

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y
CONTROL DE VARIABLES PARA ESTACIONES DE TRANSMIIÓN EN
CADEFIHUILA ZONA SUROCCIDENTE DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA

KARLA MARCELA RODRÍGUEZ GARZÓN
JUAN PABLO GONZALEZ BARRERO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
NEIVA
2017

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y
CONTROL DE VARIABLES PARA ESTACIONES DE TRANSMISSION EN
CADEFIHUILA ZONA SUROCCIDENTE DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA

KARLA MARCELA RODRÍGUEZ GARZÓN
JUAN PABLO GONZALEZ BARRERO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Electrónico.

Director
Ing. Martin Diomedes Bravo
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
NEIVA
2017

Nota de Aceptación

Firma director de Tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | 13 |
| 1.1 General | 15 |
| 1.2 Específicos | 15 |
| 2 MARCO TEÓRICO..... | 16 |
| 2.1 REDES DE DATOS..... | 16 |
| 2.1.1 LAN (Local Area Networks, Redes de Área Local) | 16 |
| 2.1.2 MAN (Metropolitan Area Networks, Redes de Area Metropolitana)..... | 16 |
| 2.1.3 WAN (Wide Area Networks, Redes de Área Amplia) | 17 |
| 2.2 REDES INALÁMBRICAS..... | 17 |
| 2.2.1 WiFi..... | 18 |
| 2.2.2 VHF (Very High Frequency, Frecuencia Muy Alta) | 18 |
| 2.2.3 WiMAX ((Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) | 19 |
| 2.2.4 VSAT (Very Small Aperture Terminals, Terminal de Apertura Muy Pequeña) | 19 |
| 2.3 TRANSMISIÓN DE DATOS | 19 |
| 2.3.1 Radiofrecuencia..... | 19 |
| 2.3.2 Ethernet..... | 20 |
| 2.3.3 POE (Power Over Ethernet, Alimentación a través de Ethernet) | 21 |
| 2.3.4 GPRS (General Packet Radio Service, Servicio General de Paquetes vía Radio) | 23 |
| 2.4 MÓDULO GSM/GPRS SIM 900 | 24 |
| 2.5 DAQ (Data Acquisition, Adquisición de Datos) | 26 |
| 2.5.1 Sensor | 27 |
| 2.5.2 Dispositivo DAQ | 27 |
| 2.5.3 Visualización y almacenamiento de datos..... | 28 |
| 2.6 RASPBERRY PI | 28 |
| 2.7 SERVIDOR WEB..... | 30 |
| 2.8 OPENLAYERS..... | 30 |
| 2.9 FPDF | 31 |
| 3. ESTACIÓN DE TELECOMUNICACIONES..... | 32 |
| 3.1 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES | 32 |
| 2.9.1 Componentes | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 4. DESARROLLO DEL SISTEMA..... | 37 |
| 4.1 ETAPA DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES ANALÓGICAS | 37 |
| 4.1.1 Divisores de tensión..... | 38 |
| 4.1.2 Conversor Análogo Digital | 39 |
| 4.1.3 Tarjeta de adquisición de señales análogas | 40 |
| 4.1.4 Programación adquisición análoga..... | 41 |
| 4.2 ETAPA DE EVALUACIÓN DE ESTADO DE RADIOS | 44 |
| 4.3 ETAPA DE TRANSMISIÓN DE DATOS | 47 |
| 4.3.1 Configuración..... | 47 |
| 4.3.2 Direccionamiento de puerta de enlace..... | 49 |
| 4.3.3 Comunicación con el servidor web | 50 |
| 4.4 ETAPA CONFIGURACIÓN FUNCIÓN REINICIO | 52 |
| 4.4.1 Módulo de potencia y reinicio | 52 |
| 4.4.2 Apagado programado del sistema de telecomunicaciones..... | 56 |
| 4.4.3 Reinicio forzado del sistema de telecomunicaciones..... | 56 |
| 4.5 ETAPA DE VISUALIZACIÓN..... | 57 |
| 4.5.1 Configuración del servidor | 58 |
| 4.5.2 Sistema de Gestión de Contenidos | 59 |
| 4.5.3 Plantilla de diseño | 60 |
| 4.5.4 Bases de datos del sistema..... | 61 |
| 4.5.5 Gestión de usuarios e integración de código externo | 63 |
| 4.5.6 Generación y configuración de mapas con OpenLayers..... | 67 |
| 4.5.7 Reporte gráfico de variables medidas..... | 68 |
| 4.5.8 Generación de reportes PDF..... | 69 |
| 4.5.9 Prueba de conectividad..... | 69 |
| 4.5.10 Consulta para reinicio del sistema | 70 |
| 4.6 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO | 71 |
| 4.7 PRUEBA Y VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA | 72 |
| 4. CONCLUSIONES..... | 77 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Redes Interconectadas | 17 |
| Figura 2. Espectro radioeléctrico | 19 |
| Figura 3. Configuración de cable Ethernet | 22 |
| Figura 4. Arquitectura Básica de una red Móvil..... | 24 |
| Figura 5. Módulo embebido SIM 900 | 24 |
| Figura 6. Módulo GSM/GPRS SIM 900 V 1.0 | 25 |
| Figura 7. Sistema DAQ | 26 |
| Figura 8. Placa Raspberry Pi 2B..... | 29 |
| Figura 9. Diagrama de pines Raspberry Pi 2B | 30 |
| Figura 10. Diagrama de bloques torre de comunicaciones | 32 |
| Figura 11. Estación de comunicaciones..... | 33 |
| Figura 12. Panel solar..... | 34 |
| Figura 13. Controlador de carga solar..... | 34 |
| Figura 14. Módulo de potencia | 35 |
| Figura 15. Patch panel..... | 36 |
| Figura 16. Antena y radio integrados | 36 |
| Figura 17. Esquema funcional prototipo de monitoreo de nodos de telecomunicaciones | 37 |
| Figura 18. Diagrama de bloques etapa de adquisición de datos | 37 |
| Figura 19. Divisores de tensión..... | 38 |
| Figura 20. Bus SPI..... | 39 |
| Figura 21. Diseño esquemático tarjeta de adquisición análoga. | 40 |
| Figura 22. Diseño PCB tarjeta de adquisición análoga. | 41 |
| Figura 23. Vista 3D tarjeta de adquisición análoga. | 41 |
| Figura 24. Secuencia de pasos para activación del bus SPI..... | 42 |
| Figura 25. Diagrama de flujo lectura análoga..... | 43 |
| Figura 26. Diagrama de conexiones tarjeta DAQ y Raspberry Pi..... | 44 |
| Figura 27. Diagrama de flujo estado de radios..... | 46 |
| Figura 28. Conexiones módulo Sim 900. | 47 |
| Figura 29. Minicom 2.6.1 | 48 |
| Figura 30. Interfaz Punto a Punto. | 49 |
| Figura 31. Diagrama de flujo envío de datos al servidor. | 51 |
| Figura 32. Diagrama de bloques hardware potencia y reinicio. | 53 |
| Figura 33. Circuito control electromecánico. | 53 |
| Figura 34. Circuito de alimentación sistema de monitoreo..... | 54 |
| Figura 35. Regulador LM7805 | 54 |
| Figura 36. Par Darlington TIP127 | 55 |
| Figura 37. Circuito control reinicio Symde S.A.S..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Figura 38. Panel de servicios activos EC2 Amazon | 58 |
| Figura 39. Frontend de la página web..... | 59 |
| Figura 40. Backend del CMS | 60 |
| Figura 41. Tema IT Black White 2..... | 60 |
| Figura 42. Formulario de ingreso al sistema | 61 |
| Figura 43. Creación de módulo HTML | 64 |
| Figura 44. Grupos de usuarios..... | 64 |
| Figura 45. Interfaz de usuario perfil cliente | 66 |
| Figura 46. Interfaz de usuario perfil monitoreo selección cliente | 66 |
| Figura 47. Interfaz de usuario perfil monitoreo selección nodo | 67 |
| Figura 48. Mapa del Sistema de Información, marcadores y popover..... | 68 |
| Figura 49. Reporte gráfico de variables eléctricas | 68 |
| Figura 50. Generación de reporte PDF | 69 |
| Figura 51. Datos de entrada prueba de conectividad..... | 70 |
| Figura 52. Datos de salida prueba de conectividad..... | 70 |
| Figura 53. Diseño 3D del chasis | 71 |
| Figura 54. Vista externa del prototipo final | 71 |
| En la Figura 55 se muestran ensambladas las tarjetas que componen el módulo de monitoreo..... | 72 |
| Figura 55. Vista interna del prototipo final | 72 |
| Figura 56. Infraestructura de pruebas del sistema | 73 |
| Figura 57. Llamada para comprobar la conexión a la red móvil. | 73 |
| Figura 58. Almacenamiento en base de datos del sistema. | 74 |
| Figura 59. Reporte gráfico regulador de voltaje. | 74 |
| Figura 60. Reporte gráfico arreglo de baterías..... | 75 |
| Figura 61. Reporte gráfico salida de 5V..... | 75 |
| Figura 62. Reporte gráfico salida de 9V..... | 75 |
| Figura 61. Reporte gráfico salida de 12V..... | 76 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Tecnologías de Ethernet | 20 |
| Tabla 2. Clases POE según consumo de potencia | 22 |
| Tabla 3. Especificaciones técnicas SIM 900 | 25 |
| Tabla 4. Comandos AT principales | 26 |
| Tabla 5. Características Raspberry Pi 2B | 29 |
| Tabla 6. Características OpenLayers..... | 31 |
| Tabla 7. Especificaciones del convertor análogo digital | 39 |
| Tabla 8. Especificaciones técnicas LM7805..... | 55 |
| Tabla 9. Especificaciones técnicas TIP127 | 55 |
| Tabla 10. Especificaciones instancia AWS | 58 |
| Tabla 11. Características a nivel de software del servidor | 58 |
| Tabla 12. Estructura tabla INFORMACIÓN..... | 62 |
| Tabla 13. Estructura tabla NODO | 62 |
| Tabla 14. Estructura tabla radio IP..... | 63 |
| Tabla 15. Estructura tabla ESTADO | 63 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| ANEXO A. COMANDOS DEL SISTEMA | 81 |
| A.1 Funciones envío de datos por GET | 81 |
| A.2 Recepción solicitud GET en el servidor | 81 |
| A.3 Función ON/OFF programada | 81 |
| A.4 Estado de sesión en Joomla..... | 82 |
| A.5 Elementos popover OpenLayers | 82 |
| ANEXO B. MANUAL TÉCNICO V1.0..... | 83 |
| ANEXO C. DOCUMENTO REPORTE DE VARIABLES ELÉCTRICAS..... | 92 |

GLOSARIO

API: Application Programming Interface, Interfaz de Programación de Aplicaciones. Conjunto de especificaciones e implementación de comunicación entre componentes de software. Se trata de un conjunto de funciones o llamadas al sistema o bien un conjunto de clases y sus métodos cuyo propósito es ofrecer acceso a los servicios de un sistema.

CMS: Content Management System, sistema de gestión de contenidos. Es una herramienta de software que facilita la creación y manejo de contenido digital, ampliamente utilizado en ambiente web empresarial.

HTML: HyperText Markup Language, lenguaje de marcas de hipertexto utilizado para el desarrollo de páginas web desarrollo por el *World Wide Web Consortium* (W3C).

GPRS: General Packet Ratio Service, Servicio General de Paquetes vía Radio. Evolución de la arquitectura GSM que permite la transmisión de datos sobre la red móvil.

RESUMEN

La empresa integradora de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC's) Symde S.A.S¹, no cuenta en la actualidad con un sistema de monitoreo de la infraestructura electrónica y de datos existente en las torres de telecomunicaciones, de sus clientes corporativos.

Por lo anterior, el soporte técnico brindado y el esquema de atención a fallas no contempla un dimensionamiento previo de las mismas, que permita la correcta disposición de personal, materiales y equipos, incurriendo así en gastos que en diversas ocasiones resultan innecesarios una vez identificado el origen de la falla.

Considerando la necesidad expuesta, el propósito de este proyecto es implementar un sistema de monitoreo que evalúe el estado de cada uno de los componentes físicos en una estación de transmisión remota, facilitando al equipo de soporte de Symde S.A.S. la identificación de fallas en las redes de sus clientes.

El sistema implementado está basado en tecnología de fácil acceso, siendo el núcleo de procesamiento la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi en su segunda versión, la cual recibe información del módulo de adquisición de datos y la transmite a través de la red GPRS haciendo uso del módulo sim900, al web server correspondiente, este último ha sido diseñado sobre el sistema de gestión de contenidos Joomla y sus funcionalidades específicas han sido desarrolladas con librerías de código abierto completamente libres.

Para el correcto desarrollo del prototipo fue necesario comprender las necesidades del Proveedor de Servicios de Telecomunicaciones y con ello dimensionar el problema y definir el alcance de la solución, seleccionar las herramientas electrónicas a utilizar de acuerdo a diseños establecidos e iniciar con ellas las pruebas necesarias para la implementación del sistema a nivel de hardware y software.

¹ Sociedad por Acciones Simplificada.

INTRODUCCIÓN

El mundo está interconectado, las comunicaciones evolucionan de forma acelerada incrementando oportunidades para quienes estén en capacidad aprovechar las herramientas que ellas brindan, es por ello que la inclusión y adopción de este tipo de tecnologías es ahora un indicio de supervivencia. Las empresas colombianas son conscientes de este hecho, por lo cual, gran parte de estas tienen a la fecha implementadas redes y otras soluciones en el área de las TIC's que se adaptan a sus necesidades corporativas.

Colombia, es un país cuyo motor económico es la producción de materias primas (agricultura, ganadería, minería), cuyas fuentes se ubican en zonas de gran extensión, alejadas de las ciudades principales. Debido a esto, las empresas dedicadas a estas actividades económicas a mediana o gran escala, requieren interconectar puntos de producción, despacho y comercialización de sus productos, que se encuentran considerablemente distanciados y en zonas de difícil acceso.

El despliegue y mantenimiento de redes de comunicación en zonas rurales es entonces, un reto constante para empresas proveedoras de servicios en el área de las telecomunicaciones debido a la mala calidad de la infraestructura eléctrica, vías de acceso deficientes e incluso inseguridad a causa del conflicto armado; aunque esto resulte complicado y por ende costoso, es necesario incrementar la conectividad en nuestro país para que éste evolucione al paso de las exigencias internacionales y, es así como está sucediendo: en el denominado reporte *The Global Information Technology Report 2015* se afirma que de los 1.123 municipios que existen en Colombia, un total de 1078 ya se encuentran integrados en la red Nacional de Fibra Óptica, aunque estas cifras evidencien que el auge tecnológico ha alcanzado la mayor parte del territorio colombiano es necesario que la sostenibilidad de estos servicios sea viable tanto para usuarios como para las empresas que generan soluciones, ya que los servicios se encarecen, debido a la complejidad que implica su sostenimiento.

De este modo, cuando se presenta una falla que afecta la conectividad entre uno o más puntos de una comunicación, el personal técnico que debe dar solución al problema está obligado a desplazarse al lugar donde se presenta el daño. Considerando esto, resulta necesario para reducir riesgos y costos por transporte de equipos y personal al sitio, que la infraestructura pueda ser monitoreada de forma remota y que sea posible ejercer sobre ella algunas acciones de control básicas sin necesidad de encontrarse en el mismo espacio geográfico.

El monitoreo constante de los equipos y dispositivos electrónicos que integran el sistema permite la detección y localización de fallas, lo que al mismo tiempo acarrea que el personal técnico pueda preparar una solución al problema, ya que existe un diagnóstico del mismo antes de realizar la visita correctiva. Es decir, si se conoce con anticipación la falla y su solución se podrá garantizar la reanudación de servicio en un menor tiempo, haciendo viable y sostenible la expansión tecnológica e informática.

De acuerdo a lo anterior, el propósito de este proyecto es implementar un sistema de monitoreo remoto que evalúe el estado de cada uno de los componentes físicos en un nodo de red, de modo que la detección de fallas presentadas en el sistema sea previa a la visita técnica en la que se corrigen.

En este documento se presenta el informe final que contiene los conceptos, teorías y herramientas más importantes utilizadas para el desarrollo del proyecto de grado titulado Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo y Control de Variables para Estaciones de Transmisión en Cadefihuilá Zona Suroccidente del Departamento del Huila, así como la descripción del funcionamiento del prototipo implementado y los resultados obtenidos durante el proceso.

1 OBJETIVOS

1.1 General

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo que evalúe en tiempo real el estado y funcionamiento de componentes electrónicos que integran una torre de telecomunicación, tales como baterías, paneles solares, *switches* y radios. El sistema será puesto a prueba sobre equipos reales propiedad de outsourcing Soluciones, Redes y Telecomunicaciones Symde S.A.S que integran y caracterizan las torres de transmisión

1.2 Específicos

- Identificar, clasificar y dimensionar las fallas en el sistema de comunicaciones mediante la lectura de variables de voltaje que en el sistema intervienen, presentados en las etapas de alimentación (Baterías, regulador solar y caja de potencia).
- Monitorear el estado y funcionamiento de la alimentación a la entrada de las baterías entregado por los paneles solares, así como a la salida de estas para monitorear su funcionamiento.
- Realizar el control de la información a monitorear mediante un módulo GPRS de forma que el sistema sea totalmente independiente del nodo a evaluar.
- Efectuar acciones de control on/off sobre el sistema como reinicio, mediante la suspensión programada de la alimentación.
- Almacenar la información sensada en una base de datos a la cual se pueda acceder con facilidad, para extraer conclusiones a partir del comportamiento progresivo de los componentes cuyo estado es foco de seguimiento.
- Diseñar una interfaz web amigable con el usuario en *php* que permita visualizar los datos sensados, generar alertas sobre posibles fallas y efectuar acciones de control on/off sobre el sistema en modo remoto.
- Poner a prueba el sistema de monitoreo sobre equipos reales que integran y caracterizan las estaciones de transmisión cuyo manejo se encuentra a cargo de outsourcing Soluciones, Redes y Telecomunicaciones Symde S.A.S, identificando alcance real, falencias y restricciones.
- Redactar la documentación final que contenga planteamiento y solución del problema, así como la guía de uso del prototipo implementado.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 REDES DE DATOS

Una red de datos, informática o de comunicaciones como también puede ser llamada, es un conjunto de equipos interconectados entre sí capaces de intercambiar, almacenar y procesar información, la mayoría de estas son basadas en la conmutación de paquetes y pueden ser clasificadas según su topología, tipo de transmisión, tamaño (LAN, WAN y PAN) y arquitectura física.

José Joskowicz, en la introducción de su libro *Redes de Datos* (2004), define dos topologías para las redes de datos según el tipo de transmisión utilizada: redes de difusión y redes punto a punto. En la primera, todos los integrantes de la red comparten el mismo medio de transmisión, por lo que los mensajes enviados son recibidos por todas las máquinas dentro de la red y de acuerdo a la información de “Origen” y “Destino” embebida en el paquete se discrimina quien debe procesar cada mensaje. Por otro lado en las redes punto a punto las conexiones se realizan en forma de pares individuales, por ello, durante una transmisión, la información puede pasar por muchas máquinas intermedias antes de llegar al dispositivo final.

Otra importante clasificación de las redes de datos depende del medio utilizado para la transmisión de paquetes, la cual puede ser realizada por un medio cableado como la fibra óptica o inalámbrico, a través del aire.

2.1.1 LAN (Local Area Networks, Redes de Área Local)

Son redes privadas que están instaladas dentro de un mismo edificio, oficina o campus². Su objetivo principal típicamente es compartir recursos (impresoras, discos, aplicaciones, etc.) y comunicar distintos departamentos en una empresa. Pueden ser construidas siguiendo una arquitectura cliente – servidor o punto a punto.

2.1.2 MAN (Metropolitan Area Networks, Redes de Area Metropolitana)

Estas redes están diseñadas para extenderse sobre una ciudad entera, permitiendo conectar dos o más redes LAN. Por ejemplo, una empresa que tenga varias oficinas o sucursales dentro de un mismo distrito puede usar una MAN

² Joskowicz José, *Redes de Datos*, página 31.

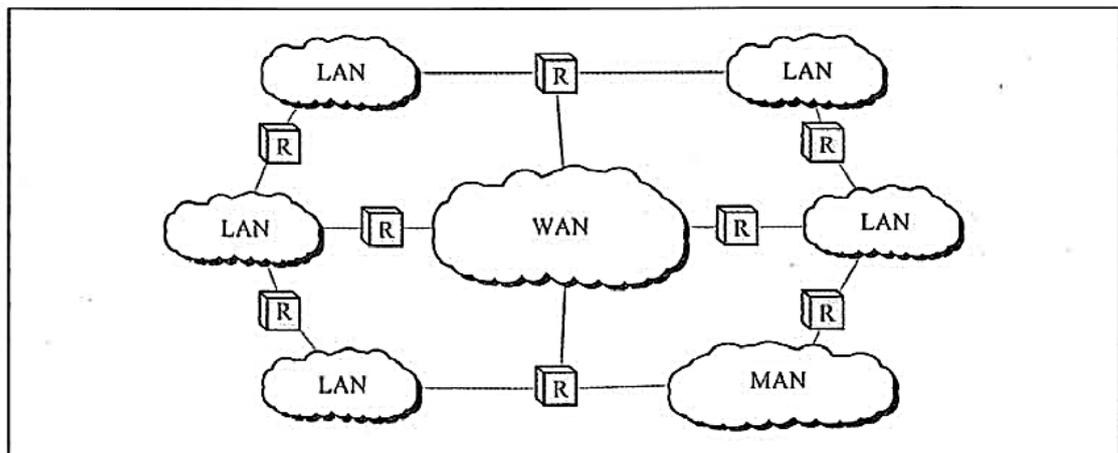
para establecer conexión entre las LAN de todas las oficinas, integrándolas en un solo sistema.

2.1.3 WAN (Wide Area Networks, Redes de Área Ampla)

Proporcionan un medio de transmisión a larga distancia de datos, voz, imágenes e información de vídeo sobre grandes áreas geográficas que pueden extenderse a un país, un continente o incluso el mundo entero³. Para efectuar la transmisión pueden hacer uso de dispositivos de comunicación públicos o privados.

La figura 1 muestra las redes descritas en los ítems anteriores interconectadas formando una sola interred o internet.⁴ Las redes interactúan a través de dispositivos de conexión que incluyen router, switches, estaciones de transmisión, entre otros.

Figura 1. Redes Interconectadas



Fuente: Behrouz A. Forouzan. *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*, Segunda Edición, pág. 33. Mc Graw Hill, 2001.

2.2 REDES INALÁMBRICAS

De acuerdo al contexto en el que se desarrolla este proyecto, es decir, redes en zonas rurales, se requiere enfatizar en las tecnologías existentes para garantizar servicios de conexión en áreas apartadas, siendo las alternativas inalámbricas las más viables debido a que sus costos de instalación y mantenimiento son inferiores a los de una red cableada.

³ Behrouz A. Forouzan. *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*, Segunda Edición. Mc Graw Hill, 2001.

⁴ El término internet no debe confundirse con la red específica de cobertura global denominada Internet (Con mayúscula, al ser un nombre propio).

2.2.1 WiFi

Las especificaciones de esta tecnología se encuentran descritas en la familia de estándares IEEE 802.11 (802.11a, 802.11b y 802.11g), las cuales son en gran parte las mismas dadas para Ethernet, exceptuando por supuesto las especificaciones para la capa física (PHY) y la capa de acceso al medio (MAC) en las que se utilizan señales de radio en lugar de cable y CSMA/CA en vez de CSMA/CD.

Tiene asignadas las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) 902 a 928 MHz, 2.400 a 2.4835 GHz y 5.725 a 5.850 GHz para uso en las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado con objeto de lograr redes de área local inalámbricas (WLAN)⁵. Es necesario tener en cuenta que existen restricciones legales en cuanto a potencia, sin embargo es posible establecer enlaces de decenas de kilómetros manteniendo baja su magnitud y alcanzando velocidades que van desde 1 hasta 54 Mbps.

Es una tecnología ampliamente conocida, flexible, de bajo consumo y fácil de configurar, de igual forma el hardware necesario para su implementación viene comercialmente integrado en soluciones que soportan condiciones ambientales crudas, sin embargo, tiene como desventaja que requiere línea de vista directa, es decir, un camino sin obstáculos entre antenas emisoras y receptoras, lo cual puede incrementar costos al necesitar la instalación de repetidores.

2.2.2 VHF (Very High Frequency, Frecuencia Muy Alta)

Las redes que operan en la banda VHF utilizan frecuencias que van de 30 a 300 MHz, es posible que con ella se establezcan enlaces de hasta 70 km y tienen mayor tolerancia a obstáculos que el WiFi.

Idealmente la banda VHF es usada para transmisión de voz, sin embargo existen herramientas como el protocolo AX.25⁶ que permiten el envío de datos, permitiendo acceder a servicios de navegación a velocidades aceptables, pero claramente inferiores a tecnologías como el WiFi. Sumado a esta desventaja en cuanto a velocidad se encuentra un costo y consumo de potencia elevados (hasta 100 W).

⁵ Evaluación de las prestaciones de la red GPRS, página 14. Friedrich, Guillermo R. y Ardengui, Jorge R. 2006.

⁶ La versión 2.2 del protocolo AX.25 "Link Access Protocol for Amateur Packet Radio" puede ser consultado en <https://www.tapr.org/pdf/AX25.2.2.pdf>

2.2.3 WiMAX ((Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas)

Las especificaciones de esta tecnología se consignan en el estándar IEEE 802.16, el cual proporciona soluciones para escenarios con y sin línea de vista (LOS, line of sight y NLOS, non line of sight, respectivamente), utilizando ancho de banda de 10 a 66 GHz para la primera y frecuencias inferiores a los 11 GHz para la segunda. Provee velocidades de aproximadamente 70 Mbps en un rango de 50km utilizando enlaces punto a multipunto.

Proporciona QoS (Quality of Service, Calidad de Servicio), por lo que la transmisión de voz y datos son posibles con alta fidelidad. A pesar de esto, los costos de instalación, infraestructura y consumo de potencia resultan normalmente demasiado altos para ser viables.

2.2.4 VSAT (Very Small Aperture Terminals, Terminal de Apertura Muy Pequeña)

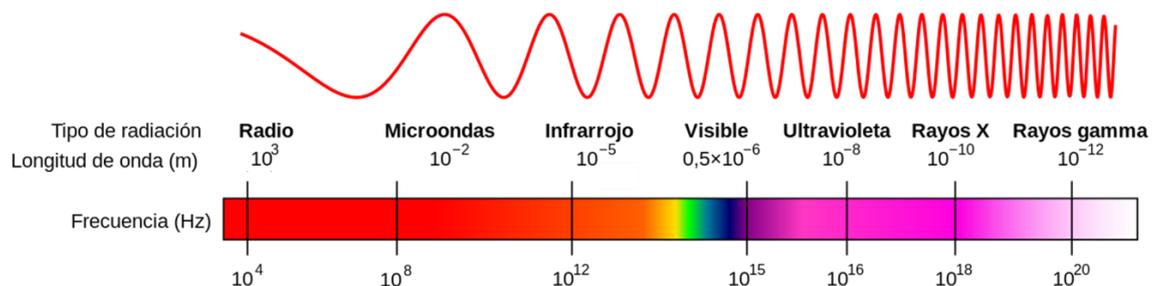
Es una tecnología de conexión satelital que utiliza señales de microondas y permite la instauración de redes privadas amplias controladas por un dispositivo llamado Hub, que se encarga de cumplir la labor de estación terrestre por lo que todos los datos deben pasar por él. Es posible alcanzar velocidades de transmisión de hasta 2 Mbps permitiendo ofertar servicios multimedia.

2.3 TRANSMISIÓN DE DATOS

2.3.1 Radiofrecuencia

La propagación de ondas electromagnéticas por radiofrecuencia, hace referencia a la transmisión inalámbrica haciendo uso de la sección del espectro electromagnético comprendida entre 30kHz y 300GHz. Figura 2.

Figura 2. Espectro radioeléctrico



Fuente: <http://www.tecnologia.org/principal/wp-content/uploads/spectrum.png>

Las ondas electromagnéticas son invisibles y, en consecuencia, se deben analizar con métodos indirectos, mediante esquemas que ilustran los efectos de su propagación en el espacio libre; incluyen no sólo las ondas de radio, también la luz, los rayos infrarrojos, los ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma, los dos últimos se ubican en la categoría de radiaciones ionizantes y contienen la energía suficiente para modificar la estructura molecular de la materia. Una onda electromagnética como puede deducirse de su nombre contiene un campo eléctrico y uno magnético, los cuales son perpendiculares entre sí.

Es importante tener en cuenta en cualquier sistema de comunicación inalámbrica el rango de frecuencia sobre el que se transmite, ya que los dispositivos electrónicos que interactúan en el sistema están diseñados para trabajar a diferentes anchos de banda según el objeto para el cual han sido fabricados, de igual forma ya que es un recurso compartido y con gran cantidad de obstáculos, la interferencia, ruido y atenuación de la señal son problemáticas que pueden afectar la comunicación.

2.3.2 Ethernet

También conocido como IEEE 802.3 es un estándar que define las especificaciones para la transmisión de datos en redes de área local haciendo uso de conexiones cableadas. En este protocolo se utiliza CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones*), el cual permite la transmisión a través de una línea sin dar prioridad a ninguno de las fuentes de datos incluidas pero evitando el solapamiento de las señales ya que se obliga al equipo a verificar que la línea se encuentre libre antes de efectuar la transmisión, en caso de que se presente una colisión todos los equipos interrumpen la comunicación y deben esperar un periodo aleatorio antes de reiniciarla.

Existen diferentes variantes de la tecnología Ethernet que dependen del tipo de cable utilizado y sus características, lo que influye directamente en la velocidad y tasa de datos soportada, en la tabla 1 se enuncian algunos de ellos.

Tabla 1. Tecnologías de Ethernet

| Estándar Físico | Abreviatura | Cable | Conector | Velocidad | Alcance |
|---|--------------------|--------------------|-----------------|------------------|----------------|
| Ethernet de cable fino (<i>Thin Ethernet</i>) | 10Base2 | Cable coaxial fino | BNC - T | 10Mb/s | 185 m |

| | | | | | |
|--|------------|--|-------|----------|--------------|
| Ethernet de cable grueso (<i>Thick Ethernet</i>) | 10Base5 | Cable Coaxial Ancho | BNC | | 500 m |
| Ethernet de par trenzado | 10Base T | Par trenzado (Categoría 3) | RJ-45 | | 100 m |
| Ethernet veloz (<i>Fast Ethernet</i>) | 100Base-TX | Par trenzado (Categoría 5) | RJ-45 | 100 Mb/s | 100 m |
| | 100Base-FX | Fibra óptica multimodo | | | 2 km |
| Ethernet Gigabit | 1000Base X | Fibra óptica | | 1000Mb/s | Hasta 100 km |
| | 1000Base T | Par trenzado (Categoría 5e o superior) | RJ-45 | | 100 m |

2.3.3 POE (*Power Over Ethernet*, Alimentación a través de Ethernet)

Integra energía eléctrica y datos en una misma infraestructura LAN logrando que la alimentación eléctrica se suministre a un dispositivo de red usando el mismo cable que se utiliza para la conexión de red, ofreciendo una potencia máxima de 15.4 W

La tecnología POE está regulada por la norma IEEE802.3af, y está diseñado de manera que no disminuye el rendimiento en la transmisión de datos ni reduce el alcance de la red. Dentro de sus ventajas principales se encuentra la reducción de costos de planeación, cableado e instalación, ya que el sistema de alimentación se encuentra integrado al de datos, es óptimo para sistemas que requieran trabajar de forma ininterrumpida y es en principio una red inteligente ya que los equipos conectados bajo estas especificaciones pueden ser apagados o reiniciados remotamente utilizando protocolos existentes como el SNMP (*Simple Network Management Protocol*).

Un sistema PoE se compone de un Equipo de Alimentación Eléctrica (PSE, *Power Sourcing Equipment*) y de un Dispositivo Alimentado (PD, *Powered Device*), el primero está en capacidad de detectar un PD que acepte POE, suministrarle alimentación y detenerla en caso de ser necesario.

La técnica utilizada para la detección de PD usa las características de impedancia y capacitancia de los terminales de los dispositivos y sirve como prueba de compatibilidad de los mismos, de forma que sólo en caso de cumplir con las especificaciones IEEE802.3af el cable podrá ser usado como alimentación, evitando así el daño de dispositivos que no estén adaptados a esta tecnología.

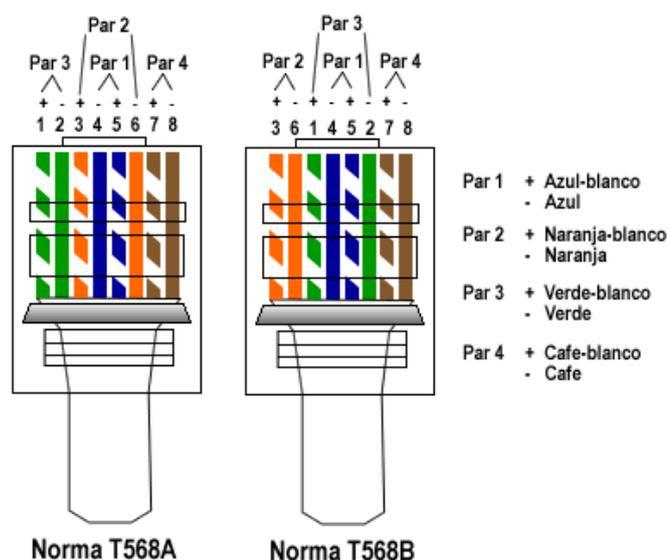
De acuerdo al consumo de potencia del dispositivo alimentado, el estándar ofrece una clasificación en clases descrita en la tabla 2.

Tabla 2. Clases POE según consumo de potencia

| CLASES | POTENCIA (WATTS) |
|---------|------------------|
| Clase 0 | 0.44 a 12.94 |
| Clase 1 | 0.44 a 3.84 |
| Clase 2 | 3.84 a 6.49 |
| Clase 3 | 6.49 a 12.95 |

En una conexión POE se hace uso de las dos alternativas especificadas para Ethernet, que pueden ser vistas en la figura 3 con la modificación de que se toman dos pares para datos y dos para alimentación. En caso de tener implementada la opción par recto (Norma T568A) la potencia será entregada al dispositivo a través de los pares 1 y 2, mientras que si se utiliza par cruzado (Norma T568B), la alimentación será tomada desde los pares 1 y 4.

Figura 3. Configuración de cable Ethernet



Fuente: <http://www.wilkinsonpc.com.co/free/articulos/cable-de-red-cruzado-y-recto.html>

2.3.4 GPRS (*General Packet Radio Service, Servicio General de Paquetes vía Radio*)

Es una tecnología de conmutación de paquetes que permite la transferencia de datos sobre una red celular GSM (Global System for Mobile communication) o superior, desarrollada en el año 2000 por el grupo de trabajo 3GPP (3rd Generation Partnership Project)⁷, sus especificaciones técnicas se encuentran consignadas en la versión 97, según la cual, GPRS alcanza velocidades de 40kbps en el enlace de bajada y 14kbps en el de subida, sin embargo en nuevas versiones se afirma que podría alcanzar velocidades de hasta 171kbps.

En un sistema GPRS los recursos de red son utilizados solamente cuando se tienen datos para envío o recepción, siendo liberado el enlace cuando no es necesario, de esta forma el servicio es facturado según la cantidad de datos transmitidos y no por el tiempo de conexión.

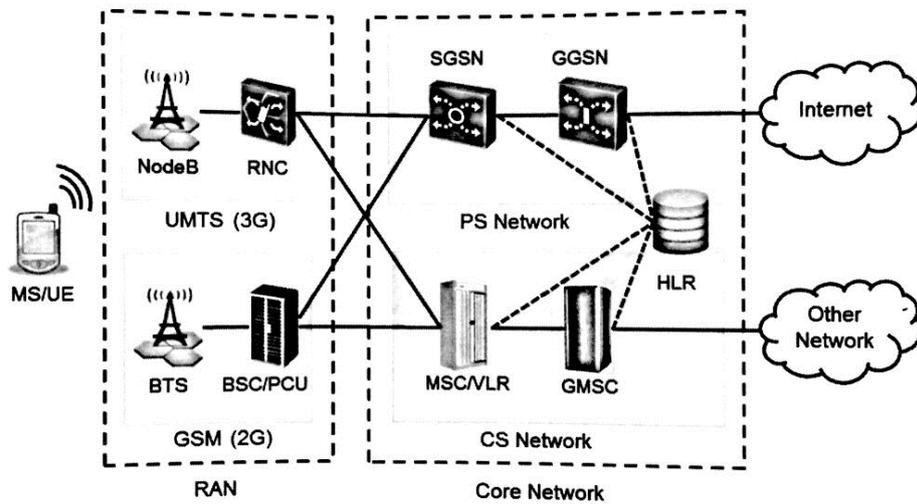
En la figura 4 se muestra la arquitectura para redes móviles 2G y 3G, sobre la cual se realiza la transmisión de datos; está compuesta por la red de acceso RAN (*Radio Access Network*) y el núcleo de red (*Core Network*), la primera a su vez está compuesta por estructuras que transmiten y reciben flujo de datos (BTS y NodeB) y otras que efectúan acciones de control sobre los mismos para posteriormente emitirlos al núcleo de red, según el tipo de información (voz o datos).

El núcleo de red está compuesto por dos bloques, el primero es el dominio de Conmutación de Paquetes (PS, *Packet Switch*) mediante el cual se establece la conexión a internet y el segundo el dominio de Conmutación de Circuitos (CS, *Circuit Switch*) el cual hace posible el servicio de voz, de igual forma el dominio PS se compone de dos unidades principales el SGSN (*Serving GPRS Support Node*, Nodo de Soporte del Servicio GPRS) que da acceso a los terminales móviles a la red de datos, entre otras cosas, haciendo uso de la información almacenada en HLR (Información del suscriptor: perfil de servicio, ubicación y estado de actividad) para validar las conexiones y el GGSN (*Gateway GPRS Support Node*, Nodo de Soporte de la Compuerta GPRS) que fundamentalmente sirve como puerta de enlace a la PDN (Red de Datos, *Packet Data Network*).

⁷ Ver <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/102-gprs-edge>

Figura 4. Arquitectura Básica de una red Móvil

2G/3G Mobile Network Diagram



Fuente: Huawei. Seeds for the future training.

La transmisión de las variables sensadas se enviará a un cliente web haciendo uso de la tecnología GPRS ya que los sistemas de telefonía móvil tienen alta cobertura y son completamente independientes del sistema de telecomunicaciones a monitorear.

2.4 MÓDULO GSM/GPRS SIM 900

Esta placa del fabricante de PCBs ITEAD⁸ está diseñada para ofrecer a tarjetas de desarrollo como Arduino y Raspberry Pi, conectividad inalámbrica a través de las redes 2G y 3G, su componente principal es el chip SMT embebido SIM900 (Figura 5) del fabricante SIMCom que permite al usuario transmitir voz, mensajes de texto, datos y fax operando en las bandas 850/900/1800/1900 MHz. Ver Figura 6.

Figura 5. Módulo embebido SIM 900



Fuente: <http://www.propox.com/download/docs/SIM900.pdf>

⁸ <https://www.itead.cc/>

Figura 6. Módulo GSM/GPRS SIM 900 V 1.0



Fuente: <https://www.itead.cc/sim900-sim900a-gsm-gprs-minimum-system-module.html>

A continuación, se listan algunas de las especificaciones técnicas de este módulo:

Tabla 3. Especificaciones técnicas SIM 900

| Item | Características |
|-----------------------------|---|
| Especificaciones Generales | Quad-Band 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz GPRS multi-slot class 10/8GPRS mobile station class B Compliant to GSM phase 2/2+Class 4 (2 W @850/ 900 MHz) Class 1 (1 W @ 1800/1900MHz) Control via AT commands (GSM 07.07 ,07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands) |
| Consumo | Bajo consumo: 5V 1.5 mA |
| Temperatura de operación | -40°C to +85 °C |
| Especificaciones para datos | GPRS Clase 10 Velocidad de bajada 85.6 kbps Velocidad de subida 14.4 kbps |

El módulo GSM/GPRS SIM 900 ofrece el hardware necesario para permitir una fácil conexión e interacción con las tarjetas de desarrollo, para la gestión vía UART⁹ del módulo embebido principal, el chip SIM 900, a través de los denominados comandos AT desarrollados por SIMCom, los cuales resultan ser una combinación de los estándares GSM07.05, GMS07.07 y la recomendación ITU-T en su versión V.25ter.

⁹ Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, Transmisor Receptor Asíncrono Universal.

Los comandos AT, permiten la ejecución de acciones específicas para hacer uso de la red GSM como comprobar la disponibilidad del servicio, contestar una llamada, realizar una llamada, configurar parámetros de las llamadas, enviar o recibir mensajes de texto, entre otros (tabla 4).

Tabla 4. Comandos AT principales

| COMANDO AT | FUNCIÓN |
|--------------------|--|
| AT | Verificar disponibilidad del servicio. |
| AT+CGMI | Ver nombre del fabricante |
| ATI | Ver información del producto |
| AT+IPR=? | Tasa de baudios de operación |
| AT+IPR? | Tasa de baudios en que está operando |
| AT+IPR=XXXX | Configuración de frecuencia |
| AT+COPS | Nombre de la compañía telefónica |
| AT+CGSN | Número IMEI |
| AT+CMGS=XXXXXXXXXX | Despliega el editor de mensajes de texto y lo envía. |
| AT+CMGL=ALL | Ver todos los mensajes de texto recibidos |
| ATDXXXXXXXXXXXX | Realizar llamada |
| ATA | Contestar llamada |
| ATH | Colgar llamada |

Fuente: <http://www.electronicaestudio.com/docs/ISTD-034.pdf>

2.5 DAQ (*Data Acquisition*, Adquisición de Datos)

Es un proceso mediante el cual una variable física es medida y acondicionada para su visualización y procesamiento en un equipo de cómputo, en la figura 7 se observan los componentes principales de un sistema DAQ y con ello una visualización en bloques del proceso.

Figura 7. Sistema DAQ



Fuente: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

2.5.1 Sensor

Es el dispositivo encargado de detectar la variable física, el cual usualmente tiene integrado un transductor que transforma la magnitud sensada en otra de tipo eléctrico de forma que pueda ser manipulada. Para este proyecto los sensores a utilizar deberán estar en capacidad de medir variables eléctricas (voltaje) en distintos rangos.

2.5.2 Dispositivo DAQ

Es el hardware intermedio entre la PC y las variables físicas, se encarga principalmente de acondicionar las señales, digitalizarlas y procesarlas para que la PC pueda recibirlas, realizar procesamiento adicional y mostrarlas al usuario. Para este caso específico el dispositivo DAQ se encarga también de la preparación para la transmisión inalámbrica de los datos controlando un módulo GPRS compatible.

Dentro de las características más relevantes de una tarjeta o dispositivo de adquisición de datos están:¹⁰

- Número de canales analógicos
- Velocidad de muestreo
- Resolución
- Rango de entrada.
- Capacidad de temporización
- Forma de comunicarse con el computador

Número de canales analógicos: indica el número de magnitudes distintas que se pueden adquirir con la misma tarjeta. Generalmente las tarjetas disponen de un único ADC y los diferentes canales se generan por medio de un multiplexor analógico.

Velocidad de muestreo: cuanto mayor sea la velocidad de muestreo mejor representación obtendremos de la señal analógica, en cualquier caso la velocidad de muestreo debe ser siempre mayor que el doble de la frecuencia de la señal que queremos muestrear.

Resolución: depende del número de bits del ADC utilizados para representar cada muestra, a mayor número de bits del ADC la tarjeta podrá detectar

¹⁰ National Instruments. *Adquisición de datos DAQ* [En línea]. < <http://www.ni.com/data-acquisition/esa/> > [Citado el 10 de septiembre de 2015].

variaciones menores en la señal. El número de distintos niveles en que se divide la señal a convertir viene dado por 2^n , siendo n la longitud de palabra del conversor.

Rango de entrada: indica los márgenes entre los que debe estar la señal de entrada para que pueda ser convertida. Las tarjetas de adquisición de datos suelen dar varias posibilidades que se pueden seleccionar por hardware o por software.

Capacidad de temporización: es una característica de la tarjeta de adquisición de datos que permite unas funcionalidades adicionales: puede controlar los momentos en los que se debe leer una señal, ayuda a identificar cuantas veces se ha producido un evento y genera formas de onda de acuerdo al reloj.

2.5.3 Visualización y almacenamiento de datos

Contiene el software de aplicación o entorno de usuario que será desarrollado sobre una plataforma web y permitirá visualizar las variables de importancia en el sistema en tiempo real, acceder a una base de datos para evaluar su progreso y emitir acciones de control sobre la DAQ para que esta interactúe directamente con el sistema a monitorear.

2.6 RASPBERRY PI

Es un ordenador de placa reducida y bajo costo desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi ¹¹ con arquitectura ARM (*Advanced RISC Machine*), con el principal objetivo de promover las ciencias de la computación jóvenes y niños. Fue seleccionado como tarjeta de procesamiento para este proyecto, ya que ofrece las herramientas necesarias para cumplir con los objetivos planteados, Figura 8.

La Raspberry Pi 2B utiliza un SoC Broadcom BCM2836 que trabaja a 900MHz, soporta sistemas operativos basados en el núcleo Linux (Raspbian, Arch Linux ARM, QtonPi, entre otros), permitiendo que el usuario tenga una experiencia igual a la de un ordenador comercial adicionando los periféricos necesarios (Mouse, teclado, pantalla, etc), razón por la que la placa integra distintos tipos de puertos, en la tabla 5 se muestran algunas de sus especificaciones técnicas principales.

¹¹ Sitio web: <https://www.raspberrypi.org/>

Figura 8. Placa Raspberry Pi 2B



Fuente: <http://core0.staticworld.net/images/article/2015/02/raspberry-pi-2-angle-100569133-orig.png>

Tabla 5. Características Raspberry Pi 2B

| Característica | Descripción |
|-----------------|---|
| SoC | Broadcom BCM2836 |
| CPU | ARM11 ARMv7 ARM Cortex-A7 4 núcleos @ 900 MHz |
| GPU | Broadcom VideoCore IV 250 MHz. OpenGL ES 2.0 |
| RAM | 1 GB LPDDR2 SDRAM 450 MHz |
| Puerto USB 2.0 | 4 |
| Puerto Ethernet | 10/100 Mbps |
| Pines GPIO | 40 |
| Almacenamiento | microSD |
| Ethernet | 10/100 Mbps |
| Tamaño | 85,60x56,5 mm |
| Peso | 45 g |
| Consumo | 5v, 900mA, aunque depende de la carga de trabajo de los 4 cores |

Adicional a lo anterior, la Raspberry Pi contiene pines digitales GPIO (General Purpose Input/Output) para conectar al equipo otros dispositivos electrónicos comunicándose bajo diferentes protocolos y permite desarrollar aplicaciones en lenguaje Python para dar soluciones específicas. Todos los pines, menos los de alimentación y tierra son reconfigurables, sin embargo, una serie de ellos se encuentran configurados por defecto para la conexión de las interfaces UART, I2C y SPI, aquellos que no tienen una funcionalidad específica dada desde fábrica sirven como entradas y salidas digitales. En la figura 9 se aprecia la distribución de pines de la Raspberry Pi 2B y su configuración establecida.

(puntos, líneas polígonas), soporte para WMS, WFS, así como múltiples formatos de mapas (tipo tiles o vectoriales). La evolución desde su lanzamiento en 2005 ha sido considerable, ya que sus desarrolladores han modificado el estilo de programación de forma que disminuya la cantidad de código, el peso de la librería y mejore el rendimiento y tiempos de respuesta de la misma.

En la Tabla 6 se muestran características a nivel técnico importantes de la librería.

Tabla 6. Características OpenLayers.

| | |
|------------------------|---|
| Nombre | OpenLayers |
| Lenguaje de desarrollo | JavaScript |
| Versión actual | 4.0.1 |
| Plataformas soportadas | Linux, Windows, Mac OS X, UNIX |
| Licencia | 2 clause BSD - FreeBSD |
| Página web | https://openlayers.org/ |

2.9 FPDF

Fpdf es una librería escrita en lenguaje de programación PHP que permite crear archivos en formato PDF, su distribución es completamente gratuita y permite ser modificada sin restricción alguna.

Dentro de sus funcionalidades para la configuración de documentos se encuentran: formato de página y márgenes, cabecera y pie de páginas, salto de línea y página automáticos, justificación de texto, incrustación de imágenes, creación de tablas, manejo de diferentes colores y otras.

FPDF a nivel de desarrollo utiliza programación orientada a objetos, el objeto en este caso, corresponde a la estructura del documento dada mediante la programación que el usuario haga del mismo y que será mostrado únicamente con la función de salida (Output), por lo cual previo a este comando no deben existir más funciones de salida, porque generaría conflicto e impediría la visualización de la estructura.

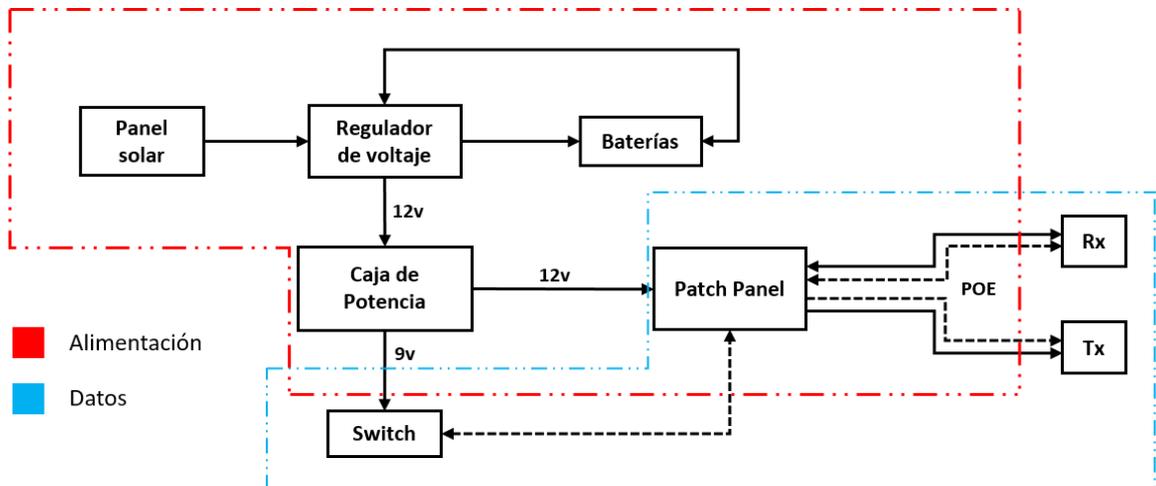
3. ESTACIÓN DE TELECOMUNICACIONES

En esta sección se describe brevemente el sistema de telecomunicaciones a monitorear, sus componentes e interacción.

3.1 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

La infraestructura física necesaria para establecer enlaces en puntos geográficamente apartados, formando una red de telecomunicaciones, es mostrada como diagrama de bloques en la figura 10, cuyos componentes son integrados en una sola estructura metálica o torre.

Figura 10. Diagrama de bloques torre de comunicaciones



Una torre de comunicaciones tiene como finalidad servir de soporte estructural de todos los elementos necesarios para el envío y recepción de datos a diferentes puntos ubicados en un área de cobertura y hacia otras torres pertenecientes a la red. Los hosts (dispositivo terminal, usualmente un computador) deben contar de igual forma con el equipo necesario para enviar y recibir información hacia y desde la torre de comunicaciones, de forma contraria no existirá conexión.

Debido a que se encuentran en áreas apartadas, la mayoría de las torres de comunicaciones deben tener integrado un sistema de alimentación completamente autónomo e independiente de la red eléctrica comercial, el cual se delimita en rojo en la figura 10 y cuya fuente de energía primaria es el sol.

En la figura 11 es posible observar la infraestructura de telecomunicaciones completa, incluyendo el gabinete (figura 11a) que contiene dispositivos activos de red, de regulación y almacenamiento de energía así como la torre de telecomunicaciones (figura 11b) sobre la cual se instalan radios, antenas y paneles solares.

Figura 11. Estación de comunicaciones



(a)



(b)

2.9.1 Componentes

Panel solar fotovoltaico: Dispositivo que transforma la luz solar en electricidad, fabricado con materiales semiconductores que responden a la incidencia de fotones (figura 12).

Figura 12. Panel solar



Fuente: <http://www.solarshop.cl/img/p/393-1223-large.jpg>

Los paneles solares utilizados en la infraestructura tecnológica de Symde S.A.S trabajan idealmente a una potencia de 135 W produciendo una salida de 17.1 V, sin embargo, su rendimiento en condiciones ambientales normales va de un 70% a un 80% de los parámetros ideales.¹⁵

Regulador solar: Es un equipo con doble funcionalidad, la primera evitar la sobrecarga del acumulador mediante la regulación de la tensión de los módulos fotovoltaicos y la segunda, limitar la tensión de la batería a unos valores de adecuados. Al ser la energía solar, una fuente variable y estacional puede generar durante días de verano exceso de corriente que podría hervir el electrolito, deteriorando significativamente el rendimiento del acumulador, por lo anterior la existencia de este elemento dentro de un sistema de energía solar es vital para garantizar la vida útil de las baterías y de todas las cargas en general.

Figura 13. Controlador de carga solar



Fuente: [https://www.aliexpress.com/item-img/charge-controller-30a-12v-24v-solar-charge-controller/32364083036.html?spm=2114.12010408.1000017.2.n7SFMO](https://www.aliexpress.com/item-<u>img</u>/charge-controller-30a-12v-24v-solar-charge-controller/32364083036.html?spm=2114.12010408.1000017.2.n7SFMO)

¹⁵ Yingli Solar, hoja de especificaciones técnicas YGE 135 Series.

Batería eléctrica: Dispositivo que almacena energía química y la convierte en electricidad, puede ser recargable debido a que las reacciones químicas que ocurren en su interior son reversibles, tal es el caso del tipo de baterías utilizadas en el sistema. Para este caso su principal objetivo es retener la energía que se obtiene gracias a los paneles solares garantizando la continuidad en el funcionamiento del sistema, incluso en horas nocturnas o de baja radiación.

Las baterías utilizadas para los sistemas de energía solar autónomos son preferiblemente del tipo selladas libres de mantenimiento, las cuales tienen una válvula que permite el escape de gases cuando la presión interna excede cierto límite. El sistema de telecomunicaciones cuenta con dos baterías de este tipo en un arreglo paralelo, de forma que se destinará un único canal de medición para conocer el nivel de carga de la configuración.

Caja de potencia: Este bloque consiste en un arreglo electrónico que ofrece dos salidas de 9v y 12v, teniendo una única entrada de 12v, obteniendo así los niveles de voltaje necesarios para alimentar otros dispositivos. Sobre esta etapa del sistema se realizará la medición de las tensiones de entrada y salida y se ejercerán acciones de control del tipo ON/OFF.

Figura 14. Módulo de potencia

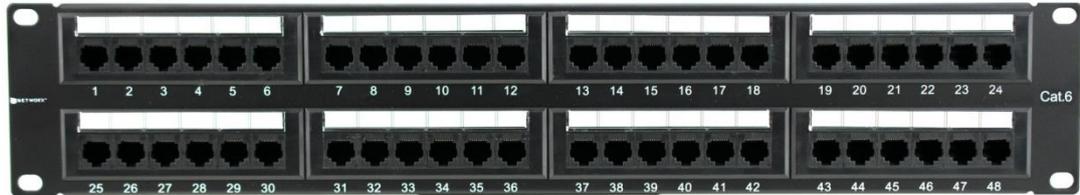


Switch: Es un elemento utilizado para conectar varios dispositivos de una misma red, sean ordenadores u otro tipo de recursos. Actúa como controlador permitiendo la transmisión de paquetes de acuerdo a la dirección MAC del dispositivo.

Patch panel: Es básicamente una regleta de puertos Ethernet, que sirve para organizar el cableado utilizado en una red. En este sistema el *patch panel* se

encuentra modificado de tal forma que admita POE para la alimentación de los radios (figura 15).

Figura 15. *Patch panel*

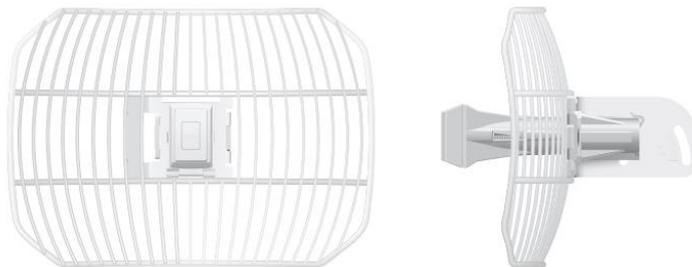


Fuente:

https://static.computercablestore.com/content/images/thumbs/0013568_48-port-cat6-rack-mount-patch-panel-2u.jpeg

Antena: Es un elemento conductor con capacidad de radiar o recibir ondas electromagnéticas hacia y desde el espacio libre. De acuerdo a su diseño físico y el equipo de radio asociado para su funcionamiento puede incrementar el alcance en sus enlaces (figura 16).

Figura 16. Antena y radio integrados



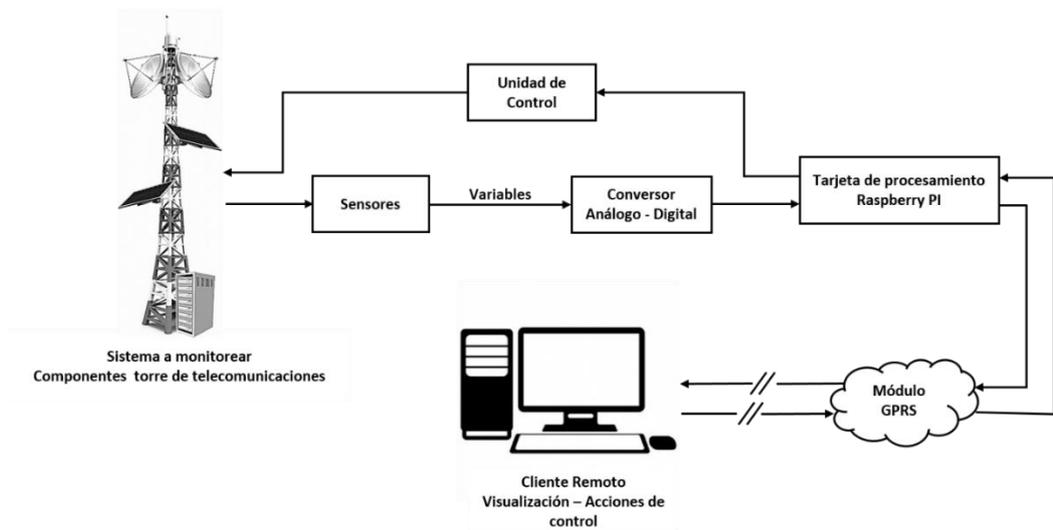
Fuente: UBIQUITI NETWORKS, airGrid M Datasheet¹⁶

¹⁶ El modelo UBIQUITI, AIRGRID M5HP es uno de los utilizados en este tipo de sistemas debido a sus características técnicas, las cuales pueden ser consultadas vía web en: https://dl.ubnt.com/datasheets/airgridm/airGrid_HP.pdf

4. DESARROLLO DEL SISTEMA

Para el diseño y construcción del prototipo de monitoreo de nodos de telecomunicaciones, fue necesario completar un conjunto de etapas que integran el mismo y que incluye desarrollo a nivel de hardware y software, todo esto, siguiendo el esquema funcional planteado. Ver figura 17.

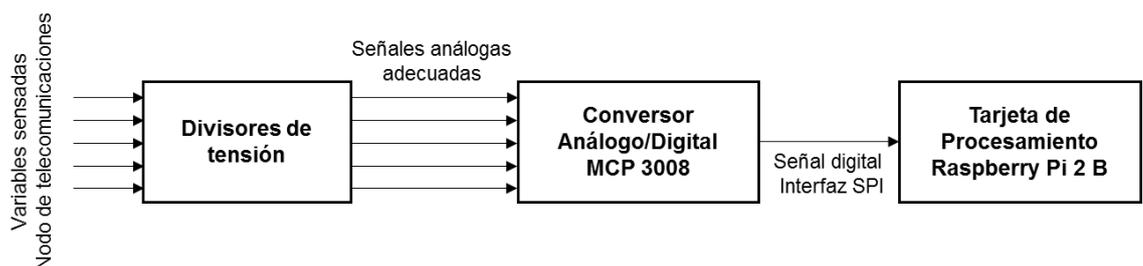
Figura 17. Esquema funcional prototipo de monitoreo de nodos de telecomunicaciones



4.1 ETAPA DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES ANALÓGICAS

Esta primera etapa se encarga de medir variables de interés para el sistema de monitoreo, cuantificando las fluctuaciones que estas presenten y adecuándolas para su correcto procesamiento. El sistema cuenta con cinco canales de adquisición análoga, diseñados para la medición de baterías, controlador de carga y salidas de potencia de cinco, nueve y doce voltios. En la Figura 18 es posible observar los componentes de la etapa de adquisición de datos.

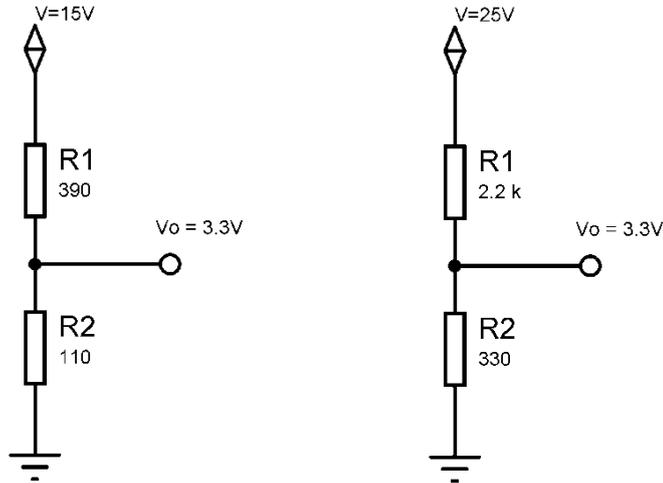
Figura 18. Diagrama de bloques etapa de adquisición de datos



4.1.1 Divisores de tensión

Con el fin de condicionar el nivel máximo de tensión de las variables sensadas a 3.3 voltios¹⁷, de forma que pudieran ser procesadas por la tarjeta Raspberry, se diseñaron los divisores de tensión de acuerdo al siguiente procedimiento.

Figura 19. Divisores de tensión



Se tomó como referencia para el diseño niveles de tensión superiores a los máximos posibles para las baterías y el controlador de carga. A continuación, la ecuación de voltaje de salida de un divisor de tensión y la relación entre sus resistencias:

$$V_o = \frac{R_2 V}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$R_1 = \frac{R_2 \left(1 - \frac{V_o}{V}\right)}{\frac{V_o}{V}} \quad (2)$$

Para la implementación de los circuitos se seleccionan valores comerciales de resistores (110Ω, 390Ω, 2.2 kΩ y 330Ω), teniendo en cuenta también que la corriente que estos permitan circular no arriesgue el funcionamiento de la tarjeta Raspberry Pi ni del chip ADC.

¹⁷ Nivel de tensión máximo de un pin de propósito general – GPIO.

4.1.2 Conversor Análogo Digital

El conversor análogo/digital utilizado en el prototipo es el circuito integrado MCP3008 de Microchip, el cual codifica hasta ocho señales análogas a diez bits en un único bus SPI (*Serial Peripheral Interface*, Interfaz serial periférica). En la Tabla 6 se muestran especificaciones técnicas del MCP3008.

Tabla 7. Especificaciones del conversor análogo digital

| Característica | Descripción |
|--------------------------|---------------|
| Resolución | 10 Bits |
| Tecnología | CMOS |
| Entradas análogas | 8 |
| Tasa de muestreo | 200 ksp/s |
| Voltaje de operación VDD | 2.7V a 5.5V |
| Corriente de activación | 320 μ A |
| Temperatura de operación | -40°C a +85°C |

La comunicación serial del bus SPI, requiere de cuatro señales sincronizadas que controlan los dispositivos conectados bajo la configuración maestro – esclavo.

CLK: Es el pulso de reloj que marca la sincronización.

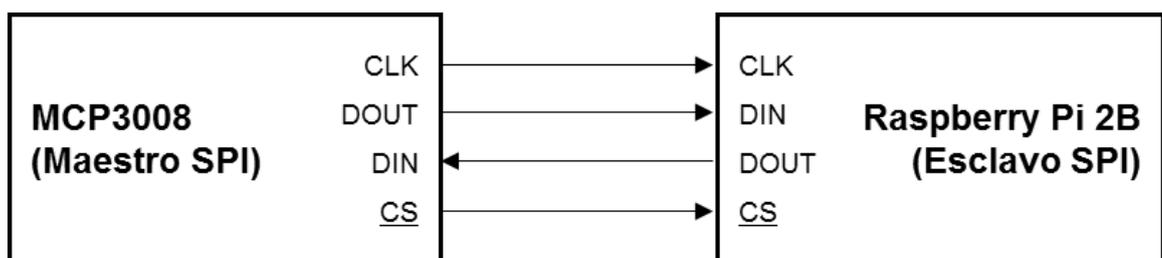
DOUT: Salida de datos del maestro, en este caso del MCP3008.

DIN: Entrada de datos.

CS: Pin selector de esclavo. En el MCP3008 se activa en bajo.

En la Figura 20 se observan las conexiones de una configuración maestro – esclavo bajo el estándar SPI.

Figura 20. Bus SPI.



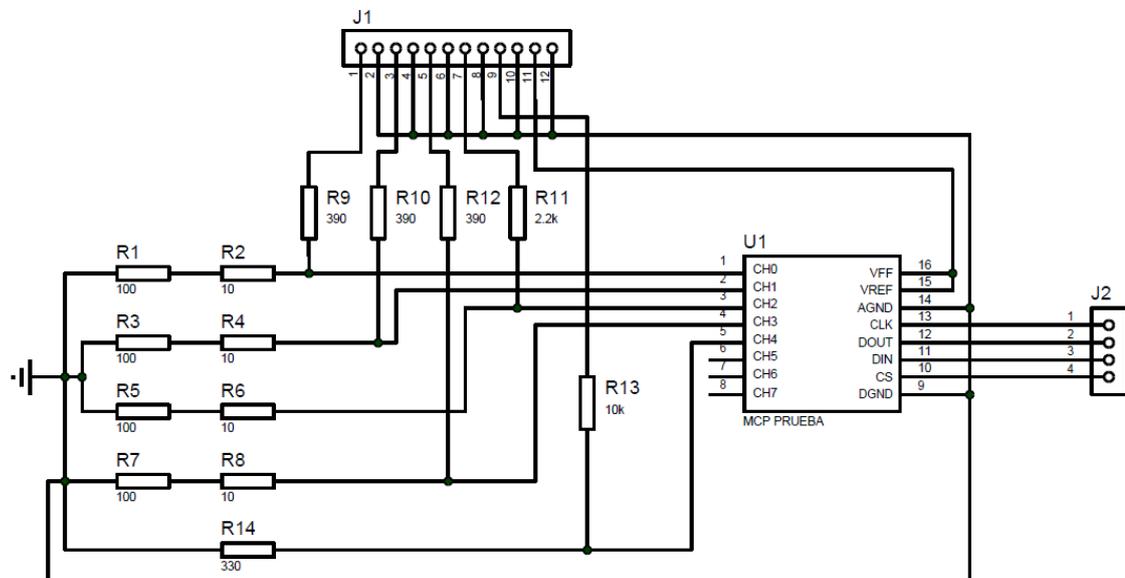
4.1.3 Tarjeta de adquisición de señales análogas

Para realizar la adecuación y digitalización de las variables eléctricas a monitorear, se construyó una tarjeta que contiene los elementos previamente explicados: los divisores de tensión y el conversor análogo/digital.

La Figura 21 contiene el diseño esquemático de la tarjeta de adquisición. En ella se encuentran un total de cinco divisores de tensión, cuatro de ellos diseñados para rangos de voltaje de 0V a 15V y uno de 0V a 25V.

De acuerdo a lo anterior, cinco de los ocho canales disponibles del circuito MCP3008 fueron utilizados para el prototipo final, lo anterior, de acuerdo a las necesidades del *outsourcing* Symde S.A.S.

Figura 21. Diseño esquemático tarjeta de adquisición análoga.



Fuente: Elaborado en ISIS Profesional de Labcenter Electronics © reléase 7.10 SP0.

A partir del diseño esquemático se obtiene el diseño PCB¹⁸ del circuito (Figura 22) y su respectiva visualización en 3D (Figura 23) utilizando el programa de diseño y simulación Proteus. Para lo anterior, fue necesario crear el paquete del componente MCP3008, ya que este no se encuentra dentro de las librerías del programa.

¹⁸ Printed Circuit Board, Tarjeta de Circuito Impreso.

Figura 22. Diseño PCB tarjeta de adquisición análoga.

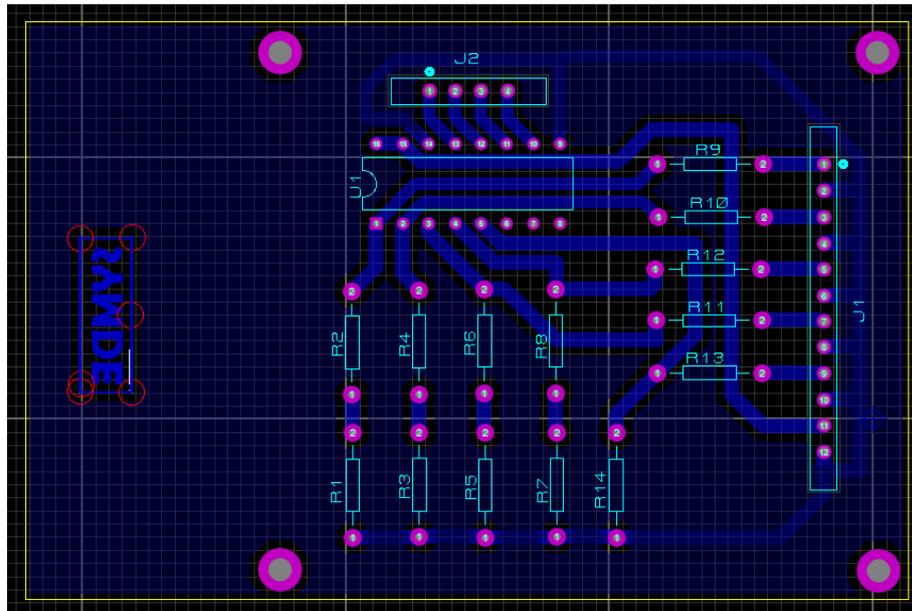
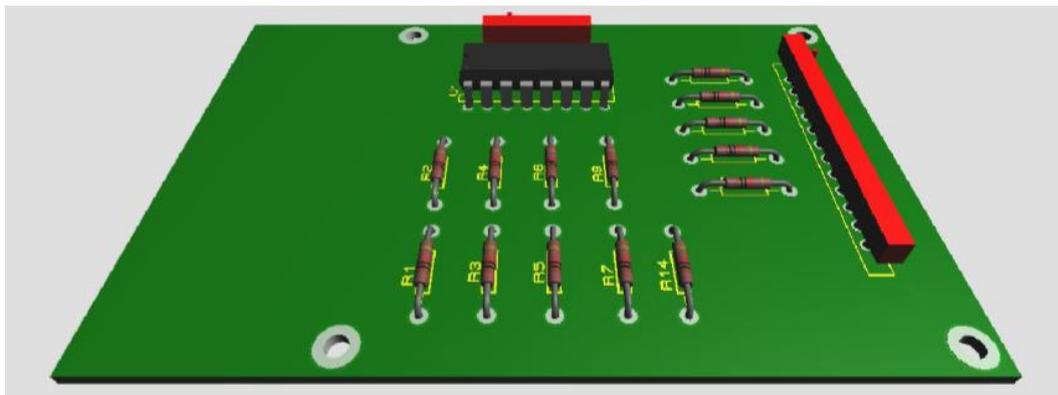


Figura 23. Vista 3D tarjeta de adquisición análoga.



4.1.4 Programación adquisición análoga.

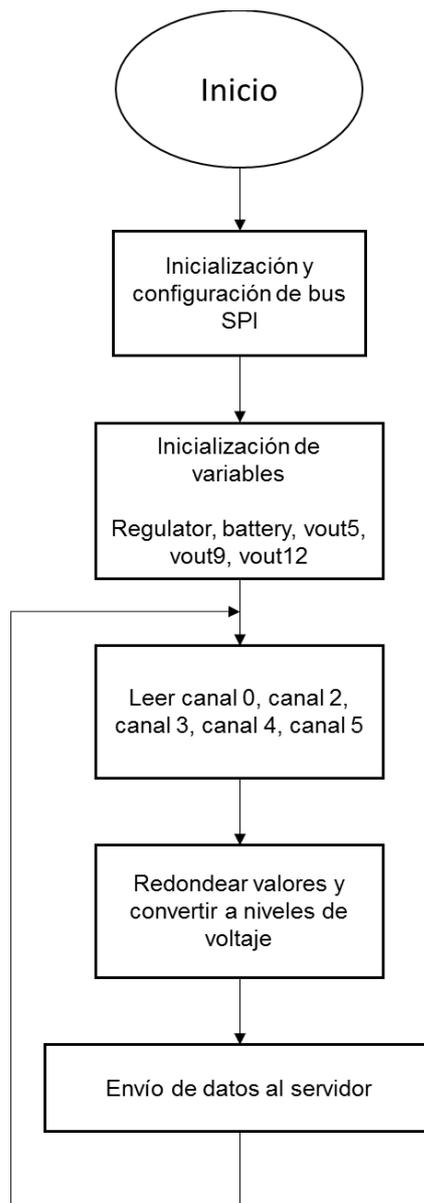
Una vez diseñada, impresa, quemada y soldada la tarjeta de adquisición de datos, se configura mediante software la Raspberry Pi 2B programando en lenguaje Python la tarea de lectura analógica y habilitando las interfaces especiales necesarias para ello.

Para la configuración inicial de la tarjeta de desarrollo se ejecuta el comando `sudo raspi-config`, con el fin de acceder al menú de configuración del sistema operativo Raspbian y activar el bus SPI.

La programación de la tarea de lectura análoga fue realizada siguiendo el diagrama de flujo mostrado en la Figura 25, el cual establece la siguiente secuencia lógica para desarrollar las líneas de código:

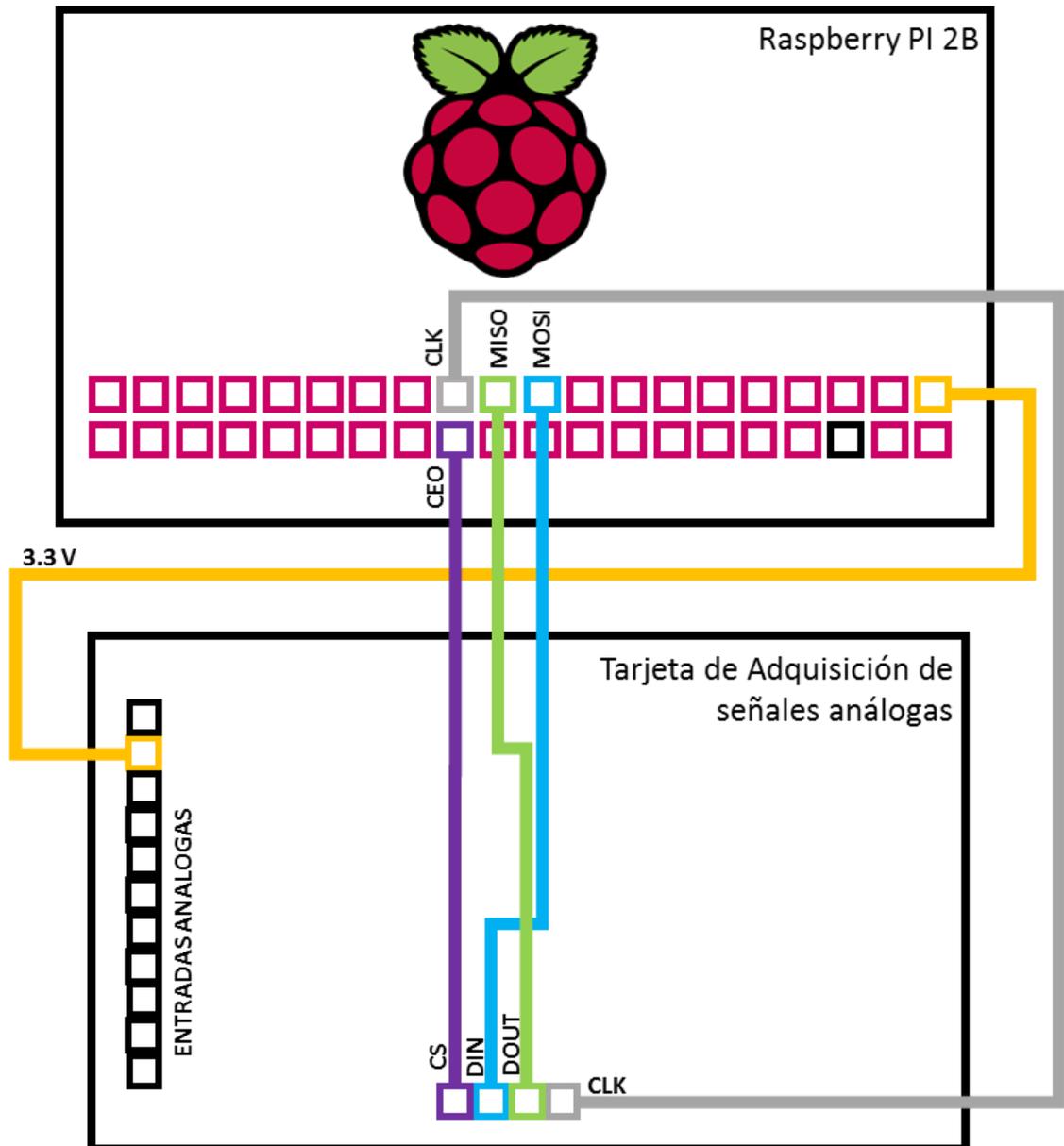
- Inicialización del bus SPI.
- Configuración del bus SPI.
- Inicialización de variables.
- Leer canales CH0, CH1, CH2, CH3, CH4.
- Redondear valores y convertir a niveles de voltaje.
- Envío de datos al servidor.

Figura 25. Diagrama de flujo lectura análoga.



Para que la etapa de adquisición análoga funcione de manera integral, es necesario realizar la interconexión del hardware que interviene en ella, tal como se muestra en la Figura 26.

Figura 26. Diagrama de conexiones tarjeta DAQ y Raspberry Pi.



4.2 ETAPA DE EVALUACIÓN DE ESTADO DE RADIOS

Para comprobar el correcto funcionamiento de los radios, es necesario monitorearlos a nivel eléctrico, verificando que estén siendo alimentados en los niveles óptimos para su operación, así como a nivel de conexiones físicas, pues

en ocasiones, un mal contacto o un cable averiado significan la pérdida de conectividad en una zona determinada.

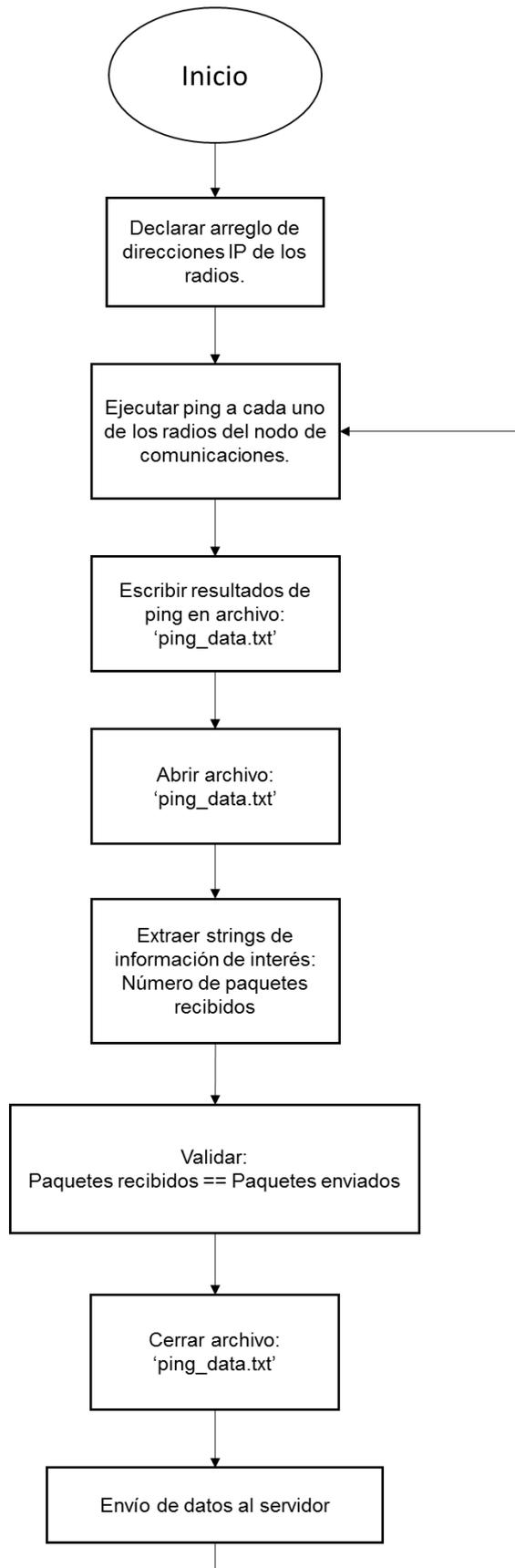
Mediante el sistema de monitoreo implementado, es posible detectar fallas concretas en los radios, ya que se monitorea la etapa de potencia del sistema de telecomunicaciones, haciendo uso de la tarjeta de adquisición análoga y se verifica conexión entre los equipos activos de red instalados en la torre mediante el envío y recepción de paquetes de forma local desde la Raspberry Pi hacia el switch y luego al radio seleccionado a través de la red LAN.

El diagrama de flujo mostrado en la Figura 27 permite identificar la siguiente secuencia lógica para ejecutar la tarea de evaluación de estado de radios.

- Declarar arreglo de direcciones IP que identifican a los radios de la estación base a monitorear.
- Ejecutar Ping a cada uno de los radios.
- Escribir resultados de la prueba Ping en el archivo 'ping_data.txt'.
- Abrir archivo: 'ping_data.txt'.
- Extraer strings de información de interés. En este caso el número de paquetes recibidos.
- Validar si el número de paquetes recibidos es igual al número de paquetes enviados, el cual es fijo.
- Cerrar archivo: 'ping_data.txt'.
- Envío de datos al servidor.

Para la ejecución de esta tarea basta con conocer que la totalidad de paquetes enviados sean recibidos, ya que, al ser una prueba de red local a distancias inferiores a los diez metros, los tiempos de envío y recepción son regularmente de tan sólo 1ms. En caso de que existan pérdidas de algunos paquetes, estando los radios energizados correctamente, la falla se delimita al canal, pues el medio físico puede presentar averías.

Figura 27. Diagrama de flujo estado de radios.



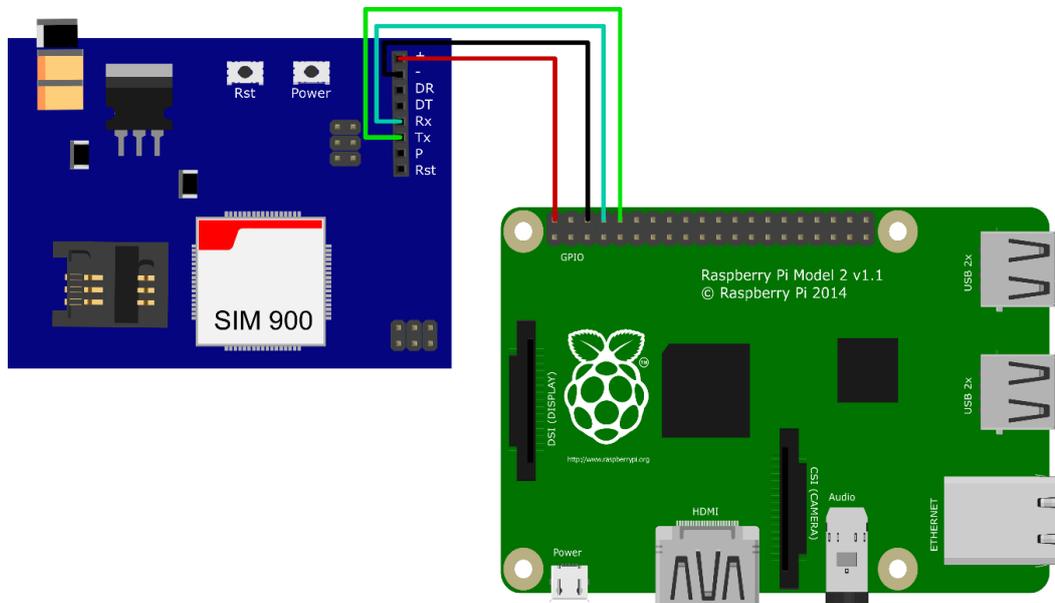
4.3 ETAPA DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Esta tercera etapa del sistema de monitoreo, comprende la transmisión de los datos medidos por el hardware ya descrito a un servidor web en línea, al cual se puede acceder desde cualquier dispositivo conectado a Internet para visualizar dicha información.

4.3.1 Configuración

La transmisión de los datos se realiza sobre la red 3G, haciendo uso del módulo GPRS Sim 900, el cual sirve como puerta de acceso a la red para la tarjeta Raspberry Pi, en la cual se concentran los ficheros programados para gestionar la tarea de transmitir los datos.

Figura 28. Conexiones módulo Sim 900.



Para la configuración y puesta en funcionamiento del módulo GPRS también llamado FONIA, se realizan las conexiones entre los pines del mismo y de la tarjeta Raspberry Pi, tal como se indica en la Figura 28. El módulo GPRS, cuenta con ocho pines que permiten el control desde la tarjeta de desarrollo.

Alimentación positiva (+): Conectado a +5 V.

Alimentación negativa (-): Conectado a tierra.

Debug UART data input (DR): No conectado.

Debug UART data output (DT): No conectado.

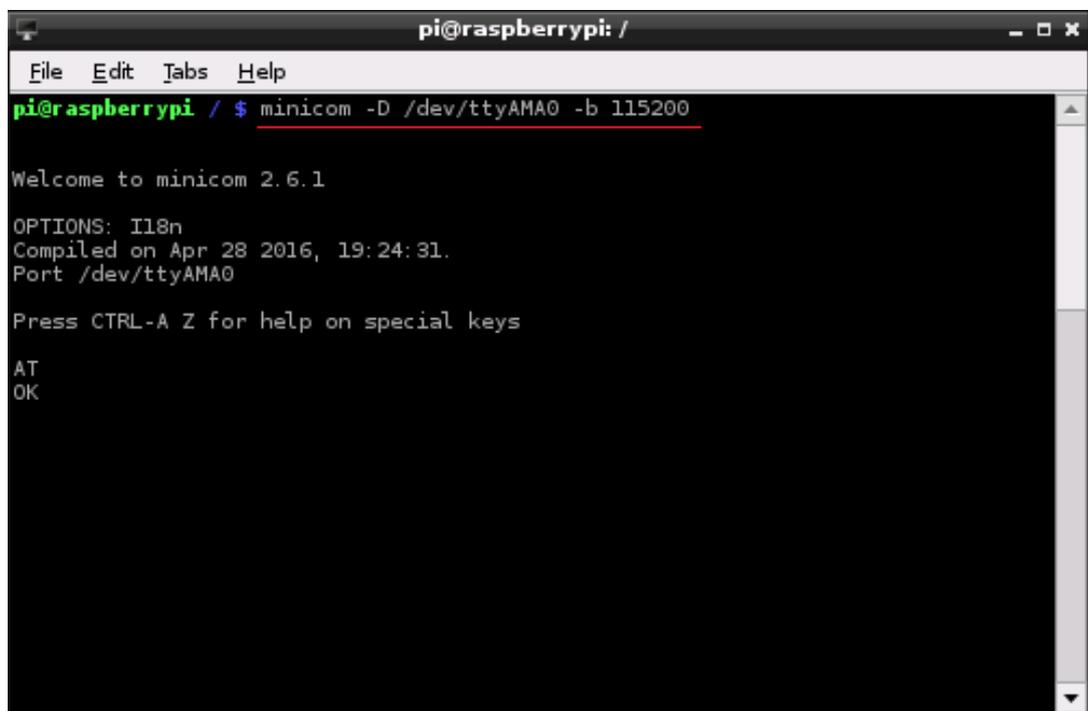
Recepción de datos (Rx): Conectado a Tx.

Transmisión de datos (Tx): Conectado a Rx.
Activación o encendido (P): Conectado a +5 V.
Reinicio (Rst): No conectado.

Adicionalmente, se debe configurar la Raspberry Pi, de forma que pueda comunicarse con el módulo activando el puerto serie ttyAMA0 el cual por defecto viene bloqueado. Por supuesto, la placa del FONA deberá estar equipada con una tarjeta SIM¹⁹ que la identifique dentro de la red celular.

Las pruebas iniciales del módulo GPRS se realizaron sobre el programa para puerto serial basado en texto Minicom. En la Figura 29 se observa el comando de acceso al puerto serie ttyAMA0 usando Minicom en su versión 2.6.1, así como la respuesta del FONA al comando AT, indicando que el módulo se encuentra funcionando correctamente.

Figura 29. Minicom 2.6.1



```
pi@raspberrypi: /
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi / $ minicom -D /dev/ttyAMA0 -b 115200

Welcome to minicom 2.6.1

OPTIONS: I18n
Compiled on Apr 28 2016, 19:24:31.
Port /dev/ttyAMA0

Press CTRL-A Z for help on special keys

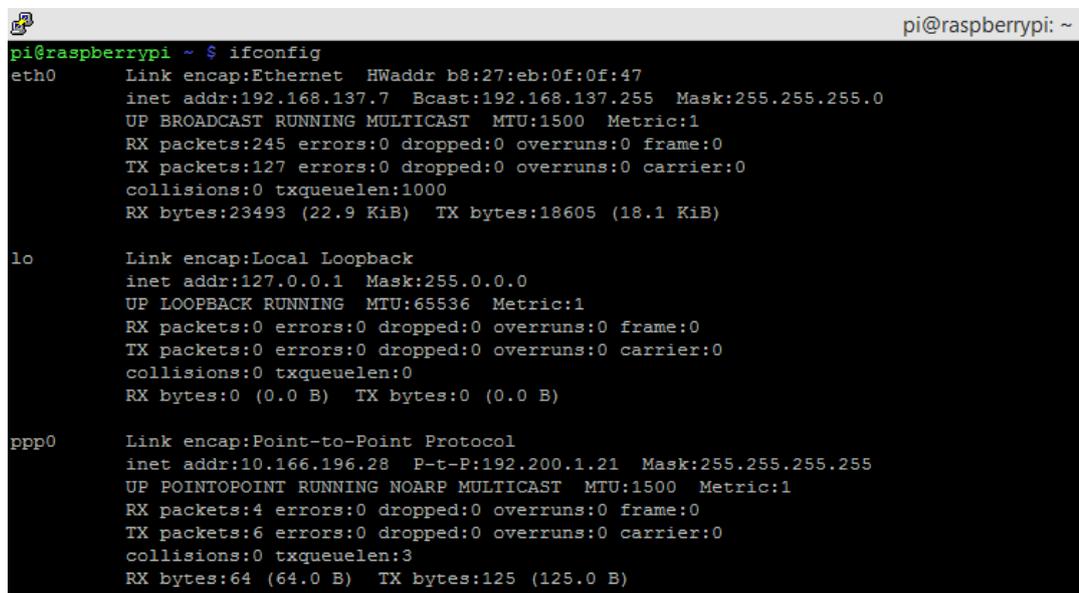
AT
OK
```

Una vez realizados los pasos anteriormente descritos, se podrán realizar y recibir llamadas de voz adicionando los accesorios necesarios como micrófono, auriculares o parlantes, sin embargo, el acceso a servicios que requieran el uso de datos se debe habilitar mediante la ejecución del comando *sudo pon fona*, el cual crea una interfaz virtual de red que le asigna una dirección IP de salida al módulo GPRS para comunicarse con la red móvil de datos. En la figura 30 se

¹⁹ Suscriber Identity Module, Módulo de Identificación del Suscriptor.

observa la información básica de configuración de las interfaces de red conectadas a la Raspberry Pi 2 B, resaltando la interfaz ppp0 que corresponde a la red de telefonía móvil.

Figura 30. Interfaz Punto a Punto.



```
pi@raspberrypi ~ $ ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr b8:27:eb:0f:0f:47
          inet addr:192.168.137.7  Bcast:192.168.137.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:245  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
          TX packets:127  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:23493 (22.9 KiB)  TX bytes:18605 (18.1 KiB)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
          RX packets:0  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
          TX packets:0  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)

ppp0     Link encap:Point-to-Point Protocol
          inet addr:10.166.196.28  P-t-P:192.200.1.21  Mask:255.255.255.255
          UP POINTOPOINT RUNNING NOARP MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:4  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
          TX packets:6  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:3
          RX bytes:64 (64.0 B)  TX bytes:125 (125.0 B)
```

La interfaz creada para acceder a la red de datos móvil, utiliza el Protocolo Punto a Punto (P2P), que permite el enlace entre dos pares, en este caso, dispositivos móviles, ofreciendo una comunicación full dúplex, garantizando la entrega en orden de los paquetes, permitiendo la autenticación de los dispositivos, y otras funcionalidades.

4.3.2 Direcccionamiento de puerta de enlace

El sistema de monitoreo, tal como es posible deducir de la Figura 30, cuenta con tres interfaces de red virtual activas:

Eth0: Interfaz que controla la tarjeta de red Ethernet.

Lo: Interfaz de red *loopback*. Dirige el tráfico hacia el mismo dispositivo.

Ppp0: Interfaz de red punto a punto. En este caso, permite acceso a la red de datos de telefonía móvil.

La Interfaz Eth0, es necesaria para el funcionamiento del sistema de monitoreo, ya que va conectada directamente al *switch* del nodo de telecomunicaciones y a través de ella, se realiza la prueba a nivel local de conectividad de los radios. Por otro lado, como se ha dicho previamente, la interfaz ppp0 corresponde a la red virtual creada para que la tarjeta Raspberry Pi tenga acceso a la red GPRS a

través del módulo sim 900. Por lo tanto, será necesario su uso cada vez que se requiera el envío de datos desde el sistema de monitoreo hacia el servidor web.

Por defecto, la interfaz utilizada por el ordenador, independientemente de las que se encuentren activas, es la interfaz de Ethernet, por lo cual es necesario modificar la puerta de enlace (*Gateway*) cada vez que se requiera realizar el envío de datos al servidor Web, de forma que se habilite la conexión de la tarjeta Raspberry Pi al módulo GPRS y por ende a la red de datos de telefonía móvil. Una vez finalizado el envío de datos, se configura la puerta de enlace con la interfaz predeterminada.

4.3.3 Comunicación con el servidor web

El envío de datos tanto de las lecturas análogas, como del estado de los radios al servidor Web se realiza haciendo uso del protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) mediante una solicitud del tipo GET.

El método de envío de datos GET, incorpora los campos de un formulario, es decir la información que se desea transmitir dentro de una dirección URL²⁰, conteniendo así una llave o identificador de la variable y el valor de la misma. La solicitud es enviada en este caso concreto, desde la Raspberry Pi hacia el servidor Web a través de Internet. Para lograr lo anterior, se construye una función en lenguaje Python haciendo uso de la librería *httplib*, la cual contiene las funciones necesarias para establecer una conexión HTTP y hacer solicitudes sobre ella.

En el Anexo A. Comandos del Sistema, sección A.1, se observan las funciones creadas, que permiten el envío de los formularios a través de la dirección URL.

sendPingtoServer(): Envía la información de interés para evaluar el estado de los radios obtenida y seleccionada tras la ejecución de la prueba Ping.

sendstatetoServer(): Envía las lecturas análogas realizadas.

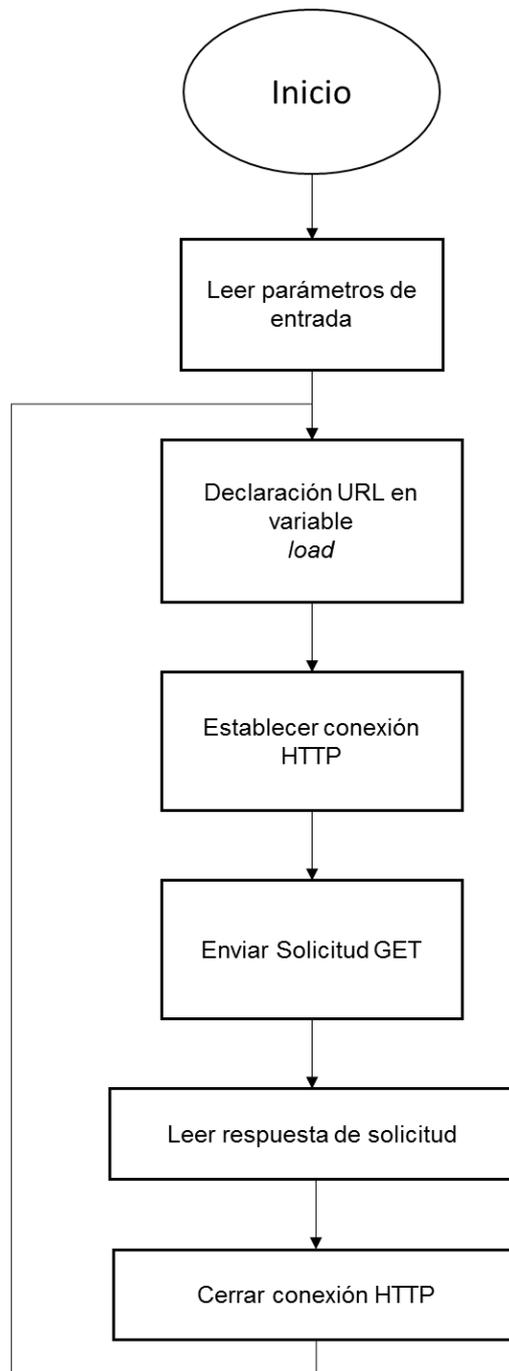
En ambos casos, las funciones tienen como parámetros de entrada las llaves y valores de las variables a enviar y siguen la siguiente secuencia lógica:

- Declaración de la URL: Contiene la dirección del repositorio y archivo *php* que se encargará de leer la solicitud, así como el formulario con la respectiva información.

²⁰ Localizador Uniforme de Recursos.

- Establecimiento de la conexión HTTP: Almacenada en la instancia “*conn*”, representa la transacción HTTP direccionada a un host específico (54.70.148.206) mediante un puerto específico, en este caso el puerto 80.
- Envío de la solicitud: En este punto se especifica el tipo de solicitud (GET) y se adiciona la URL declarada previamente que contiene el formulario.
- Respuesta a la solicitud: Se confirma que la solicitud haya sido recibida.
- Cierre de la conexión.

Figura 31. Diagrama de flujo envío de datos al servidor.



Por el lado del servidor, se implementan archivos *php* encargados de recibir la información correspondiente al estado de los radios y de los equipos electrónicos sensados y almacenar los valores en una base de datos.

En el Anexo A. Comandos del Sistema, sección A.2 se observa el segmento de código *php* utilizado para guardar las variables en el servidor Web atendiendo la solicitud GET enviada. Para ello, el fichero lee la totalidad del formulario transportado en la URL y luego separa variable a variable utilizando un ciclo FOR.

4.4 ETAPA CONFIGURACIÓN FUNCIÓN REINICIO

El sistema de monitoreo, además de cumplir con las funciones de sensar variables de interés y enviarlas de forma remota a un servidor, al que el personal operativo calificado tiene acceso, permite efectuar acciones programadas y de control sobre el sistema de telecomunicaciones.

De acuerdo a lo anterior es posible realizar cualquiera de las dos acciones siguientes:

- Apagado programado del sistema de telecomunicaciones.
- Reinicio forzado del sistema de telecomunicaciones.

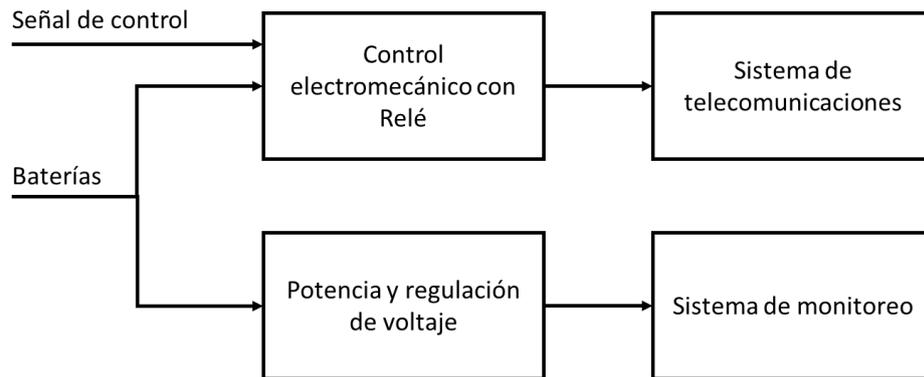
4.4.1 Módulo de potencia y reinicio

Este módulo se compone de dos partes bien diferenciadas, una de ellas corresponde al circuito de potencia que adapta el voltaje proveniente de las baterías para que pueda alimentar los elementos que integran el sistema de monitoreo diseñado y otra, que incluye un control electromecánico que interrumpe o habilita la alimentación del sistema de telecomunicaciones.

En la figura 32 se muestra un diagrama de bloques, que ilustra de manera sencilla el subsistema y la interacción de sus componentes. En ella se observa que idealmente el sistema de monitoreo permanecerá encendido todo el tiempo, a menos que la carga de las baterías disminuya lo suficiente para no permitir su funcionamiento, lo cual por otro lado podrá ser prevenido, ya que constantemente se estará enviando información sobre el nivel de las mismas, permitiendo al personal del *outsourcing* actuar con prontitud, antes de una falla.

Por otro lado, existe una señal de control encargada de habilitar la alimentación del sistema de telecomunicaciones, y con ello garantizar el encendido o apagado del mismo, esta señal corresponde al nivel de tensión de un pin de propósito general de la tarjeta Raspberry Pi programado para esta función.

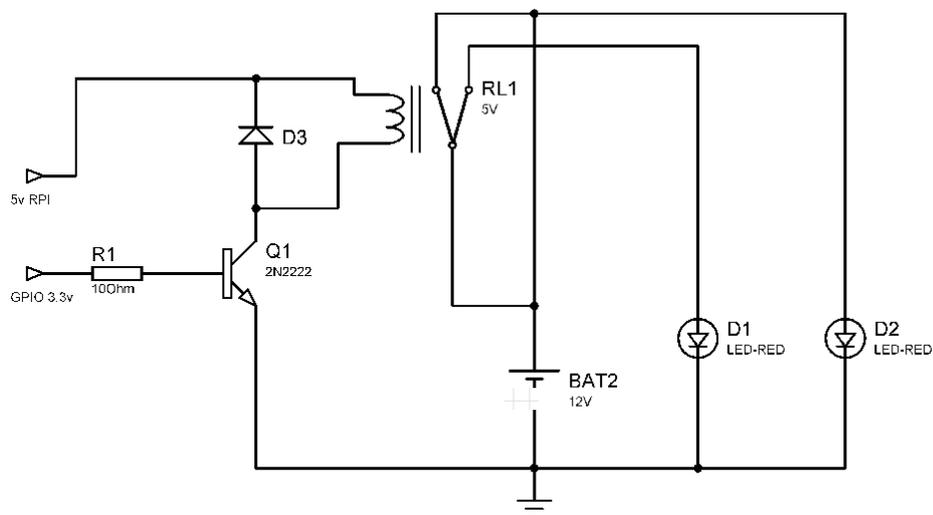
Figura 32. Diagrama de bloques hardware potencia y reinicio.



El circuito de control electromecánico se observa en la figura 33, está alimentado de manera constante por un voltaje de 5V provenientes en este caso de uno de los pines de la tarjeta Raspberry Pi. El elemento BAT2, representa el arreglo de baterías que alimenta la caja de potencia del sistema de telecomunicaciones, representado por D1 y al Sistema de Monitoreo, representado por D2, este último de forma ininterrumpida.

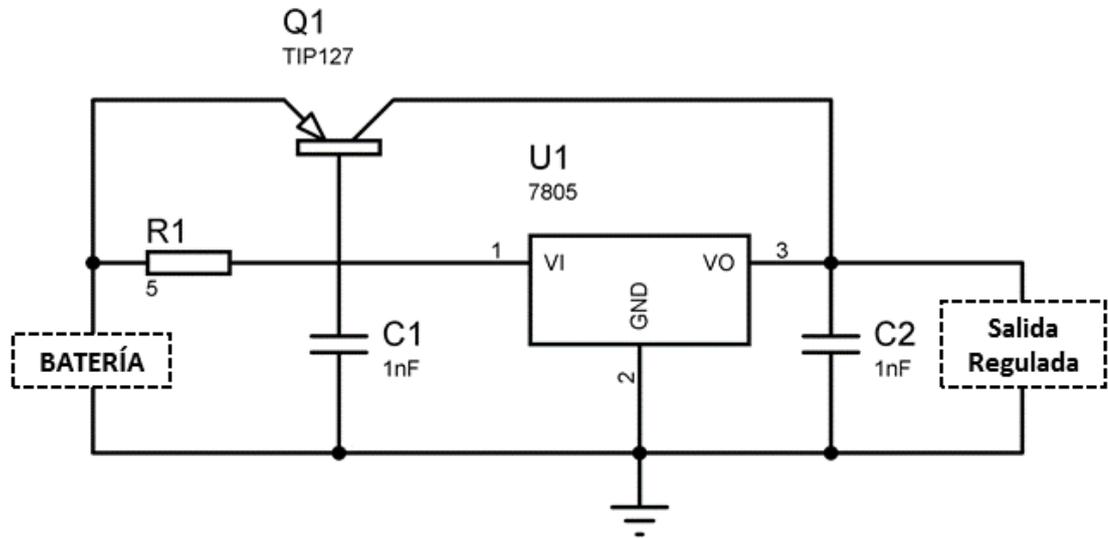
El circuito funciona como un interruptor simple normalmente cerrado, de esta forma solamente cuando la señal de control se encuentra activa pasa a estado abierto, impidiendo así que la alimentación proveniente de las baterías actúe sobre el sistema de telecomunicaciones. El transistor NPN conectado a tierra permite la interacción entre la salida digital de la Raspberry y el relé, ya que cuando existe un nivel alto, se genera una diferencia de potencial entre emisor y base suficiente para que el transistor trabaje en modo de conducción, cerrando así el circuito de la bobina del relé y por lo tanto activándolo.

Figura 33. Circuito control electromecánico.



Por otro lado, para alimentar el sistema de monitoreo garantizando los 5V DC requeridos por la tarjeta Raspberry Pi y la corriente suficiente demandada por todas las cargas que integran el módulo, se diseñó el circuito mostrado en la figura 34.

Figura 34. Circuito de alimentación sistema de monitoreo.



El componente principal de la tarjeta de alimentación del sistema de monitoreo es el chipset LM7805, ver figura 35, cuya función es acondicionar la tensión de entrada, en este caso 12V para el uso directo de la Raspberry (5V). Por otro lado, debido a que la corriente máxima proporcionada por el circuito regulador es de un 1A, se adiciona al diseño un dispositivo con configuración par Darlington de la referencia TIP127 que actúa como reforzador de corriente, ver figura 36. Las características técnicas principales de ambos componentes se muestran en las tablas 8 y 9.

Figura 35. Regulador LM7805

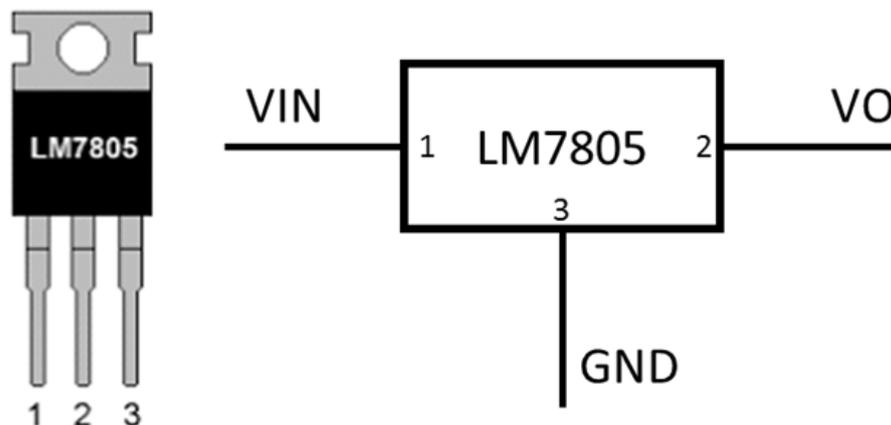


Figura 36. Par Darlington TIP127

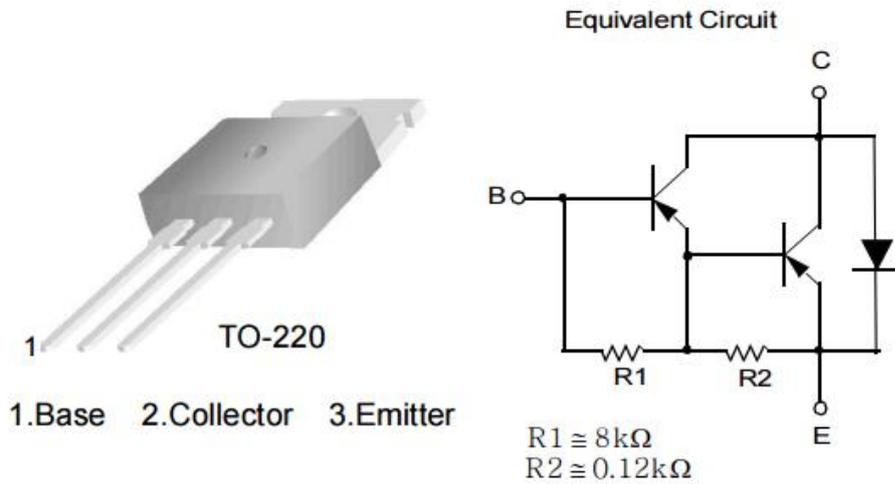


Tabla 8. Especificaciones técnicas LM7805

| Parámetro | Condiciones | Mín. | Tip. | Máx. |
|-----------------------------|---|-------|-----------------|-------|
| Voltaje de salida | $5.0mA \leq I_o \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$ $V_i = 7V$ a $20V$ | 4,75V | 5,0V | 5,25V |
| Voltaje de ruido de salida | $f = 10Hz$ a $100kHz$, $T_a = +25^\circ C$ | - | $42\mu V / V_o$ | |
| Rechazo de ripple | $F = 120Hz$ $V_o = 8V$ a $18V$ | 62dB | 73dB | - |
| Corriente de corto circuito | $V_i = 35V$, $T_a = +25^\circ C$ | - | 230mA | - |
| Corriente pico | $T_j = +25^\circ C$ | - | 2.2A | - |

Tabla 9. Especificaciones técnicas TIP127

| Parámetro | Condiciones | Mín. | Tip. | Máx. |
|--|--|-------|------|------------|
| Voltaje de sostenimiento colector emisor | $I_c = -100mA$, $I_b = 0$ | -120V | | |
| Corriente colector de corte | $V_{ce} = 50V$, $I_b = 0$ | - | | -2mA |
| Ganancia de corriente en DC | $V_{ce} = -3V$, $I_c = 0.5A$ $V_{ce} = -3V$, $I_c = 3A$ | 1000 | | |
| Voltaje de saturación colector emisor | $I_c = -3A$, $I_b = -12mA$ $I_c = -5A$, $I_b = 20mA$ | | | -2V -4V |

| | | | | |
|----------------------------------|--------------------------------|---|--|-------|
| Voltaje de encendido base emisor | $V_{ce}=-3V, I_c=-3^a$ | | | -2.5V |
| Capacitancia de salida | $V_{cb}=-10V, I_e=0, f=0.1MHz$ | - | | 300pF |

4.4.2 Apagado programado del sistema de telecomunicaciones

En vista de que algunos de los nodos propiedad de los clientes del outsourcing Symde S.A.S hacen uso de su red corporativa dentro de un horario laboral definido, resulta innecesario que los equipos se encuentren activos las veinticuatro horas del día, por lo anterior, dentro de las funciones del sistema de monitoreo se encuentra el apagado y encendido programado del sistema de telecomunicaciones, mediante la introducción de una rutina de código que permite el aprovechamiento del hardware previamente descrito, siguiendo la secuencia lógica:

- Lectura fecha/hora actual y almacenamiento en la variable timetrue.
- Declaración límite inferior del intervalo de apagado y almacenamiento en la variable time_start.
- Declaración límite superior del intervalo de apagado y almacenamiento en la variable time_end.
- Evaluar si la hora actual se encuentra dentro del intervalo de apagado.
- Apagar, encender o no realizar ninguna acción de acuerdo al resultado.

En el Anexo A. Comandos del Sistema, sección A.3 se muestra el código en lenguaje Python utilizado para apagar de forma automática el sistema de telecomunicaciones durante el lapso comprendido entre las 8:00pm y las 5:30am.

4.4.3 Reinicio forzado del sistema de telecomunicaciones

De acuerdo a la experiencia del personal de soporte técnico del outsourcing Symde S.A.S algunas de las fallas en los nodos de telecomunicaciones de sus clientes son solucionadas mediante un reinicio simple del sistema, por lo anterior, en la actualidad cuentan con un sistema de reinicio forzado que les permite hacerlo de manera remota.

El sistema actual utilizado por la empresa requiere el uso de una tarjeta electrónica, como la que se presenta en la Figura 37 adaptada para recibir como señal de entrada el nivel de tensión del circuito de vibración de un teléfono celular.

Figura 37. Circuito control reinicio Symde S.A.S



Fuente: Documentos internos Outsourcing Symde S.A.S

Sin embargo, el sistema actual al utilizar un teléfono celular convencional presenta desventajas significativas como reinicios al sistema ocasionados por terceros que pueden realizar llamadas o enviar mensajes de texto al número registrado en el operador móvil.

En vista de lo anteriormente expuesto, dentro del prototipo de monitoreo propuesto se contempla la función de reinicio forzado del sistema de manera remota, manteniendo el principio de funcionamiento del sistema inicial.

El nuevo esquema plasmado en el dispositivo implementado, hace uso del módulo GPRS como dispositivo móvil y es gestionado a través de la Raspberry Pi. Desde esta última se activa la función de reinicio del sistema siempre y cuando se cumpla la siguiente secuencia como requisito previo:

- Activación de la conexión a la red celular y de datos.
- Recepción de llamada de voz.
- Validación del número de celular del dispositivo que llama, este debe corresponder con el número de soporte autorizado.

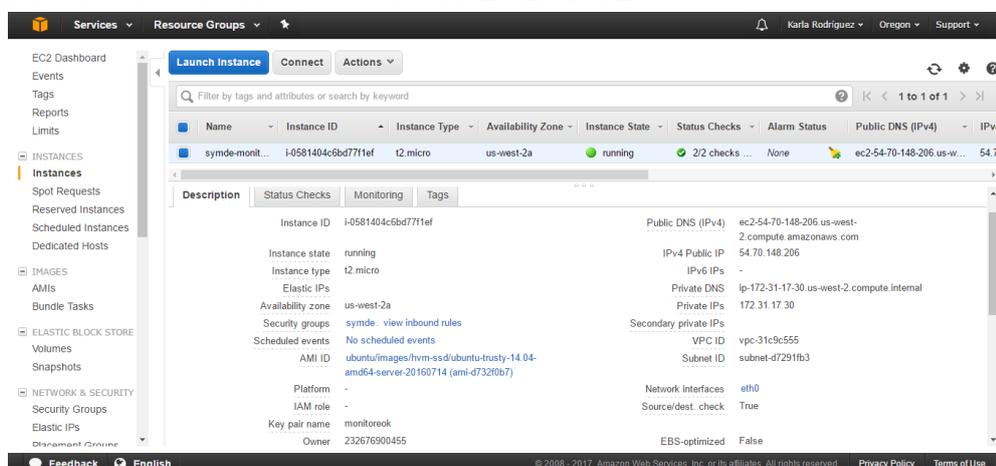
4.5 ETAPA DE VISUALIZACIÓN

Se desarrolló una solución a nivel de software que permite el almacenamiento, gestión y visualización de los resultados tomados por el prototipo implementado.

4.5.1 Configuración del servidor

Inicialmente, las pruebas del sistema se realizaron sobre un servidor local, sin embargo, todos los contenidos desarrollados fueron migrados finalmente a un servidor remoto haciendo uso de los servicios web de la compañía Amazon.

Figura 38. Panel de servicios activos EC2 Amazon



Durante la creación de la instancia es posible escoger características de dimensionamiento del servidor, las cuales pueden ser modificadas más adelante sin afectar los contenidos existentes y su funcionamiento.

Tabla 10. Especificaciones instancia AWS

| | |
|---------------------|---|
| AMI ²¹ : | ID: ami-d732f0b7 OS: Ubuntu 14.04 Arquitectura: AMD64 |
| IP Pública | 54.70.148.206 |
| Almacenamiento | 30GB |

Una vez lanzada la instancia se instalan vía consola el conjunto de software de código abierto necesario usualmente para cualquier servidor del tipo web. En la tabla 11 se muestran las características de las aplicaciones instaladas.

Tabla 11. Características a nivel de software del servidor

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Servidor web | Apache 2.4.7 |
| Lenguaje de programación | PHP 5.5.9-1 ubuntu 4.19 |
| SGBD ²² | MySQL 5.5.52 |

²¹ Amazon Machine Image, Imagen de máquina Amazon.

²² Sistema Gestor de Base de Datos

4.5.2 Sistema de Gestión de Contenidos

Para simplificar la administración y creación de contenidos web, se usa el CMS Joomla, el cual es una herramienta de software que se instala en el servidor web directamente desde el navegador. Dentro de sus funciones básicas se encuentran:

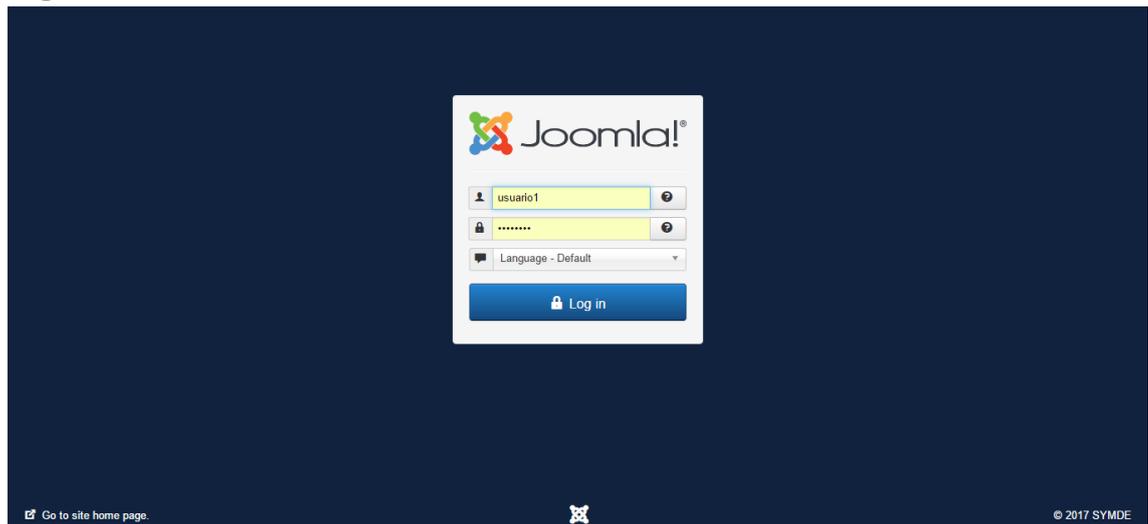
- Creación de contenidos: Haciendo uso de editores tipo WYSIWYG, que prepararan diversos formatos (noticias, foros, comentarios, etc).
- Gestión de contenidos: La creación de contenidos conlleva a su gestión para ser almacenados y posteriormente consultados en una base de datos propia del CMS. De igual forma, se consigna la estructura del portal, usuarios y estado de sesión, estilos y temas utilizados, entre otros.
- Publicación de contenidos: Permite al usuario publicar el contenido creado de forma inmediata o programada, manteniendo siempre las normas de diseño y estilo que rigen la plantilla instalada en el CMS.
- Presentación del gestor de contenidos: Diseñado para ser usado de forma internacional.

Joomla, cuenta con dos interfaces de acceso, el *frontend* que es la parte visible para usuarios que acceden como invitados o usuarios registrados y el *backend*, que es el área de administración, donde se llevan a cabo todas las tareas de actualización, configuración y gestión del sitio.

Figura 39. Frontend de la página web



Figura 40. Backend del CMS



4.5.3 Plantilla de diseño

Como plantilla de diseño del sitio web, se utilizó el tema libre *IT Black White 2* de *icetheme*, el cual es visualmente atractivo y encaja en un ambiente corporativo, en la figura 41 se observan varias vistas de la plantilla. Dentro de sus características se resaltan:

- Sistema *responsive*
- Módulos tipo diapositiva configurables.
- Rápida carga, no utiliza diseño basado en imágenes.
- Apto para Joomla versión 3.x

Figura 41. Tema IT Black White 2

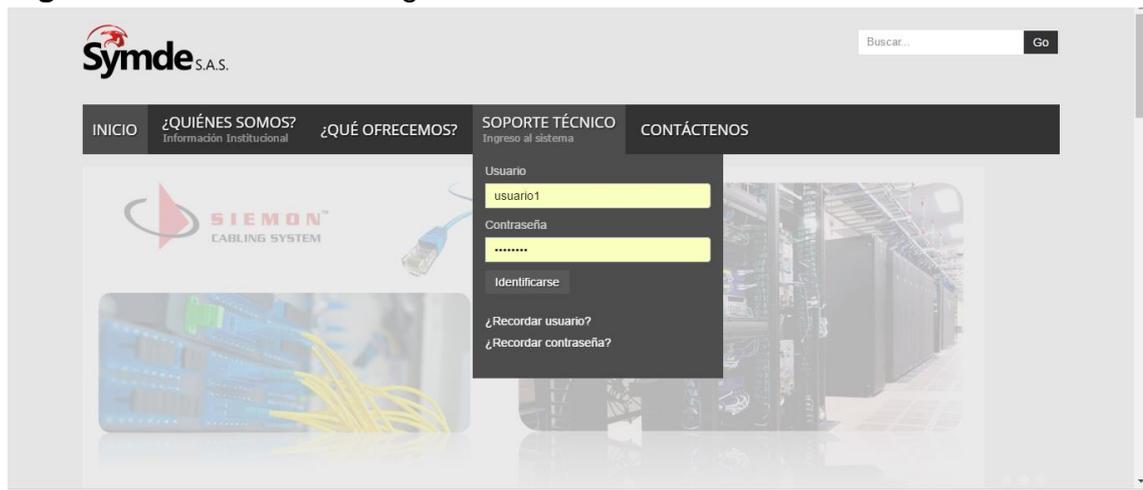


Fuente: <https://www.icetheme.com/themes/black-and-white-2>

Utilizando las facilidades en cuanto a gestión proporcionadas por Joomla y las características de diseño dadas por la plantilla utilizada, se implementó la página web completa de la empresa Symde S.A.S publicando información institucional, catálogo de servicios, proyectos implementados, etc.

En el menú principal del sitio web, se visualiza la interfaz del módulo de monitoreo desarrollado “SOPORTE TÉCNICO”, que tiene integrado el formulario de ingreso al sistema, cuyos componentes y configuración se desplegarán más adelante.

Figura 42. Formulario de ingreso al sistema



The image shows a screenshot of the Symde S.A.S website. At the top left is the Symde S.A.S logo. To the right is a search bar with the text 'Buscar...' and a 'Go' button. Below the logo is a navigation menu with five items: 'INICIO', '¿QUIÉNES SOMOS?' (with subtext 'Información Institucional'), '¿QUÉ OFRECEMOS?', 'SOPORTE TÉCNICO' (with subtext 'Ingreso al sistema'), and 'CONTÁCTENOS'. The 'SOPORTE TÉCNICO' menu item is highlighted, and a dropdown form is displayed. The form has the following fields: 'Usuario' with the value 'usuario1', 'Contraseña' with a masked password '.....', and 'Identificarse'. Below the password field are two checkboxes: '¿Recordar usuario?' and '¿Recordar contraseña?'. The background of the page features a blurred image of a server room with blue and yellow cables.

4.5.4 Bases de datos del sistema

Para el almacenamiento de la información concerniente al proyecto implementado, se construyeron dos bases de datos, la primera conteniendo toda la información relacionada con el gestor de contenidos, la cual es generada de forma automática con la instalación del CMS y la segunda, dedicada de forma exclusiva al almacenamiento de la información de los nodos monitoreados.

De acuerdo a la arquitectura lógica planteada para la organización de tablas y campos de la base de datos del sistema de monitoreo, se tienen tres tipos de tablas:

- **INFORMACIÓN:** Contiene la información general de todos los clientes que tiene a su cargo el *outsourcing*. Desde ella se consulta la información necesaria para acceder a las otras tablas de la base de datos.
- **IP:** Tabla cuyo nombre corresponde a la dirección IP de los radios que Symde monitorea. En ella se almacena la información medida y

relacionada con el estado de los equipos de transmisión y recepción de datos.

- NODO: Tabla cuyo nombre corresponde al nodo o estación base del cliente, que Symde monitorea. En ella se almacena la información sensada por el prototipo implementado (niveles de tensión del sistema) y que se envía al servidor a través de la red móvil de datos.
- ESTADO: A esta tabla llega la información correspondiente a la disponibilidad de conexión a la red de datos móvil, para que el equipo de soporte pueda efectuar el reinicio remoto del sistema, en caso de ser necesario.

A continuación, en las tablas 12, 13 y 14 se especifica la estructura de las tablas pertenecientes a la base de datos del sistema, en la cual se almacenan las variables sensadas.

Tabla 12. Estructura tabla INFORMACIÓN

| Columna | Tipo Dato | Características |
|----------------|------------------------------|---------------------------|
| ID | <i>Int(11)</i> ²³ | Auto incremental, no nulo |
| CLIENTE | <i>Text</i> ²⁴ | No nulo |
| IP_RADIO | Text | No nulo |
| NODO | Text | No nulo |
| COORDENADAS | Text | No nulo |

Tabla 13. Estructura tabla NODO

| Columna | Tipo Dato | Características |
|----------------|--------------------------------|---------------------------|
| ID | <i>Int(11)</i> | Auto incremental, no nulo |
| tiempo | <i>Timestamp</i> ²⁵ | No nulo |
| regulator | <i>Double</i> | |
| battery | <i>Double</i> | |
| vout5 | <i>Double</i> | |
| vout9 | <i>Double</i> | |
| vout12 | <i>Double</i> | |

²³ Formato de variable de tipo entero de hasta once dígitos.

²⁴ Formato de variable tipo texto, hasta 65.535 caracteres.

²⁵ Formato de variable tipo fecha y hora.

Tabla 14. Estructura tabla radio IP

| Columna | Tipo Dato | Características |
|----------------|------------------|---------------------------|
| ID | <i>Int(11)</i> | Auto incremental, no nulo |
| tiempo | <i>Timestamp</i> | No nulo |
| local_rx | <i>Text</i> | |
| local_tmin | <i>Text</i> | |
| local_tmed | <i>Text</i> | |
| local_tmax | <i>Text</i> | |

Tabla 15. Estructura tabla ESTADO

| Columna | Tipo Dato | Características |
|----------------|------------------|---------------------------|
| ID | <i>Int(11)</i> | Auto incremental, no nulo |
| nodo | <i>Text</i> | No nulo |
| estado | <i>Text</i> | No nulo |

Las tablas descritas son consultadas y gestionadas utilizando scripts en PHP, desarrollados para la interfaz de visualización del sistema de monitoreo que se encuentra embebida en la plantilla de *Joomla*, mediante el uso de un *iframe* html que permite su incrustación.

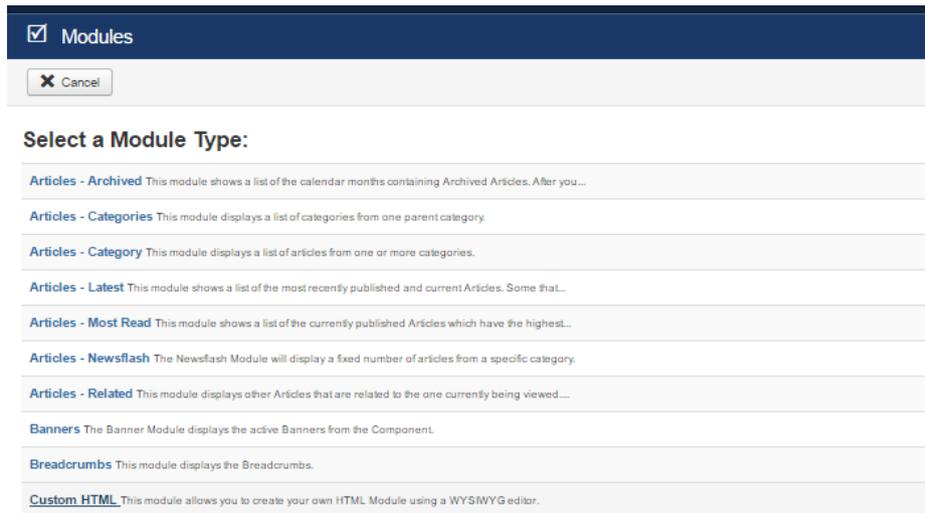
4.5.5 Gestión de usuarios e integración de código externo

Debido a que las funcionalidades de la interfaz del sistema monitoreo existen ciertas funciones específicas y no se encuentran contempladas en los módulos, extensiones y plugins de la plataforma Joomla, es necesario desarrollarlas de forma independiente y luego integrarlas al conjunto.

Para integrar los códigos de programación externos a la plataforma de Joomla mediante el *iframe* html, se crea un módulo del tipo "custom HTML", ver figura 43, anexando en él, el siguiente código:

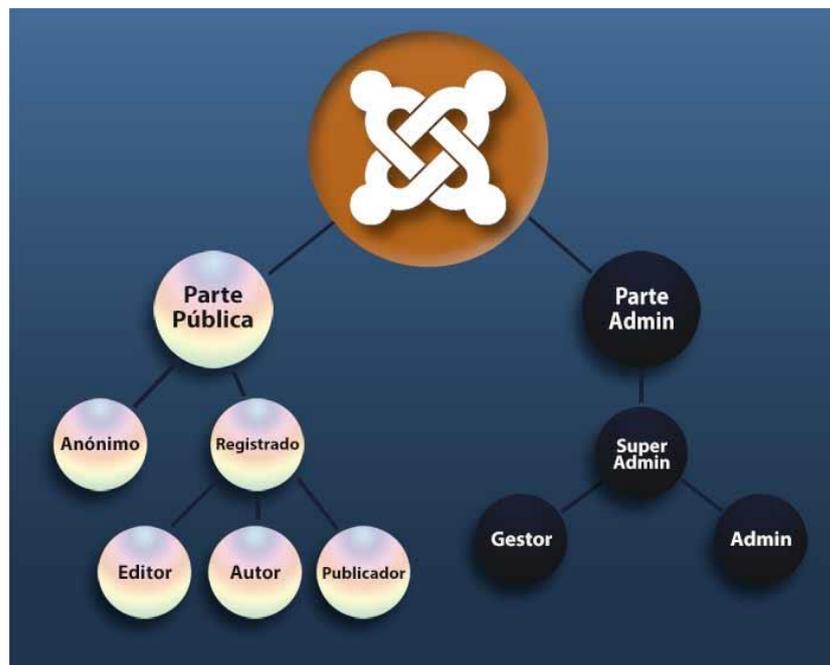
```
<iframe src="Ubicación del archivo en el servidor" width = 100% height =  
500></iframe>
```

Figura 43. Creación de módulo HTML



Joomla, ofrece herramientas para la gestión de usuarios dentro de su panel de administración, permitiendo agregar, editar o eliminar la información de un usuario, incluyendo nombre, contraseña y correo electrónico. Es posible también, controlar el nivel de acceso de un usuario a ciertos módulos del sitio web mediante la inclusión en un grupo determinado que le puede dar, según el caso, privilegios para visualizar, editar o publicar contenidos, e incluso crear nuevos grupos de usuarios que se adapten a las necesidades del sistema.

Figura 44. Grupos de usuarios



Fuente: <https://magazine.joomla.org/es/ediciones-anteriores/oct-2013/item/1563-usuarios-2-grupos-de-usuarios>

- Anónimo (usuario sin registrar). Tiene acceso a todas las partes del sitio web que el administrador haya dejado como públicas (Public)
- Registrado (Registered) Puede acceder a zonas de la parte pública de Joomla a las que el administrador le haya asignado nivel de acceso "registered". Un nivel recomendado para alumnos, padres... Si no queremos que publiquen.
- Autor (Author) Puede enviar artículos desde la zona pública, pero no puede editar los artículos de los demás, ni publicar los que escribe él mismo. Estos artículos quedan pendientes de validación hasta que un administrador los autorice y publique. Puede añadir enlaces al componente Enlaces Web que quedan publicados sin necesidad de aprobación.
- Editor (Editor). Puede enviar artículos y editar los de los demás, pero no puede publicar. Los artículos quedan Pendientes de validación, al igual que el caso del Autor. Puede ser un nivel recomendado para un compañero docente, en la Web de Centro. Tienen los mismos privilegios que el Autor para usar el componente Enlaces Web.
- Publicador o Editor Jefe (Publisher). Tiene permisos para enviar, modificar y publicar sus artículos o los de otros usuarios. También tiene los privilegios para usar Enlaces Web.²⁶

Con el fin de conseguir el funcionamiento integral de la plataforma, fue necesario incluir líneas de código que evaluarán el estado de la sesión y toda la información correspondiente a ella, de forma que, de acuerdo al usuario con sesión activa, se muestre la información específica que a este le concierne, ya que la programación de la interfaz del sistema de monitoreo se ubica en un solo elemento html, dentro de la plantilla de Joomla. Para lograr esto, se sigue la siguiente secuencia lógica:

- Acceder a los directorios root del sitio web.
- Inicializar conexión con el sitio, para obtener copia temporal de la información actual del mismo, ver Anexo A. Comandos del Sistema, sección A.4.
- Obtener información sobre el estado de la sesión: nombre, alias de acceso e ID del grupo al que pertenece.
- Direccionar los ficheros PHP desarrollados de acuerdo al perfil del usuario logueado.

²⁶ Manuel Rubio. Usuarios 2° Grupos de usuarios [En línea]. <https://magazine.joomla.org/es/ediciones-antteriores/oct-2013/item/1563-usuarios-2-grupos-de-usuarios> [Citado el 10 de diciembre de 2016].

En caso de que el usuario con sesión activa sea un cliente se visualizará de forma directa un mapa que contendrá los nodos que le pertenecen e información del tipo ON/OFF de radios y estaciones, ver Figura 45. Por otro lado, si el usuario que accede tiene el perfil del personal de monitoreo, podrá es coger el cliente específico del cual desea obtener información y acceder a muchas más funcionalidades como generación de reportes PDF, generación de gráficas de variables eléctricas y consulta para efectuar el reinicio de un nodo de telecomunicaciones en caso de ser necesario, ver Figuras 46 y 47.

Figura 45. Interfaz de usuario perfil cliente

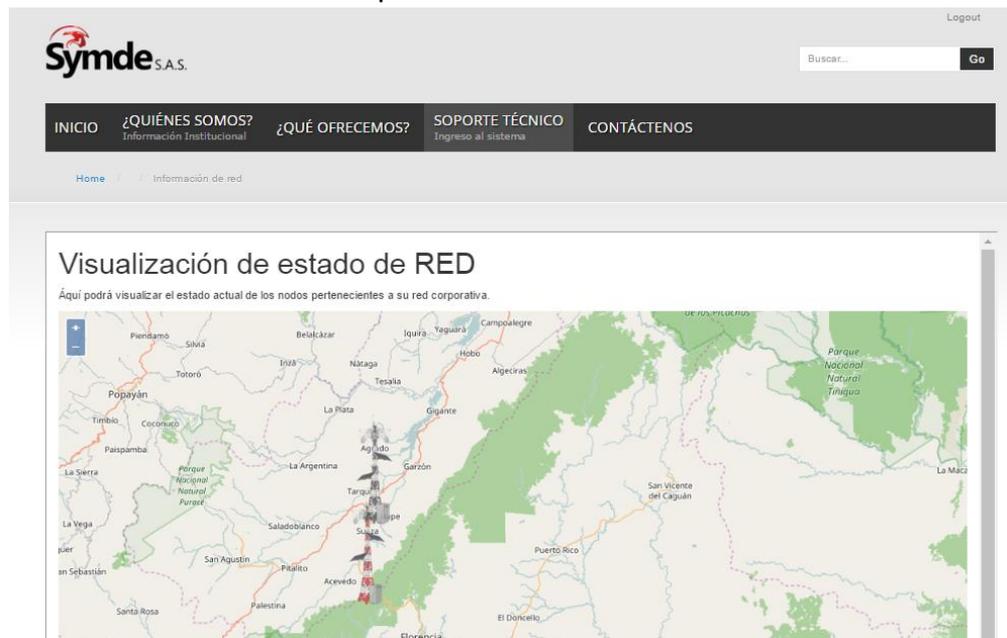


Figura 46. Interfaz de usuario perfil monitoreo selección cliente



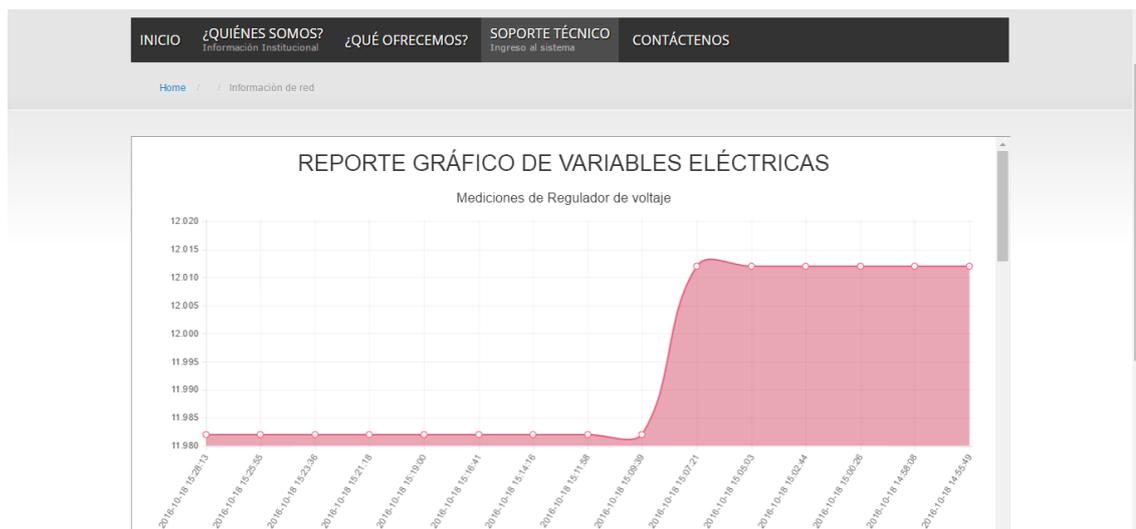
Figura 48. Mapa del Sistema de Información, marcadores y popover.



4.5.7 Reporte gráfico de variables medidas

Para la visualización de datos mediante gráficos 2D, se utilizó la librería gratuita de Javascript Chart.js²⁷. Esta funcionalidad es accesible para los usuarios registrados bajo el perfil de monitoreo, mediante la cual pueden observar las variaciones en los niveles de tensión de los equipos monitoreados e identificar de forma intuitiva una falla concreta, ver Figura 49.

Figura 49. Reporte gráfico de variables eléctricas



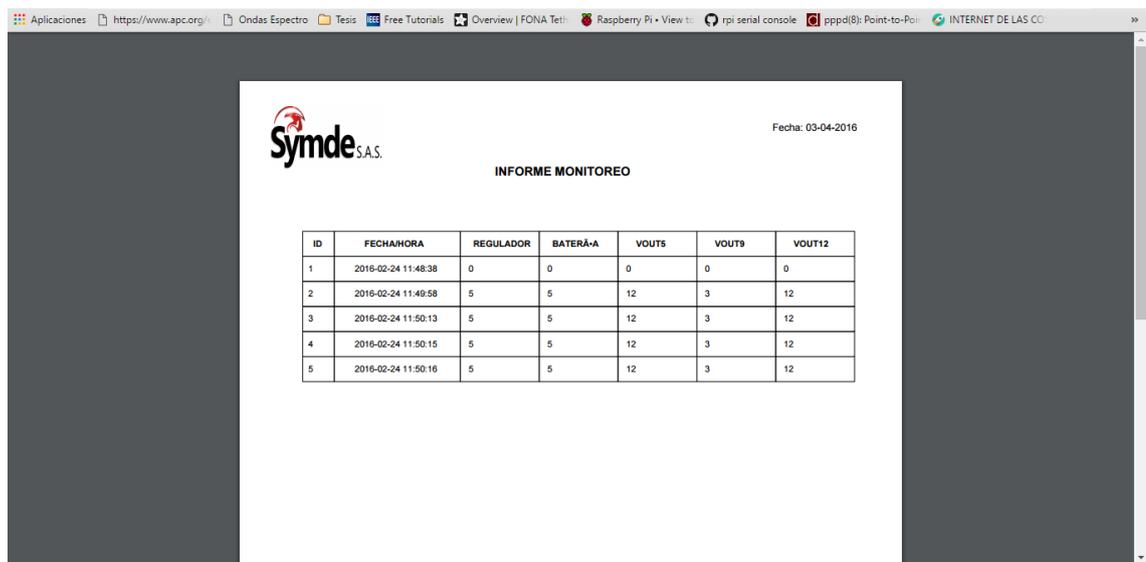
²⁷ <http://www.chartjs.org>

4.5.8 Generación de reportes PDF

Para la ejecución de este punto se hizo uso de la librería desarrollada en PHP, FPDF²⁸, la cual puede ser modificada y utilizada para fines personales, académicos y comerciales. La idea de generar estos reportes, es que el usuario con mayor prioridad, es decir que integre el personal de soporte y monitoreo pueda visualizar información técnica y detallada del estado de los elementos de las torres de interés.

En la Figura 50, se muestra el reporte de variables eléctricas medidas en formato PDF generado.

Figura 50. Generación de reporte PDF



Fecha: 03-04-2016

| ID | FECHAHORA | REGULADOR | BATERA-A | VOUT5 | VOUT9 | VOUT12 |
|----|---------------------|-----------|----------|-------|-------|--------|
| 1 | 2016-02-24 11:48:38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2016-02-24 11:49:58 | 5 | 5 | 12 | 3 | 12 |
| 3 | 2016-02-24 11:50:13 | 5 | 5 | 12 | 3 | 12 |
| 4 | 2016-02-24 11:50:15 | 5 | 5 | 12 | 3 | 12 |
| 5 | 2016-02-24 11:50:16 | 5 | 5 | 12 | 3 | 12 |

4.5.9 Prueba de conectividad

Debido a que es de vital importancia evaluar el estado de la red, en cuanto a pérdida de paquetes y tiempos de transmisión, se incluyó dentro de las funcionalidades del perfil de monitoreo, la ejecución de una prueba de conectividad efectuada hacia las direcciones IP de los radios de la estación base que se seleccione.

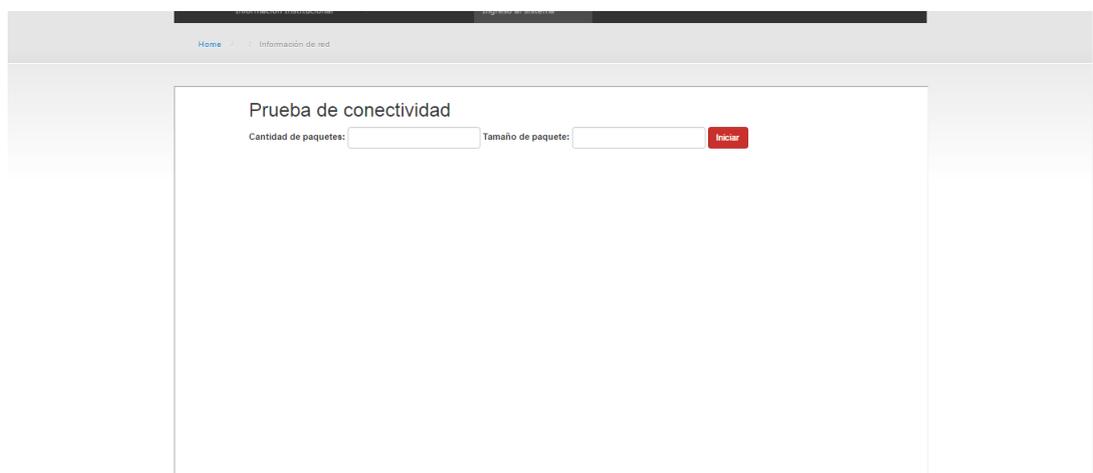
Para ello, se utiliza el comando de diagnóstico PING²⁹, configurado dentro de una función que permite como parametros de entrada la definición del tamaño y cantidad de paquetes para la prueba, a través del formulario mostrado en la

²⁸ <http://www.fpdf.org/>

²⁹ Packet Internet Groper, buscador de paquetes en redes.

Figura 51 y cuyos resultados se extraen mediante la gestión de strings³⁰ en PHP, los cuales son publicados en una tabla, como se muestra en la Figura 52.

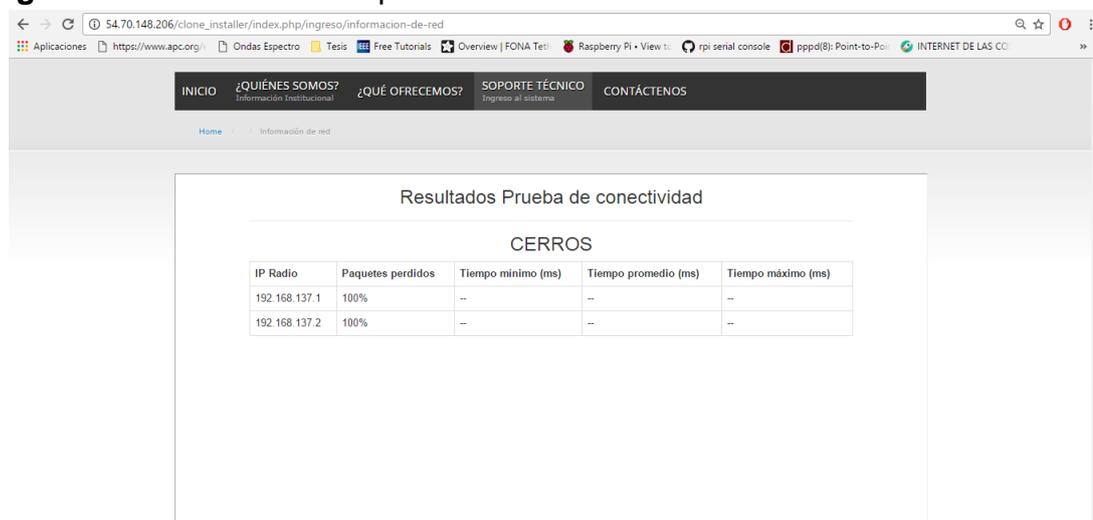
Figura 51. Datos de entrada prueba de conectividad



Prueba de conectividad

Cantidad de paquetes: Tamaño de paquete:

Figura 52. Datos de salida prueba de conectividad.



Resultados Prueba de conectividad

CERROS

| IP Radio | Paquetes perdidos | Tiempo mínimo (ms) | Tiempo promedio (ms) | Tiempo máximo (ms) |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 192.168.137.1 | 100% | -- | -- | -- |
| 192.168.137.2 | 100% | -- | -- | -- |

4.5.10 Consulta para reinicio del sistema

Debido a que, en el prototipo físico del sistema de monitoreo, se modifica constantemente la puerta de enlace de la tarjeta Raspberry Pi, esta no está la totalidad del tiempo en la configuración de red correcta para recibir la llamada del número autorizado para efectuar el reinicio del sistema en caso de que resulte necesario. Por lo tanto, para que el personal operativo, pueda validar la accesibilidad al prototipo mediante la red de telefonía celular, se configuró un

³⁰ Cadena de caracteres.

script en PHP que captura información enviada desde el nodo de telecomunicaciones por método GET, indicando a que red se encuentra conectado en el momento.

Esta opción, es una de las funcionalidades que el grupo de acceso de monitoreo tiene a su disposición dentro del sistema de información desarrollado. En caso de que sea viable la ejecución del reinicio, se imprimirá en pantalla el mensaje: RED GPS DISPONIBLE, PUEDE REINICIAR EL SISTEMA.

Según lo anterior, la consulta de disponibilidad del sistema para reinicio hará parte del procedimiento de soporte de la compañía.

4.6 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

Según el diseño realizado con la herramienta en línea Tinkercad, mostrado en la Figura 53, se imprimió en 3D el chasis que contiene el hardware del sistema. Ver figura 54.

Figura 53. Diseño 3D del chasis

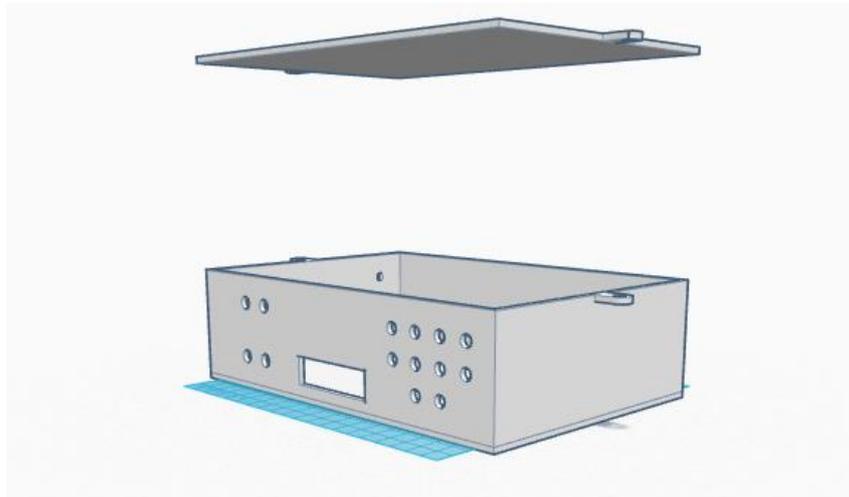
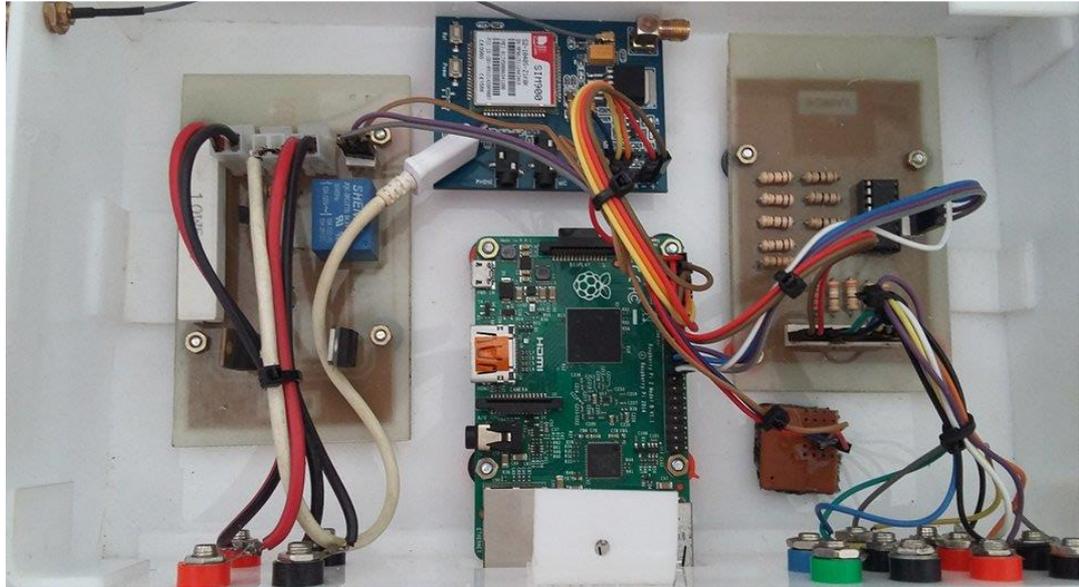


Figura 54. Vista externa del prototipo final



En la Figura 55 se muestran ensambladas las tarjetas que componen el módulo de monitoreo.

Figura 55. Vista interna del prototipo final



4.7 PRUEBA Y VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

El sistema fue puesto a prueba en las instalaciones de Symde S.A.S, haciendo uso de la infraestructura y equipos de su propiedad y que la empresa destinó en el momento para ese fin, ver figura 56.

Durante la puesta en marcha del sistema, se comprobó de forma integral el correcto funcionamiento del sistema, verificando así:

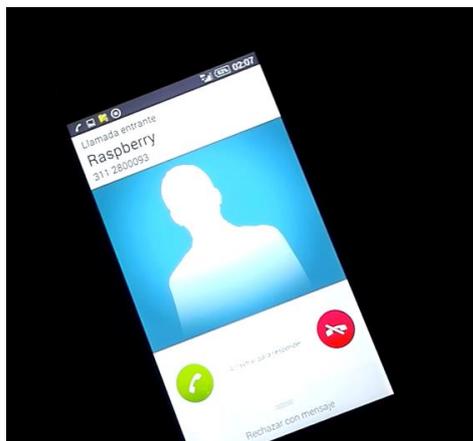
- Etapa de adquisición de datos.
- Envío y almacenamiento de la información en la base de datos.
- Visualización de reportes.
- Reinicio del sistema de telecomunicaciones mediante llamada.

La figura 57, muestra la llamada realizada desde el módulo de monitoreo, hacia el número de soporte técnico registrado. Esta es la primera función ejecutada una vez el sistema de monitoreo empieza a funcionar y sirve para verificar la conexión a la red de telefonía celular.

Figura 56. Infraestructura de pruebas del sistema



Figura 57. Llamada para comprobar la conexión a la red móvil.



Una vez realizada dicha comprobación, el sistema inicia la adquisición de datos, evaluando los niveles de tensión de los equipos a monitorear y enviándolos directamente al servidor web, el cual gestiona el almacenamiento de los mismos en su base de datos, ver Figura 58.

Figura 58. Almacenamiento en base de datos del sistema.

| + Opciones | | | | ID | tiempo | regulator | battery | vout5 | vout9 | vout12 |
|--------------------------|--|--|--|----|---------------------|-----------|---------|-------|-------|--------|
| <input type="checkbox"/> | | | | 1 | 2016-10-18 00:23:31 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 8.994 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 2 | 2016-10-18 00:26:01 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 8.979 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 3 | 2016-10-18 00:28:29 | 12.026 | 12.026 | 5.815 | 8.979 | 11.686 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 4 | 2016-10-18 00:30:48 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 8.965 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 5 | 2016-10-18 00:33:06 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 8.95 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 6 | 2016-10-18 00:35:24 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 8.892 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 7 | 2016-10-18 00:37:43 | 12.026 | 12.026 | 5.757 | 8.862 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 8 | 2016-10-18 00:40:01 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 8.306 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 9 | 2016-10-18 00:42:19 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 8.101 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 10 | 2016-10-18 00:44:38 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 8.232 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 11 | 2016-10-18 00:46:56 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 8.247 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 12 | 2016-10-18 00:49:14 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 8.232 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 13 | 2016-10-18 00:51:33 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 8.232 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 14 | 2016-10-18 00:53:52 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 8.232 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 15 | 2016-10-18 00:56:12 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 8.218 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 16 | 2016-10-18 00:58:31 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 8.232 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 17 | 2016-10-18 01:00:50 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 8.247 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 18 | 2016-10-18 01:03:08 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 8.262 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 19 | 2016-10-18 01:05:27 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 8.276 | 11.711 |
| <input type="checkbox"/> | | | | 20 | 2016-10-18 01:07:45 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 8.247 | 11.711 |

Las figuras 59 a 61 muestran las gráficas generadas a partir de la información almacenada en la base de datos del sistema, durante la jornada de pruebas del mismo, de igual forma el Anexo C Documento Reporte de Variables Eléctricas, contiene el informe PDF generado por el sistema.

Figura 59. Reporte gráfico regulador de voltaje.

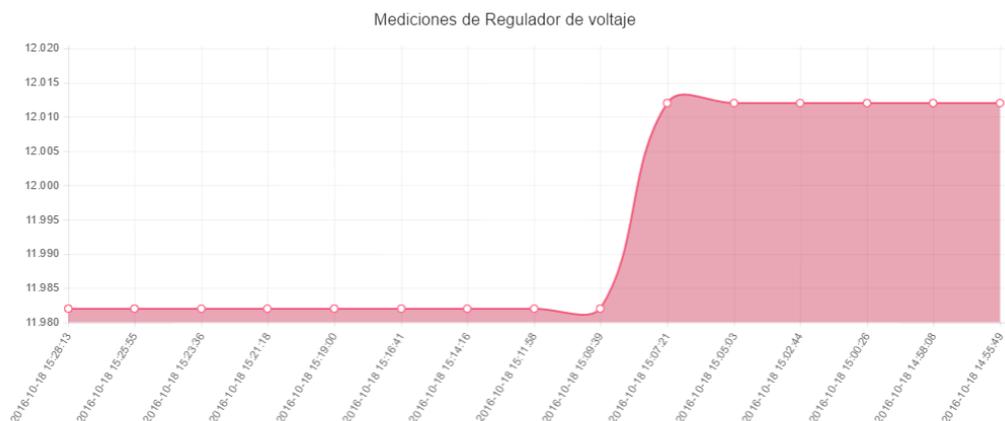


Figura 60. Reporte gráfico arreglo de baterías.

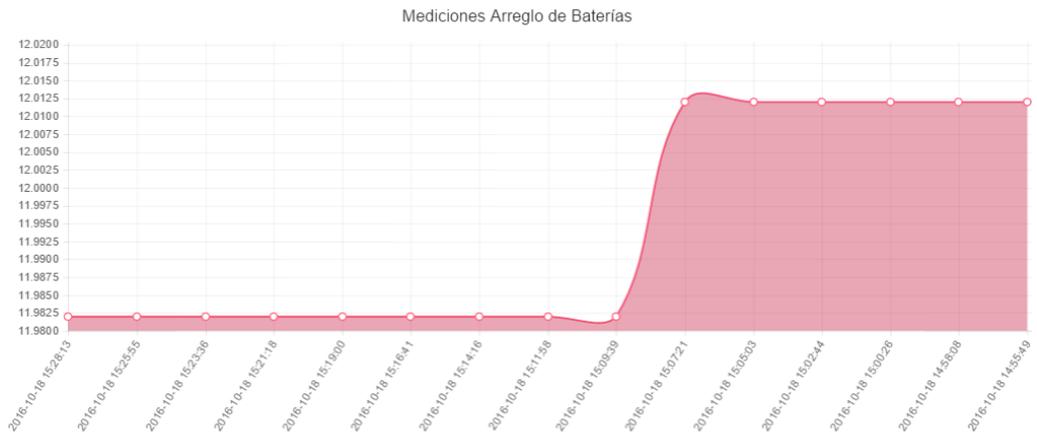


Figura 61. Reporte gráfico salida de 5V.

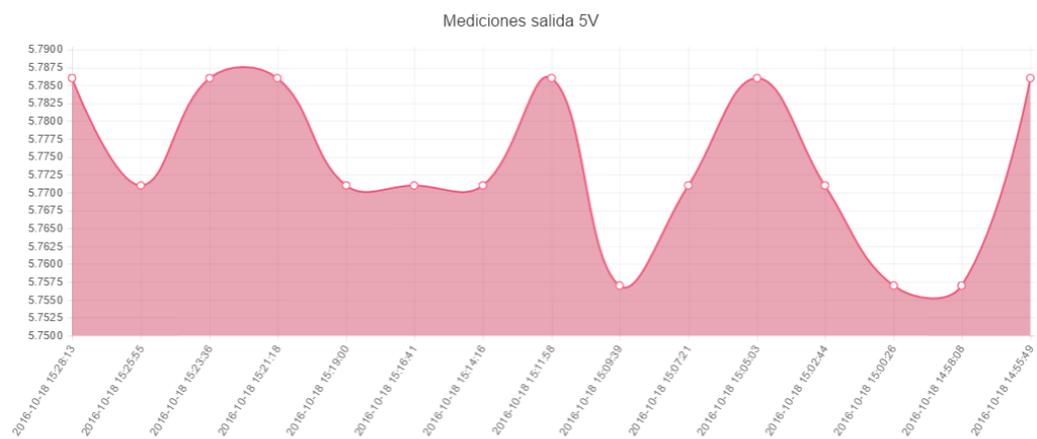


Figura 62. Reporte gráfico salida de 9V.

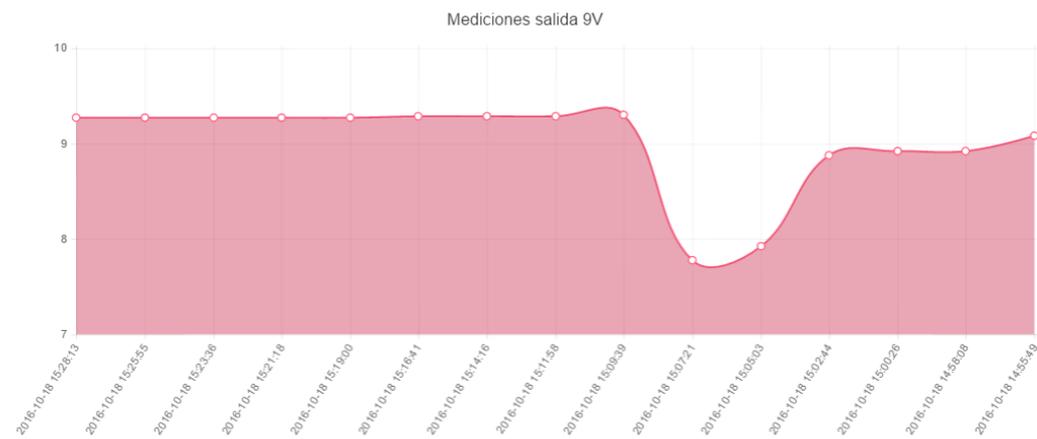
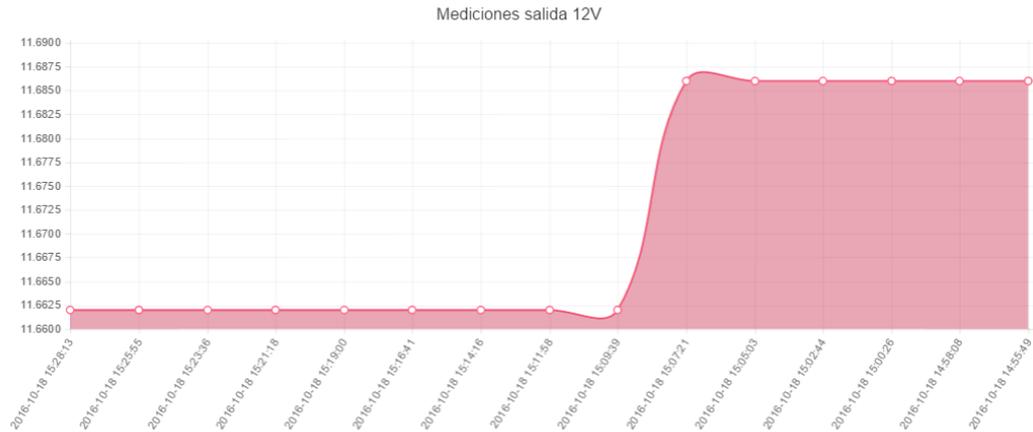


Figura 61. Reporte gráfico salida de 12V.



Las pruebas realizadas sobre el prototipo, fueron efectuadas en las instalaciones de la empresa Symde S.A.S y en presencia del personal de soporte técnico de la misma. En conjunto con el equipo del outsourcing se rescató la importancia de realizar a futuro pruebas sobre infraestructura propia ubicada en regiones apartadas de la ciudad, con el fin de verificar el rendimiento del sistema de monitoreo bajo condiciones reales.

4. CONCLUSIONES

- Se diseñó un prototipo capaz de solventar las necesidades planteadas por el *outsourcing* Symde SAS, el cual se implementó y se puso a prueba en la infraestructura de la empresa integradora de servicios TIC, obteniéndose mejoras significativas en el diagnóstico de fallos.
- Mediante una correcta diferenciación por etapas para la adquisición de datos se logró una mejor valoración y dimensionamiento de las fallas en las torres de telecomunicaciones pertenecientes al *outsourcing*.
- Se obtuvo independencia de la red de internet del nodo evaluado mediante la utilización de la red GPRS, asegurando de esta manera independencia en la operatividad y el envío de datos, asegurando un envío permanente de estadísticas operativas correspondientes al nodo.
- Se realizaron de manera exitosa algunas acciones de control sobre determinadas etapas de la torre de transmisión, lo cual contribuye en una mejora en tiempos de respuesta al cliente en momentos de fallo de la infraestructura.
- Con la solución tecnológica propuesta, se obtuvo un mejor rendimiento respecto a proyectos desarrollados anteriormente en la compañía, alineados a alcanzar objetivos similares a los que el sistema implementado sigue.
- Se logró la integración exitosa de los componentes funcionales desarrollados para el sistema de información, con el Sistema de Gestión de Contenidos con el que se implementó el portal web de Symde S.A.S.
- Para el desarrollo del proyecto, se utilizaron herramientas de hardware y software libres, lo cual permitió la integración de las mismas sin costo adicional para Symde S.A.S.
- Se diseñó el chasis del módulo de monitoreo con la herramienta en línea para el diseño e impresión 3D Tinkercad, la cual ofrece una interfaz de fácil manejo y permite su utilización de forma gratuita.

5. RECOMENDACIONES

- Para el prototipo final de futuros desarrollos basados en el sistema de monitoreo de torres de transmisión implementado, se recomienda utilizar chasis tipo intemperie con protección IP67³¹ de acuerdo al estándar IEC 60529 (Comisión Electrotécnica Internacional). Esto con el fin de cumplir las normas internacionales existentes para equipos eléctricos y electrónicos de uso industrial, que garantizan el funcionamiento de los mismos ante condiciones ambientales precarias.
- Es necesario para investigaciones futuras que complementen este proyecto de grado, coordinar con el *outsourcing* la realización de pruebas de campo del prototipo implementado, sobre las redes corporativas de sus clientes, o sobre infraestructura propia.
- Respecto al portal web implementado, se sugiere la creación de un Sistema de Información completamente independiente al portal web de la empresa integradora de TICs. De manera que la apropiación del proyecto por parte de cualquier otra empresa dedicada a esta área se facilite.
- Se recomienda estudiar las necesidades concretas del equipo de soporte y monitoreo, de forma que el dimensionamiento, diseño y desarrollo de la solución se ajuste a ellas.
- Para trabajos próximos que conlleven al desarrollo de un prototipo como el implementado, se sugiere reunir un grupo de trabajo interdisciplinario para establecer labores de desarrollo de hardware y software coordinadas, con el fin de alcanzar los objetivos de manera más eficiente y pronta.
- Para el almacenamiento de datos se recomienda realizar un mejor dimensionamiento y diseño de la base de datos a utilizar, así como implementar un modelo de gestión eficiente para la misma.

³¹ Grado de protección contra polvo e inmersión en agua.

6. BIBLIOGRAFÍA

JOSKOWICZ José. Redes de Datos, Versión 5. Universidad de la República, Montevideo. 2008. [Citado en 2015-10-02]

World Economic Forum. The Global Information Technology Report 2015. Recuperado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_IT_Report_2015.pdf. [Citado en 2015-10-07]

BEHROUZ A. Forouzan. *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*, Segunda Edición. Mc Graw Hill, 2001. [Citado en 2015-10-07]

Bejarano M. Mario G. (30-07-2016). Frambuesa Pi Colombia. Recuperado de <http://www.frambuesapi.co/2013/07/30/tutorial-1-preparando-tarjeta-sd/>. [Citado en 2016-07-30]

BEJARANO M. Mario G. Frambuesa Pi Colombia. Recuperado de <http://www.frambuesapi.co/2013/09/09/tutorial-4-parte-2-conexion-del-raspberry-pi-directamente-al-pc/>. [Citado en 2016-08-06]

BEJARANO M. Mario G. Frambuesa Pi Colombia. Recuperado de <http://www.frambuesapi.co/2013/09/25/tutorial-5-conexion-remota-al-raspberry-pi-usando-ssh/>. [Citado en 2016-08-25]

PÉREZ Estesio Mario. Geekytheory.com. Recuperado de <https://geekytheory.com/tutorial-raspberry-pi-gpio-parte-2-control-de-leds-con-python>. [Citado en 2016-08-31]

OSUNA Alarcón M. Rosario y GÓMEZ Estefanía. Los sistemas de gestión de contenidos en Información y Documentación, Revista General de Información y Documentación. 2010. [Citado en 2016-09-16]

FRIEDRICH Guillermo R. y ARDENGUI Jorge R. Evaluación de las prestaciones de la red GPRS, 2006. [Citado en 2016-09-16]

The mobile broadband estándar, página web oficial de 3GPP. Recuperado de <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/102-gprs-edge>. [Citado en 2016-09-18]

Francesc. Fpaez.com. Recuperado de <http://fpaez.com/llamadas-y-sms-usando-un-modulo-sim900-y-raspberry-pi/>. [Citado en 2016-09-19]

DICOLA Tony. Adafruit.com. Recuperado de <https://learn.adafruit.com/fona-tethering-to-raspberry-pi-or-beaglebone-black/usage>. [Citado en 2016-10-23]

DICOLA Tony. Adafruit.com. Recuperado de <https://learn.adafruit.com/fona-tethering-to-raspberry-pi-or-beaglebone-black/setup>. [Citado en 2016-10-25]

Algoritmos de Programación con Python. Librosweb.es. Recuperado de http://librosweb.es/libro/algoritmos_python/capitulo_12/excepciones.html. [Citado en 2017-01-25]

Tutorial de Python. docs.python.org.ar. Recuperado de <http://docs.python.org.ar/tutorial/3/errors.html>. [Citado en 2017-01-31]

Gite Vivek. Cyberciti.biz. Recuperado de <https://www.cyberciti.biz/faq/linux-setup-default-gateway-with-route-command/>. [Citado en 2017-02-08]

GUNSETT Oscar. mail.python.org. Recuperado de <https://mail.python.org/pipermail/python-es/2007-July/017723.html>. [Citado en 2017-02-17]

ANEXO A COMANDOS DEL SISTEMA

A.1 Funciones envío de datos por GET

```
def sendpingtoServer(a,b,c,d,e,f,g,h,i,j):
    load= "/clone_installer/ping/radio1.php?%s=%s&%s=%s&%s=%s&%s=%s&%s=%s&%s=%s"% (a,b,c,d,e,f,g,h,i,j)
    print load
    conn = httplib.HTTPConnection("54.70.148.206:80")
    conn.request("GET",load)
    response = conn.getresponse()
    data = response.read()
    conn.close()

def sendstatetoServer(a,b,c,d):
    load= "/clone_installer/ping/aviso.php?%s=%s&%s=%s"% (a,b,c,d)
    print load
    conn = httplib.HTTPConnection("54.70.148.206:80")
    conn.request("GET",load)
    response = conn.getresponse()
    data = response.read()
    conn.close()
```

A.2 Recepción solicitud GET en el servidor

```
// Leemos los valores que nos llegan por GET
$numero = count($_GET);
$tags = array_keys($_GET); // obtiene los nombres de las variables
$valores = array_values($_GET); // obtiene los valores de las variables
// crea las variables y les asigna el valor
for($i=0;$i<$numero;$i++){
    $$tags[$i]=$valores[$i];
}
```

A.3 Función ON/OFF programada

```
timetrue=datet ime.datet ime.now()
time_start=timetrue.replace(hour=20,minute=0,second=0)
time_end=timetrue.replace(day=timetrue.day+1,hour=5,minute=30,second=0)
while time_start<timetrue and time_end>timetrue:
    timetrue=datet ime.datet ime.now()
    reset_TRUE()
    print 'encendido'

reset_FALSE()
GPIO.cleanup() ## Hago una limpieza de los GPIO
```

A.4 Estado de sesión en Joomla

```
require_once ( JPATH_BASE .DS.'includes'.DS.'defines.php' );
require_once ( JPATH_BASE .DS.'includes'.DS.'framework.php' );
$mainframe =& JFactory::getApplication('site');
$mainframe->initialise();
$user =& JFactory::getUser();
$name = $user->get('name'); //Corresponderá al cliente principal
$username = $user->get('username');
```

A.5 Elementos *popover* OpenLayers

```
map.addOverlay(popup);
// display popup on click
map.on('click', function(evt) {
    var feature = map.forEachFeatureAtPixel(evt.pixel,
    function(feature, layer) {
        return feature;
    });
    if (feature) {
        var geometry = feature.getGeometry();
        var coord = geometry.getCoordinates();
        popup.setPosition(coord);
        $(element).popover({
            'placement': 'top',
            'html': true,
            'content': '<p align = center>' + feature.get('name') + '</p>' + '</code> <p></p><code>' +feature.get('values')+'</code>';
        });
        $(element).popover('show');
    }
    else {
        $(element).popover('destroy');
    }
});
```

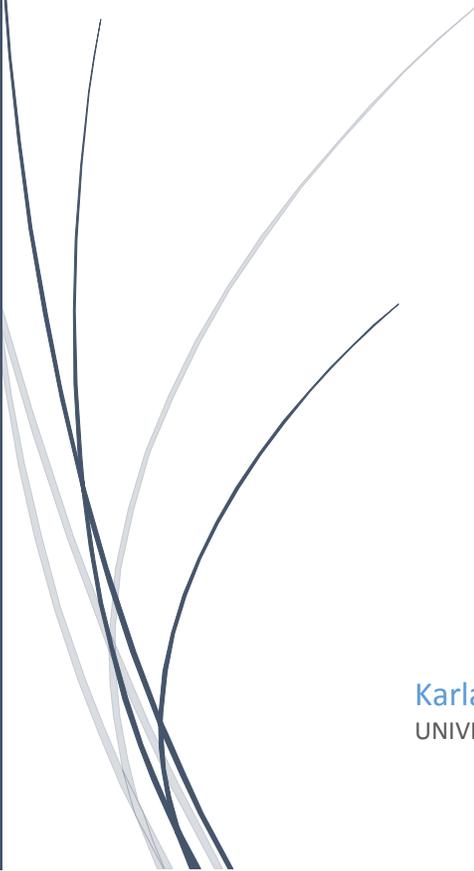
ANEXO B
MANUAL TÉCNICO V 1.0

A dark blue vertical bar is on the left side of the page. A blue arrow-shaped graphic points to the right from the bar, containing the date.

31-10-2016

Sistema de Monitoreo y Control de Variables para Estaciones de Transmisión

Manual Técnico - V 1.0

Several thin, curved lines in shades of blue and grey originate from the bottom left and curve upwards and to the right.

Karla Marcela Rodríguez Garzón – Juan Pablo González Barrero
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|---|
| INTRODUCCIÓN | 2 |
| COMPONENTES DE HARDWARE | 2 |
| CONEXIONES DEL PROTOTIPO | 3 |
| Alimentación: | 3 |
| Lectura análoga: | 3 |
| Alimentación sistema de telecomunicaciones: | 4 |
| PAUTAS DE CONFIGURACIÓN..... | 5 |
| Sistema Operativo..... | 5 |
| Conexión mediante SSH..... | 5 |
| Descarga e instalación de librerías..... | 7 |
| Configuración de arranque de las rutinas de código..... | 8 |
| ADVERTENCIAS Y PAUTAS DE SEGURIDAD | 8 |

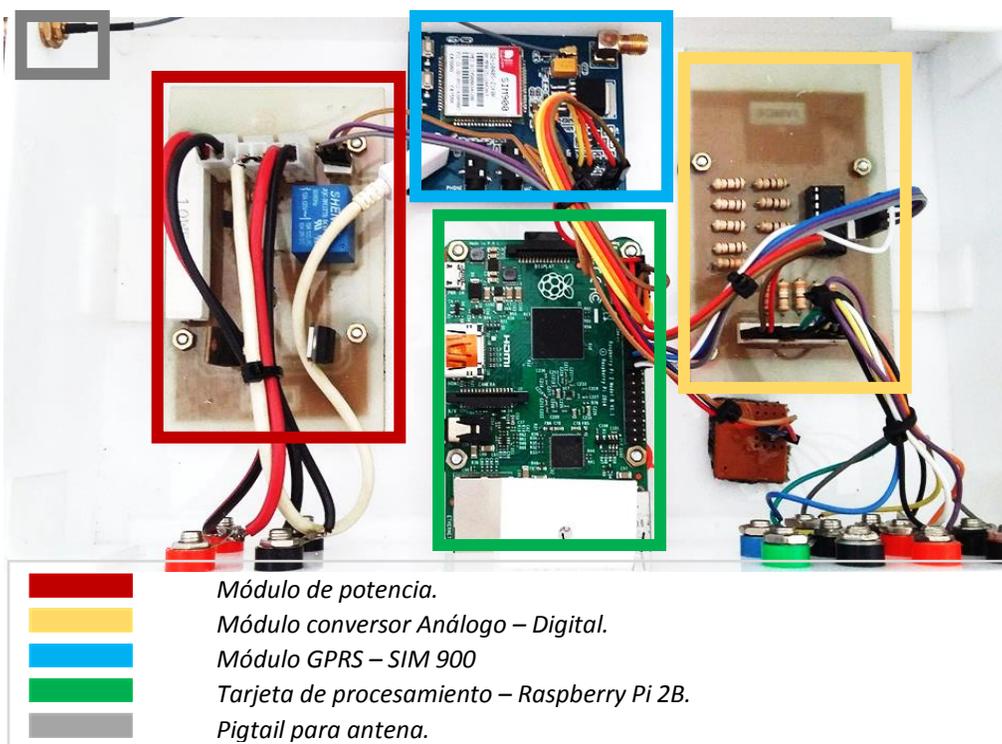
INTRODUCCIÓN

Este equipo ha sido diseñado como solución a la falencia en la detección y resolución de fallas presentadas en las estaciones de telecomunicaciones administradas por la empresa integradora de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Symde S.A.S.

Este manual contiene las pautas necesarias para que el equipo de soporte técnico haga uso correcto del prototipo, así como pasos para configurarlo en caso de ser necesario. Será responsabilidad del personal de la compañía el garantizar que las indicaciones contenidas en este documento se cumplan a cabalidad.

COMPONENTES DE HARDWARE

Los componentes físicos del sistema de monitoreo implementado, se agrupan en el chasis expuesto.



CONEXIONES DEL PROTOTIPO

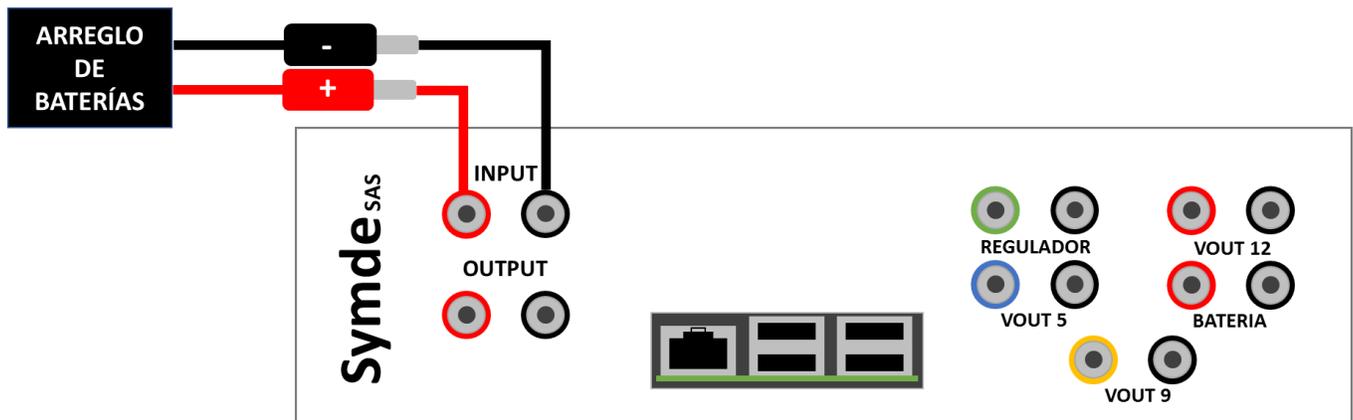
Alimentación:

La entrada de alimentación del sistema de monitoreo “INPUT”, se debe conectar a una fuente de energía con las siguientes características:

Voltaje: 12 Voltios DC

Corriente: 2 Amperios

En este caso la fuente corresponde al arreglo de baterías del nodo de telecomunicaciones.



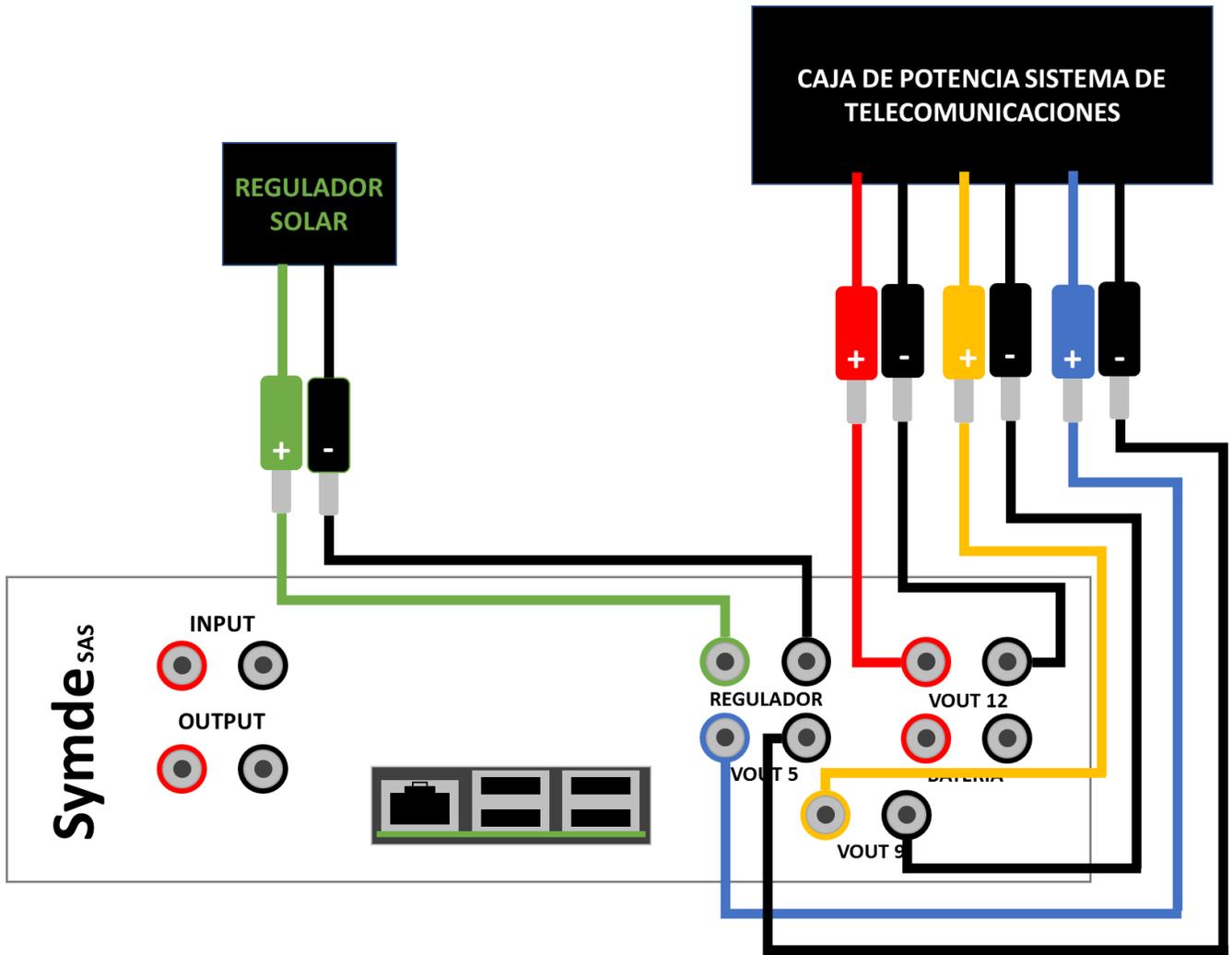
Nota de seguridad: Se recomienda verificar el nivel de tensión que alimenta a la tarjeta Raspberry Pi y una vez hecho esto conectar el *plug* USB a la misma.

Lectura análoga:

Las entradas de lectura análoga ubicadas en el sector derecho de la sección frontal del prototipo, han sido diseñadas de manera que soporten señales análogas dentro de los niveles especificados:

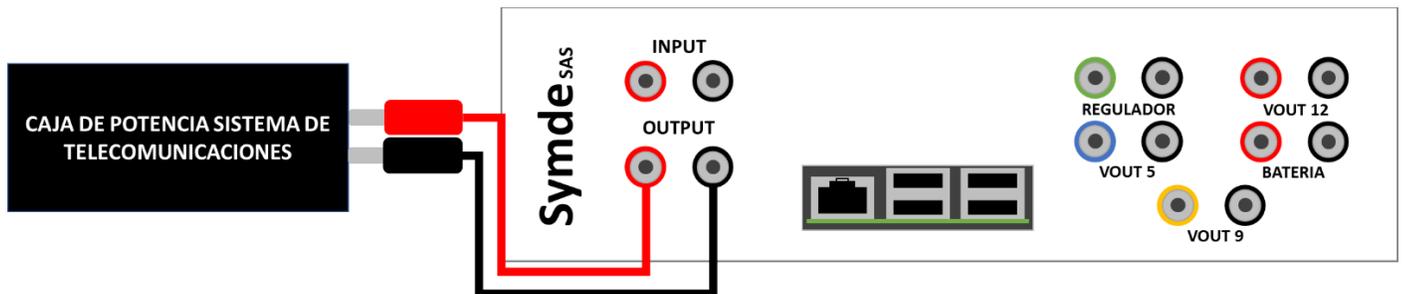
| | |
|-----------|---------|
| Regulador | 0 – 25V |
| Vout 12 | 0 – 15V |
| Vout 9 | 0 – 15V |
| Vout 5 | 0 – 15V |

A continuación, se muestra el diagrama de conexiones de las entradas de lectura análoga del prototipo.



Alimentación sistema de telecomunicaciones:

La salida del prototipo que controla las acciones de reinicio, se conecta directamente a la alimentación de la caja de potencia del sistema de telecomunicaciones, tal como se indica.



PAUTAS DE CONFIGURACIÓN

Sistema Operativo

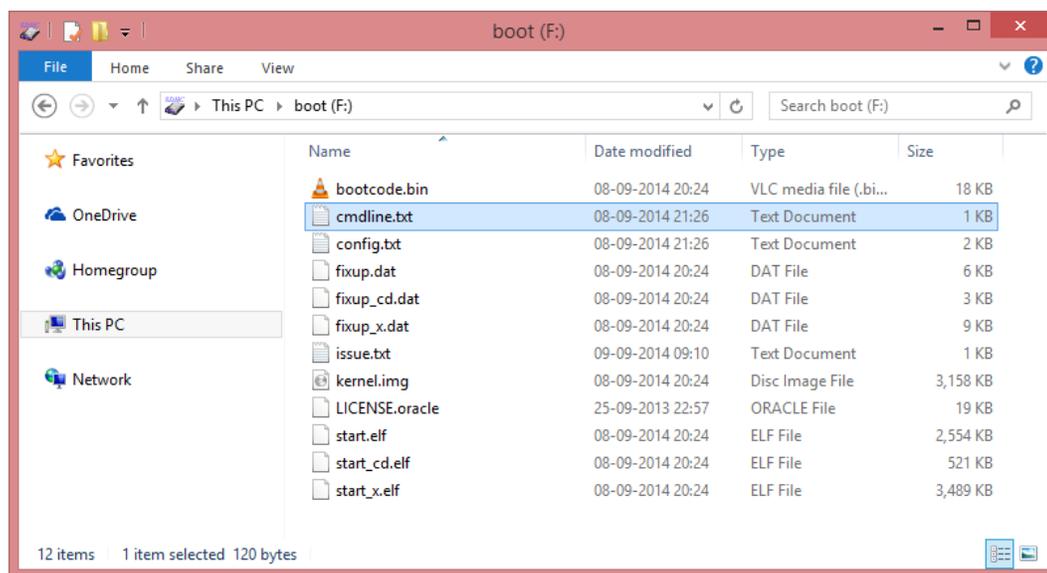
La tarjeta de procesamiento Raspberry Pi requiere de un sistema operativo para realizar las funciones y procedimientos que se programen, por tanto, se debe seguir el siguiente instructivo para su puesta en marcha:

- Disponer una memoria Micro SD con un espacio de almacenamiento suficiente (se recomienda 8 GB).
- Mediante el navegador web de su preferencia descargar la imagen del sistema operativo Raspbian, para facilidad puede recurrir al siguiente link (<https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>).
- Una vez descargada la imagen del sistema operativo la cual usualmente se encuentra en formato .ISO, disponga la memoria Micro SD en la ranura respectiva de su equipo de cómputo y mediante el software grabador de imágenes de discos de su preferencia grabe la imagen descargada en la Micro SD. (Preferiblemente antes de realizar este apartado realice un formateo a la unidad en la cual va a grabar la imagen del sistema operativo).

Conexión mediante SSH

Para acceder a la Raspberry Pi y programar las funciones a implementar se utiliza el protocolo SSH, el cual permite navegar por los diferentes directorios del sistema operativo, al igual que programar la secuencia de comando a ejecutar en lenguaje Python, para ello se debe seguir el siguiente procedimiento.

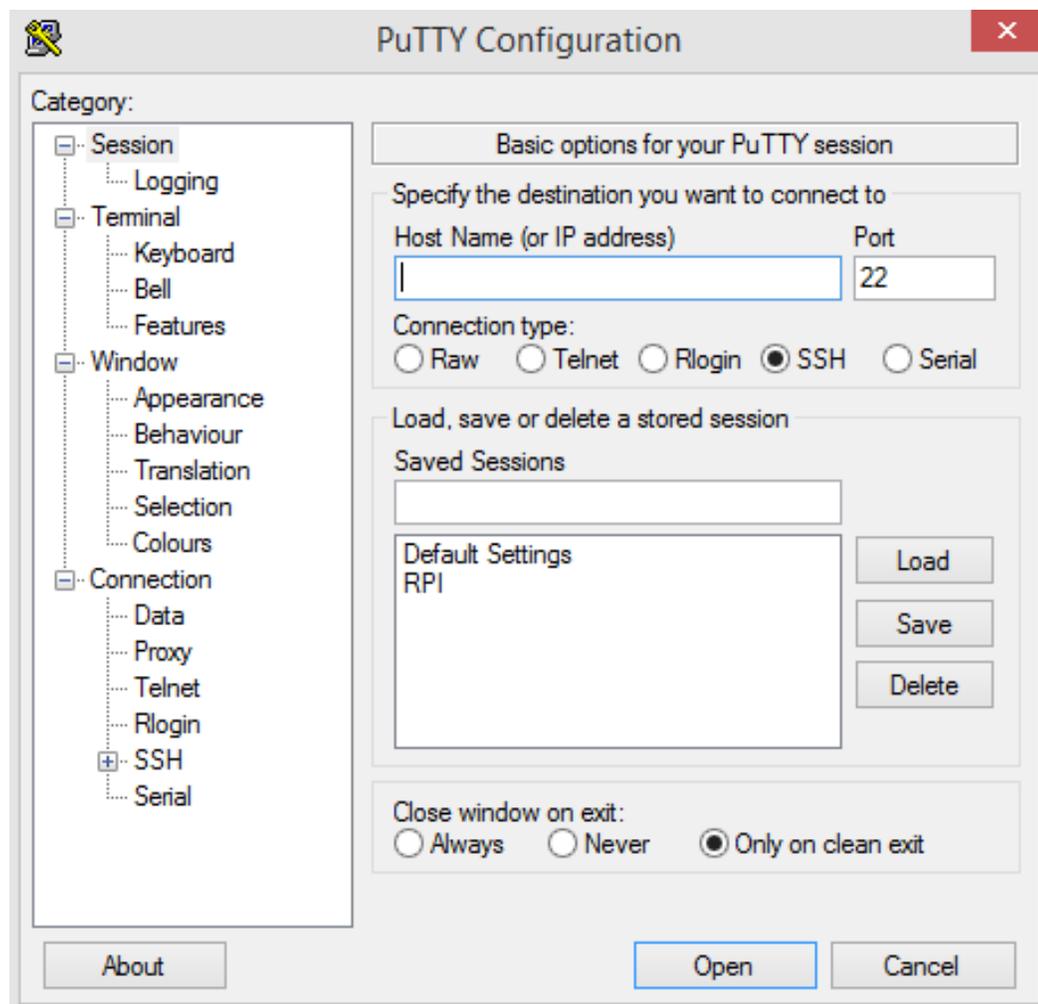
- Examinar contenido de la Micro SD. Debe aparecer una lista de archivos como la mostrada a continuación.



- Abrir en un editor de texto plano el archivo *cmdline.txt*.
- Identificar la línea:

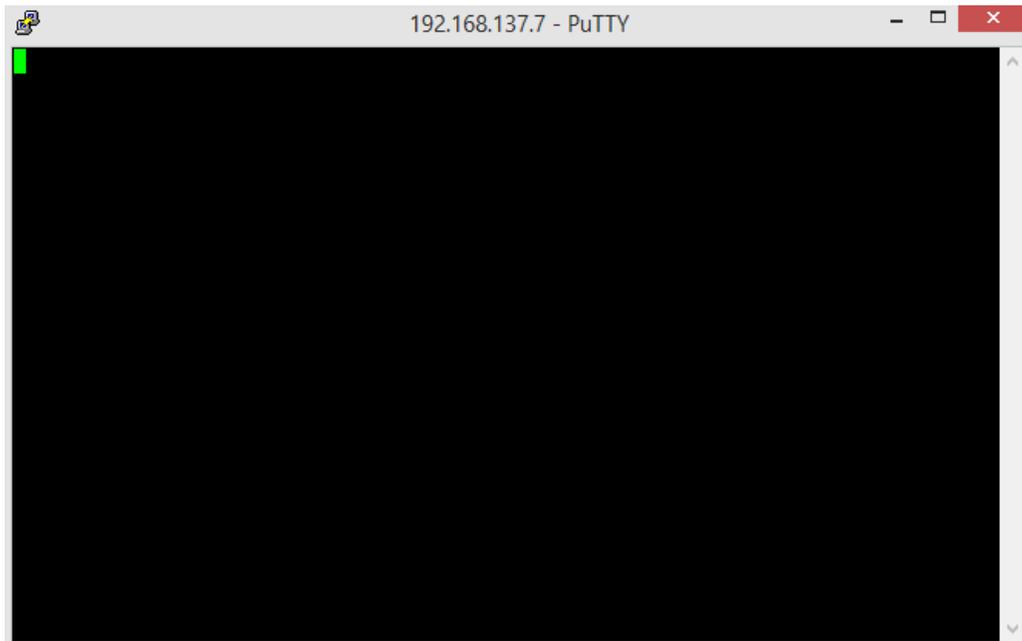

```
dwc_otg.lpm_enable=0 console=ttyAMA0,115200 console=tty1 root=/dev/mmcblk0p2
rootfstype=ext4 elevator=deadline rootwait
```
- Agregar al final, seguido de espacio sencillo una dirección IP privada, ajustada a la red sobre la cual operará el prototipo:


```
ip=X.XXX.XXX
```
- Introducir la memoria Micro SD en el slot de la Raspberry Pi y alimentar el prototipo tal como se indica en el apartado 1.
- Conectar el prototipo mediante cable de red a un equipo de cómputo.
- Desde el equipo de cómputo configurar la interfaz de ethernet fijando una dirección IPV4. Esta dirección deberá pertenecer al segmento de red de la IP del prototipo.
- Descargar e instalar aplicativo para implementar clientes SSH en el equipo de cómputo.¹



¹ Para este paso del manual, se utilizó el software PUTTY.

- Acceder a la consola de la tarjeta de procesamiento con la dirección IP asignada al prototipo.



- Una vez hecho lo anterior, introducir las credenciales de acceso por defecto:
 Usuario: pi
 Contraseña: raspberry

Nota de seguridad: Se recomienda realizar una copia del archivo cmdline.txt en caso de requerir la restauración de la configuración por defecto del dispositivo.

Descarga e instalación de librerías.

Para el funcionamiento del prototipo es necesaria la instalación de los siguientes paquetes:

- Librería Python
- Librería SPIDEV.

A continuación, los comandos para su instalación:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install python2.7-dev
wget https://github.com/Gadgetoid/py-spidev/archive/master.zip
unzip master.zip
rm master.zip
cd py-spidev-master
sudo python2.7 setup.py install
```

Configuración de arranque de las rutinas de código

El prototipo ha sido diseñado de manera que inicie la ejecución de las tareas programadas una vez sea energizado, evitando así la configuración de arranque manual en sitio. Para esto, es necesario crear un archivo que contenga las instrucciones de arranque del fichero principal que a su vez contiene las rutinas, ubicándolo dentro del directorio de inicio del sistema:

```
sudo nano /etc/init.d/arranque
```

Y en él incluir el siguiente código:

```
#!/bin/sh
# /etc/init.d/arranque

# Dependiendo de los parámetros que se le pasen al programa se usa una
opción u otra
case "$1" in
    start)
        echo "Arranque operación del sistema de monitoreo"
        # Aquí hay que poner el directorio del fichero con la rutina
principal
        /usr/bin/python /home/pi/main.py
        ;;
    stop)
        echo "Detección sistema de monitoreo"

        ;;
    *)
        echo "Modo de uso: /etc/init.d/arranque {start|stop}"
        exit 1
        ;;
esac

exit 0
```

ADVERTENCIAS Y PAUTAS DE SEGURIDAD

- No golpear el equipo ni permite que caigan objetos encima.
- Utilizar conectores tipo ojo o banana para las conexiones a las entradas y salida del prototipo.
- No exponer a goteos o salpicaduras. El equipo debe permanecer bajo cubierta.
- Para la limpieza del prototipo se recomienda utilizar paño suave y aire a presión.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema después de la instalación, cada vez que esta sea efectuada.

ANEXO C
DOCUMENTO REPORTE DE VARIABLES ELÉCTRICAS

INFORME MONITOREO CADEFIHUILA
CERROS

| ID | FECHA/HORA | REGULADOR | BATERÍA | VOUT5 | VOUT9 | VOUT12 |
|-----|---------------------|-----------|---------|-------|-------|--------|
| 393 | 2016-10-18 15:28:13 | 11.982 | 11.982 | 5.786 | 9.272 | 11.662 |
| 392 | 2016-10-18 15:25:55 | 11.982 | 11.982 | 5.771 | 9.272 | 11.662 |
| 391 | 2016-10-18 15:23:36 | 11.982 | 11.982 | 5.786 | 9.272 | 11.662 |
| 390 | 2016-10-18 15:21:18 | 11.982 | 11.982 | 5.786 | 9.272 | 11.662 |
| 389 | 2016-10-18 15:19:00 | 11.982 | 11.982 | 5.771 | 9.272 | 11.662 |
| 388 | 2016-10-18 15:16:41 | 11.982 | 11.982 | 5.771 | 9.287 | 11.662 |
| 387 | 2016-10-18 15:14:16 | 11.982 | 11.982 | 5.771 | 9.287 | 11.662 |
| 386 | 2016-10-18 15:11:58 | 11.982 | 11.982 | 5.786 | 9.287 | 11.662 |
| 385 | 2016-10-18 15:09:39 | 11.982 | 11.982 | 5.757 | 9.302 | 11.662 |
| 384 | 2016-10-18 15:07:21 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 7.778 | 11.686 |
| 383 | 2016-10-18 15:05:03 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 7.925 | 11.686 |
| 382 | 2016-10-18 15:02:44 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 8.877 | 11.686 |
| 381 | 2016-10-18 15:00:26 | 12.012 | 12.012 | 5.757 | 8.921 | 11.686 |
| 380 | 2016-10-18 14:58:08 | 12.012 | 12.012 | 5.757 | 8.921 | 11.686 |
| 379 | 2016-10-18 14:55:49 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.082 | 11.686 |
| 378 | 2016-10-18 14:53:31 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.097 | 11.686 |
| 377 | 2016-10-18 14:51:28 | 12.012 | 12.012 | 5.757 | 9.111 | 11.686 |
| 376 | 2016-10-18 14:49:09 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.111 | 11.686 |
| 375 | 2016-10-18 14:47:06 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.111 | 11.686 |
| 374 | 2016-10-18 14:44:48 | 12.012 | 12.012 | 5.757 | 9.155 | 11.686 |
| 373 | 2016-10-18 14:42:26 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.17 | 11.686 |
| 372 | 2016-10-18 14:40:06 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.185 | 11.686 |
| 371 | 2016-10-18 14:37:47 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 9.185 | 11.686 |
| 370 | 2016-10-18 14:35:29 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.185 | 11.686 |
| 369 | 2016-10-18 14:33:11 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 9.199 | 11.686 |
| 368 | 2016-10-18 14:30:52 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.199 | 11.686 |

| | | | | | | |
|-----|---------------------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 367 | 2016-10-18 14:28:34 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.199 | 11.686 |
| 366 | 2016-10-18 14:26:15 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.214 | 11.686 |
| 365 | 2016-10-18 14:23:57 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.214 | 11.686 |
| 364 | 2016-10-18 14:21:38 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.214 | 11.686 |
| 363 | 2016-10-18 14:19:20 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.214 | 11.686 |
| 362 | 2016-10-18 14:17:02 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.214 | 11.686 |
| 361 | 2016-10-18 14:14:41 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.214 | 11.686 |
| 360 | 2016-10-18 14:12:21 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.229 | 11.686 |
| 359 | 2016-10-18 14:10:03 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.214 | 11.686 |
| 358 | 2016-10-18 14:07:45 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.229 | 11.686 |
| 357 | 2016-10-18 14:05:26 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.316 | 11.686 |
| 356 | 2016-10-18 14:03:08 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 9.331 | 11.686 |
| 355 | 2016-10-18 14:00:49 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.346 | 11.686 |
| 354 | 2016-10-18 13:58:31 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.346 | 11.686 |
| 353 | 2016-10-18 13:56:13 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.346 | 11.686 |
| 352 | 2016-10-18 13:53:54 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.272 | 11.686 |
| 351 | 2016-10-18 13:51:36 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 7.969 | 11.686 |
| 350 | 2016-10-18 13:49:17 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 8.115 | 11.686 |
| 349 | 2016-10-18 13:46:59 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 8.203 | 11.686 |
| 348 | 2016-10-18 13:44:41 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.287 | 11.686 |
| 347 | 2016-10-18 13:42:22 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.316 | 11.686 |
| 346 | 2016-10-18 13:40:04 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.316 | 11.686 |
| 345 | 2016-10-18 13:37:45 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 9.331 | 11.686 |
| 344 | 2016-10-18 13:35:27 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 9.331 | 11.686 |
| 343 | 2016-10-18 13:33:09 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.346 | 11.686 |
| 342 | 2016-10-18 13:30:50 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.346 | 11.686 |
| 341 | 2016-10-18 13:28:32 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.346 | 11.686 |
| 340 | 2016-10-18 13:26:13 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.36 | 11.686 |
| 339 | 2016-10-18 13:23:55 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.375 | 11.686 |
| 338 | 2016-10-18 13:21:36 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 9.375 | 11.686 |
| 337 | 2016-10-18 13:19:18 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.39 | 11.686 |
| 336 | 2016-10-18 13:17:00 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 9.39 | 11.686 |
| 335 | 2016-10-18 13:14:41 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 9.39 | 11.686 |

| | | | | | | |
|-----|---------------------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 334 | 2016-10-18 13:12:23 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.404 | 11.686 |
| 333 | 2016-10-18 13:10:04 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 9.404 | 11.686 |
| 332 | 2016-10-18 13:07:46 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.404 | 11.686 |
| 331 | 2016-10-18 13:05:28 | 12.012 | 12.012 | 5.815 | 9.419 | 11.686 |
| 330 | 2016-10-18 13:03:09 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.419 | 11.686 |
| 329 | 2016-10-18 13:00:51 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 9.419 | 11.686 |
| 328 | 2016-10-18 12:58:33 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.419 | 11.686 |
| 327 | 2016-10-18 12:56:14 | 12.026 | 12.026 | 5.845 | 9.419 | 11.686 |
| 326 | 2016-10-18 12:53:56 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.434 | 11.686 |
| 325 | 2016-10-18 12:51:37 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.434 | 11.686 |
| 324 | 2016-10-18 12:49:19 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 9.434 | 11.686 |
| 323 | 2016-10-18 12:47:01 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.434 | 11.686 |
| 322 | 2016-10-18 12:44:42 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.434 | 11.686 |
| 321 | 2016-10-18 12:42:24 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.448 | 11.686 |
| 320 | 2016-10-18 12:40:06 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.448 | 11.686 |
| 319 | 2016-10-18 12:37:47 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 9.448 | 11.686 |
| 318 | 2016-10-18 12:35:29 | 12.026 | 12.026 | 5.83 | 9.448 | 11.686 |
| 317 | 2016-10-18 12:33:11 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 9.463 | 11.686 |
| 316 | 2016-10-18 12:30:52 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 9.463 | 11.686 |
| 315 | 2016-10-18 12:28:31 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 9.463 | 11.686 |
| 314 | 2016-10-18 12:26:12 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 9.463 | 11.686 |
| 313 | 2016-10-18 12:23:54 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.463 | 11.686 |
| 312 | 2016-10-18 12:21:36 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 9.478 | 11.686 |
| 311 | 2016-10-18 12:19:18 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.478 | 11.686 |
| 310 | 2016-10-18 12:16:59 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.478 | 11.686 |
| 309 | 2016-10-18 12:14:40 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.478 | 11.686 |
| 308 | 2016-10-18 12:12:22 | 12.026 | 12.026 | 5.786 | 9.478 | 11.686 |
| 307 | 2016-10-18 12:10:04 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.478 | 11.686 |
| 306 | 2016-10-18 12:07:46 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.492 | 11.686 |
| 305 | 2016-10-18 12:05:27 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.492 | 11.686 |
| 304 | 2016-10-18 12:03:08 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 9.492 | 11.686 |
| 303 | 2016-10-18 12:00:50 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 9.492 | 11.686 |
| 302 | 2016-10-18 11:58:31 | 12.012 | 12.012 | 5.801 | 9.492 | 11.686 |

| | | | | | | |
|-----|---------------------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 301 | 2016-10-18 11:56:13 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.492 | 11.686 |
| 300 | 2016-10-18 11:53:55 | 12.026 | 12.026 | 5.801 | 9.507 | 11.686 |
| 299 | 2016-10-18 11:51:37 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.507 | 11.686 |
| 298 | 2016-10-18 11:49:18 | 12.026 | 12.026 | 5.771 | 9.507 | 11.686 |
| 297 | 2016-10-18 11:47:00 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 9.492 | 11.686 |
| 296 | 2016-10-18 11:44:42 | 12.012 | 12.012 | 5.786 | 9.478 | 11.686 |
| 295 | 2016-10-18 11:42:23 | 12.012 | 12.012 | 5.757 | 8.701 | 11.686 |
| 294 | 2016-10-18 11:40:05 | 12.012 | 12.012 | 5.771 | 8.716 | 11.686 |