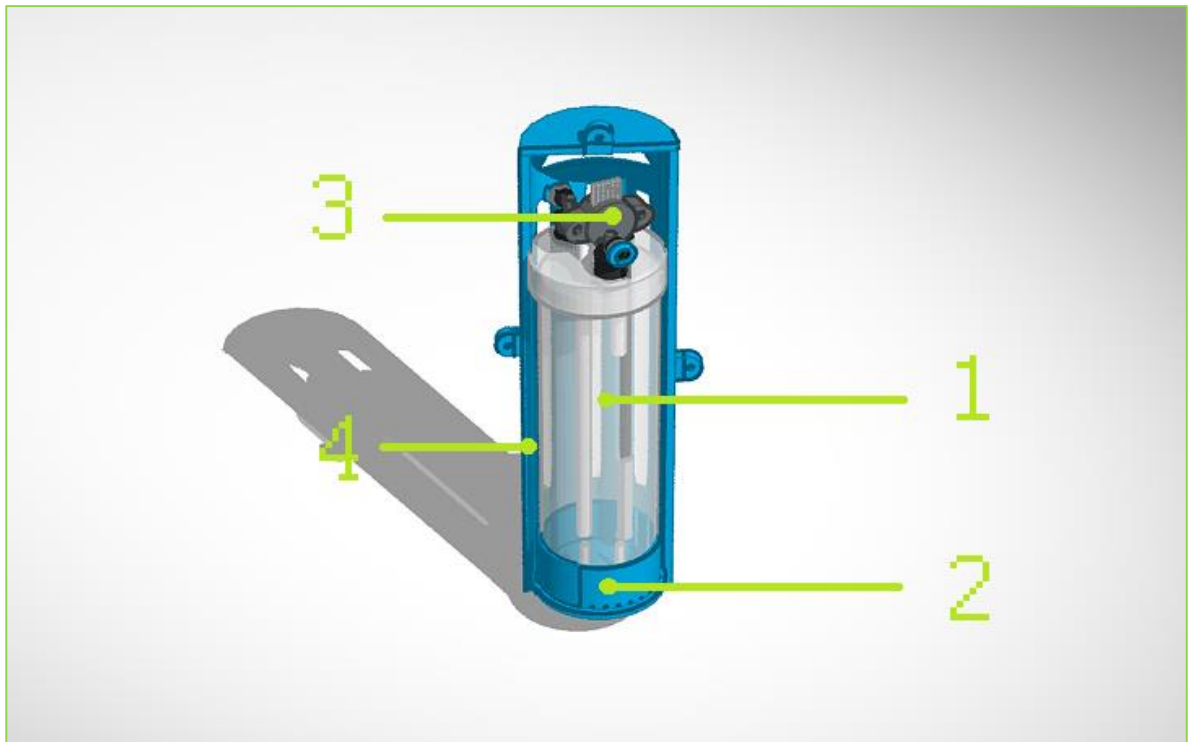


Ilustración 5

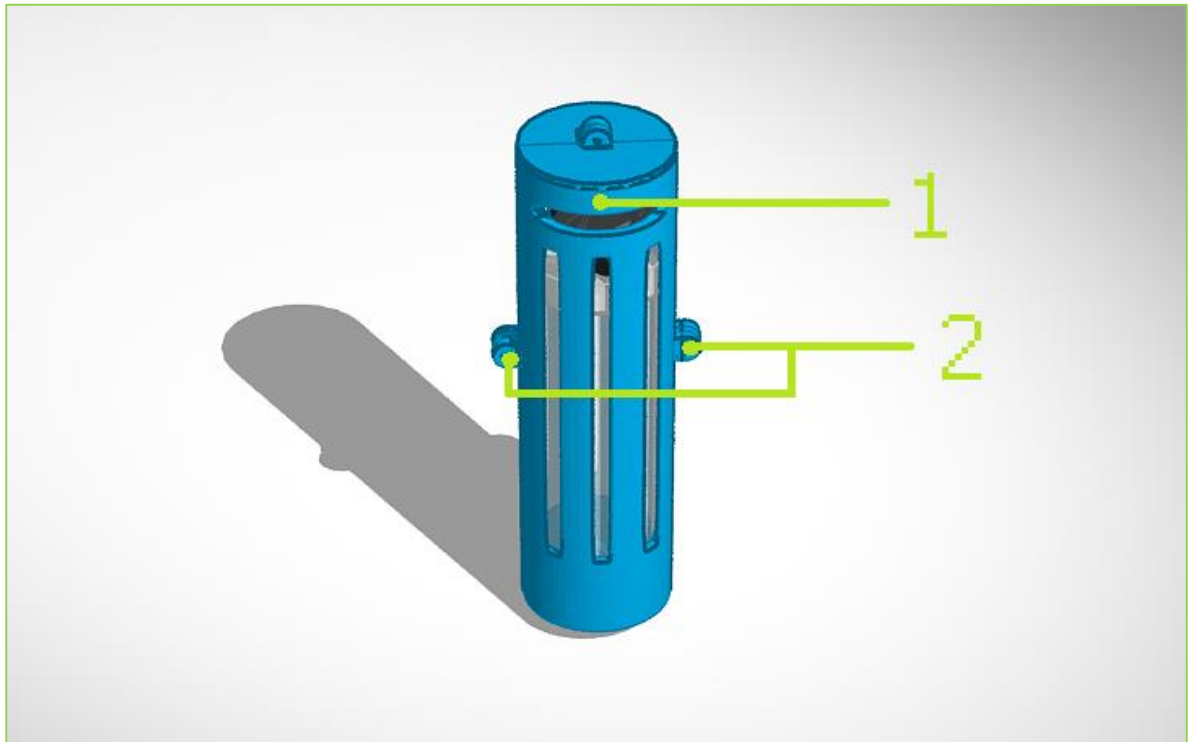


Ilustración 6

1. Soporte Frontal.
2. Orificios para asegurar las dos tapas del soporte mediante una pareja de tornillo y tuerca.



2. INSTALACION

1. Se realizan las conexiones de los sensores, la alimentación del generador y el activador de la bomba.
2. Se ubica el generador completamente sellado con su respectiva base dentro del soporte y se procede cerrarlo usando para ello dos parejas de tornillo y tuerca.
3. El soporte del generador es situado dentro del vehículo y se sujeta de su parte superior a la superficie mediante una pequeña correa plástica.
4. Con la caja principal abierta se procede a conectar las dos líneas de alimentación y la de la señal de RPM a la bornera que se encuentra dentro.
5. Se ubica la tapa sobre la caja principal y se ajusta mediante 4 tornillos.
6. Se conecta el DB9 a la caja principal y se enciende el vehículo. Si el led ROJO presente en la caja principal enciende de marea intermitente se puede comprobar que el sistema se instaló correctamente.

3. OPERACIÓN

Después de instalar correctamente el prototipo y haber verificado que el led rojo de la caja principal parpadee constantemente. Se debe emparejar el dispositivo móvil con el módulo bluetooth hc-05 presente en el prototipo. Para ello se ingresa a la configuración bluetooth del terminal Android, se enciende y espera hasta que éste reconozca el módulo hc-05. Una vez seleccionado el dispositivo al cual se desea emparejar, solicitará un código de seguridad de 4 dígitos que para este caso es 1234, cuando ésta operación termine de manera exitosa se debe proceder a instalar el archivo “generador 2.0.apk”.

El cual se mostrará en el cajón de aplicaciones de la siguiente manera:

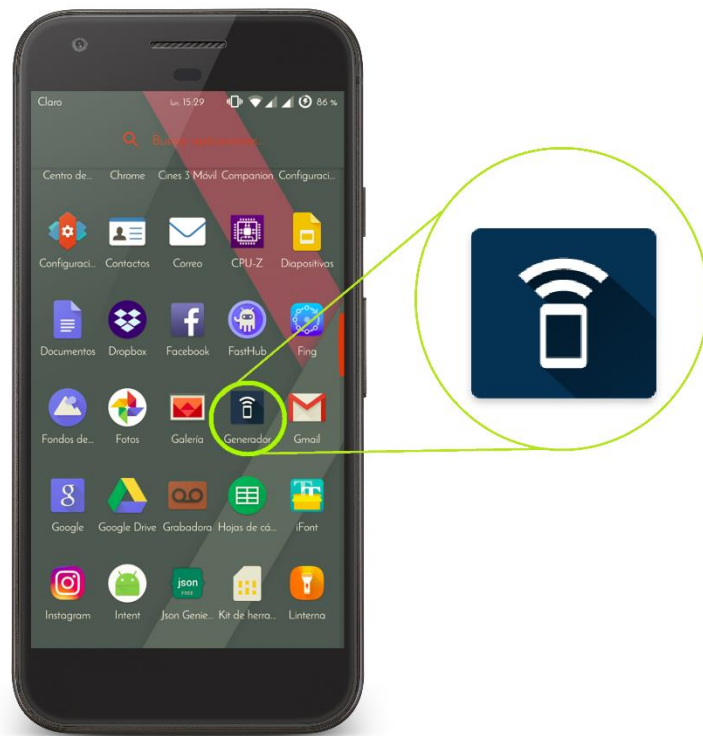


Ilustración 7

Al abrir la aplicación móvil el usuario deberá permitir que ésta encienda el bluetooth del terminal y con ello se desplegará una lista de los dispositivos que han sido vinculados exitosamente con anterioridad como se observa en el ejemplo de la ilustración 8.



Ilustración 8

El usuario debe seleccionar el dispositivo que fue vinculado al iniciar este tutorial. La aplicación mostrará si la conexión entre el dispositivo móvil y el prototipo es exitosa. Seguidamente se presentará la pantalla principal donde podrá observar el valor de las variables de proceso censadas en cifras o si lo desea puede deslizar para ir a la parte inferior de la vista donde se presentarán por medio de indicadores como se muestra en la ilustración 9.



Ilustración 9

El usuario podrá navegar dentro de otras vistas presentes en la aplicación deslizando desde la parte izquierda de la pantalla, esto desplegará el menú mostrado en la ilustración 10.

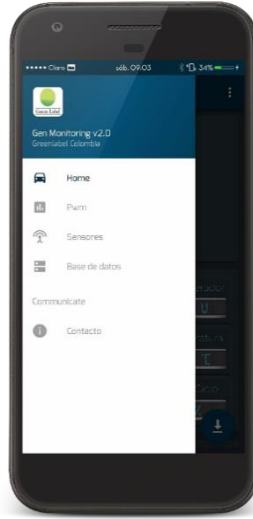


Ilustración 10

La vista pwm mostrada en la ilustración 11 permite como su nombre lo indica modificar la forma en que el prototipo asigna el valor de ciclo útil de dicha señal, este puede ser de manera automática o manual. Para este último se muestra una barra deslizable que le permite al usuario modificar el valor de ciclo útil de manera ágil y práctica, a su vez esta vista muestra el valor de rpm y ciclo que está sensando el prototipo.



Ilustración 11

La vista sensores (ilustración 12) muestra de manera detallada el valor actual, mínimo, máximo y promedio de cada una de las variables sensadas.



Ilustración 12

Dentro de la aplicación el usuario en cualquier momento puede realizar un respaldo de los datos sensados por el prototipo, esto gracias al botón ubicado en la esquina inferior derecha, el cual al ser oprimido crea un archivo de tipo Json el cual contiene todos los datos de la sesión actual. La vista Base de datos (ilustración 13) permite al usuario la visualización de estos archivos, además de brindarle posibilidad de compartirlos por correo para su posterior análisis.



Ilustración 13

4. SOLUCIÓN DE ERRORES

Para garantizar el correcto funcionamiento del prototipo se desarrollaron dos alarmas que alertan al usuario de problemas de conexión del prototipo. La primera de ellas y más importante para el sistema es la alarma de desconexión del generador flujo de electrones (ilustración 14). Cuando el usuario visualice esta alarma debe verificar que los dos conectores que se encuentran en la parte inferior del generador se encuentren correctamente instalados como se muestra en la ilustración 15.



Ilustración 14

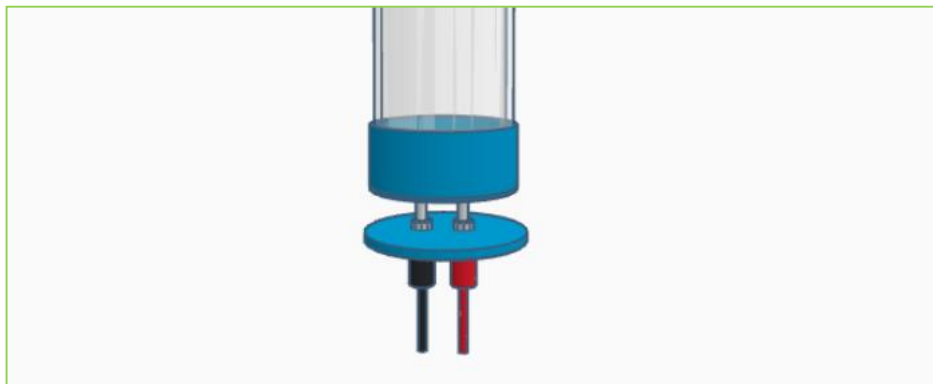


Ilustración 15

La segunda alarma advierte al usuario la desconexión entre el dispositivo Android y el prototipo (ilustración 16). Cuando el usuario visualice esta alarma debe seleccionar el botón de reconexión y seleccionar nuevamente el módulo HC-05.



Ilustración 16