



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL REINICIO REMOTO DE EQUIPOS DE RADIO ENLACE DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET (ISP)”

TRABAJO DE TITULACION ESPECIAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES.

Autor:

Navier Ignacio Gualán Japón

Director:

Ing. Santiago Abraham Medina León, Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2020



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Facultad
de la Energía, las Industrias y los
Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificado Nro. 001-SM-CIEYT-FEIRNNR-UNL

Ing. Santiago Abraham Medina León Mg.Sc.
DIRECTOR DE TESIS.

CERTIFICA:

Que el estudiante: **Xavier Ignacio Gualán Japón C.I: 1104951866**, aprobó su Trabajo de Titulación en el **Onceavo** Ciclo correspondiente al período académico: **07 de octubre de 2019** al **06 de marzo del 2020**; respecto del desarrollo de su tesis de grado titulada **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL REINICIO REMOTO DE EQUIPOS DE RADIOENLACE DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET (ISP)"**, opción de titulación escogida dentro del periodo académico de culminación de sus estudios, siendo las **17H00** del **04 de febrero del 2020**, se certifica que se ha cumplido con el cien por ciento (100%) del trabajo de titulación y está en condiciones de continuar con los procesos administrativos que correspondan.

Loja, 04 de febrero del 2020

Ing. Santiago Abraham Medina León. Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **XAVIER IGNACIO GUALÁN JAPÓN**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula: 1104951866

Fecha: 18 de mayo de 2020

CARTA DE AUTORIZACIÓN

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **XAVIER IGNACIO GUALÁN JAPÓN** declaro ser autor de la tesis titulada: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL REINICIO REMOTO DE EQUIPOS DE RADIO ENLACE DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET (ISP)”**, como requisito para obtener el grado de **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en RDI, en redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los dieciocho días del mes de mayo del dos mil veinte.

Firma:



Autor: Xavier Ignacio Gualán Japón.

Cédula: 1104951866

Dirección: Saraguro (Calle 10 de marzo y Av. Loja)

Correo electrónico: xavier.gualan@unl.edu.ec

Celular: 0984240100

Director de Tesis: Ing. Santiago Abraham Medina León, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Andy Fabricio Vega León, Mg. Sc.

Ing. Manuel Augusto Pesántez, Mg. Sc.

Ing. Pedro Andrés Delgado Guerrero, Mg. Sc.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a toda mi familia, principalmente a mis hermanos Martin, Luis, Pablo y Jorge, a mis Padres Salvador y Rosario, mis mayores referentes en esta vida, sin su ejemplo de constancia, responsabilidad, dedicación y trabajo duro, no me habría sido posible lograr esta meta.

También se lo dedico a Sisa por estar a mi lado en los momentos más difíciles brindándome su apoyo incondicional alentándome a seguir adelante y luchar por mis sueños. A mi hijo Xavi por ser el motor de mi vida para seguir adelante.

Xavier Ignacio Gualán Japón

AGRADECIMIENTO

. Agradezco profundamente a mis padres y hermanos por el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

Agradezco a todos y cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja, por brindarme una excelente formación académica.

Doy gracias a la vida y a Dios, por todas las personas que he podido conocer en mi paso por esta bella carrera, y por todos los buenos momentos que hemos compartido.

Un agradecimiento especial al Ing. Santiago Medina León y al Ing. Andy Vega, por su compromiso con el presente proyecto de tesis, y por supuesto, por su excelente trabajo como guías hasta su finalización.

Xavier Ignacio Gualán Japón

CONTENIDO

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN.....	2
2.1 SUMMARY.	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1 Proveedor de Servicios de Internet.....	7
4.1.1. Arquitectura básica de un ISP.	7
4.1.2. Proveedores de servicios de internet inalámbrico WISP.....	9
4.1.2.1 Estructura de una red WISP.....	10
4.1.2.2 Tecnologías inalámbricas que se utilizan en un WISP.....	11
4.1.2.3 Equipos Electrónicos que se utilizan en un WISP.....	12
4.1.2.4 Beneficios de la implementación de Redes WISP.....	14
4.1.2.5 Comparación de tecnologías Inalámbricas	15
4.1.3. ISP SARAGUROSNET.	16
4.1.3.1 Ubicación del Access Point de Urdaneta.....	17
4.2 Sistemas de Telemetría y Control.....	20

4.2.1.	Canal de Comunicación.....	21
4.2.1.1	Comunicaciones móviles 3G.....	21
4.2.1.2	Beneficios de la red 3G para el sistema de telemetría y control.....	22
4.2.1.3	Inconvenientes de la red 3G para el sistema de telemetría y control.	22
4.2.1.4	Modulo 3G USB.....	22
4.2.2.	Sensores y Actuadores.....	23
4.2.2.1	Relé electromecánico.....	24
4.2.2.2	Módulo de 4 Relés.....	24
4.2.2.3	Sensores de posición y de proximidad	24
4.2.2.4	Sensor de corriente alterna YHDC SCT-013-000	26
4.2.2.5	Sensor de Corriente Continua ACS712.....	27
4.2.2.6	Sensor de voltaje alterno 77DA-10-09	28
4.2.2.7	Sensor de Voltaje Continuo FZ0430	29
4.3	Tarjetas Electrónicas y Lenguajes de Programación.....	30
4.3.1.	Placa Arduino UNO SMD.....	30
4.3.2.	Raspberry Pi	30
4.3.2.1	Raspberry PI 3 modelo B	30
4.3.3.	Tarjetas Serie RPICT.....	31
4.3.3.1	Tarjeta modelo RPICT4V3 v2.0.....	32
4.3.3.2	Sensores compatibles para la tarjeta RPICT4V3 v2.0.....	32
4.4	Sistemas operativos para la tarjeta Raspberry.	33
4.4.1.	Sistema Operativo Raspbian.....	33
4.4.2.	Lenguaje de programación Python	33
4.4.2.1	PyQt.....	34
4.4.3.	Desarrollo de interfaces gráficas de usuario.....	34
4.4.3.1	Qt Designer.....	35

4.4.4.	Acceso remoto a través de Computación Virtual en Red.....	36
4.4.4.1	Servidor VNC.....	36
4.4.4.2	Visor VNC.....	37
4.4.4.3	Problemas de seguridad de VNC.....	37
4.4.4.4	Protocolo remoto de framebuffer (RFB).....	38
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
5.1	Materiales.....	40
5.1.1.	Herramientas de Hardware.....	40
5.1.1.1	Sensor de Corriente Continua ACS712.....	40
5.1.1.2	Sensor de Voltaje Continuo FZ0430.....	40
5.1.1.3	Sensor de Corriente Alterna SCT-013-000.....	40
5.1.1.4	Sensor de Voltaje Alterno 77DA-10-09.....	40
5.1.1.5	Tarjeta Controladora Arduino UNO.....	41
5.1.1.6	Módulo de Expansión RPICT4V3.....	41
5.1.1.7	Raspberry Pi 3 Modelo B.....	41
5.1.1.8	Módulo de 4 Relés.....	41
5.1.1.9	Módulo 3G USB Movistar.....	42
5.1.2.	Herramientas de Software.....	42
5.1.2.1	IDE Python.....	42
5.1.2.2	Qt Designer.....	42
5.1.2.3	IDE Arduino.....	43
5.1.2.4	Network Connections.....	43
5.1.2.5	Raspbian Stretch 9.9.....	43
5.1.2.6	VNC Server y VNC Viewer.....	43
5.2	Métodos.....	43
5.2.1.	Método Incremental.....	43

5.2.2.	Método Deductivo.....	44
5.2.3.	Método Inductivo.....	44
5.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS Y CONTROL DE REINICIO ELÉCTRICO.....	44
5.3.1.	Programación y Configuración de Dispositivos Electrónicos.....	44
5.3.1.1	Tarjeta Arduino UNO: Sensor Voltaje DC y Sensor Corriente DC ...	44
5.3.1.2	Módulo Expansor RPICT4V3 v3.0.....	46
5.3.1.3	Programación de la tarjeta RPICT4V3 v3.0.....	54
5.3.1.4	Modem USB 3.5G.....	56
5.3.2.	Instalación y configuración del VNC Server.....	57
5.3.3.	Sistema de Visualización de los Datos.....	58
5.3.3.1	Diseño y Desarrollo de la Interfaz Gráfica de Usuario: Front-end....	58
5.3.3.2	Desarrollo de la Interfaz Gráfica de Usuario: Back-end.....	61
5.3.4.	Esquema general de conexión física del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radioenlace	65
5.3.5.	Estructura física del CASE para los dispositivos electrónicos del sistema de monitoreo.....	66
6.	RESULTADOS.....	68
6.1	Adquisición de Datos	68
6.1.1.	Adquisición de los datos de voltaje y corriente continua mediante sensores FZ0430 y ACS712.....	68
6.1.2.	Adquisición de los datos de voltaje y corriente alterna mediante sensores 77DA-10-09 y YHDC SCT-013-000.....	69
6.2	Configuración del Modem 3G para el acceso a la red celular 3G.....	70
6.3	Configuración del software VNC Connect.....	72
6.3.1.	VNC Server	72
6.3.2.	VNC Viewer.....	73

6.4	Gestión y presentación de la información en la interfaz gráfica de usuario...	74
6.5	Implementación del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radio enlace.	77
6.6	Diagrama de operación de Sistema de Monitoreo de variables eléctricas.	79
6.7	Validación del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos y control de reinicio eléctrico para equipos de radioenlace.....	81
6.8	Sistema de monitoreo de parámetros eléctricos como herramienta de apoyo en la Disponibilidad de Servicio	81
6.8.1.	Disponibilidad de servicio.	81
6.8.1.1	Procedimiento para la resolución de problemas de la estación Bain..	82
6.8.1.2	Efecto en la disponibilidad de servicio.....	83
6.8.1.3	Datos Estadísticos.....	84
6.8.1.4	Resolución de problemas utilizando el Sistema de monitoreo de parámetros eléctricos.	86
6.8.2.	Beneficios del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos implementado.	86
6.8.2.1	Beneficio para la empresa Saragurosnet:.....	86
6.8.2.2	Beneficio para los clientes:.....	87
7.	DISCUSIÓN.....	88
8.	CONCLUSIONES.....	96
9.	RECOMENDACIONES.	97
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	99
11.	ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura básica de un ISP.....	7
Figura 2. Infraestructura básica de un WISP.....	9
Figura 3. Estructura de Proveedor de servicio de internet inalámbrico WISP.....	11
Figura 4. Evolución de la tecnología Wifi.....	11
Figura 5 Antena direccional parabólica.....	12
Figura 6. Antena sectorial.....	13
Figura 7. Estructura de Access Point o Punto de Acceso.....	13
Figura 8. Diagrama web comparativo entre las distintas tecnologías inalámbricas.....	16
Figura 9. Ubicación geográfica de la estación Bain.....	18
Figura 10. Componentes de un Sistema de Telemetría y Control a través de 3G.....	20
Figura 11. Tecnologías que cumplen con los requisitos del IMT-2000.....	21
Figura 12. Módulo 3G USB	23
Figura 13. Módulo de 4 Relés	24
Figura 14. Detector Inductivo.....	25
Figura 15. Sensor Capacitivo.....	26
Figura 16. Sensor de corriente YHDC SCT-013-000	27
Figura 17. Sensor de corriente continua ACS712	28
Figura 18. Sensor de voltaje alterno 77DA-10-09.....	29
Figura 19. Sensor de voltaje continuo FZ0430	29
Figura 20. Placa Arduino Uno SMD	30
Figura 21. Tarjeta Raspberry Pi 3 Modelo B	31
Figura 22. Tarjeta RPICT4V3 v2.0	32
Figura 23. Interfaz gráfica de la herramienta Qt Designer.....	35
Figura 24. Protocolo VNC.....	39
Figura 25. Diseño del sistema de monitoreo.....	44
Figura 26. Tipo de conexión de red.....	57
Figura 27. Enable VNC Server.....	57
Figura 28. Ventana principal del software de monitoreo y control para la red de telemetría.....	59
Figura 29. Diseño de la interfaz gráfica de usuario en la herramienta Qt Designer.....	60
Figura 30. Diagrama de flujo de la clase Ventana: Parte 1.....	63

Figura 31. Diagrama de flujo de la clase Ventana: Parte 2.	64
Figura 32. Esquema general de conexión física de un sistema de monitoreo de parámetros eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radio enlace	65
Figura 33. CASE tapas superior e inferior	66
Figura 34. CASE tapas posterior, anterior, derecha e izquierda.	67
Figura 35. Datos del Voltaje (V) y Corriente (A) continúa medidos por los sensores FZ0430 y ACS712.....	69
Figura 36. Datos de los Voltajes (V) y Corrientes (mA) alternas medidos por los sensores 77DA-10-09 y YHDC SCT-013-000.	69
Figura 37. Gestión de la conexión a la red celular 3G mediante el software Network Connections.	70
Figura 38. Configuración de los parámetros para acceder a la red celular 3G.....	71
Figura 39. Conexión exitosa a la red celular 3G.	72
Figura 40. Ventana principal del software VNC Server.....	72
Figura 41. Inicio de sesión del software VNC Server para el acceso a través de la Internet.	73
Figura 42. Inicio de sesión del software VNC Viewer para el acceso a través de la Internet.....	74
Figura 43. Ventana principal del software VNC Viewer.	74
Figura 44. Datos del voltaje y corriente continua presentados por la Raspberry Pi 3... 75	
Figura 45. Ventana principal del software de monitoreo de parámetros eléctricos y control de reinicio eléctrico.	76
Figura 46. Ventana secundaria que confirma el reinicio eléctrico de los equipos de radioenlace.....	76
Figura 47. Armado de sensores de corriente alterna y continua.....	77
Figura 48. Armado del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos.....	78
Figura 49. Instalación Culminada.....	78
Figura 50. Interfaz gráfica de usuario y acceso remoto al sistema de monitoreo.	79
Figura 51. Esquema de operación de sistema de monitoreo de variables eléctricas.	80
Figura 52. Ventana principal del sistema de monitoreo.	141
Figura 53. Configuración del correo de alerta.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Calidad de servicio de aplicaciones soportadas por ISP.	8
Tabla 2: Comparación entre tecnologías inalámbricas.....	15
Tabla 3. Componentes Principales en la Estación Bain.	18
Tabla 4. Rango de medida de sensores de modelo STC.....	26
Tabla 5. Tarjetas Serie RPICT.....	31
Tabla 6. Parámetros o Variables del módulo de expansión RPICT4V3.	49
Tabla 7. Pines de Corriente-Pines de Voltaje	51
Tabla 8. Pines Maestros-Eslavos	51
Tabla 9. Variables Medidas por RPICT4V3.....	52
Tabla 10. Atributos y métodos de la Clase Ventana.....	61
Tabla 11. Tiempo indisponible obtenido a partir de la disponibilidad mínima mensual.	84
Tabla 12. Tiempo de resolución del problema de inhibición de los equipos de radio enlace sin el sistema de monitoreo.	84
Tabla 13. Tiempo de resolución del problema de inhibición de los equipos de radio enlace con el sistema de monitoreo.	86

1. TÍTULO.

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE
PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL REINICIO REMOTO DE
EQUIPOS DE RADIO ENLACE DE UN PROVEEDOR DE
SERVICIO DE INTERNET (ISP)”**

2. RESUMEN.

Los sistemas de monitoreo remoto se utilizan frecuentemente para conocer el estado de funcionamiento de los equipos y la toma de decisión de control, sobre una estructura, proceso o sistema en particular, se basa en el comportamiento de los parámetros vigilados. El monitoreo remoto se aplica sobre dispositivos ubicados en lugares alejados o de difícil acceso para lograr mayor eficiencia en procesos preventivos o correctivos.

El presente proyecto de tesis tiene como propósito general la Implementación de un Sistema de Monitoreo de Parámetros Eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radio enlace de la estación Bahín, de propiedad de la empresa Saragurosnet. El monitoreo de los parámetros eléctricos que alimentan a los equipos del radio enlace permite obtener información adecuada para proporcionar el óptimo funcionamiento.

La investigación se centra en el monitoreo constante de variables eléctricas de voltaje y corriente, que se originan en la red pública de energía, así como las condiciones de funcionamiento de la batería de respaldo, cuando el sistema se desconecta de la red eléctrica. La captura de las señales eléctricas de la red pública se realiza por medio de los sensores SCT-013-000 para corriente alterna y 77DA-10-09 para voltaje alterno; las variables de corriente y voltaje continuo a través del sensor ACS712 y el sensor FZ0430 respectivamente.

El desarrollo del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos contempló el uso de una tarjeta Raspberry Pi en donde se ejecutó todo el proceso lógico. Los datos recogidos por los sensores son almacenados temporalmente en la memoria de la tarjeta Raspberry para procesarlos y presentarlos cuando lo requiera el usuario. Así mismo se muestra un interfaz de presentación de información y el panel de interacción con el usuario mediante acceso remoto a través de la herramienta VNC Viewer.

El canal de comunicación entre un dispositivo remoto y el sistema de monitoreo de parámetros eléctricos se realiza a través de internet, mediante un módulo USB 3G suscrito a la red de telefonía móvil y conectado a la tarjeta Raspberry. El sistema de parámetros eléctricos se encuentra en completo funcionamiento y la información que brinda es útil para la toma de decisiones por parte del personal técnico de la empresa Saragurosnet.

2.1 SUMMARY.

Remote monitoring systems are often used to know the operating status of equipment and control decision making, on a particular structure, is based on the behavior of the monitored parameters. Remote monitoring is applied to devices located in remote or difficult-to-access places to achieve greater efficiency in preventive or corrective processes.

The general purpose of this thesis project is the implementation of an Electrical Parameter Monitoring System for the remote reboot of radio link equipment of the Bain station, owned by Saragurosnet. The monitoring of the electrical parameters that feed the radio link equipment allows for obtaining adequate information to provide optimum operation.

The research focuses on the constant monitoring of electrical variables of voltage and current, which originate in the public power grid, as well as the operating conditions of the backup battery, when the system is disconnected from the power grid. The capture of electrical signals from the public grid is done by means of sensors SCT-013-000 for alternating current and 77DA-10-09 for alternating voltage; the current and direct voltage variables through sensor ACS712 and sensor FZ0430 respectively.

The development of the electrical parameter monitoring system contemplated the use of a Raspberry Pi card where the entire logical process was executed. The data collected by the sensors is temporarily stored in the memory of the Raspberry card for processing and presentation when required by the user. An interface for presentation of information and the panel for interaction with the user by remote access through the VNC viewer tool is also displayed.

The communication channel between a remote device and the electrical parameter monitoring system is via the internet, using a 3G USB module subscribed to the mobile phone network and connected to the Raspberry card. The electrical parameter system is fully operational and the information it provides is useful for decision making by the technical staff of the Saragurosnet company.

3. INTRODUCCIÓN.

La empresa SARAGUROSNET es un proveedor de servicios de internet de banda ancha que brinda a sus suscriptores, mediante medios guiados y no guiados conexión a internet. Tiene en su infraestructura varios Puntos de Acceso inalámbricos ubicados en cerros aledaños a los poblados y alejados de la oficina central de la empresa para ampliar la cobertura hasta sitios remotos. (Saragurosnet, 2019)

La estación del cerro Bain, de propiedad de Saragurosnet, está compuesta por equipos electrónicos activos y pasivos que posibilitan un canal hacia la red de datos proporcionada por Saragurosnet y la conexión con internet. Los dispositivos electrónicos que componen la estación de Bain, están alimentados constantemente por la red de energía pública y tienen batería de respaldo de energía. La batería de respaldo cumple una función importante para el funcionamiento de la red de datos de ese sector. Si por algún motivo la energía de la red pública se pierde, la batería permitirá que siga funcionando normalmente el enlace de datos, mientras exista energía almacenada. De la misma forma, el tiempo de respaldo de energía de la batería, brinda al personal técnico de la empresa un tiempo indeterminado para dar respuesta a un inconveniente detectado.

El funcionamiento del Punto de Acceso de Bain, es monitoreado por el personal técnico de la empresa de forma manual y cuando se encuentra algún inconveniente, es el propio personal el encargado de desplazarse hasta el sitio para solucionarlo. Algunos de los problemas de conexión a internet pueden presentarse cuando los equipos activos de radio enlace se saturan debido a la cantidad de usuarios conectados a ese Punto de Acceso. Si la respuesta para dar solución al inconveniente no es inmediata puede generar problemas en la red de datos y causar molestias a los usuarios.

De acuerdo a (Saragurosnet, 2019), actualmente el Punto de Acceso de Bain, brinda el servicio de conexión a internet a aproximadamente 100 usuarios. El desarrollo del sistema de monitoreo y control permitirá mejorar los tiempos de reacción para corregir los inconvenientes detectados en la estación de Bain y que se puedan solucionar mediante el reinicio de equipos, para garantizar a los suscriptores disponibilidad de la red y el acceso a internet en cualquier momento.

Según (González, 2019) y (Espinosa, 2015), un sistema de telemetría y control se compone de tres partes principales: sensores y actuadores (en la fuente remota para la captura de los datos medidos, registro y control); un medio de transmisión inalámbrico (como la red 3G), guiado o por cable (como la fibra óptica); y un sistema central que procese la información recibida para tomar acciones correspondientes a distancia.

Las diferentes opciones tecnológicas ofertadas en el mercado actual, poseen una amplia gama de dispositivos para realizar monitoreo de parámetros eléctricos. Entre todas estas posibilidades se encuentran la tecnología de hardware y software libre Arduino (Academy, 2018), software Python (Python Software Foundation, 2019) y Raspberry Pi (Raspberry Pi, 2019). Estas tecnologías incluyen dispositivos versátiles para la adquisición, control y procesamiento de señales eléctricas.

El diseño de monitoreo de parámetros eléctricos contempla tres etapas generales, similares a los requerimientos mínimos referidos por (González, 2019) y (Espinosa, 2015). La captura de los datos en la línea de alimentación pública se realiza mediante los sensores de voltaje y corriente alterna SCT-013-000 y 77DA-10-09 respectivamente, las señales de voltaje y corriente en la batería se utilizó los sensores FZ0430 y ACS712; el canal de comunicación contempló el uso de un módulo USB 3G con suscripción a una operadora de telefonía móvil; y el sistema central de parámetros eléctricos está configurado y se ejecuta constantemente en una tarjeta Raspberry Pi.

La interacción del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos con el personal técnico y/o administrador de la red es posible mediante una interfaz gráfica de usuario diseñada para proporcionar información. El usuario del sistema de monitoreo puede ejercer una acción de control para el reinicio eléctrico de los equipos del radio enlace cuando se encuentre conectado remotamente al sistema central (tarjeta Raspberry).

El desarrollo del sistema de monitoreo contempló la sustentación teórica que fundamenta los requerimientos mínimos para lograr el cumplimiento de los objetivos planteados que se presenta en este trabajo escrito. Las técnicas metodológicas empleadas permitieron el progreso de las etapas previas desde la más simple hasta llegar a completar todo el sistema en general.

El presente trabajo de tesis fue orientado mediante el siguiente Objetivo General: “IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS QUE PERMITA EL REINICIO REMOTO DE EQUIPOS DE RADIO ENLACE DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO ISP”. El lugar donde se implementó el sistema es la estación Bain, propiedad de la empresa Saragurosnet.

Los objetivos específicos que permitieron el desarrollo del proyecto, fueron:

- 1) Establecer un fundamento teórico desde el punto de vista de ingeniería que permita solventar la problemática del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos en una estación repetidora de un ISP.
- 2) Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y una interfaz gráfica, para el monitoreo de los parámetros eléctricos y el reinicio remoto de los equipos de radio enlace a través de la red 3G.
- 3) Validación del funcionamiento del sistema de monitoreo y control.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Proveedor de Servicios de Internet.

Los proveedores de servicios de internet o ISP son empresas que proporcionan el acceso a Internet a través de una infraestructura tecnológica de telecomunicaciones (Villa Avila, 2013). Se clasifican en niveles jerárquicos, siendo el ISP Nivel 1 proveedor internacional o backbone, el ISP Nivel 2 proveedores de acceso a Internet a nivel nacional y para grandes organizaciones, ISP Nivel 3 que permite acceso a internet a usuarios finales, pequeñas y medianas empresas. (Betancourt Guamán, 2016)

Los servicios de acceso a Internet que ofrece una empresa de ISP tienen una complejidad determinada de acuerdo al nivel jerárquico del ISP. Una empresa ISP Nivel 3 deberá por lo menos garantizar al usuario: servicio web (servicio www canalizado a través de URL), de correo electrónico (protocolo SMTP), multimedia (alojamiento web), transferencia de archivos (protocolo FTP), chat entre usuarios (servicio IRC), además de protocolos DNS, DHCP y SNMP para la administración y funcionamiento de la red. (Betancourt Guamán, 2016) (Mendoza, 2018)

4.1.1. Arquitectura básica de un ISP.

La arquitectura básica de un ISP está relacionada directamente con los servicios que soporta la infraestructura de telecomunicaciones. De manera general, se muestra en la **Figura 1** los componentes de un ISP tomando como referencia servicios de correo electrónico, hosting, seguridad de datos y VPNs. (Villa Avila, 2013) (Mendoza, 2018)

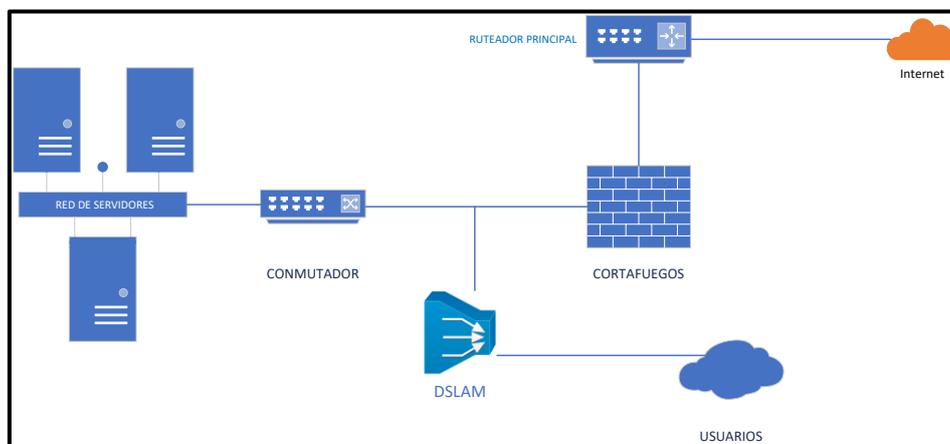


Figura 1. Arquitectura básica de un ISP.
Fuente: (Villa Avila, 2013).

Según (Betancourt Guamán, 2016) y (Villa Avila, 2013) existen diversos requerimientos para el correcto funcionamiento de un ISP, de los cuales se pueden nombrar: disponibilidad de la red, eficiencia en la transmisión de la información así como la calidad de servicio (QoS). La correcta planificación de la red de datos permite seleccionar la tecnología que cumpla dichos requerimientos.

La disponibilidad es el nivel de servicio que debe ser idéntico para todos los usuarios, en todo lugar y en cualquier momento (ITU, 2019). Según la normativa del Registro Oficial No.426 (ARCOTEL, 2019) el porcentaje de disponibilidad se mide en un período mensual y considera el tiempo total que el servicio contratado esté activo; este indicador debe ser por lo menos en promedio 98% de toda la red.

De acuerdo con (Tarco Iza, 2016) un proveedor de ISP requiere de tecnologías de última generación como IP, MPLS, NG, SDH y DWDM para ofrecer al usuario alta capacidad en la red de datos, calidad y eficiencia dentro de la empresa y estas tecnologías deberá ser configuradas en demanda de las necesidades del cliente.

Así mismo (Uquillas Lasso, 2010) define la eficiencia de la red como el desempeño evaluado desde dos puntos de vista diferentes: el proveedor y el cliente. La red eficiente garantiza el desempeño óptimo tanto para la transmisión de datos como para las aplicaciones que requieren ancho de banda.

La calidad de servicio de la red de un ISP (QoS) requiere de análisis muy amplio que excedería el propósito de esta investigación. Según (Villa Avila, 2013) y (Betancourt Guamán, 2016), para algunos de los servicios básicos que ofrece un ISP Nivel 3 y de acuerdo a la **Tabla 1** se referencia de manera muy general, los requisitos de calidad del servicio como:

Tabla 1. Calidad de servicio de aplicaciones soportadas por ISP.

Servicio	Confiabilidad	Retardo	Fluctuación	Ancho de Banda
Acceso Web (www)	Alta	Medio	Bajo	Medio
Correo Electrónico (SMTP)	Alta	Bajo	Bajo	Bajo
Transferencia de Archivos (FTP)	Alta	Bajo	Bajo	Medio
Acceso Remoto (Telnet)	Alta	Medio	Medio	Bajo
Voz sobre IP (VoIP)	Baja	Bajo	Alta	Medio
Video bajo demanda (RMTP)	Baja	Bajo	Alta	Alto
Video Conferencia (streaming)	Baja	Alto	Alta	Alto

Fuente: (Uquillas Lasso, 2010)

Los usuarios que acceden a internet a través de un terminal (computador, teléfono celular, etc.) se conectan al proveedor de ISP mediante alguna de las tecnologías de acceso alámbricas como: cable modem, cable de cobre, fibra óptica, etc. e inalámbricas como: satelital, radioenlaces.

4.1.2. Proveedores de servicios de internet inalámbrico WISP.

Los proveedores de servicios de Internet que basan su funcionamiento en redes inalámbricas se denominan WISP. Las empresas WISP están conformadas por dos tipos de redes: red de acceso para los clientes y la red interna de gestión y administración de recursos. En la imagen de la **Figura 2** se muestra la infraestructura de un WISP. (Balarezo Valarezo, 2016) (Idrovo, 2016)

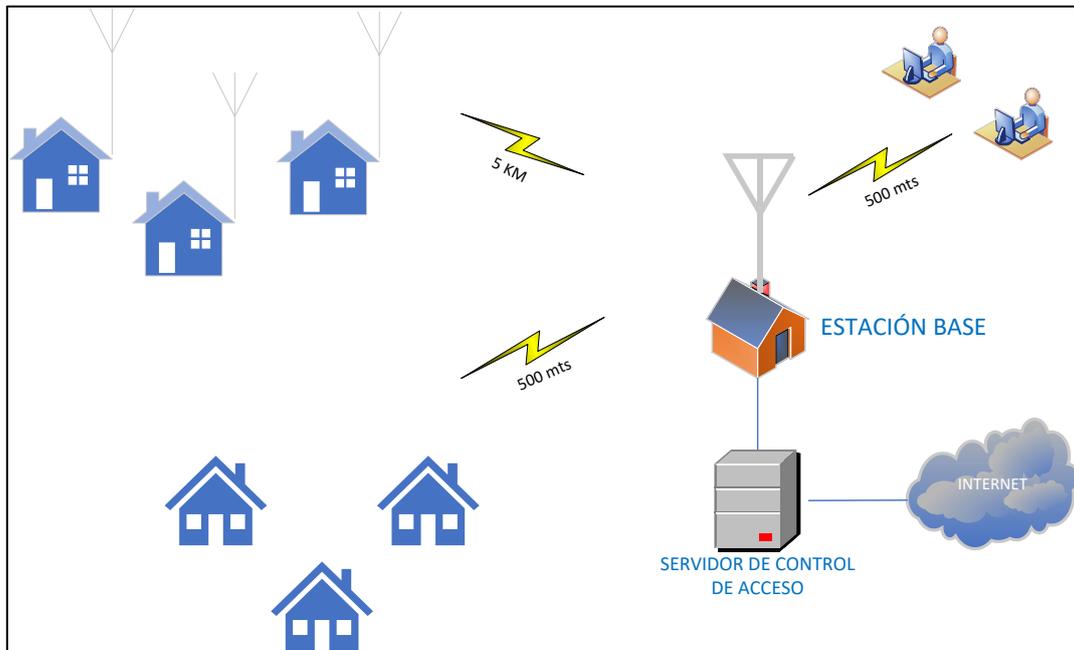


Figura 2. Infraestructura básica de un WISP.
Fuente: (Idrovo, 2016).

Los proveedores WISP ofrecen una alternativa de acceso a internet respecto de los proveedores ISP que utilizan infraestructura tecnológica de acceso mediante cable (cobre, fibra óptica, entre otras). Una empresa WISP utiliza como medio acceso a internet, tecnologías inalámbricas como WiFi, WiMax o radio enlaces lo cual representa un menor costo en el despliegue de infraestructura y también se alcanza mayor cobertura en un área geográfica determinada llegando incluso a áreas remotas. Los proveedores WISP también utilizan en su infraestructura tecnologías de acceso alámbrico (fibra óptica) para mejorar

el ancho de banda, con enlaces dedicados hasta los usuarios que se encuentran concentrados en un lugar poblado. (Betancourt Guamán, 2016) (Villa Avila, 2013)

El Proveedor de servicios de Internet inalámbrico (WISP) mostrado en la imagen de la **Figura 2** se conoce como sistema de red de área metropolitana (MAN), diseñado para dar acceso a Internet con conexiones inalámbricas de alta velocidad. La red MAN tiene áreas de cobertura de 8 a 10 kilómetros y existe comunicación constante entre dispositivos del equipo terminal de usuario y los nodos de acceso que forman la red. (Tarco Iza, 2016) (Balarezo Valarezo, 2016)

4.1.2.1 Estructura de una red WISP.

De acuerdo con (Alberto, 2017) y (Betancourt Guamán, 2016), la estructura de una red WISP está determinada por cuatro redes o módulos principales: Red de Backbone, Red de servidores, Red de distribución y Red de acceso.

- **Red Backbone:** es la red troncal del WISP que permite el acceso internacional mediante enlace directo (cable de fibra óptica, cobre o radio enlace) con el proveedor de Nivel jerárquico superior correspondiente (ISP Nivel 1 ó ISP Nivel 2). La interconexión se implementa con las normas estandarizadas por la IEEE para este tipo de conexiones.
- **Red de servidores:** es la agrupación de servidores que posibilitan al WISP dar el servicio requerido por los usuarios al acceder a internet. La red inicia con el Router de borde del WISP y se extiende hasta la etapa de administración de la red.
- **Red de distribución:** la función de la red de distribución es enrutar todo el tráfico que se genera en la red WISP (administración y usuarios). En esta capa se configura el funcionamiento lógico de la red como: ancho de banda, calidad de servicio (QoS), prioridad de paquetes, dominios de colisión, entre otros.
- **Red de acceso:** es la red que permite el acceso a los usuarios mediante un enlace inalámbrico. Aquí se conectan los suscriptores registrados en la red (servidor RADIUS comúnmente) mediante equipos CPE (equipo local del cliente).

En la imagen de la Figura 3 se muestra la estructura de una red WISP para mejor entendimiento.

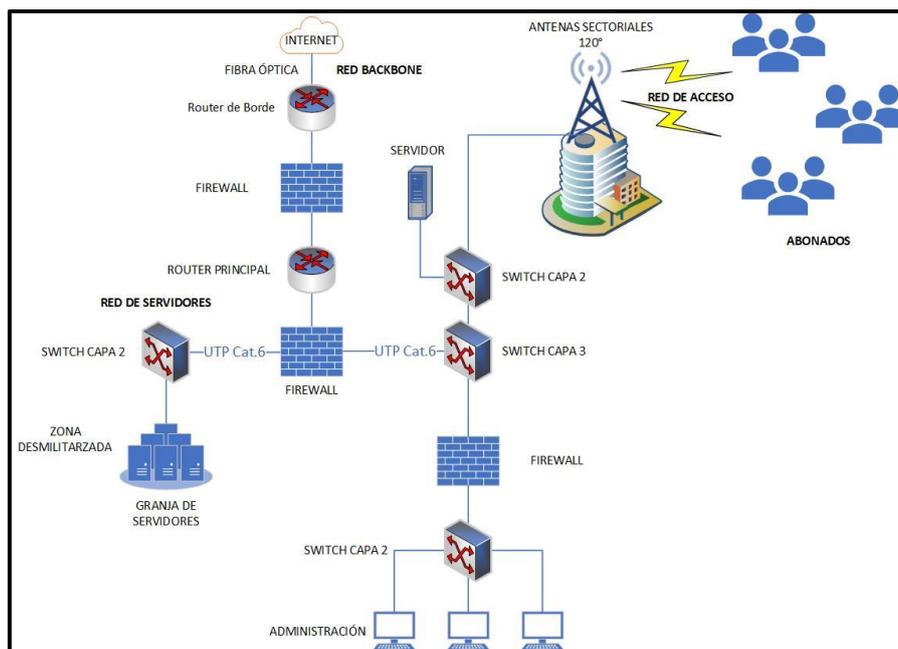


Figura 3. Estructura de Proveedor de servicio de internet inalámbrico WISP.
Fuente: (Alberto, 2017)

4.1.2.2 Tecnologías inalámbricas que se utilizan en un WISP.

Las tecnologías inalámbricas estandarizadas por la IEEE 802.1x son normas sobre las cuáles se desarrollan dispositivos que se utilizan en la red WISP. Las tecnologías IEEE 802.1x especifica detalles técnicos como frecuencia de operación, rango de cobertura, ancho de banda, codificación y decodificación de datos, cifrado de información, entre otros. (Alberto, 2017) (Idrovo, 2016)

Los estándares IEEE 802.1x que evolucionaron desde su origen son los que se muestran en la imagen de la Figura 4.

Estándar	Velocidad (teórica)	Velocidad (práctica)	Frecuencia	Ancho de banda	Alcance (m)	Año
802.11	2 Mbit/s	1 Mbit/s	2,4 GHz	22 MHz	330	1997
802.11a	54 Mbit/s	22 Mbit/s	5,4 GHz	20 MHz	390	1999
802.11b	11 Mbit/s	6 Mbit/s	2,4 GHz	22 MHz	460	1999
802.11g	54 Mbit/s	22 Mbit/s	2,4 GHz	20 MHz	460	2003
802.11n	600 Mbit/s	100 Mbit/s	2,4 GHz y 5,4 GHz	20/40 MHz	820	2009
802.11ac	6.93 Gbps	100 Mbit/s	5,4 GHz	80 o hasta 160 MHz		2013
802.11ad	7.13 Gbit/s	Hasta 6 Gbit/s	60 GHz	2 MHz	300	2012
802.11ah			0.9 GHz		1000	2016

Figura 4. Evolución de la tecnología Wifi.
Fuente: (Betancourt Guamán, 2016)

4.1.2.3 Equipos Electrónicos que se utilizan en un WISP.

El servicio de acceso a internet inalámbrico requiere de un determinado número de equipos electrónicos para poder establecer la conexión entre el usuario y la empresa WISP. Los principales dispositivos electrónicos que se utilizan son: antenas, punto de acceso (torre con antena), servidor, switch, router y CPE. (Tarco Iza, 2016).

Antenas.

Una antena es un dispositivo diseñado para la emisión o recepción de señales mediante la radiación de ondas electromagnéticas (Betancourt Guamán, 2016).

Existen diversos tipos de antenas que se emplean para la transmisión - recepción de señales y la selección de una determinada antena dependerá de los requerimientos (distancia, potencia, etc.) del radio enlace. Se pueden clasificar como: antenas direccionales, omnidireccionales y sectoriales. (Alberto, 2017)

Las antenas direccionales, son fabricadas con características técnicas de manera que la señal radiada se orienta en una dirección determinada, con el objeto de conseguir un largo alcance (hasta 5 Km). En este grupo de antenas se encuentran clasificadas las antenas parabólicas de disco o rejilla, antenas Yagis y antenas de dirección planar. En la imagen de la Figura 5 se muestra la antena parabólica más utilizada en una red WISP. (Balarezo Valarezo, 2016) (Alberto, 2017)



Figura 5 Antena direccional parabólica.
Fuente: (Alberto, 2017)

Las antenas omnidireccionales están compuestas por dos elementos conductores colineales que tienen igual longitud e irradian potencia electromagnética en todas direcciones. No son muy utilizadas para los radios enlaces por la interferencia que producen. (Tarco Iza, 2016)

Las antenas sectoriales son diseñadas de manera que producen un patrón de radiación sectorial, generalmente entre 60, 90 y 120 grados. Se utilizan antenas sectoriales para establecer conexiones punto (antena del proveedor) a multipunto (usuarios). Las antenas sectoriales se instalan en la parte del transmisor (antena del proveedor WISP). En la imagen de la **Figura 6** se muestra este tipo de antena.



Figura 6. Antena sectorial.
Fuente: (Alberto, 2017)

Access Point.

El Access Point es un punto intermedio de comunicación que actúa como un puente entre el usuario y el WISP. Está diseñado de manera que permita la convergencia de varias tecnologías (alámbricas o inalámbricas) y la comunicación entre suscriptores de la red. En la imagen de la Figura 7 se observa el modelo de un Access Point. (Betancourt Guamán, 2016)

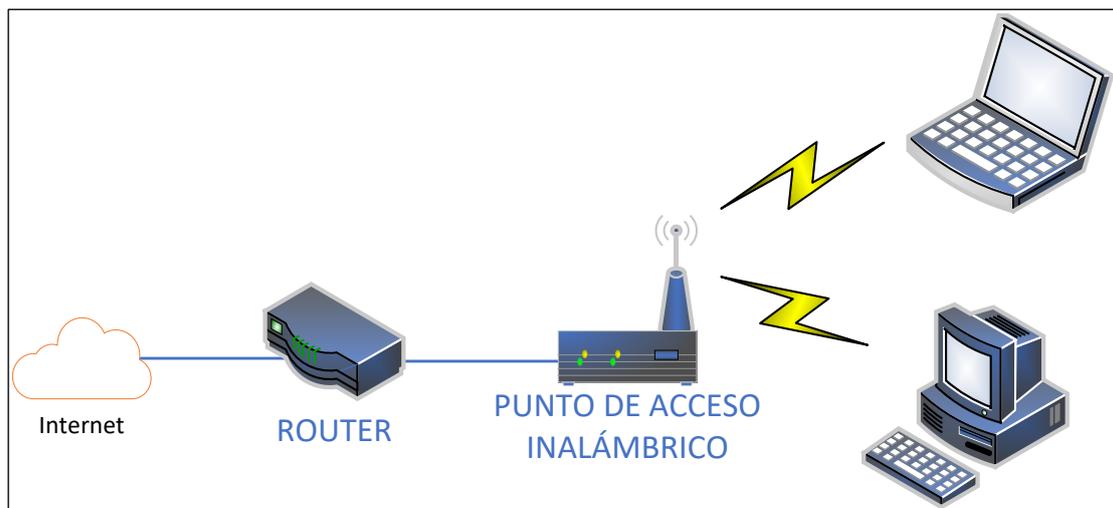


Figura 7. Estructura de Access Point o Punto de Acceso.
Fuente: (Betancourt Guamán, 2016)

La imagen de la Figura 7 también se muestra el dispositivo Switch que funciona como un conmutador que conecta equipos de redes. Está estandarizado mediante el protocolo IEEE 802.11 y tiene puertos (8, 16, 24 o 36) de conexión que permiten enlazar distintas redes (mediante cables). (Betancourt Guamán, 2016)

Router.

El Router es un dispositivo electrónico que se configura para administrar de manera lógica la red de datos que genera el WISP. También se emplea para realizar la conexión a Internet desde las redes locales que pertenecen al WISP, enrutar el tráfico que se origina en la red hasta el destino final y asignar los recursos lógicos necesarios hacia cada uno de los enlaces establecidos. (Balarezo Valarezo, 2016)

El estudio detallado de las prestaciones que ofrece el Router para la red WISP es bastante extenso y para fines de este trabajo de investigación el mayor interés se centra en el consumo energético que puede tener este dispositivo. Comúnmente el Router se instala en una oficina central por lo que se excluirá el estudio a mayor profundidad.

Equipo de instalaciones del cliente CPE.

El CPE es un equipo de telecomunicaciones que se instala en el lado del usuario de la red y permiten la conexión al canal de comunicaciones del proveedor. Las funciones del CPE son originar, enrutar y terminar una sesión de comunicación. (Alberto, 2017)

4.1.2.4 Beneficios de la implementación de Redes WISP.

Las redes inalámbricas tienen una serie de beneficios tanto para las empresas que implementan la infraestructura tecnológica como para los usuarios del canal de comunicación. (Balarezo Valarezo, 2016)

Respecto de la empresa WISP el beneficio más destacable se tiene en cuanto al costo de implementación que es relativamente bajo, el alcance de la cobertura de la red hasta sitios remotos y la escalabilidad flexible cuando se necesite extender la red. (Betancourt Guamán, 2016) (Idrovo, 2016)

Respecto del usuario de la red WISP se puede contar como beneficio el acceso al internet en lugares remotos, bajos costos por conexión, tecnologías de acceso que permiten buen ancho de banda, entre otras. (Balarezo Valarezo, 2016) (Idrovo, 2016)

La investigación desarrollada para el presente estudio se realizó en un Access Point perteneciente a la empresa SARAGUROSNET, por lo que en el siguiente apartado se describen detalles del sitio de intervención.

4.1.2.5 Comparación de tecnologías Inalámbricas

En la **Tabla 2**, se muestra un resumen de la comparación de las tecnologías inalámbricas de acuerdo a sus principales características.

Al analizar la información contenida en la **Tabla 2** se observa que todas las tecnologías, excepto GPRS, cumplen con una tasa de transmisión suficiente para aplicaciones de audio y video, necesarias para software de pantalla compartida (acceso remoto). WiMAX, GPRS y 3G son tecnologías que trabajan en una banda licenciada. WiFi es una tecnología que provee una gran tasa de transmisión; sin embargo, no garantiza calidad de servicio (QoS) ni es apta para extensas áreas (Viloria Núñez, Cardona Peña, & Lozano Garzón, 2014).

Tabla 2: Comparación entre tecnologías inalámbricas.

Tecnología	WiFi	WiMAX	GPRS	3G	WiMesh
Estándares	802.11	802.16	GPRS	IMT2000	802.11s
Radio de celda	0.01-0.1 Km	1-15Km	30 Km		
Banda de transmisión	2.4 GHz, 5 GHz	2.3 GHz, 3.5 GHz	800 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz	1900 MHz, 2100 MHz	2.4 GHz, 5 GHz
BW del canal	20 MHz	1.25 – 20 MHz	200 KHz	5 MHz	20 MHz
Tasa de transmisión	54 Mbps	100 Mbps	114 Kbps	2 Mbps	54 Mbps
Throughput	36 Mbps	75 Mbps	22 Kbps	1.8 Mbps	36 Mbps
Encriptación	WPA, WEP	x.509 con DES en modo CBC	GEA		AES
Modulación	PSK, QPSK, OFDM	OFDM	GMSK	QPSK - FDD	PSK
Tecnología de acceso	CSMA/CA	DAMA-TDMA	FDMA-FDD	FDMA-FDD	QDMA
Calidad de servicio	No	Sí	No	Sí	Sí
Licenciada	No	Sí	Sí	Sí	No

Fuente: (Viloria Núñez, Cardona Peña, & Lozano Garzón, 2014)

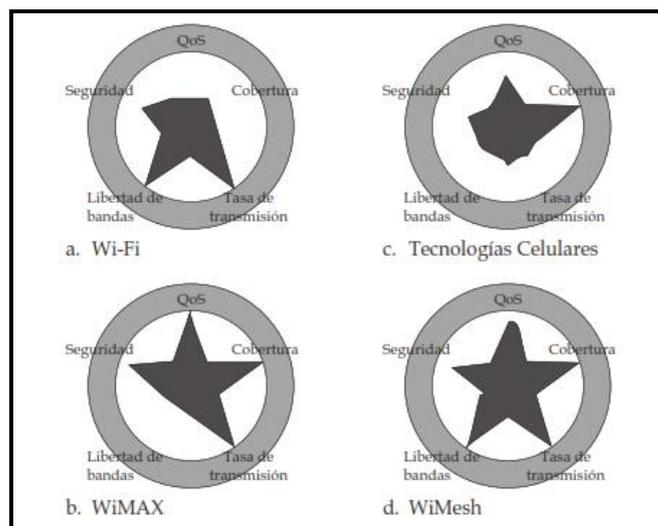


Figura 8. Diagrama web comparativo entre las distintas tecnologías inalámbricas.
Fuente: (Viloria Núñez, Cardona Peña, & Lozano Garzón, 2014)

La tecnología celular combina las cualidades principales que se han mencionado sobre el problema planteado, como son la cobertura, calidad de servicio, entre otras. Además, trabaja en una banda de frecuencia licenciada, lo que la hace idónea para la solución requerida ya que disminuye drásticamente la interferencia causada con los equipos de radioenlace, a un costo asequible.

La **Figura 8** muestra un resumen gráfico del análisis realizado anteriormente, que ratifica la tecnología celular como la mejor opción que mejor se ajusta a las necesidades de la presente investigación de acuerdo al uso requerido para el sistema de monitoreo.

4.1.3. ISP SARAGUROSNET.

Saragurosnet, es un proveedor de servicios de internet de banda ancha que brinda a sus suscriptores, mediante medios guiados y no guiados conexión a internet. La empresa Saragurosnet, tiene como visión aportar a la comunidad espacios de información y comunicación mediante el uso y aplicación de herramientas tecnológicas, para el pueblo Saraguro y sus comunidades, con la finalidad de brindar varios servicios a la vez encaminados a desarrollar aptitudes y destrezas en el área de informática. (Saragurosnet, 2019)

A partir del año 2008, funciona como ISP brindando el servicio de acceso a internet a sus suscriptores mediante fibra óptica y radio enlaces. Cuenta con 10 empleados, distribuidos en diversos campos como Red inalámbrica, Fibra Óptica, atención al cliente y

contabilidad, para garantizar un servicio de calidad a los más de 2 mil clientes que cuenta la empresa en la actualidad. (Saragurosnet, 2019)

El acceso a internet mediante fibra óptica, la empresa lo orienta para clientes ubicados en la parte central de la ciudad de Saraguro, la parroquia de San Lucas y parroquia Urdaneta ofreciendo un servicio con buen ancho de banda para que el usuario tenga velocidad de conexión y navegación constante en la red. (Saragurosnet, 2019)

La red de acceso inalámbrico fue diseñado y construido por la empresa, para extender el área de cobertura de la red Saragurosnet, para llegar hasta sitios alejados de la parte central de la ciudad y cubrir también sectores rurales. La cobertura de red llega hasta parroquias rurales como: Tenta, Selva Alegre, Celen, Urdaneta, Cumbe, Tablón, Oña, Susudel, Las Nieves, San Lucas y sus comunidades. (Saragurosnet, 2019)

La empresa SARAGUROSNET cuenta en su infraestructura con varios Access Point inalámbricos para brindar el servicio a los suscriptores. La mayoría de los Access Point se encuentran ubicados en cerros aledaños a los poblados y alejados de la oficina central de la empresa. (Saragurosnet, 2019)

El Punto de Acceso seleccionado para el desarrollo e implementación del sistema de monitoreo, es el ubicado en el cerro Bain, de la parroquia Urdaneta. En los siguientes apartados, se describe con mayor detalle las características del Access Point de Urdaneta. (Saragurosnet, 2019)

4.1.3.1 Ubicación del Access Point de Urdaneta.

La estación de Punto de Acceso del cerro Bain, está instalada en la parroquia Urdaneta, cantón Saraguro, provincia de Loja que tiene coordenadas geográficas 3°36'23.59"S, 79°11'17.05"O como se indica en la imagen de la Figura 9. (Saragurosnet, 2019)

La estación de Access Point del cerro Bain está compuesta por equipos electrónicos activos y pasivos que posibilitan un canal de acceso hacia la red de datos proporcionada por SARAGUROSNET y la conexión con internet. (Saragurosnet, 2019)

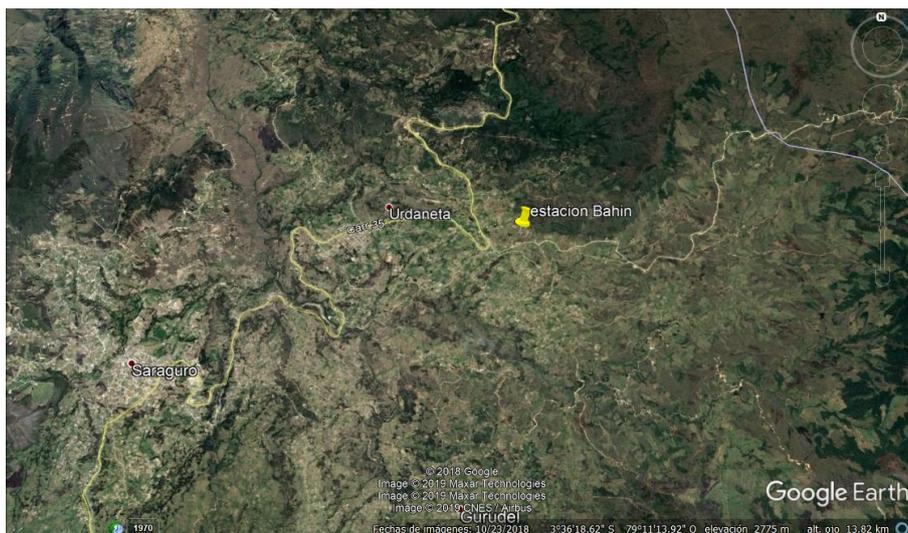


Figura 9. Ubicación geográfica de la estación Bain.
Fuente: Google Earth.

Los dispositivos electrónicos que componen el Access Point de Urdaneta se muestran en la Tabla 3. Todos los dispositivos del Access Point están alimentados constantemente por la red de energía pública, sin embargo, poseen batería de respaldo de energía.

Tabla 3. Componentes Principales en la Estación Bain.

	Detalle	Numero	Marca	Modelo
1	Bateria	1		
2	Inversor	1		
3	Router	1	Mikrotik	RB3011
4	Radio NetBox5 AP/CPE	1	Mikrotik	RB911G-5HPACD-NB
5	Rocket Prism AC gen 2	1	Ubiquiti	RP-5AC-Gen2
6	LiteBeam AC	1	Ubiquiti	LBE-5AC-16-120
7	SXT SA5	1	Mikrotik	SXTG-5HPnD-SAr2
8	airFiber 5x	1	Ubiquiti	AF-5X

Fuente: Saragurosnet, 2019.

La batería que da el respaldo de energía a los dispositivos del AP de Urdaneta, es importante para el funcionamiento de la red de datos de ese sector. Si por algún motivo la energía de la red pública se pierde, la batería permitirá que siga funcionando normalmente el enlace de datos, mientras exista energía almacenada. De la misma forma, el tiempo de respaldo de energía de la batería, brinda al personal técnico de la empresa un tiempo indeterminado para dar respuesta a un inconveniente detectado.

El correcto funcionamiento del Access Point de Urdaneta, es monitoreado por el personal técnico de la empresa de forma manual y cuando se detecte algún inconveniente, es el propio personal el encargado de desplazarse hasta el sitio para solucionarlo.

El tiempo de detección de los problemas del Access Point de Urdaneta, así como la capacidad de respuesta del personal encargado si no es inmediato puede generar que la red de datos no se encuentre disponible para los usuarios.

De acuerdo a (Saragurosnet, 2019), actualmente brinda el servicio a aproximadamente 100 usuarios. El desarrollo del sistema de monitoreo y control permitirá mejorar los tiempos de reacción para corregir los inconvenientes detectados en el AP de Urdaneta y garantizar a los suscriptores disponibilidad de la red para que puedan acceder en cualquier momento.

4.2 Sistemas de Telemetría y Control.

Los sistemas de telemetría son diseñados para lograr el intercambio de información entre dispositivos localizados en diferentes lugares (remotos) con un sistema central. Los datos intercambiados son almacenados, registrados y analizados (en la mayoría de casos) en tiempo real con la finalidad de conocer el estado de operación del dispositivo remoto. (González, 2019) (Espinosa, 2015)

Los medios utilizados, para la transmisión de datos de telemetría son: radiofrecuencia, guías de onda satelitales, sistemas infrarrojos, ultrasonido, fibra óptica, red de telefonía móvil (como GSM¹, 3G², 4G³) entre otros. (González, 2019)

Un sistema de telemetría y control se compone de tres partes principales: sensores y actuadores (en la fuente remota para la captura de los datos medidos, registro y control); un medio de transmisión inalámbrico (como la red 3G), guiado o por cable (como la fibra óptica); y un sistema central que procese la información recibida para tomar acciones correspondientes a distancia. (González, 2019) (Presas, 2014)

El sistema de telemetría y control propuesto para la presente investigación, se pretende realizar siguiendo la estructura general consultada: ubicando en la fuente remota sensores eficaces para la medición de voltaje-corriente y actuadores para la acción de control, la red 3G como medio de transmisión, y la información se almacenará de forma local con acceso desde un sistema central. (Naranjo, 2016) En la imagen de la **Figura 10**, se muestra un esquema del sistema de telemetría y control a través de la red de telefonía móvil 3G.

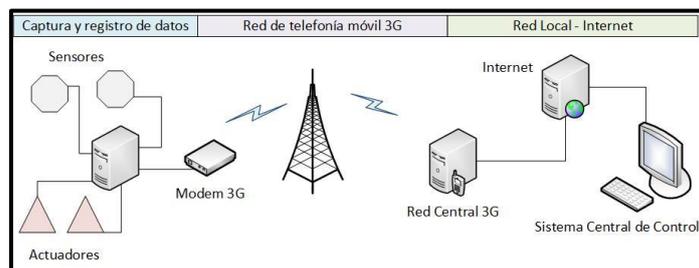


Figura 10. Componentes de un Sistema de Telemetría y Control a través de 3G.

Fuente: Autor.

¹ GSM: sistema global de comunicaciones móviles que admite la transmisión de voz y datos, también conocido como segunda generación 2G.

² 3G: sistema de comunicaciones móviles de tercera generación que faculta la transmisión de datos a más altas velocidades en comparación con 2G.

³ 4G: sistema de comunicación móvil de cuarta generación basada completamente en protocolo IP que permite altas transmisiones de datos y la convergencia de redes tanto inalámbricas como alámbricas.

4.2.1. Canal de Comunicación.

4.2.1.1 Comunicaciones móviles 3G.

La necesidad de convergencia de servicios de comunicaciones de voz y datos, aplicaciones multimedia y el acceso a internet, sentó los requerimientos para la evolución de la 3G en comunicaciones móviles. De la misma manera surgió la oportunidad de estandarizar la infraestructura a nivel mundial, para que exista una red que proporcione los servicios antes mencionados, en independencia de la tecnología empleada. (Naranjo, 2016) (Naranjo, 2016)

La ITU⁴ es el ente regulador encargado de sentar las bases de las tecnologías de Tercera Generación, cuyas especificaciones fueron publicadas en la Recomendación ITU-R M.1457 (Li Q., 2010), conocido como IMT-2000 (Muñoz Jiménez, 2013); además de la creación de la organización 3GPP que debía continuar con el trabajo definido para el sistema móvil, que cumpla con la norma IMT-2000.

Los requerimientos mínimos para la evaluación de las tecnologías radio, que evolucionaron de la 2G (GSM), 2.5G (GPRS- *General Packet Radio Service* (Servicio general de paquetes vía radio)), 2.75G (EDGE- *Enhanced Data Rates for GSM* (tasa de datos mejorada para GSM)), en lo referido a la velocidad de transmisión de datos son:

- 144 kbps para terminales en movimiento a alta velocidad (hasta 120 Km/h).
- 384 kbps para terminales moviéndose a velocidad media (hasta 10 Km/h).
- 2048 kbps (2Mbps) en condiciones *indoor* o con baja movilidad.

Las tecnologías que cumplían con los requisitos hasta ese entonces (primeros años del milenio 2000) y evolucionaron en 3G son las que se muestran en la **Figura 11**. (Muñoz Jiménez, 2013) (Naranjo, 2016)

INTERFACES DE RADIO TERRESTRES IMT-2000				
IMT-2000 CDMA Direct Spread	IMT-2000 CDMA Multi-Carrier	IMT-2000 CDMA TDD	IMT-2000 TDMA Direct Spread	IMT-2000 CDMA Direct Spread
UMTS WCDMA	CDMA2000 1x - 3X	UTRA TDD TD-SCDMA	UWC-136 EDGE	DECT

Figura 11. Tecnologías que cumplen con los requisitos del IMT-2000.

Fuente: (Muñoz Jiménez, 2013).

⁴ ITU: unión internacional de telecomunicaciones ITU por sus siglas en inglés.

4.2.1.2 Beneficios de la red 3G para el sistema de telemetría y control.

El beneficio de utilizar la red 3G para el sistema de telemetría y control, es que el área geográfica donde se ubicaran los equipos, tiene la cobertura de la red. La telemetría y el control remoto de los equipos propuestos para el sistema es factible debido a que se utiliza internet conectando un *modem* a través de la red 3G.

Otro gran beneficio es la facilidad de identificar la estación donde se encuentran los equipos remotos de telemetría y control, puesto que en la red 3G se emplea una tarjeta *SIM* (*Subscriber Identity Module* (módulo de identificación de inscripción)) que almacena información del usuario de la red, así como un número telefónico asignado. (González, 2019)

4.2.1.3 Inconvenientes de la red 3G para el sistema de telemetría y control.

El inconveniente más visible del uso de la red 3G es la baja transmisión de datos que permite la tecnología y el costo de acceso a internet. El diseño del sistema de telemetría y control requiere contratar un plan mensual de acceso a internet para un completo funcionamiento, siendo un riesgo potencial que el funcionamiento del sistema falle si en cualquier momento termina el contrato del plan de datos. (Naranjo, 2016) (Suárez, 2017)

4.2.1.4 Modulo 3G USB.

El módulo 3G permite un canal de comunicación a través de las redes de telefonía móvil. Este canal de comunicación puede ser utilizado para establecer un enlace de datos entre dispositivos, como por ejemplo un dispositivo central y uno remoto. En la imagen de la Figura 12 se muestra este dispositivo.

Las características principales y los requisitos mínimos para el funcionamiento del módulo 3G son los siguientes:

- HSUPA/HSDPA/UMTS
- EDGE/GPRS/GSM 850/900/1800/1900MHz
- Ecuador y diversidad de recepción
- Ranura para tarjeta Micro SD
- Servicio sms

- Plug and Play
- Windows XP SP2/SP3, Windows Vista SP1/SP2, Windows 7
- Mac OS X 10.5 y 10.6 con las últimas actualizaciones
- El sistema de hardware debe cumplir con los requisitos recomendados para la versión SO instalado
- Resolución de pantalla: 800x600 o superior
- Interfaz USB estándar



Figura 12. Módulo 3G USB
Fuente: (UBUNTO PERONISTA, 2019)

4.2.2. Sensores y Actuadores.

Los actuadores son dispositivos que tienen la capacidad de transformar pulsos de energía (eléctrica) en la respuesta de un proceso (energía mecánica) con la finalidad de realizar un cambio en el lugar de influencia determinado (proporcional, integral y derivativo). (Mikó Mba Nchama, 2017).

Los sensores son dispositivos que capturan señales (Ramirez, 2014). Y se definen como un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida. (Corona Ramírez, S., & Mares Carreño, 2014)

Los sensores, según (Ramirez, 2014) tienen tres parámetros fundamentales: el rango (valores entre los que puede medir), la resolución (la variación mínima que puede detectar) y la sensibilidad (lo que varía la magnitud de salida en relación con la variación de la magnitud medida).

4.2.2.1 Relé electromecánico.

El relé electromecánico es un actuador que basa su funcionamiento en un mecanismo de control de lazo cerrado que presenta dos estados cuya conmutación se realiza a baja velocidad por lo que agregan un retardo a un proceso de control. (Ramirez, 2014)

El relé electromecánico puede ser utilizado para el control de varios dispositivos que requieran consumo de corriente de menos de 10 amperios con voltaje directo (30 V) o alterno (250 V). Los relés electromecánicos se controlan mediante señales de voltaje digitales de 3.3V o 5V por medio de un microcontrolador como Arduino o *Raspberry*.

4.2.2.2 Módulo de 4 Relés.

El módulo relé es un dispositivo electromecánico (actuador), que tiene características de funcionamiento que permiten el control mediante pulsos eléctricos que cambian el estado actual del dispositivo. (Dinastia Tecnológica, 2018)

La señal de control puede provenir de cualquier circuito de control como un microcontrolador. Este módulo es ideal para conmutar cargas de corriente alterna conectadas a la red eléctrica. En la imagen de la Figura 13 se puede ver el módulo de 4 relés. (ARDUINO, 2019)

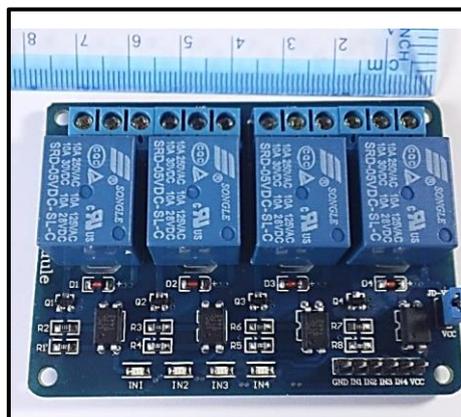


Figura 13. Módulo de 4 Relés
Fuente: (Dinastia Tecnológica, 2018)

4.2.2.3 Sensores de posición y de proximidad

Los sensores de proximidad se utilizan para medir la distancia relativa entre el propio sensor y los objetos del ambiente (Ramirez, 2014). Entre los sensores de proximidad más

conocidos están los sensores ultrasónicos, sonares, infrarrojos, choque y contacto. En los siguientes apartados se describen algunos tipos de sensores de posición y proximidad.

➤ Detectores inductivos

Los sensores inductivos tienen un imán permanente que crea un campo magnético fijo (Mora, 2011). Al acercarse un objeto metálico al detector, éste modifica el campo magnético, y la variación es captada por una bobina, en la que se induce una corriente. En este caso, el sensor determina la distancia a la que está el objeto utilizado para detectar la presencia. Un ejemplo del uso de los detectores inductivos está en la determinación del ángulo de giro del cigüeñal de un motor. En la Figura 14 se indica un detector inductivo. (Junta de Andalucía, 2019)

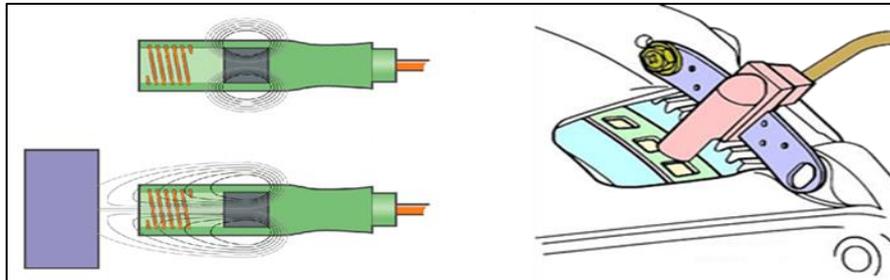


Figura 14. Detector Inductivo
Fuente: (Junta de Andalucía, 2019)

➤ Sensores capacitivos

Los sensores capacitivos se utilizan cuando el objeto a detectar no influye en el campo magnético. En este caso están formados por un condensador, y la detección se basa en la variación de la superficie enfrentada de las armaduras (como en los sintonizadores de radio), la separación entre éstas (como en algunos teclados de calculadoras) o incluso cambiando las propiedades del aislante dieléctrico (como en los detectores de humo o de humedad). Al acercarse un objeto metálico al condensador, se varía el campo eléctrico que puede ser detectado. Este funcionamiento del sensor capacitivo se muestra en la Figura 15 (Mora, 2011)

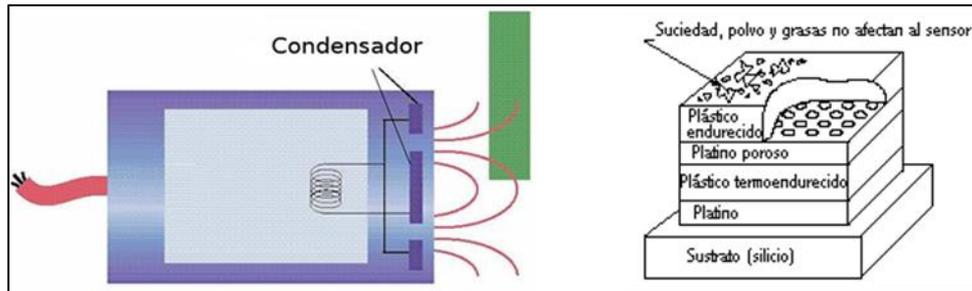


Figura 15. Sensor Capacitivo.
Fuente: (Junta de Andalucía, 2019)

4.2.2.4 Sensor de corriente alterna YHDC SCT-013-000

Un sensor de corriente es un transductor entre la variación de corriente eléctrica y un cambio de voltaje proporcional. Este sensor es muy útil cuando se trata de implementar un sistema de control y se requiere medir la potencia consumida por una serie de circuitos que en conjunto están alimentados por una sola batería o si se necesita detectar el consumo de corriente. (Corona Ramírez, S., & Mares Carreño, 2014)

En los sensores de corriente, el rango está determinado por la resistencia de carga instalada en la unidad RPICT⁵. El rango predeterminado es 100 A en todas las series RPICT que corresponden a una resistencia de carga de 24 Ohm. La

Tabla 4 muestra los rangos alternativos (*rms*) con sus valores de resistencia de carga asociados. (LeChacal, 2019)

Tabla 4. Rango de medida de sensores de modelo STC

Sensor	Rango (Rms Amp)	Resistencia a la carga (Ohm)	Coefficiente de calibración (teórico)
SCT-019-000	200	33	181.82
SCT-013-000	100	24	83.33
	60	39	51.28
	50	47	42.55
	30	75	26.67
	25	91	21.98
	20	120	16.67
SCT-006-000	20	47	17.02

Fuente: (LeChacal, 2019)

⁵ RPICT: Raspberry Pi Thin client son módulos creados para el desarrollo de proyectos a través de raspberry.

Los diferentes tipos sensores de corriente SCT-013-xxx, diferentes del sensor de corriente SCT-013-000, no son compatibles con la tarjeta RPICT4V3 v2.0.

El Sensor YHDC SCT-013-000, es un sensor de corriente alterna no invasivo (100A máximo), Modelo SCT-013-000, fabricado por Beijing YaoHuadechang Electronic Co., Ltd. No tiene resistencia de carga interna y utiliza un supresor de voltaje transitorio para limitar la tensión de salida en caso de desconexión accidental de la carga. Tiene la capacidad de desarrollar suficiente voltaje para manejar completamente una entrada de 5 V. (Aprender OpenEnergyMonitor, 2019). Las especificaciones técnicas más importantes del sensor YHDC SCT-013-000 se detallan en el anexo 0. En la imagen de la Figura 16 se muestra el sensor YHDC SCT-013-000



Figura 16. Sensor de corriente YHDC SCT-013-000
Fuente: (Aprender OpenEnergyMonitor, 2019)

4.2.2.5 Sensor de Corriente Continua ACS712

El sensor ACS712 permite recolectar datos a través de la corriente eléctrica que fluye por una línea. Basa su funcionamiento en el efecto Hall para detectar el campo magnético presente en la línea de carga. En la imagen de la Figura 17 se muestra este dispositivo. (GREEK FACTORY, 2019)

El sensor ACS712 entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente, en un rango de: -5 a 5A, -20 a 20A, -30 a 30A. Para entregar estos datos, el sensor requiere de cualquiera de los siguientes módulos: ACS712-05A, ACS712-20A, ACS712-30A, en dependencia del uso requerido. (GREEK FACTORY, 2019)

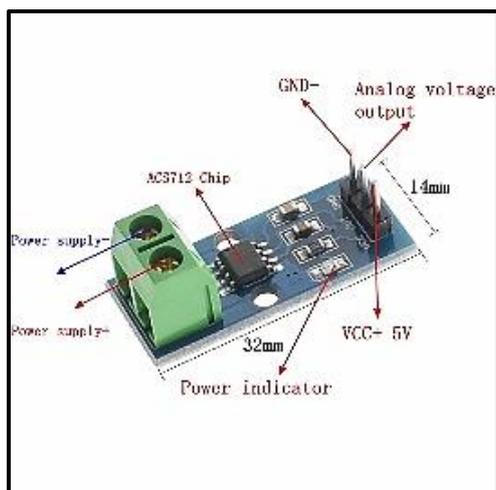


Figura 17. Sensor de corriente continua ACS712
Fuente: (GREEK FACTORY, 2019)

4.2.2.6 Sensor de voltaje alterno 77DA-10-09

El sensor de voltaje alterno, es un transductor que mide la caída o diferencia de potencial entre dos puntos. Tiene la capacidad de detectar con alto grado de precisión variables como la potencia real, la potencia aparente y el factor de potencia. Además, la combinación de un sensor de voltaje con un sensor de corriente directa se puede aplicar para medir la dirección de la potencia.

Los diferentes tipos de sensores de voltaje alterno son:

- Reino Unido: 77DB-06-09
- UE: 77DE-06-09
- US: 77DA-10-09 (LeChacal, 2019)

El sensor de voltaje alterno 77DA-10-09 se utiliza como reductor de voltaje de 120Vac a 9.45Vac y como circuito de acondicionamiento. Permite adecuar la señal en intervalos óptimos para la obtención de datos y la interacción con el módulo de expansión RPICT4V3. En la imagen de la Figura 18 se muestra el sensor de voltaje alterno 77DE-06-09. Las especificaciones técnicas más importantes del sensor 77DA-10-09 se detallan en el anexo 0.



Figura 18. Sensor de voltaje alterno 77DA-10-09
Fuente: (LeChacal, 2019)

4.2.2.7 Sensor de Voltaje Continuo FZ0430

El sensor de voltaje continua FZ0430 está basado en el principio resistivo de un divisor de tensión para reducir los valores grandes de tensión medida y evitar daños en el dispositivo. (ARDUINO, 2019) (Llamas, 2019)

El sensor FZ0430 cuando se utiliza con dos resistencias en serie de 30kOhm y 7.5kOhm permite que la tensión de entrada a medir se divida por un factor de 5 ($7.5/(30 + 7.5)$) con rango de entrada de DC 0-25V y alimentación de 5V. El factor de reducción puede ajustarse a las necesidades del proyecto. En la imagen de la Figura 19 se muestra el sensor FZ0430. (ARDUINO, 2019)



Figura 19. Sensor de voltaje continuo FZ0430
Fuente: (Llamas, 2019)

4.3 Tarjetas Electrónicas y Lenguajes de Programación.

4.3.1. Placa Arduino UNO SMD

El Arduino Uno SMD es una versión de las tarjetas Arduino, que utiliza un esquema de montaje en superficie del Atmega328P en lugar de la versión de orificio pasante. Las especificaciones técnicas más importantes destacan los pines digitales de entrada y salida que posee, así como la capacidad de procesamiento del microcontrolador. (ARDUINO, 2019) En la imagen de la Figura 20 se observa este tipo de tarjeta electrónica y sus características están detalladas en el anexo 0.

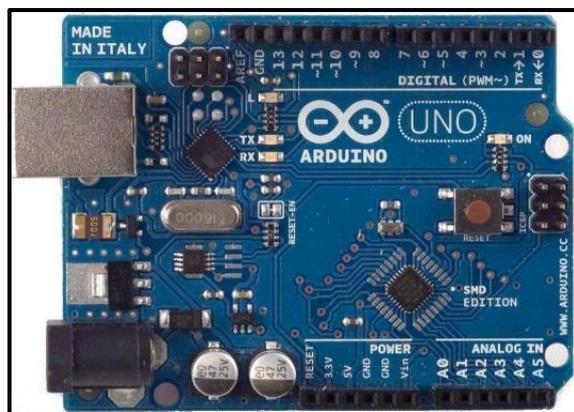


Figura 20. Placa Arduino Uno SMD
Fuente: (ARDUINO, 2019)

4.3.2. Raspberry Pi

La Raspberry Pi es un miniordenador de placa única *SBC* (*Single Board Computer* (Pc de placa única)), cuyo diseño general consiste en un *System-on-a-chip* (sistema en un chip), con un procesador central (*CPU*), un procesador gráfico (*GPU*) y como disco duro utiliza una memoria SD para almacenamiento de información. El desarrollo de programación de proyectos en la placa Raspberry se puede realizar utilizando lenguajes como Python, Tiny BASIC, Perl y Ruby. (Foundation, 2019) (Suárez G, 2019)

4.3.2.1 Raspberry PI 3 modelo B

El modelo B de la placa Raspberry Pi ofrece prestaciones muy altas para el desarrollo del sistema de telemetría y control a través de la red 3G, por lo que se considera pertinente describir las características técnicas de la misma. En la Figura 21 se muestra la Raspberry Pi 3 modelo B (Raspberry Pi, 2019)



Figura 21. Tarjeta Raspberry Pi 3 Modelo B
Fuente: (Raspberry Pi, 2019)

Especificaciones técnicas de la tarjeta Raspberry pi 3 están detalladas en el anexo 0.

4.3.3. Tarjetas Serie RPICT

Las series RPICT son un conjunto de *Raspberrypi hat* (“hardware conectado encima de la placa raspberry”) para sensor de corriente CA (CT) y sensor de temperatura. Toda la placa RPICT se conecta al conector GPIO y proporciona datos a través del puerto serie. Un microcontrolador programable Arduino (ATtiny84 o Atmega328) opera la placa. En la Tabla 5 se detallan las especificaciones técnicas de la tarjeta serie RPICT. (LeChacal, 2019)

Tabla 5. Tarjetas Serie RPICT

Modelo	Corriente*	Voltio*	Temperatura*	Apilable*
RPICT3T1	3	-	1	No
RPICT3V1	3	1	-	No
RPICT4T4	4	-	4	No
RPICT4V3 v1	4	3	-	No
RPICT4V3_v2.0	4	3	-	Sí
RPICT7V1_v2.0	7	1	-	Sí
RPICT8	8	-	-	Sí

Fuente: (LeChacal, 2019)

4.3.3.1 Tarjeta modelo RPICT4V3 v2.0

La tarjeta modelo RPICT4V3 v2.0 es un adaptador SCT, apilable hasta 5 tarjetas, compatible con las versiones Raspberry Pi (1B+; 2B, 3B). Sus especificaciones técnicas están detalladas en el anexo 0. En la Figura 22 se muestra la tarjeta RPICT4V3 v2.0. A través de un programa de terminal de línea serial, se puede configurar los siguientes parámetros:

- Intervalo de votación
- Formato de salida (csv o emoncms)
- Valores de calibración (tensión y corriente)
- Combinaciones de tensión / corriente para el cálculo de potencia real.
- Canales de salida. (LeChacal, 2019)

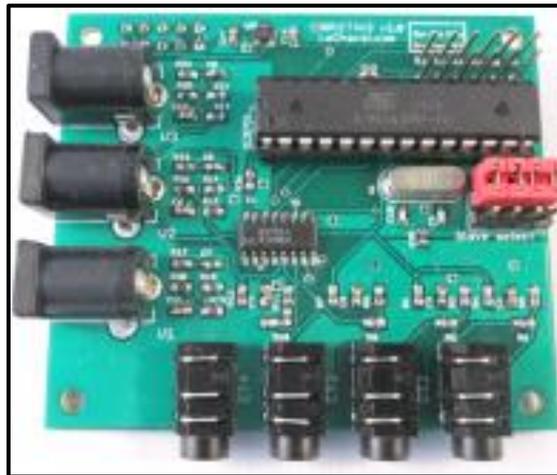


Figura 22. Tarjeta RPICT4V3 v2.0
Fuente: (LeChacal, 2019)

4.3.3.2 Sensores compatibles para la tarjeta RPICT4V3 v2.0.

Sensor de corriente

- CA: SCT-013-000

Sensor de voltaje AC:

- Reino Unido: 77DB-06-09
- UE: 77DE-06-09
- US: 77DA-10-09 (LeChacal, 2019)

4.4 Sistemas operativos para la tarjeta Raspberry.

El sistema operativo que se instala (generalmente) en una memoria SD, que luego se inserta en la tarjeta raspberry, se denomina Raspbian. Raspbian es un sistema operativo basado en Debian (Linux) y optimizado para este mini ordenador. (Suárez G, 2019)

4.4.1. Sistema Operativo Raspbian.

Raspbian es un sistema operativo optimizado para el hardware Raspberry Pi. Un sistema operativo es el conjunto de programas y utilidades básicos que hacen que la Raspberry Pi se ejecute (Raspberry Pi, 2019). Raspbian ofrece beneficios adicionales, debido a que cuenta con más de 35,000 paquetes, software recompilado, en un formato óptimo que facilita la instalación en la Raspberry Pi.

El sistema operativo *Raspbian* tiene características y herramientas muy útiles para el desarrollo del proyecto, como es el lenguaje de programación Python.

El diseño de la interfaz gráfica de usuario para el monitoreo de las variables eléctricas y el control de reinicio de los equipos de radioenlace se puede desarrollar en Python. *Raspbian* también soporta la ejecución del software *VNC Viewer*, que es una herramienta de desarrollo muy utilizada y permite ejecutar un acceso remoto a través de internet para manipular una interfaz gráfica creada como por ejemplo en Python.

4.4.2. Lenguaje de programación Python

Python es un lenguaje de programación “interpretado”, de alto nivel y multiplataforma que posee legibilidad de código de fácil entendimiento. Lenguaje interpretado indica la propiedad de ejecutar un script a través de un intérprete (Python Software Foundation, 2019). La propiedad de ejecución permite “correr” el mismo código en distintos sistemas operativos, sin necesidad de cambiar el código fuente, siendo por esta razón multiplataforma.

Python presenta características relevantes como:

- **Tipado dinámico:** es decir, el tipo de dato se determina en tiempo de ejecución según el valor que se le asigne a la variable.

- **Fuertemente tipado:** no se permite tratar a una variable como si fuera de un tipo distinto al que tiene, para ello es necesario convertirla de forma explícita dicha variable al nuevo tipo previamente.
- **Multiplataforma:** está disponible en plataformas como Windows. Mac y distribuciones Linux (Python Software Foundation, 2019)

Python presenta algunas librerías que permiten la creación y gestión de interfaz graficas de usuario GUI, por sus siglas en inglés “*graphical user interface*”. A continuación, se presenta dos librerías de Python muy comúnmente usadas para la creación de GUI.

4.4.2.1 PyQt

PyQt es uno de los enlaces Python más populares para el marco de C ++ multiplataforma Qt. PyQt está disponible en dos ediciones: PyQt4 que se compilará contra Qt 4.x y PyQt5 que solo se compilará contra 5.x. y contiene más de 620 clases que cubren interfaces gráficas de usuario, manejo de XML, comunicación de red, bases de datos SQL, navegación web y otras tecnologías disponibles en Qt.

La última iteración de PyQt es v5.11.3., que se ejecuta en Windows, Linux, Mac OS X y varias plataformas UNIX. PyQt5 también se ejecuta en Android y iOS (Riverbank Computing Limited, 2019).

El desarrollo del proyecto puede implicar el uso de la librería “*PyQt*” en su versión 5.11.3 para la creación de la GUI y la interacción con Python. Esto servirá para la visualización de los parámetros eléctricos y el control del reinicio de los equipos del radioenlace.

4.4.3. Desarrollo de interfaces gráficas de usuario.

Una interfaz gráfica de usuario (GUI) es un frente gráfico que permite manipular un programa. (Al Ashi & Al Ameri, 2019).

Se utiliza una GUI para hacer más interactivo el uso de un determinado programa, debido a que proporciona un aspecto coherente y controles intuitivos como botones pulsadores, cuadros de lista, controles deslizantes, menús, etc.

La interfaz gráfica de usuario generalmente tiene una estructura comprensible y predecible, para que un usuario pueda interpretar los resultados cuando se ejecuta una acción. (Al Ashi & Al Ameri, 2019)

4.4.3.1 Qt Designer

Qt Designer es la herramienta de Qt para diseñar y construir GUI, con Qt Widgets. Los widgets y formularios creados con Qt Designer se integran a la perfección con el código programado, utilizando las señales y el mecanismo de ranuras de Qt, que asigna fácilmente el comportamiento a elementos gráficos. (Company, The Qt, 2019) (Python Software Foundation, 2019)

Todas las propiedades establecidas en Qt Designer pueden cambiarse dinámicamente dentro del código. Además, funciones como la promoción de widgets y los complementos personalizados le permiten usar sus propios componentes con Qt Designer (Company, The Qt, 2019) (wxPython, 2019)

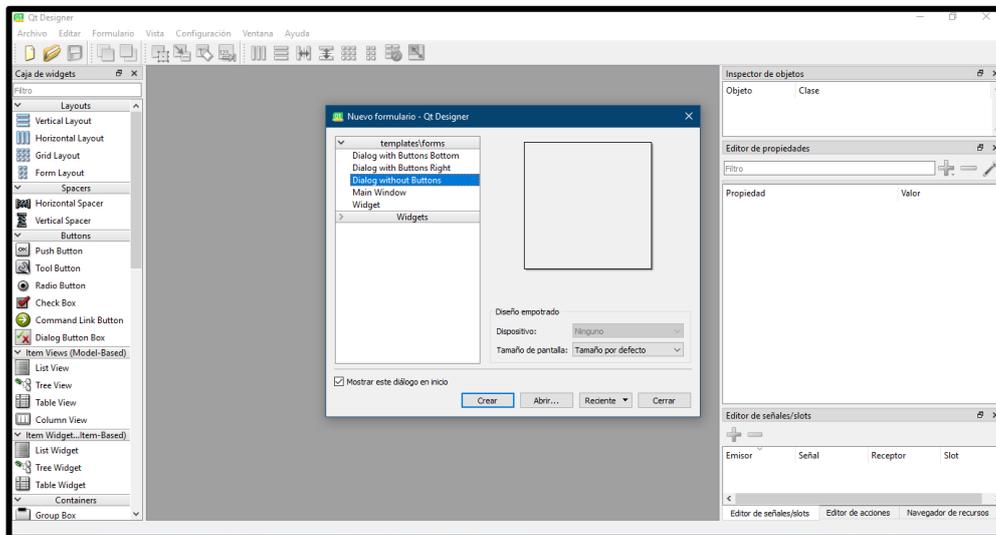


Figura 23. Interfaz gráfica de la herramienta Qt Designer.

Fuente: Autor.

La interfaz gráfica de la aplicación Qt Designer se observa en la imagen de la Figura 23. A través del frente de trabajo, se pueden configurar los widgets con los elementos principales para la creación de interfaces gráficas en Qt. (wxPython, 2019) (Company, The Qt, 2019)

En la parte izquierda de la imagen de la Figura 23, se puede visualizar la caja de widgets que contiene botones, las etiquetas, entre otros necesarias para el diseño de un frente gráfico. (wxPython, 2019) (Company, The Qt, 2019)

En la parte derecha de la imagen de la Figura 23, se encuentra el inspector de objetos. El inspector de objetos es el encargado de describir la estructura de los widgets: de quien contiene, a quien y en qué nivel se encuentran. (Company, The Qt, 2019)

En la parte inferior de la imagen de la Figura 23, se ubica el editor de propiedades de los widgets. El editor de propiedades es un objeto que permite editar sus atributos. (wxPython, 2019)

Finalmente, en la parte inferior derecha de la imagen de la Figura 23, se encuentra el editor de señales/slot. Las señales se refieren al evento que ocurre sobre un objeto (como por ejemplo dar un click sobre un botón) y el slot llama a la función que se realiza, luego de ocurrir el evento en dicho objeto. (Company, The Qt, 2019) (Python Software Foundation, 2019)

4.4.4. Acceso remoto a través de Computación Virtual en Red

La Computación Virtual en Red o VNC, por sus siglas en inglés de Virtual Network Computing (Computación Virtual en Red), permite a los usuarios de computadoras acceder a recursos centralizados y remotos desde dispositivos ampliamente disponibles. La computación virtual en red (VNC) es una tecnología de cliente ligero que se puede usar para mostrar y trabajar en una ventana X remota, que es una ventana de interfaz gráfica de usuario de otra computadora. (Kerai, Noviembre, 2010) (Presas, 2014)

La aplicación tiene dos versiones independientes: el cliente y el servidor ejecutados en cualquier plataforma y un usuario puede utilizar el sistema operativo Windows para administrar los sistemas operativos Unix y viceversa (Al Ashi & Al Ameri, 2019).

4.4.4.1 Servidor VNC

El servidor VNC está configurado inicialmente para aceptar conexiones HTTP entrantes solicitadas por el espectador a través de los puertos TCP predeterminados de VNC 5900

a 5902. El servidor VNC y el espectador negocian la conexión con una codificación entendida mutuamente (Gimenez Ocano, Remamurthy, & Yong, 2015).

El servidor VNC, se debe instalar en el sistema host o en la máquina y debe definirse, configurarse e instalarse en el sistema host o en la máquina, a la que los espectadores tienen que conectarse.

La contraseña utilizada para la conexión está encriptada por los estándares de encriptación DES o 3DES dependiendo de las diferentes aplicaciones VNC lo que reduce la vulnerabilidad de los datos a través de internet y utiliza la aplicación *PCAnywhere*, que tiene la función de cifrar el tráfico entre las conexiones de extremo a extremo. (Waugh, 2019)

4.4.4.2 Visor VNC

Cuando el visor está conectado al servidor, el usuario o administrador puede conectarse al sistema del servidor remoto y mostrar el sistema. La ventaja del cliente es que no requiere ninguna instalación y configuración, como el servidor, se pueden ejecutar directamente desde un disco duro o desde cualquier dispositivo electrónico externo. Esto puede ser utilizado por los administradores para monitorear la actividad del servidor de forma remota (Kerai, Noviembre, 2010).

4.4.4.3 Problemas de seguridad de VNC.

VNC proporciona un canal unidireccional para el transporte de datos y requiere de contraseña (máximo 8 caracteres) de autenticación en el dispositivo remoto para establecer la comunicación. La contraseña es encriptada mediante una clave fija a través de un algoritmo DES (*Data Encryption Standard*) o 3DES (*Triple Data Encryption Standard* (Ganaa D, Abeo Apasiba, & Gerald, 2016)).

Los algoritmos DES (1977) y 3DES (1978) fueron desarrollados para trabajar sobre software y hardware menos potentes que en la actualidad. El avance de la tecnología logró superar en un principio las seguridades que ofrecía DES, razón por la cual se introdujo 3DES como mecanismo de encriptación. El algoritmo 3DES utiliza tres veces (tres llaves K1, K2 y K3) la potencia de encriptación del algoritmo DES.

Actualmente los algoritmos que utiliza VNC para encriptar la información no son los más seguros debido a que pueden ser descifrados por los atacantes (ataque de fuerza bruta) y obtener acceso de lectura al registro del sistema. Sin embargo, el tráfico y la comunicación VNC se pueden cifrar mediante VPN y SSH. (Gimenez Ocano, Remamurthy, & Yong, 2015)

VNC utiliza un mecanismo de desafío/respuesta para autenticar clientes a través de canales inseguros, este mecanismo ayuda a evitar la transmisión de contraseñas de texto plano a través de la red. Es importante actualizar las aplicaciones VNC para blindar el sistema y reducir las vulnerabilidades (Kerai, Noviembre, 2010).

4.4.4.4 Protocolo remoto de framebuffer (RFB)

VNC utiliza un protocolo simple para el acceso remoto de una computadora en la interfaz gráfica de usuario, que se basa en el protocolo remoto de *framebuffer*. El protocolo funciona a nivel de buffer de cuadros, por lo que es aplicable a todos los sistemas operativos, incluidos Windows, Macintosh y Linux (Gimenez Ocano, Remamurthy, & Yong, 2015).

Uno de los puntos fuertes del protocolo es que deja al cliente sin estado; Si el cliente se desconecta de un servidor determinado y luego se vuelve a conectar al mismo servidor, se conserva el estado de la interfaz de usuario.

El protocolo RFB, como se muestra en la Figura 24, se ejecutará sobre cualquier transporte de red confiable, como el protocolo TCP/IP. VNC usa de manera predeterminada los puertos TCP 5900 a 5903 (para acceso directo usando el visor VNC) y el puerto 5800 (para acceso HTTP usando un cliente Java a través del navegador web). Como el protocolo tiene bajos requisitos de ancho de banda, es un verdadero protocolo de cliente ligero, que puede ejecutarse en una amplia gama de hardware (Ganaa D, Abeo Apasiba, & Gerald, 2016)

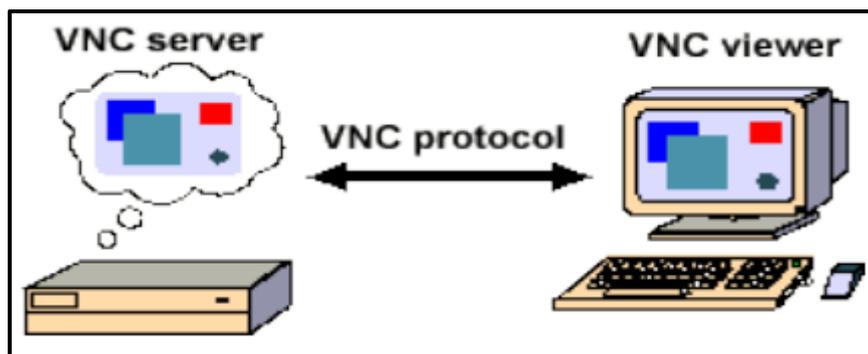


Figura 24. Protocolo VNC
Fuente: (Kerai, noviembre, 2010)

El protocolo RFB tiene pocos usos además de aquellos para los que fue diseñado originalmente. Un uso es como un control remoto con scripts; esto podría utilizarse para automatizar tareas con aplicaciones que no se programaron teniendo en cuenta el scripting. Una aplicación como rfbplaymacro, se puede utilizar para controlar la sesión VNC, que toma los scripts y lo traduce en eventos de entrada RFB. Otro uso es la reproducción de sesiones, como las pantallas de grabación de pantalla en un archivo para su visualización posterior. Esto se puede utilizar en una demostración para una tienda o una pantalla central (Waugh, 2019)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

El desarrollo del sistema de monitoreo contempló del uso de los siguientes materiales:

5.1.1. Herramientas de Hardware

5.1.1.1 Sensor de Corriente Continua ACS712

El sensor ACS712 que se indica en la Figura 17, se utilizó para medir la corriente eléctrica que fluye por la línea que conecta la batería con el UPS, con el objetivo de determinar el estado de carga actual de la batería.

5.1.1.2 Sensor de Voltaje Continuo FZ0430

El sensor FZ0430 que se muestra en la Figura 19, se usó para determinar la diferencia de potencial en tiempo real, que presenta la batería cuando alimenta al UPS, con la finalidad de determinar el voltaje y el estado (carga/descarga) de la batería.

5.1.1.3 Sensor de Corriente Alterna SCT-013-000

El sensor de corriente alterna SCT-013-000, se empleó para conocer el valor de la corriente alterna que está ingresado (corriente de entrada) al UPS, así como la corriente alterna que están consumiendo los equipos de radioenlace, a la salida del UPS (corriente de salida). Este sensor se indica en la Figura 16.

5.1.1.4 Sensor de Voltaje Alterno 77DA-10-09.

El sensor de Voltaje Alterno 77DA-10-09, se aprovechó para determinar el valor del voltaje alterno de la red de suministro principal de energía eléctrica al cual se encuentra conectado el UPS (voltaje de entrada). También se utiliza para medir el voltaje alterno que suministra a los equipos de radioenlace a la salida del UPS (voltaje de salida). Este sensor se muestra en la Figura 18.

5.1.1.5 Tarjeta Controladora Arduino UNO.

La tarjeta controladora Arduino UNO, cumple la función de recibir mediante pines analógicos los valores enviados por los sensores tanto de voltaje como de corriente continua para procesarlos, asignándoles un formato y orden respectivo para su posterior envío e interpretación en la tarjeta Raspberry.

5.1.1.6 Módulo de Expansión RPICT4V3.

El módulo de expansión RPICT4V3 versión 2.0, mostrada en la Figura 22, se utiliza junto con la tarjeta Arduino UNO, para recibir mediante los pines analógicos los valores enviados por los sensores tanto de voltaje como de corriente alterna para procesarlos y asignarles un formato y orden respectivo para su posterior envío e interpretación en la tarjeta Raspberry.

5.1.1.7 Raspberry Pi 3 Modelo B.

El núcleo central del sistema de monitoreo se procesa en la tarjeta Raspberry Pi3 modelo B (observe la Figura 51), donde: **1)** se ejecuta el código fuente desarrollado para la interfaz gráfica de usuario del sistema; **2)** se conecta a la red de telefonía celular a través del modem 3G (gestionado por la herramienta *Network Connections*) para tener un canal de comunicación con acceso a Internet; **3)** se levanta y administra el servidor VNC para dar acceso remoto al sistema de monitoreo y **4)** permite el control para el reinicio eléctrico de los equipos de radioenlace, a través de los pines GPIO conectados a un módulo de relés.

5.1.1.8 Módulo de 4 Relés.

Se utiliza el módulo para conectar la fase de energía, que alimenta a los equipos de radioenlace ubicados en la estación Bain, a los pines del relé, para permitir el control de conexión y desconexión de la fuente de alimentación a través de la conmutación de sus terminales. El control del relé se realiza mediante la ejecución de un comando previamente programado en la tarjeta Raspberry, el cual envía una orden a través de uno de sus pines GPIO para activar o desactivar al relé.

5.1.1.9 Módulo 3G USB Movistar

El módulo 3G se utiliza para tener un canal de comunicación entre un dispositivo central y uno remoto, a través de la red celular, con acceso a internet. El módulo 3G está conectado a un puerto USB de la tarjeta Raspberry.

El módulo 3G se puede activar para funcionar con cualesquiera de las operadoras de telefonía móvil que operan en el mercado local y nacional como Claro, Movistar o CNT. Las operadoras nombradas tienen desplegada infraestructura en el cantón Saraguro y la cobertura abarca el sitio donde se instalarán los equipos para el sistema de monitoreo y control.

El módulo 3G se activó con la operadora de telefonía celular Movistar, debido a que la cobertura móvil abarca también al sitio (cerro Bain) donde están instalados los equipos del radioenlace (intervenidos para el desarrollo del sistema de monitoreo y control) de propiedad de la empresa Saragurosnet. Además, ofrece acceso a internet mediante planes económicos.

5.1.2. Herramientas de Software.

5.1.2.1 IDE Python.

Se utilizó el lenguaje de programación Python en su versión 3.6, para el desarrollo del código fuente del programa del sistema de monitoreo. Aprovechando múltiples librerías tanto propias de Python, como de terceros, se consigue: lectura de los datos mediante puerto serial, la interacción de la interfaz gráfica de usuario (PyQt) y el envío de correos electrónicos (*smtplib*) de alerta temprana, entre las más relevantes.

5.1.2.2 Qt Designer.

Se usó la herramienta *Qt Designer* en su versión 5.9.5 para la elaboración de la interfaz gráfica de usuario de manera práctica y eficiente que ofrece una interacción amigable con el usuario.

5.1.2.3 IDE Arduino.

La programación del Arduino UNO y de la tarjeta RPICT4V3 (ATmega328) se realizó con el software IDE Arduino.

5.1.2.4 Network Connections.

El software *Network Connections*, se utilizó para gestionar las conexiones de red de la tarjeta Raspberry Pi y lograr la conexión a la red celular 3G.

5.1.2.5 Raspbian Stretch 9.9.

La gestión y administración de la tarjeta Raspberry Pi 3 se realizó bajo el sistema operativo oficial Raspbian en su versión 9, última versión, disponible hasta la ejecución de la presente investigación.

5.1.2.6 VNC Server y VNC Viewer.

Se utilizaron estos productos en su versión no comercial para el acceso remoto (Internet) al escritorio de Raspbian que se ejecuta en la Raspberry Pi ubicada en la estación Bain.

La validación y verificación del funcionamiento del software de monitoreo diseñado e implementado en el presente trabajo se realizó mediante la certificación emitida por el personal técnico del ISP Saragurosnet, la cual se indica en el Anexo 0.

5.2 Métodos

El trabajo de investigación se desarrolló empleando una metodología mixta (cuantitativa y cualitativa) que permitió la toma de datos de los parámetros en estudio y la selección de los equipos más adecuados.

5.2.1. Método Incremental.

El método incremental se utilizó para lograr el cumplimiento de las etapas de diseño e implementación del sistema de monitoreo desde las fases más sencillas hasta completar todas las etapas del proyecto.

5.2.2. Método Deductivo.

El método deductivo permitió seleccionar los equipos y software necesarios para la obtención de datos, tratamiento de la información recopilada, presentación y disposición para el posterior análisis y toma de decisiones.

5.2.3. Método Inductivo.

El método inductivo se utilizó para indagar información de trabajos, proyectos o investigaciones que guiaron en la elaboración del sistema de monitoreo en cuanto al diseño de la interfaz gráfica de usuario, control e integración de los sensores y tarjetas electrónicas que se emplearon.

5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS Y CONTROL DE REINICIO ELÉCTRICO.

El proceso de diseño del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos y reinicio eléctrico remoto para equipos de radioenlace, se indica en el diagrama de bloques mostrado en la Figura 25.

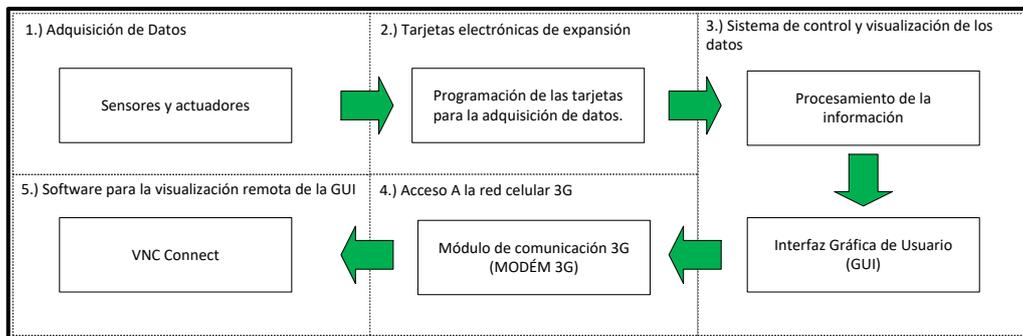


Figura 25. Diseño del sistema de monitoreo.

Fuente: Autor.

5.3.1. Programación y Configuración de Dispositivos Electrónicos.

5.3.1.1 Tarjeta Arduino UNO: Sensor Voltaje DC y Sensor Corriente DC

La tarjeta Arduino Uno está diseñada para trabajar con señales digitales, sin embargo, se puede programar mediante líneas de código (o librerías de Arduino) para que las señales analógicas que se reciben puedan ser correlacionadas con valores entendibles por el microcontrolador.

La Función *analogRead(pin)* es un método para Arduino que permite leer el valor desde el pin analógico especificado con una resolución de 10 bits. Esta función funciona en los pines analógicos (0-5) de la tarjeta Arduino Uno. El valor resultante es un entero de 0 a 1023.

En el desarrollo de la programación para la obtención de los valores de voltaje (0 a 25 voltios) de la batería, se convierten en el intervalo de 0-1023.

```
int Sensor = A0;
float sensibilidad=0.066;
char control = '0';

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  if (Serial.available()>0)
  {
    control = Serial.read();
    if (control == 'L')
    {
      float voltaje = (float)25*analogRead(A0)/1023;
      float Idc=calculoCorriente(500);

      Serial.print(voltaje);
      Serial.print(' ');
      Serial.println(Idc,2);

    }
  }

  delay(500);
}

float calculoCorriente(int numeroMuestras)
{
  float leerAcs712 = 0;
  float intensidad = 0;
  for(int i=0;i<numeroMuestras;i++)
  {
    leerAcs712 = analogRead(A1) * (5.02 / 1023);
    intensidad=intensidad+(leerAcs712-2.5)/sensibilidad;
  }
  intensidad=intensidad/numeroMuestras;
  return(intensidad);
}
```

A continuación, se detallan los pasos para la programación de los sensores DC.

Paso 1: Selecciona la entrada de los sensores y declaramos el tipo de información almacenado en una variable, sólo puede ser del tipo con que se declaró esa variable

Paso 2: Configurar la velocidad del puerto serie

Paso 3: Se realiza una condición que nos muestre la información de los datos al momento que se ingresa por teclado la letra “L”; caso contrario no mostrará ninguna información de los sensores, tanto de corriente continua como de voltaje continuo.

Paso 4: El voltaje máximo de entrada análogo de Arduino es de 5V, por lo que la tensión de entrada de este módulo no debe ser superior a $5V \times 5 = 25V$ (si el sistema con el que estamos trabajando es de 3.3V, el voltaje de entrada no debe ser superior a $3.3V \times 5 = 16.5V$). La resolución de este módulo es de aproximadamente 0.00489V ($5V/1023$), por lo que el mínimo valor de tensión a detectar es de 0.02445V.

Así mismo hacemos un muestreo de los datos entregados por el sensor de corriente, en este caso obtenemos la corriente promedio de 500 muestras cada 1 segundo, es como un filtro donde hacemos unas medidas y buscamos la mayor aritmética que nos imprima la corriente con 3 decimales. Después hacemos que lea la tensión del sensor en el puerto A1 seguidamente calculamos la corriente y sumamos los valores obtenidos

Paso 5: Anteriormente se crea una nueva condición donde nos arrojará los datos a través del PIN A0 para lo que es el voltaje continuo y por el PIN A1 para lo que es la corriente continua.

5.3.1.2 Módulo Expansor RPICT4V3 v3.0.

➤ Configuración de Raspbian para Lectura por Puerto Serial.

Este trabajo de titulación cubrirá los pasos para configurar un RasperryPi para leer el flujo (datos seriales) CSV desde la placa de la serie RPICT4V3 v3.0

El proceso de programación de la placa RPICT4V3 permite enviar un flujo continuo de datos (parámetros eléctricos) cada cierto intervalo de tiempo, configurado por el programador, mediante los pines habilitados para la comunicación serial con la tarjeta Raspberry Pi. Sin embargo, el sistema operativo Raspbian que se ejecuta en la Raspberry

Pi deshabilita por defecto la comunicación serial a través de estos pines, para habilitar dicha conexión se hace uso de la herramienta de configuración del sistema llamada “**raspi-config**” y se realizan los pasos que se detallan a continuación para poder leer los datos enviados por el módulo RPICT4V3.

Paso 1: Ejecute la herramienta raspi-config

```
$ sudo raspi-config
```

En el menú, expanda el Sistema de archivos (opcional).

```
7 opciones avanzadas
A1 Expandir sistema de archivos
```

Luego deshabilite el inicio de sesión uart

```
5 opciones de interfaz
Serie P6
```

Seleccione **No** a la pregunta del shell de inicio de sesión.

Seleccione **Sí** para el hardware del puerto serie para habilitar la pregunta.

Seleccione **No** en la pregunta de reinicio (lo haremos más adelante).

Paso 2: Opcional

Actualice el sistema operativo Raspbian.

```
sudo apt-get update
$ sudo nano /boot/config.txt
```

Paso 3: Edite el archivo /boot/config.txt

```
$ sudo nano /boot/config.txt
```

Al final del archivo agregue la siguiente línea:

```
dtoverlay = pi3-disable-bt
```

(tenga en cuenta que lo anterior deshabilitará bluetooth; si se necesita bluetooth, no ejecute este paso y use ttyS0 en lugar de ttyAMA0 para lo que sigue). Una línea del comando anterior sería

```
sudo bash -c 'echo "dtoverlay = pi3-disable-bt" >> /boot/config.txt'
```

Guardar y salir del archivo.

Paso 4: Opcional

Desactivar hciuart

```
sudo systemctl disable hciuart
```

Paso 5: Reiniciar

```
sudo reboot & exit
```

regrese a la sesión ssh nuevamente una vez que el Raspberrypi vuelva a funcionar.

Paso 6:

Inserte la placa RPICT en el RPI. Configurar y leer desde el puerto serie

```
stty -F /dev/ttyS0 raw speed 38400  
cat /dev/ttyS0
```

Paso 7: Opcional

Puede servir tener lista la placa con todas las utilidades listas en este momento. Solo emita los siguientes comandos:

```
sudo apt-get install python-serial  
wget lechacal.com/RPICT/tools/lcl-rpict-config.py.zip  
unzip lcl-rpict-config.py.zip
```

➤ Configuración de Parámetros

La información presentada en lason los parámetros que puede modificar el usuario en la programación principal para poder aumentar o disminuir la cantidad de sensores y las variables eléctricas a medirse.

Tabla 6, son los parámetros que puede modificar el usuario en la programación principal para poder aumentar o disminuir la cantidad de sensores y las variables eléctricas a medirse.

Tabla 6. Parámetros o Variables del módulo de expansión RPICT4V3.

Parámetro	Descripción	Rango Esperado	Valor por Defecto
Format	Formato de salida para ser utilizado por el puerto serie.	0 - CSV 3 - Emonhub 4 - Binario	3
Nodeid	Número de identificación del dispositivo. Bien usado con el formato emonhub	Cualquier número entre 0 y 255.	1
Polling	Número de milisegundos entre cada dato que se enviará en serie.	Cualquier número no nulo hasta 65535.	5000
kcal	Coeficiente de calibración de corriente o voltaje. Debe contener 5 veces 8 valores. Los primeros 8 valores son para esclavo1. Los segundos 8 valores son para esclavo2, etc. Los últimos 8 valores son para la placa maestra. Cada valor dentro de un bloque de 8 debe estar en el mismo orden que en la Tabla 9.	Cualquier número de coma flotante.	Depende del tipo de tabla.
Vest	Voltaje para calcular la potencia estimada. Por lo general, 240V 220V o 110V. Solo aplica para el tipo de canal número 5 (potencia estimada). Debe configurarse incluso si no se usa. Establezca vest = 1 para obtener la salida como amperios en lugar de vatios. Establecer vest = 1000 para obtener miliamperios.	Cualquier número de coma flotante.	240.0
xpFREQ	Frecuencia esperada a medir debe establecerse aquí. Típicamente 50 o 60Hz. Esto no tiene que ser muy preciso. Un valor nominal suele ser suficiente.	Un entero entre 1 y 255	50
Ncycles	Establezca el número de ciclo a medir. Esto establece directamente la ventana de muestreo. El mínimo sería 1. Máximo 255. Cuanto menor sea el número, más rápido y con mayor capacidad de respuesta son los datos, pero más propensos a las anomalías. Cuanto mayor sea el número, más lenta será la lectura, pero más promediada con el tiempo. Los valores de 10 o 20 suelen ser buenos.	Un entero entre 1 y 255	20

Nnode	Número de pares de corriente / voltaje para calcular.	Un entero entre 0 y 255	Depende del tipo de tabla.
Nchan	Número de canales (o campos) a la salida.	Un entero entre 0 y 255	Depende del tipo de tabla.
HWSCT	Configuración de pin de una entrada de corriente. Solo los primeros Nnode son relevantes.	Un entero entre 0 y 255	Depende del tipo de tabla.
HWMCPST	Identificador maestro o esclavo para la entrada actual. Solo los primeros Nnode son relevantes.	Un entero entre 0 y 255	Depende del tipo de tabla.
HWVOL	Configuración de pin de una entrada de voltaje. Solo los primeros Nnode son relevantes.	Un entero entre 0 y 255	Depende del tipo de tabla.
HWMCPVOL	Identificador maestro o esclavo para entrada de voltaje. Solo los primeros Nnode son relevantes.	Un entero entre 0 y 255	Depende del tipo de tabla.
CHTYPE	Tipo de canal a la salida. Vea la tabla de abajo.	Un entero entre 0 y 255	Depende del tipo de tabla.
CHID	Identificado desde qué nodo de combinación definido con HWSCT se debe emitir el canal. 0 siendo el primer nodo.	Un entero entre 0 y 255	Depende del tipo de tabla.
Depurar	Activar / desactivar depuración	Un entero entre 0 y 255	0

Fuente: (LeChacal, 2019)

El parámetro 255 mostrado en la Tabla 6 y presentes en el archivo de configuración son solo marcadores de posición.

➤ **Pares Corriente / Voltaje**

Los pares de corriente / voltaje son programas en el microcontrolador que calculan la potencia dada un par de corriente / voltaje. Se deben proporcionar cuatro parámetros dados como los números de pin donde encontrar la corriente y el voltaje y también qué esclavo (o maestro) se utilizará. Por ejemplo, si: (LeChacal, 2019)

HWSCT = 8

HWMCPST = 6

HWVOL = 1

HWMCPVOL = 10

Utilizará la corriente ct1 (8) en el esclavo 1 (6) calculado contra el voltaje1 (1) en la placa maestra (10). Las siguientes tablas muestran todas las asignaciones de pines: (LeChacal, 2019)

Tabla 7. Pines de Corriente-Pines de Voltaje

Número de PIN HWSCT/HWVOL	RP ICT4V3v3.0
1	V3
2	V2
3	V1
4	nc
5	CT4
6	CT3
7	CT2
8	CT1
127	Vest

Fuente: (LeChacal, 2019)

- El Vest es voltaje estimado. Si el pin se establece en 127, el par CV calculará solo contra el Vest y el voltaje no medido. (LeChacal, 2019)

Tabla 8. Pines Maestros-Eslavos

Número de PIN HWMCP SCT / HWMCPVOL	Tipo de tablero
10	Maestro
6	Esclavo1
7	Esclavo2
8	Esclavo3
9	Esclavo4

Fuente: (LeChacal, 2019)

➤ Canales

Nos referimos como un canal aquí para enviar un flujo de datos. Por ejemplo, Vrms y Realpower derivados de un mismo sensor serán dos canales diferentes. Estos están configurados con dos números. El primero es el id del par CV definido anteriormente. Se debe tener en cuenta que la primera identificación de combinación es cero (0). El segundo número identifica el tipo de canal. Por ejemplo: (LeChacal, 2019)

CHTYPE = 3

CHID = 0

Utiliza el id del par CV de voltaje / corriente 0. Tipo de canal 3 que es Vrms (como se describe en la Tabla 9).

Tabla 9. Variables Medidas por RPICT4V3.

Código	Tipo de Canal	Descripción
0	Ninguna	
1	Potencia Real	Potencia real en vatios
2	Potencia Aparente	Potencia aparente en vatios. Esto es $I_{rms} * V_{rms}$
3	V_{rms}	Rms Voltaje en voltios
4	I_{rms}	Rms actual en miliamperios
5	Potencia estimada	Potencia estimada en vatios. Este es $I_{rms} * V_{est}$.
6	Factor de Potencia	Factor de potencia (sin unidades). Esto es Potencia real / Potencia aparente.
8	Frecuencia	Frecuencia en hercios

Fuente: (LeChacal, 2019)

➤ **Calibración VCAL e ICAL.**

Estos coeficientes proporciona el fabricante y son valores óptimos para operar de inmediato y proporcionar una lectura aceptable. Esto también se aplica para el ADC y los componentes pasivos en la placa RPICT. El proyecto investigativo se requiere ajustar los coeficientes de calibración para obtener valores más precisos. Para lograr esto se requerirá un multímetro y de acuerdo a la referencia del fabricante se procede de la siguiente forma: (LeChacal, 2019)

➤ **Voltaje VCAL.**

Paso 1:

La configuración de un valor aproximado para VCAL, utiliza un valor de $VCAL = 545.0$ en nuestro ejemplo.

Paso 2:

El voltaje V_{rms} debe seleccionarse como salida en la configuración RPICT. Conectamos el adaptador de CA / CA a la placa que se va a probar y se registra la lectura del voltaje medido dado por el RPICT. En nuestro caso obtenemos $V_{mes} = 225.153713$ (LeChacal, 2019)

Paso 3:

Utilizamos el multímetro para leer el valor de voltaje real. En nuestro caso $V_{real} = 119.6$

Paso 4:

Calcula el nuevo VCAL como tal

$$\text{nuevoVCAL} = \text{VCAL} * \text{Vreal} / \text{Vmes}$$

En nuestro caso:

$$\text{nuevoVCAL} = 545 * 119.6 / 225.153713 = 289.5$$

Paso 5:

Introducimos el valor *nuevoVCAL* en la configuración.

➤ **Corriente ICAL**

Paso 1:

La configuración de un valor aproximado para ICAL, usamos ICAL = 83.33 en nuestro ejemplo.

Paso 2:

La corriente Irms debe seleccionarse como salida en la configuración RPICT. Conectamos el sensor de CT a la placa para pruebas. Usamos una carga significativa de aproximadamente 2kW de potencia. Aplicamos la carga y registramos la lectura de la tensión medida dada por el RPICT. En nuestro caso obtenemos Imes = 766.563526mA (LeChacal, 2019)

Paso 3:

Al mismo tiempo que se mide la carga, usamos el multímetro para leer el valor actual real. En nuestro caso Ireal = 507.7mA

Paso 4:

Calcula el nuevo ICAL como tal

$$\text{nuevoICAL} = \text{ICAL} * \text{Ireal} / \text{Imes}$$

para nosotros el

$$\text{nuevoICAL} = 83.33 * 507.7 / 766.563526 = 55.1902$$

Paso 5:

Introducimos el valor *nuevoICAL* en la configuración.

5.3.1.3 Programación de la tarjeta RPICT4V3 v3.0

```

//*****USER PARAMETERS START*****
// Change parameters below. Use the link below for guidance.
//      http://lechacal.com/wiki/index.php/Over_Serial_Configuration_
//_Sketch_2.6
// Example below is for a 5 stack of
// 1 RPICT4V3 as Master
// 4 RPICT8 as slave
// V1 computes againts Slave1
// V2 computes againts Slave2
// V3 computes againts Slave3
// CT on master computes against V1
// CT1 to CT4 on Slave4 against V2
// CT5 to CT8 on Slave4 against V3
// Outputs are V1, V2, V3, CT1, CT2, CT3, ... , CT35, CT36
const byte NODEID = 11;
char control = ' ';
int a = 0;
const double VEST = 110.0; // To use estimated voltage define HW_vol as
    127 and CH_type as 5.
const unsigned int PROGMEM POLLING = 2000;
const float PROGMEM KCAL[N_MAX_BOARD][N_SENSORS] = {
    {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
    {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
    {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
    {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
    {289.5, 289.5, 289.5, 1, 55.19, 55.19, 55.19, 55.19}
};

const byte N_nodes = 6; //
const byte N_channels = 7;
const byte HW_sct[MAX_NODES] = {
    8, 7, 1, 1, 8, 7, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255};
const byte HW_mcp_sct[MAX_NODES] = {
    10, 10, 0, 0, 10, 10, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255};
const byte HW_vol[MAX_NODES]{
    0, 0, 3, 2, 3, 2, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255};
const byte HW_mcp_vol[MAX_NODES] = {

```

```

0, 0, 10, 10, 10, 10, 255, \
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, \
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, \
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255};
const byte CH_type[MAX_CHANNELS_] = {
4, 4, 3, 3, 2, 2, 6, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,
255, \
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,
255, 255, 255, 255};
const byte CH_id[MAX_CHANNELS_] = {
0, 1, 2, 3, 4, 5, 4, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, \
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, \
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,
255, 255, 255, 255};
//*****USER PARAMETERS END*****

```

A continuación, se detallan los pasos para la programación indicada del RPICT4V3v3.0.

Paso 1: Identificamos el número del dispositivo y definimos las variables a utilizarse.

Paso 2: Modificamos la variable VEST con la energía que se va utilizar, en este caso 110V.

Paso 3: Hacemos que nuestro intervalo de muestras sea cada dos segundos en la variable POLLING

Paso 4: En la variable KCAL hay que tener en cuenta que los cuatro primeros vectores son para dispositivos esclavos y el ultimo vector es para el dispositivo esclavo. La tarjeta RPICT4V3 tiene dos configuraciones, una que es completamente en modo MAESTRO y otras combinaciones posibles dependiendo de cuantas tarjetas utilicemos y cuantos sensores estén conectados. En este caso utilizaremos completamente el modo maestro.

Paso 5: Realizamos la nueva calibración de los valores tanto de corriente alterna y voltaje alterno, luego los reemplazamos en el vector maestro. Debemos tener en cuenta que los cuatro primeros valores son para el sensor de voltaje y los últimos cuatro valores son para el sensor de corriente.

Paso 6: Se define el número de nodos a utilizarse en la variable N_node

Paso 7: Se define el número de canales a transmitirse en la variable *N_channels*

Paso 8: Configuramos la variable *HW_sct* refiriéndonos a la **Tabla 7**, teniendo en cuenta, que salidas vamos a utilizar de la tarjeta RPICT4V3.

Paso 9: Se define la variable *HW_mcp_sct* como modo maestro. Véase la **Tabla 8**.

Paso 10: Configuramos la variable *HW_vol* refiriéndonos a la **Tabla 7**. Teniendo en cuenta, que salidas vamos a utilizar de la tarjeta RPICT4V3.

Paso 11: Se define la variable *HW_mcp_vol* como modo maestro. Véase la **Tabla 8**.

Paso 12: Definimos el tipo de canal o variable que vamos a mostrar. Véase la **Tabla 9**

Paso 13: Se define el tipo de canal que se va imprimir con las diferentes combinaciones de las mismas. Véase la **Tabla 9**

5.3.1.4 Modem USB 3.5G

Cuando se conecta el módulo 3G al puerto USB de la Raspberry Pi, la tarjeta reconoce el módulo de forma inmediata, no obstante, para manipular el módulo, se requiere del proceso que se detalla a continuación:

Paso 1:

```
sudo apt-get update
```

Paso 2:

```
$ sudo apt-get install network-manager network-manager-gnome nm-applet  
ppp wvdial
```

Paso 3:

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

Paso 4:

Después de los pasos anteriores, en la pestaña *inicio / preferencias* de la tarjeta Raspberry Pi, encontramos la opción “*Network Connections*” desde la cual podemos configurar el módulo 3G. Seleccionamos *Add / Mobile Broadband* y buscamos el dispositivo. En la Figura 26 se puede observar la primera opción que muestra el asistente de instalación, la cual es elegir el tipo de conexión de red.

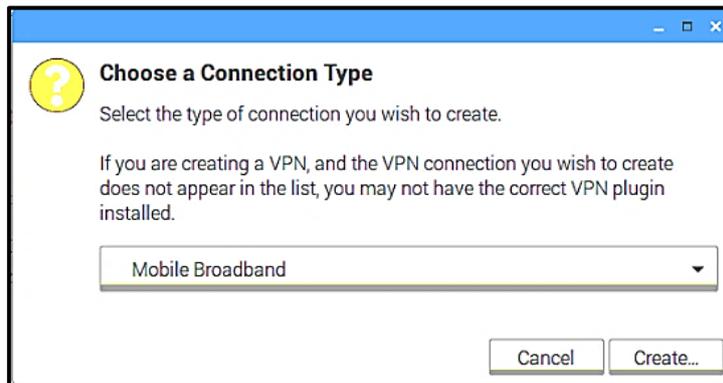


Figura 26. Tipo de conexión de red
Fuente: “AUTOR”

5.3.2. Instalación y configuración del VNC Server

El sistema operativo que se ejecuta en la tarjeta Raspberry tiene configurados varios programas por defecto para el acceso remoto hacia este dispositivo. Uno de los programas “cargados” previamente por el sistema operativo Raspbian, es la herramienta VNC. El interfaz VNC debe ser activado como se muestra en la imagen de la Figura 27.

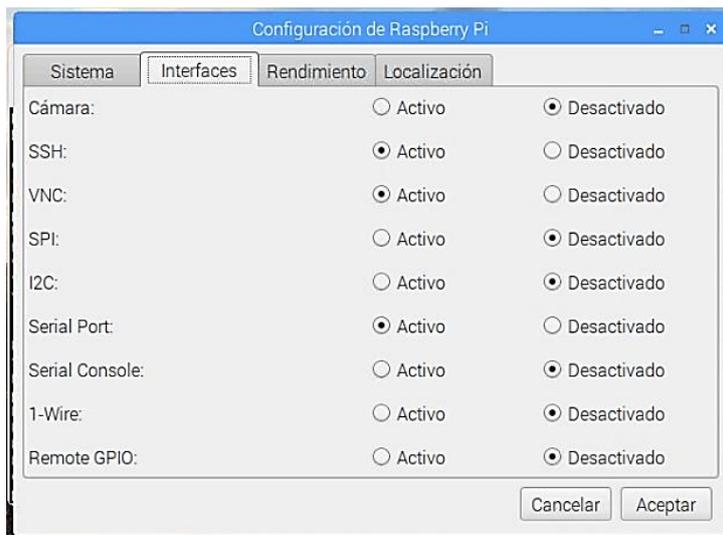


Figura 27. Enable VNC Server
Fuente: Autor

5.3.3. Sistema de Visualización de los Datos.

En esta sección se indica el desarrollo de la interfaz gráfica de usuario o GUI, la cual permite realizar las lecturas de las variables eléctricas para presentarlas al usuario final mediante un panel informativo.

La programación de la interfaz gráfica se desarrolló en el lenguaje de programación Python 3 en su versión 3.6.7 sobre el sistema operativo Raspbian Stretch. También se utilizó el IDE Geany en su versión 1.29. Estos lenguajes de programación se ejecutan en la tarjeta Raspberry.

La definición de GUI se puede resumir en dos términos ampliamente conocidos en el desarrollo web como es el front-end y el back-end.

El **front-end**, hace referencia a la parte del software que interactúa con los usuarios (etiquetas, cuadros de texto, figuras, etc.) que permite tanto ingresar como presentar datos o señales de control.

El **back-end**, gestiona la entrada desde el front-end y procesa la información para mostrarla posteriormente al usuario o también para ejecutar una acción de control mediante líneas de código escritas en un lenguaje de programación.

5.3.3.1 Diseño y Desarrollo de la Interfaz Gráfica de Usuario: Front-end.

La plantilla “ventana principal” o “main windows” de la herramienta Designer se utilizó para visualizar los valores de las variables eléctricas que intervienen en el sistema de alimentación ininterrumpida o UPS que da abasto a los equipos de radioenlace, así como el control del reinicio eléctrico de los mismos.

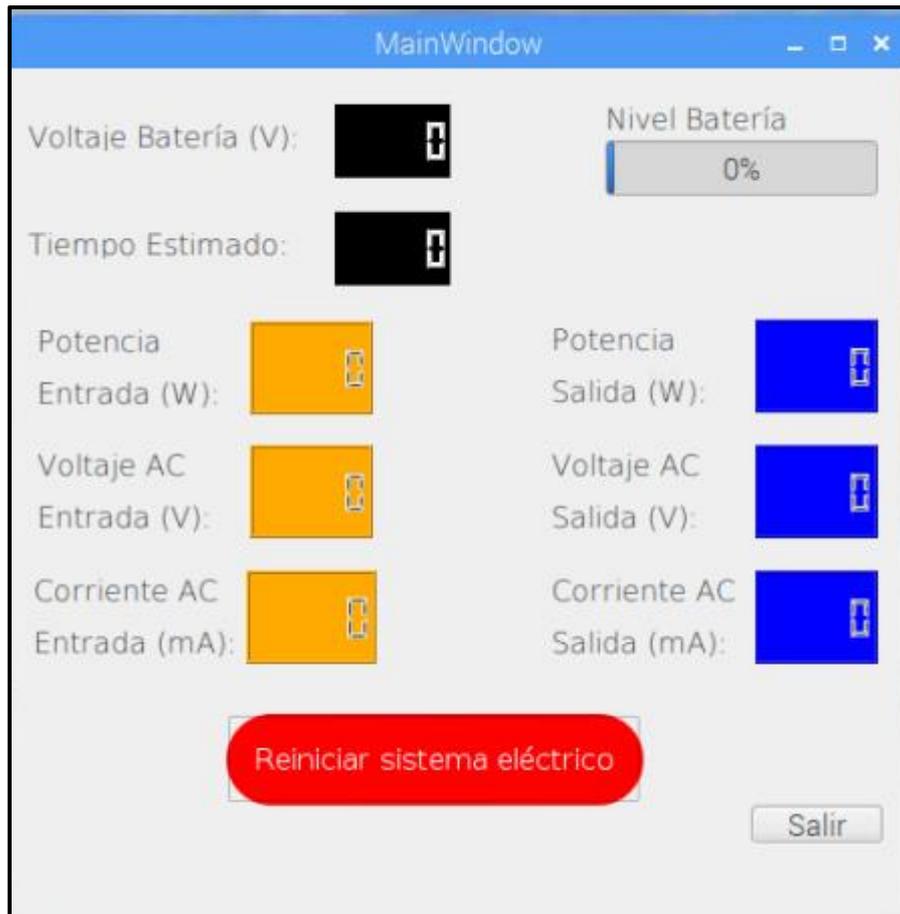


Figura 28. Ventana principal del software de monitoreo y control para la red de telemetría.
Fuente: Autor.

En la Figura 28, se indica la ventana principal de la GUI, en ella se puede apreciar las distintas variables energéticas como: la potencia, el voltaje y la corriente tanto de entrada como de salida. Al referirnos de variables energéticas de entrada se trata de los parámetros medidos de la red de suministro eléctrico principal que alimenta al UPS y las variables de salida supervisan la salida del mismo, observe la Figura 32.

En la interfaz gráfica que muestra la *Figura 28*, también se presentan los parámetros eléctricos del voltaje continuo de la batería, el tiempo estimado de duración de batería, una vez ocurrido un corte del suministro principal de energía eléctrica y el nivel de carga de la batería.

Además, el interfaz mostrado en la *Figura 28*, presenta un botón denominado “Reiniciar sistema eléctrico”, sobre el cual se ingresa una orden y a continuación verificará la orden previamente ingresada para ejecutar una acción en caso de ser afirmativa.

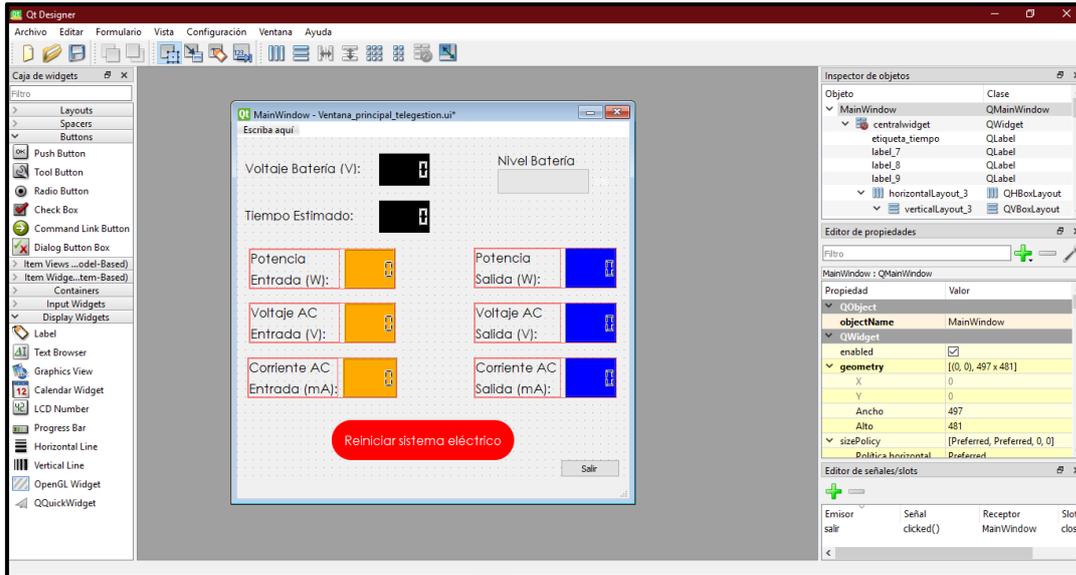


Figura 29. Diseño de la interfaz gráfica de usuario en la herramienta Qt Designer.

Fuente: Autor.

En la Figura 29, se indica la ventana principal del software Qt Designer, en donde se diseñó la GUI del sistema de monitoreo. También se puede apreciar en la parte izquierda la “caja de widgets”, la cual se utilizó para crear las respectivas etiquetas de texto “Label”, las interfaces numéricas “LCD Number”, la barra de progreso “Progress Bar” y los botones “Push Button”. En la parte derecha se ubica el inspector de objetos el cual nos indica la clase a la que pertenecen los objetos y cuales contienen unos a otros, aquí también podemos encontrar el editor de propiedades, en donde uno de los parámetros más importantes en este apartado es el “**objectName**”, el cual le asigna un nombre al objeto (widget) creado, la importancia radica en el hecho que para interactuar con el back-end se direcciona a dicho nombre para realizar la visualización de la información o control según corresponda.

Finalmente se localiza el editor de señales/slots en donde las señales representan los eventos realizados sobre los widgets, como por ejemplo un click, y los slots son básicamente las acciones que deben realizarse luego de ocurrir dicho evento como por ejemplo cerrar una ventana.

5.3.3.2 Desarrollo de la Interfaz Gráfica de Usuario: Back-end.

Hasta el párrafo anterior se describió el diseño de la interfaz gráfica del software de monitoreo, en donde cada ventana representa un archivo con formato *.ui* el cual está desarrollado en C++ creado por la herramienta de *Qt Designer*.

El desarrollo de la programación en Python se ejecuta de manera convergente para trabajar con el tipo de archivo *.ui* creado previamente.

Entonces se importa el archivo *.ui* dentro del código Python como se indica a continuación:

```
from PyQt5 import uic # importamos el módulo uic de la librería PyQt5
```

Al importar este módulo podemos hacer uso de la siguiente función:

```
uic.loadUi('Ventana_principal_telegestion.ui')
```

Esta línea de código permite cargar directamente el archivo *.ui* y trabajar sobre el haciendo referencia a los nombres de los distintos objetos creado en Qt Designer para sus respectivas señales y slot; todo ello directamente en código Python. Es decir, se carga el archivo y se empieza a trabajar en la lógica del programa.

El desarrollo en código Python de la ventana principal mostrada en la Figura 28 se realizó a través de la creación de una clase denominada “Ventana” heredada de la superclase “QMainWindow”, con los diferentes métodos y atributos que permite realizar las diferentes funciones para las cuales el programa fue creado. En la **Tabla 10** se describen todos los métodos creados para llevar a cabo las funciones deseadas del presente proyecto.

Tabla 10. Atributos y métodos de la Clase Ventana

Clase Ventana		Atributos	Nombre	Descripción
			GPIO	Pin GPIO de la Raspberry para el control del relé.
Ser	Puerto serial para la comunicación con el módulo RPICT4V3.			
Puerto	Variable para detectar el puerto serial en el que está conectado el Arduino			
Serusb	Puerto serial para la comunicación con el módulo Arduino.			
Tiempo	Tiempo de esperar para realizar las consultas de las variables eléctricas.			
voltaje_ref_bateria	Voltaje de referencia para estimar el nivel de carga de batería cuando está en descarga.			

		corriente_ref_bateria	Corriente de referencia para estimar el nivel de carga de batería cuando está en carga.
		I_ac_in, V_ac_in, I_ac_ou, V_ac_ou, P_ap_in, P_ap_ou, voltaje_bateria	Corriente alterna de entrada, Voltaje alterna de entrada, Corriente alterna de salida, Voltaje alterna de salida, Potencia aparente de entrada, Potencia aparente de salida, Voltaje Continuo de la Batería
		nivel_de_bateria_corriente/ nivel_de_bateria_voltaje	Nivel de batería en carga y en descarga respectivamente
		Tiempo_duracion	Tiempo estimado de duración de la batería cuando está en descarga en función del nivel de la batería y la potencia entregada a la carga.
	Métodos	lecturas_variables_electricas	Determina las variables eléctricas AC (Voltajes, Corriente, Potencias)
		analizar_variables_ac	Analiza las variables para detectar un corte de energía del suministro principal
		lectura_voltaje_bateria	Determina las variables eléctricas DC (Voltaje y Corriente)
		calcular_nivel_bateria	Calcula el nivel de batería para los estados de carga y descarga de la batería.
		calcular_tiempo_duracion	Calcula el tiempo estimado de duración de la batería para los ciclos de descarga de la batería.
		enviar_email	Envíame un email de alerta o aviso para dos situaciones específicas: corte o restauración de la energía de la red principal.
		reiniciar_sistema_electrico	Activa el relé para abrir el circuito que alimenta a los equipos de radioenlace durante 15 segundos.
		detectar_arduino	Escanea los puertos USB para detectar si se a conectado la tarjeta Arduino, en caso de ser afirmativo devuelvo el nombre del puerto en donde fue encontrado para su posterior uso.

Fuente: Autor.

La descripción del funcionamiento de la clase se realiza a través de un diagrama de flujo para simplificar la explicación de todo el proceso que lleva a cabo, observe las Figura 30 y Figura 31. El código desarrollado para esta clase se indica en el Anexo 0.

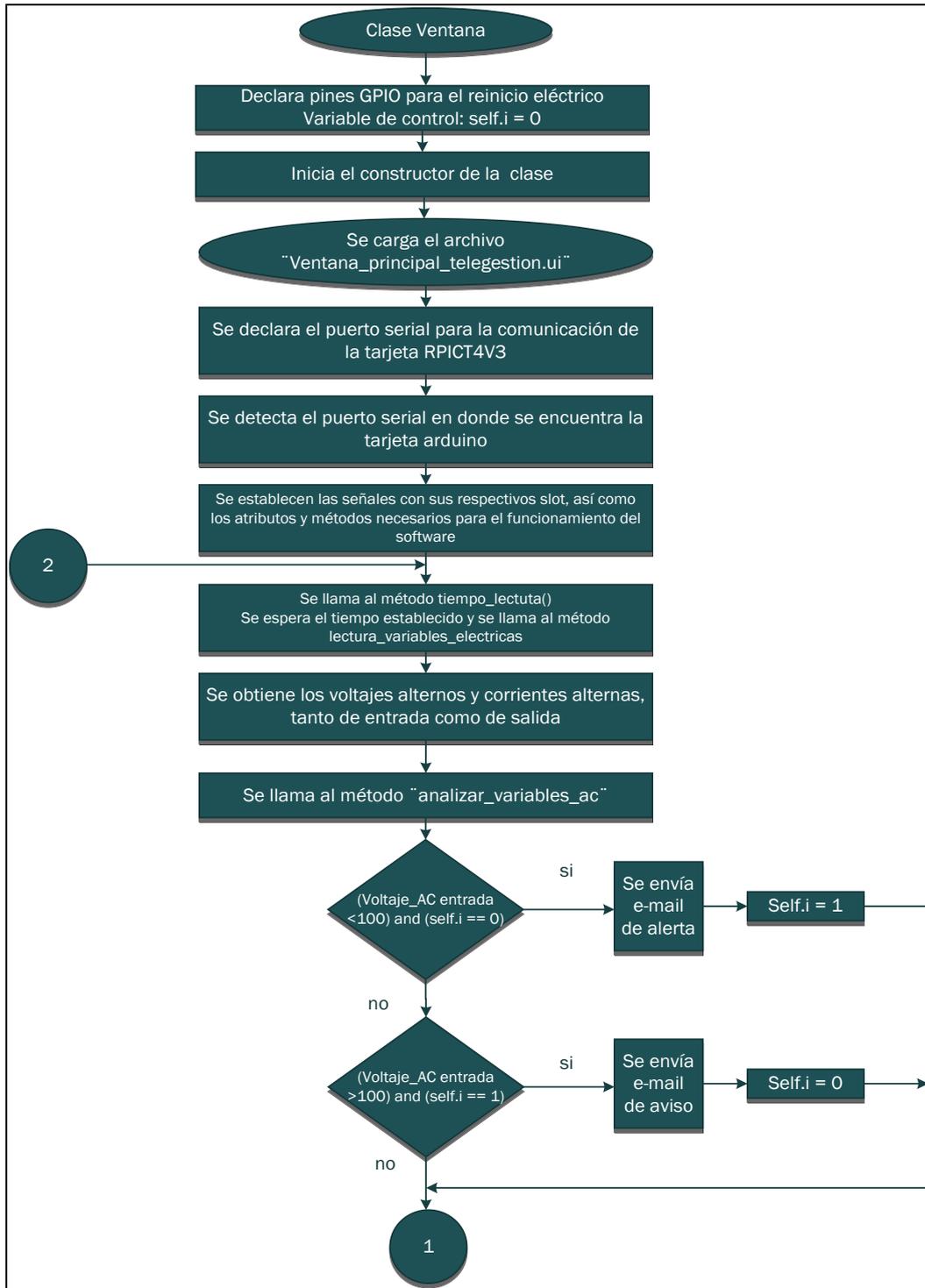


Figura 30. Diagrama de flujo de la clase Ventana: Parte 1.

Fuente: Autor.



Figura 31. Diagrama de flujo de la clase Ventana: Parte 2.
Fuente: Autor.

5.3.4. Esquema general de conexión física del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radioenlace

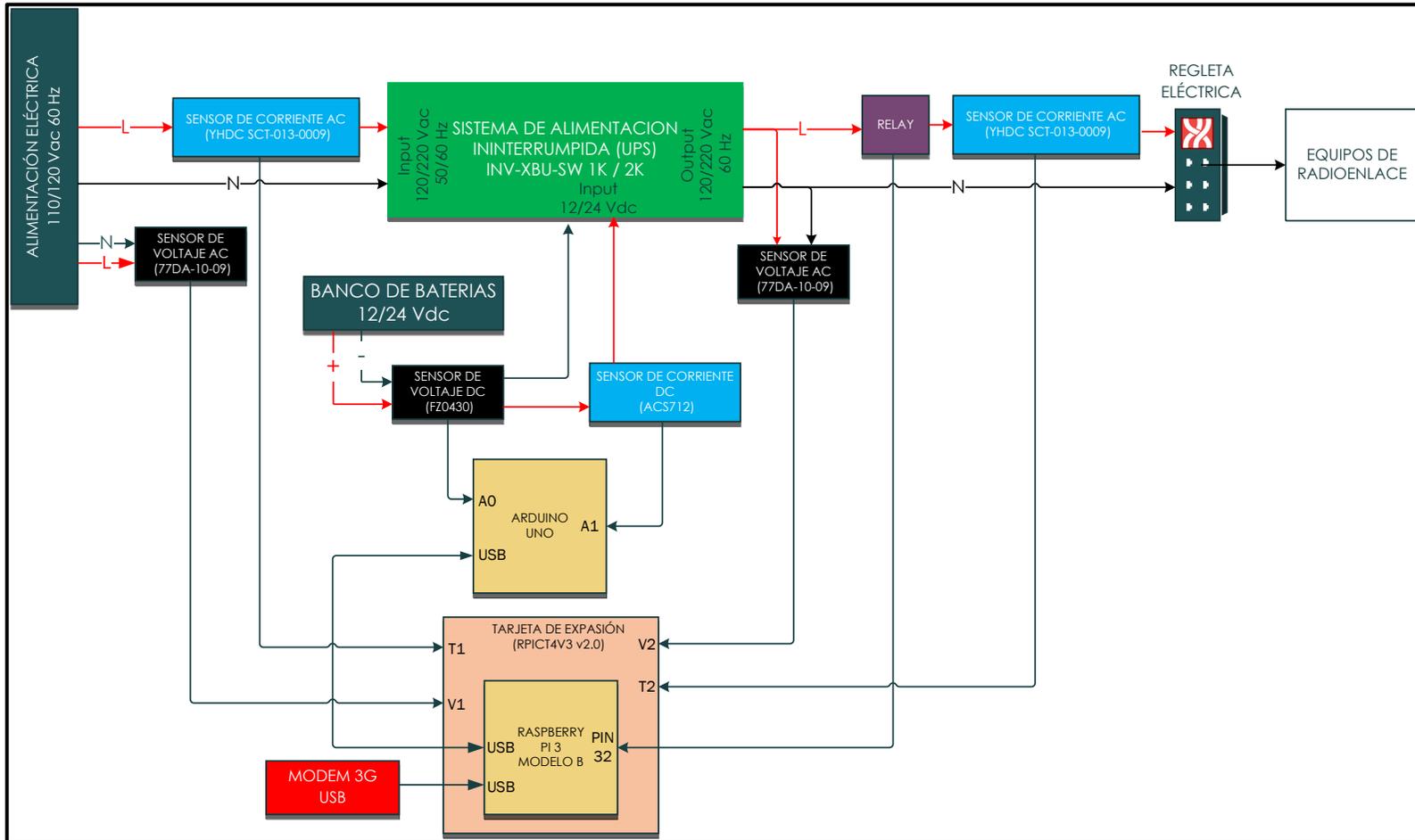


Figura 32. Esquema general de conexión física de un sistema de monitoreo de parámetros eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radio enlace

Fuente: Autor

La Figura 32 muestra las conexiones de todas las tarjetas electrónicas como del sensor de corriente continua y el sensor de voltaje continuo; la función de los sensores es recolectar datos de la batería de respaldo de energía.

La conexión del sensor de corriente alterna y el sensor de voltaje alterno sirven para la obtención de datos de las tomas eléctricas tanto a la entrada como a la salida del circuito. Los datos capturados por los sensores de voltaje y corriente continua son enviados a la tarjeta Arduino UNO en primer momento e inmediatamente, son transferidos a la tarjeta Raspberry para tratamiento. La tarjeta Raspberry es encargada de procesar los datos recolectados por los sensores.

El acceso remoto al sistema de monitoreo se realiza mediante el módulo 3G. Este canal de comunicación permite también el monitoreo remoto de la información.

5.3.5. Estructura física del CASE para los dispositivos electrónicos del sistema de monitoreo.

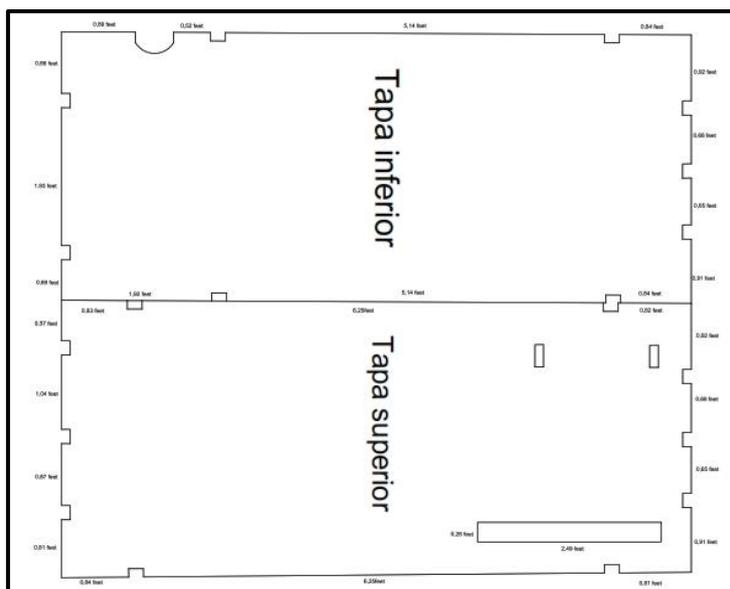


Figura 33. CASE tapas superior e inferior
Fuente: Autor

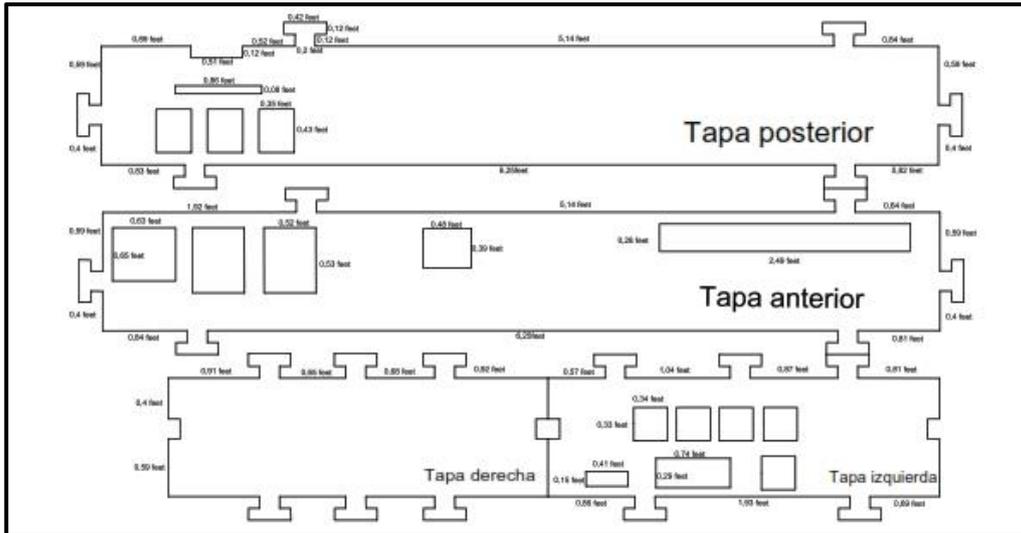


Figura 34. CASE tapas posterior, anterior, derecha e izquierda.
Fuente: Autor

El diseño de la caja que contiene los dispositivos electrónicos del sistema de monitoreo se muestra en la imagen de la Figura 33 y Figura 34. Se consideró las salidas correspondientes para la conexión de los sensores de corriente, voltaje alterno y alimentación de las tarjetas Raspberry y Arduino. También se incluyó las entradas a los puertos de conexión de las tarjetas controladoras para configuración y mantenimiento. El esquema digital se presenta en el Anexo digital 0.

6. RESULTADOS.

Los diferentes resultados obtenidos del diseño e implementación del sistema de monitoreo detallan a continuación:

6.1 Adquisición de Datos

Las señales de las variables eléctricas continuas correspondientes al voltaje y corriente, que fueron medidas en el banco de baterías son capturadas por los sensores FZ0430 y ACS712 respectivamente.

En cuanto a las variables eléctricas alternas tanto a la entrada como a la salida del sistema de alimentación ininterrumpida se miden por los sensores 77DA-10-09 y YHDC SCT-013-000 respectivamente.

Los datos que capturan los sensores de voltaje y corriente continua, son enviados desde la tarjeta Arduino UNO hacia la tarjeta Raspberry para ser procesados, mediante conexión USB. Las señales que obtienen los sensores de voltaje y corriente alterna, son enviados a la tarjeta Raspberry a través del módulo de expansión RPICT4V3 v2.0, mediante los pines destinados para la comunicación serial con la Raspberry.

Finalmente, para el reinicio eléctrico de los equipos de radioenlace se utilizó un relé del Módulo de 4 relés, que es controlado por la tarjeta Raspberry, previa orden ingresada por el usuario.

6.1.1. Adquisición de los datos de voltaje y corriente continua mediante sensores FZ0430 y ACS712

Los valores medidos por los sensores FZ0430 y ACS712, a través del puerto serial del entorno de desarrollo integrado de Arduino, son como los que se muestran en la imagen de la Figura 35.

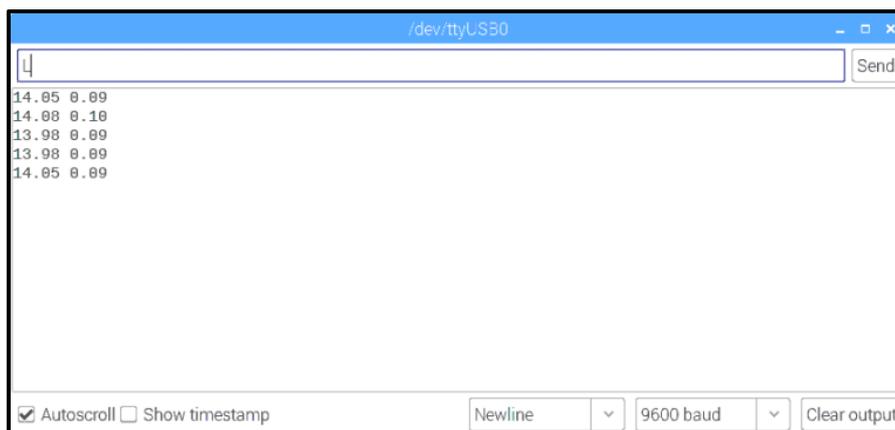


Figura 35. Datos del Voltaje (V) y Corriente (A) continúa medidos por los sensores FZ0430 y ACS712.
Fuente: Autor.

6.1.2. Adquisición de los datos de voltaje y corriente alterna mediante sensores 77DA-10-09 y YHDC SCT-013-000.

Los valores de voltajes y corrientes alternos, de entrada y salida del UPS medidos por los sensores 77DA-10-09 y YHDC SCT-013-000 y enviados a tarjeta Raspberry a través de los pines de comunicación serial, se indican en la imagen de la Figura 36. El sistema operativo instalado en la tarjeta de programación es *Raspbian 9.9 Stretch*.

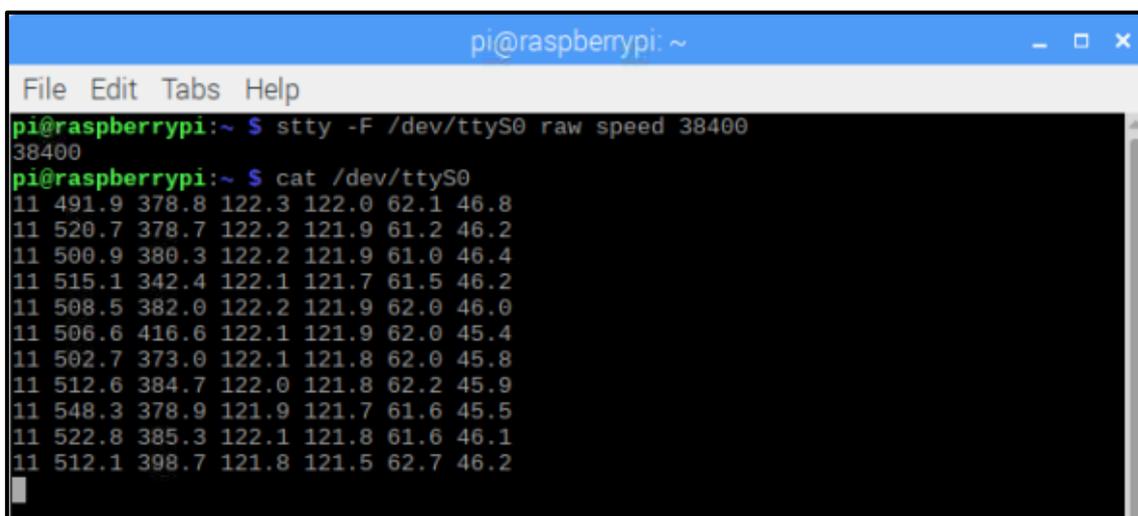


Figura 36. Datos de los Voltajes (V) y Corrientes (mA) alternas medidos por los sensores 77DA-10-09 y YHDC SCT-013-000.
Fuente: Autor.

Los datos que se muestran en la imagen de la Figura 36, son los que se imprimen en la terminal de la tarjeta Raspberry al hacer la lectura del puerto serial `/dev/ttyS0`. En el orden de izquierda a derecha son los siguientes:

- El primer valor, es el número de identificación de la tarjeta de expansión RPICT4V3 configurada en modo maestro;
- El segundo valor es la corriente de entrada (T1) medida en miliamperios;
- El tercer valor es la corriente de salida (T2) medida en miliamperios;
- El cuarto valor es el voltaje de entrada (V1) medido en voltios;
- El quinto valor es el voltaje de salida (V2) medido en voltios;
- El sexto valor es la potencia de entrada medida en vatios y
- El séptimo valor es la potencia de salida medida en vatios.

Todas estas variables son de tipo alterna, medidas por los sensores 77DA-10-09 y YHDC SCT-013-000.

6.2 Configuración del Modem 3G para el acceso a la red celular 3G.

Después de instalar el software *Network Connections* para la gestión y administración del módulo 3G, se muestra un frente gráfico que permite tramitar todas las conexiones de red que tiene el módulo, como se indica en la Figura 37.

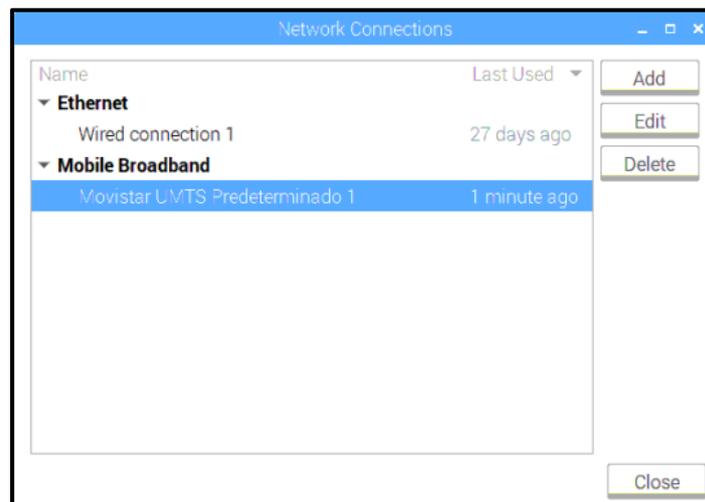


Figura 37. Gestión de la conexión a la red celular 3G mediante el software Network Connections.
Fuente: Autor.

El sistema de monitoreo requiere un canal de comunicación con acceso a internet, por lo que se utilizó la red celular de Movistar. Junto con el módulo 3G viene una tarjeta *SIM* con un número de identificación único de usuario, que permite acceder a la red de telefonía móvil.

El número asignado de la tarjeta *SIM*, se inscribe dentro de los parámetros solicitados por software *Network Connections*, además de un nombre de usuario, una contraseña y el punto de acceso a la red celular (APN). La información ingresada es requisito para conectarse a internet. Este proceso se indica la imagen de la Figura 38.

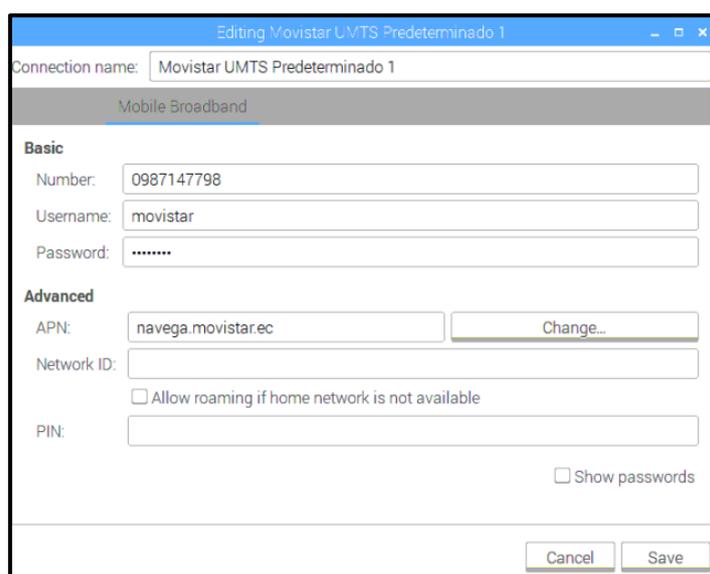


Figura 38. Configuración de los parámetros para acceder a la red celular 3G.

Fuente: Autor.

Los parámetros de configuración a través del software *Network Connections* para el módulo 3G, permiten habilitar el canal de comunicación requerido para el sistema de monitoreo.

La verificación del acceso a la red de telefonía Movistar es como se muestra en la imagen de la Figura 39.

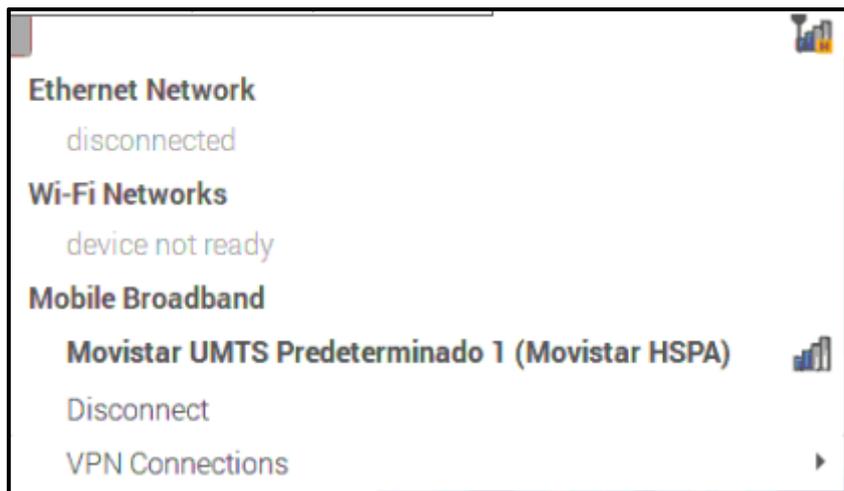


Figura 39. Conexión exitosa a la red celular 3G.
Fuente: Autor.

6.3 Configuración del software VNC Connect.

Luego de instalar y configurar el software VNC, se procedió a registrarse en la página oficial del software, para utilizarlo como acceso remoto. Una vez registrado el correo y contraseña, procedemos a iniciar la sesión en cada una de las herramientas del VNC Connect como se describe en los siguientes apartados.

6.3.1. VNC Server

La herramienta VNC server se encuentra ejecutándose constantemente en la tarjeta Raspberry. El frente gráfico de la herramienta VNC server se muestra en la imagen de la Figura 40.



Figura 40. Ventana principal del software VNC Server.
Fuente: Autor.

Después de iniciar sesión en la herramienta VNC server, la herramienta solicita el ingreso de un correo y contraseña como se muestra en la imagen de la Figura 41.



Figura 41. Inicio de sesión del software VNC Server para el acceso a través de la Internet.
Fuente: Autor.

6.3.2. VNC Viewer.

La información de ingresada (correo electrónico y contraseña) en la herramienta *VNC server*, es útil para el ingreso remoto utilizando la herramienta *VNC Viewer*.

La herramienta *VNC Viewer* puede ser instalada en cualquier dispositivo que soporte la aplicación y en sistemas operativos como Microsoft Windows, GNU/Linux, MacOS y Android.

Después de instalar la herramienta *VNC Viewer*, para iniciar el acceso remoto con el *VNC server*, la herramienta *VNC Viewer* solicita información al usuario que debe coincidir con la información ingresada *VNC server* para permitir el acceso. Lo descrito anteriormente se muestra en la imagen de la Figura 42.

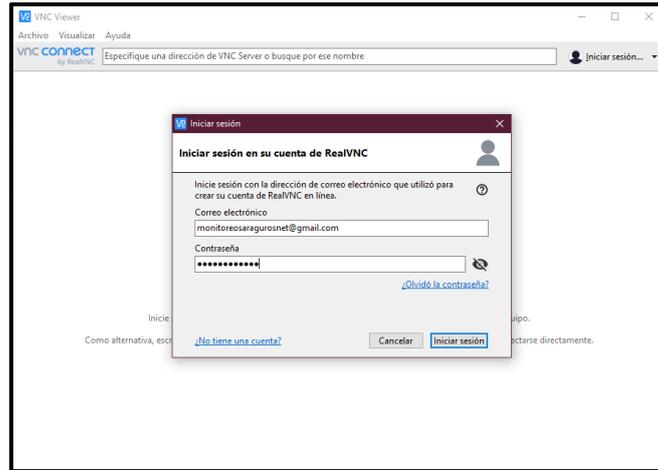


Figura 42. Inicio de sesión del software VNC Viewer para el acceso a través de la Internet.
Fuente: Autor.

Luego de verificar la información que se ingresa en la herramienta *VNC viewer*, se establece el acceso remoto como se observa en la imagen de la Figura 43.

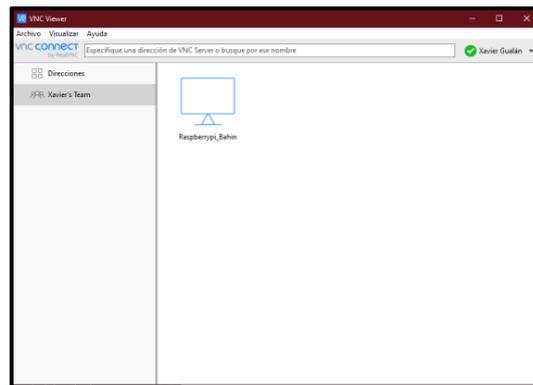


Figura 43. Ventana principal del software VNC Viewer.
Fuente: Autor.

6.4 Gestión y presentación de la información en la interfaz gráfica de usuario.

Antes de proceder con la presentación de las variables eléctricas en la interfaz gráfica de usuario desarrollada para el sistema de monitoreo, se aseguró que los datos sean enviados y recibidos correctamente en la tarjeta Raspberry a través de los pines y puertos seriales correspondientes.

Las lecturas de los parámetros eléctricos de voltaje y corriente medidos en la batería del UPS son enviados desde la tarjeta Arduino UNO a la tarjeta Raspberry. En la terminal de

la tarjeta Raspberry se muestra una línea que indica textualmente `b'14.00 0.10\r\n'` que son los datos leídos por puerto serial.

Los datos recibidos son separados y arreglados dentro de un formato entendible para el usuario al ingresar el caracter 'L', definido específicamente para este propósito como comando de lectura.

Luego de este proceso podemos ver en pantalla el valor del voltaje medido en voltios y la corriente medida en amperios de la batería que alimenta al UPS, con lo que se verifica la valides de los datos recibidos. Esto se indica en la imagen de la Figura 44 .



```
pi@raspberrypi:~/Desktop/HMI_TELEGESTION $ python3 prueba_sensor.py
arduino encontrado en el puerto: /dev/ttyUSB0
:)
introduce un comando de lectura: L
L
b'14.00 0.10\r\n'
voltaje: 14.0
corriente: 0.1
introduce un comando de lectura: █
```

Figura 44. Datos del voltaje y corriente continua presentados por la Raspberry Pi 3.
Fuente: Autor.

Los datos que capturan los sensores (ver Figura 36 y Figura 44), son procesados en la tarjeta Raspberry para presentar información en la interfaz gráfica de usuario desarrollado para el sistema de monitoreo, como se visualiza en la imagen de la Figura 45.

El interfaz gráfico de usuario diseñado para el sistema de monitoreo, muestra principalmente información de los parámetros eléctricos del sistema de energía que alimenta a los equipos del radioenlace. También, en el interfaz gráfico, se indican los respectivos valores de voltajes, corrientes y potencias tanto de entrada y salida del UPS que alimenta a los equipos (ver Figura 45).

Además, en el frente gráfico del sistema de monitoreo, se puede apreciar el voltaje actual de la batería; el tiempo de duración que tiene la energía almacenada en la batería en función de la potencia total instantánea consumida y el nivel de carga. El nivel de carga de la batería se muestra en porcentaje para indicar de forma más intuitiva el estado de funcionamiento (ver Figura 45).

Sumado a lo anterior, en el interfaz gráfico de usuario del sistema de monitoreo se presenta el comando para el control del reinicio del sistema eléctrico que alimenta a los equipos de la estación Bain (ver Figura 45).

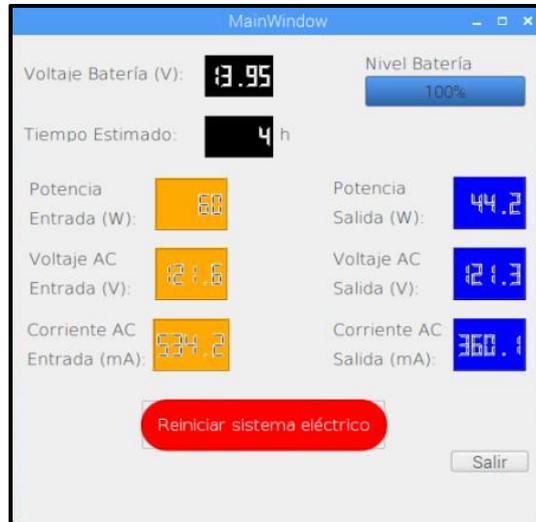


Figura 45. Ventana principal del software de monitoreo de parámetros eléctricos y control de reinicio eléctrico.

Fuente: Autor.

Cuando se ingresa una orden de reinicio del sistema eléctrico, se desplaza una ventana secundaria que interactúa con el usuario para verificar la orden inicial ingresada. De ser necesario el reinicio del sistema eléctrico, el usuario debe confirmar la orden y el sistema ejecutará todo el proceso de forma inmediata y remota. En la imagen de la Figura 46 se indica lo descrito anteriormente.

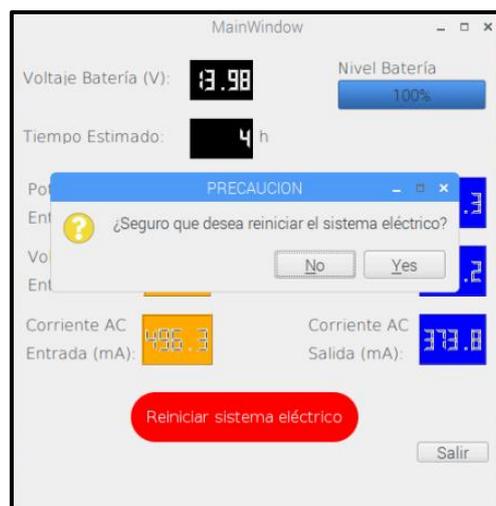


Figura 46. Ventana secundaria que confirma el reinicio eléctrico de los equipos de radioenlace.

Fuente: Autor.

6.5 Implementación del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radio enlace.

En esta sección se muestra la implementación en la estación Bain, del Sistema de monitoreo de los parámetros eléctricos y reinicio eléctrico de los equipos de radioenlace (ver Figura 47, Figura 48)

El módulo 3G se instaló para facilitar un canal de acceso al sistema de monitoreo como se muestra en la imagen de la Figura 49.

También se muestra el interfaz gráfico de usuario, al ingresar de forma remota al sistema de monitoreo (Figura 50).

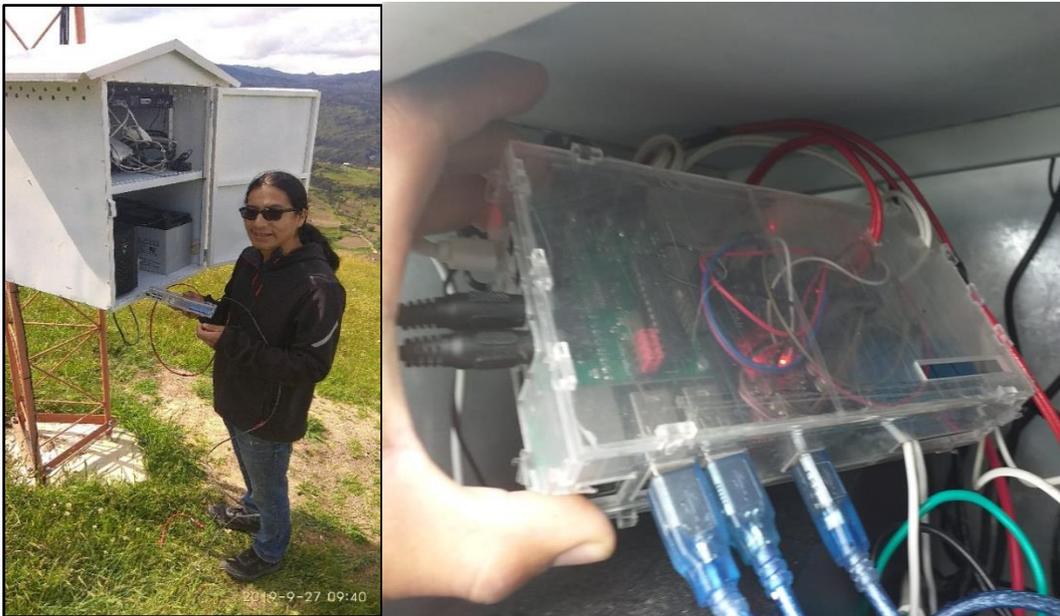


Figura 47. Armado de sensores de corriente alterna y continua.

Fuente: Autor.



Figura 48. Armado del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos.

Fuente: Autor.



Figura 49. Instalación Culminada

Fuente: Autor.

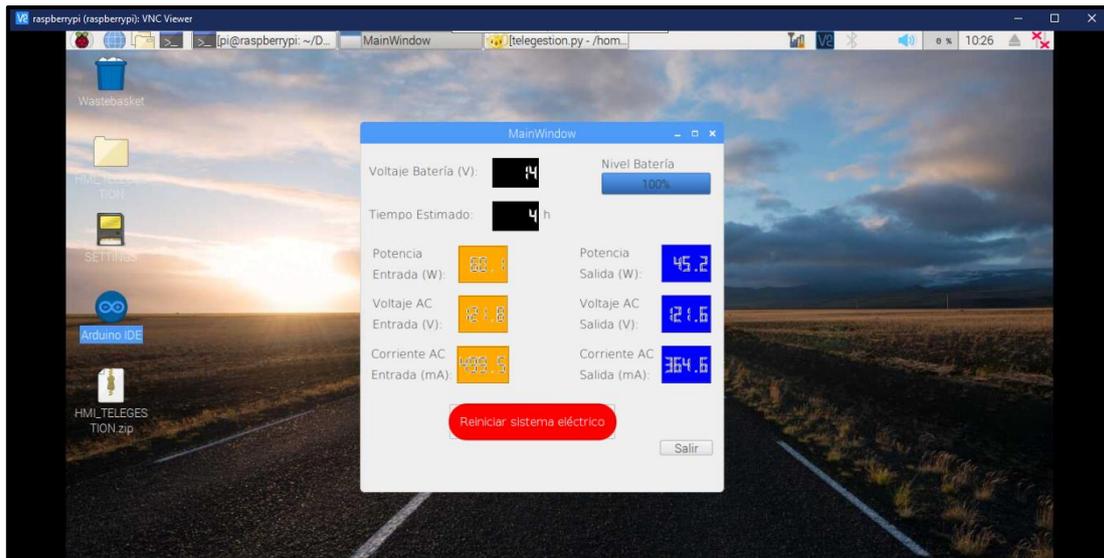


Figura 50. Interfaz gráfica de usuario y acceso remoto al sistema de monitoreo.

Fuente: Autor.

6.6 Diagrama de operación de Sistema de Monitoreo de variables eléctricas.

En términos generales, el sistema de monitoreo implementado tiene los siguientes componentes operativos (ver Figura 51): **1)** Adquisición de datos; **2)** Procesamiento de datos y **3)** Acceso remoto.

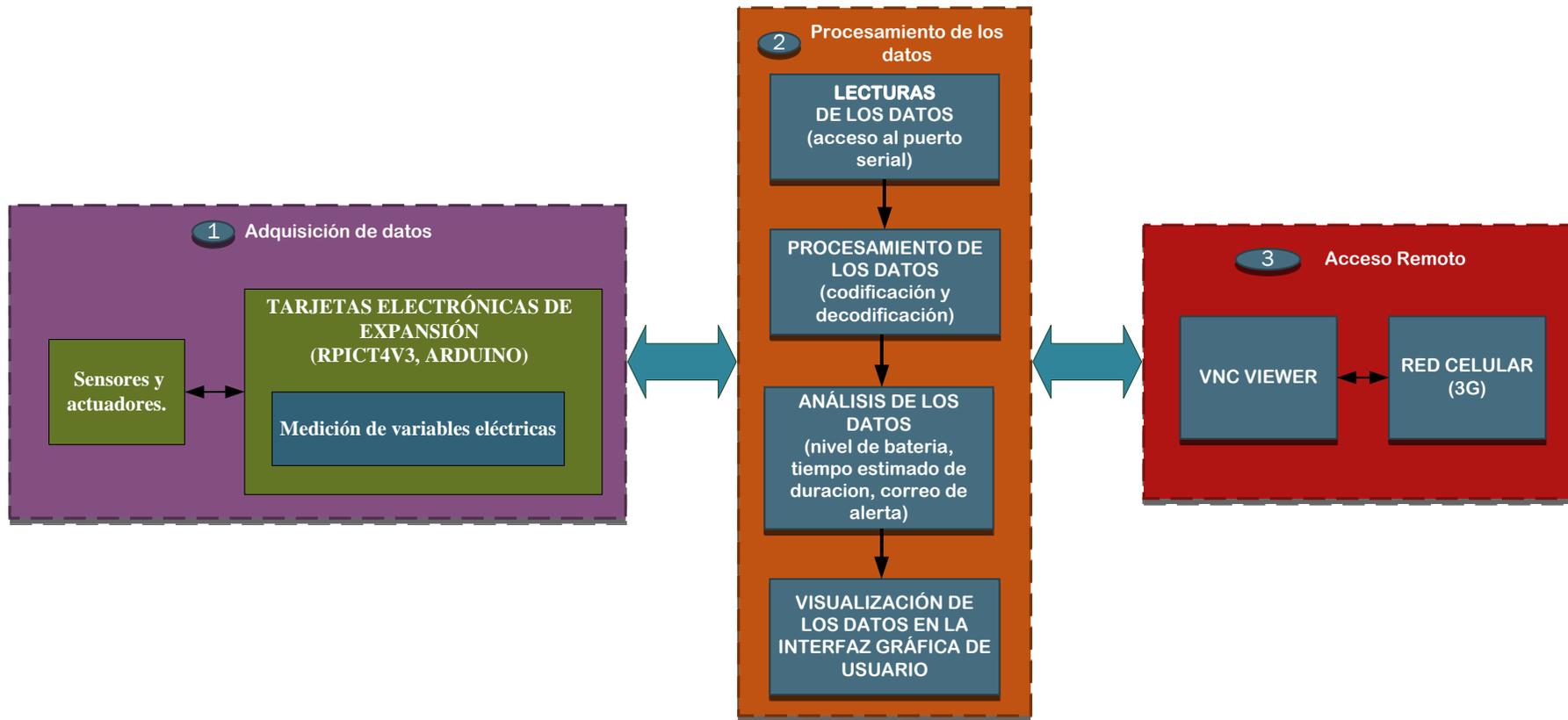


Figura 51. Esquema de operación de sistema de monitoreo de variables eléctricas.

Fuente: Autor.

6.7 Validación del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos y control de reinicio eléctrico para equipos de radioenlace.

El Sistema de monitoreo de parámetros eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radio enlace, se implementó en la estación Bain, de la empresa Saragurosnet.

El sistema se encuentra en completo funcionamiento operando desde septiembre del 2019 hasta la fecha actual con total normalidad.

La verificación del correcto funcionamiento se realizó por parte del personal técnico de la empresa Sargurosnet, quienes emitieron un certificado de validación y aprobación del sistema, el mismo que se adjunta en el anexo 0.

6.8 Sistema de monitoreo de parámetros eléctricos como herramienta de apoyo en la Disponibilidad de Servicio

6.8.1. Disponibilidad de servicio.

El Artículo 21 regulado por la Arcotel (ARCOTEL, 2019), describe la disponibilidad de servicio de acceso a internet de la siguiente forma: *“se entiende como disponibilidad al tiempo medido en horas, que el canal está en servicio, con los parámetros descritos en el Título Habilitante de cada proveedor de ISP “*. El mínimo mensual de disponibilidad es del 99.6%, de acuerdo al Título Habilitante de la empresa Saragurosnet. (Saragurosnet, 2019).

También la disponibilidad de servicio permite definir indicadores medibles para asegurar que la red de datos prestado por la empresa garantiza el cumplimiento de las expectativas de los clientes. Estos indicadores se conocen como acuerdo de nivel de servicio o SLA. (ARCOTEL, 2019) (Saragurosnet, 2019)

Existen múltiples factores que pueden influir en el tiempo de disponibilidad del servicio ofertado por la empresa Saragurosnet. Los factores atenuantes principales, pueden ser: caída

de los equipos de red y de radio enlace, caídas de equipos de la red principal o Backbone e intermitencias en las redes de radioenlace. (Saragurosnet, 2019)

El tiempo para la resolución de problemas (*troubleshooting*), debe ser mínimo. Los tiempos prolongados para la resolución de problemas genera afectación tangible e intangible para la empresa. La afectación tangible se tiene en la penalización por parte de la Arcotel y pérdida de clientes principalmente; y la afectación intangible es notaria en cuanto a la calidad de servicio, pérdida de imagen de la empresa, confianza de los usuarios, entre otros.

6.8.1.1 Procedimiento para la resolución de problemas de la estación Bain.

Específicamente, los equipos del radio enlace de la estación Bahín, en variadas ocasiones muestran problemas originados desde la fuente de energía e inhibición de operación. Para mitigar los problemas de inestabilidad eléctrica, la empresa instaló equipos de UPS. Sin embargo, para el problema de inhibición de los equipos del radio enlace se debe realizar un reinicio de los dispositivos, siendo esta una gran desventaja debido a que la estación se encuentra en un sitio estratégico alejado de la oficina central. (Saragurosnet, 2019)

Debido a que en la estación Bahín, no cuenta con equipos de Backup o respaldo, que pueda conmutar automáticamente para evitar problemas en la red de acceso, se requiere la acción inmediata del personal técnico de la empresa (Saragurosnet, 2019).

No se puede determinar con exactitud el tiempo de solución de la falla detectada, sin embargo, por ocurrencia de eventos se muestra de manera general la siguiente secuencia:

- Detectar el problema: hasta 10 minutos. Monitoreo de la red de acceso mediante ping sostenido entre router de la oficina central y un router local instalado en la estación Bain para este propósito.
- Traslado hasta la estación Bain: se encuentra a 10 Km de la oficina central por lo que se emplea un tiempo de 15 min en llegar al punto de afectación.
- Reinicio de los equipos de radioenlace: equipos activos como router o switches 10 min y en problemas con equipos de aire hasta 30 min.
- Verificación de funcionamiento: pruebas de campo 10 min.

Los tiempos que se emplean en la solución del problema superan los 45 minutos. Esta práctica es ejecutada por los técnicos de la empresa.

6.8.1.2 Efecto en la disponibilidad de servicio.

Los eventos estadísticos descritos anteriormente son considerados para realizar un análisis del impacto en la disponibilidad del servicio a los clientes de la estación Bain. Con forme a lo expresado en el Título Habilitante de la empresa Saragurosnet (Saragurosnet, 2019). Se necesita partir de la siguiente ecuación matemática para explicar el efecto atenuante en la disponibilidad de servicio:

Ecuación:

$$D = \left(1 - \frac{T_I - T_M}{T_T}\right) * 100$$

Donde:

D (%) = Disponibilidad mensual del enlace, expresado como un porcentaje.

T_I (horas) = Tiempo Indisponible, tiempo que el servicio estuvo indisponible o fuera de servicio en horas durante el mes. Este tiempo inicia desde el momento del reporte realizado por el cliente, y la recepción del Número de Caso.

T_T (horas) = Tiempo Total, tiempo total de horas en un mes. Este valor fijo, y dependiendo del mes, será igual a:

- 672 (28 días).
- 696 (29 días).
- 720 (30 días).
- 744 (31 días).

T_M (horas) = Tiempo de Mantenimiento, tiempo que el enlace estuvo fuera de debido a mantenimientos preventivos planificados por la PROVEEDOR y previamente aceptados por servicio el CLIENTE; o a cualquiera de los motivos considerados como caso fortuito o fuerza mayor siempre que tales eventos, según lo establecido en el artículo 30 del Código Civil

Ecuatoriano, impidan que de forma continua las partes cumplan sus obligaciones contractuales, sin derecho a reclamo de indemnización. (ARCOTEL, 2019)

Tomando en cuenta la disponibilidad (D) mínima mensual contrada es 99.6 %, se procede a calcular el tiempo Tiempo Indisponible, en donde:

$$T_I = \left(1 - \frac{D}{100}\right) * T_T + T_M$$

Tabla 11. Tiempo indisponible obtenido a partir de la disponibilidad mínima mensual.

Mes	Disponibilidad (%)	TM (horas)	TT (horas)	TI (horas)
28 días	99,6	1	672	3,688
29 días	99,6	1	696	3,784
30 días	99,6	1	720	3,88
31 días	99,6	1	744	3,976

Fuente: Autor.

A partir de la **Tabla 11.** Tiempo indisponible obtenido a partir de la disponibilidad mínima mensual. **Tabla 11,** se obtiene el tiempo indisponible mensual de 3.6 horas para el mes más corto del año. (ARCOTEL, 2019)

Para trabajar con un valor que no esté sobre el margen mínimo permitido se toma el tiempo indisponible de 3.5 horas o 3 horas y media al mes, tiempo que el cliente puede quedar sin acceso al servicio de internet, sin que esto conlleve a sanciones por parte del ente regulador de las telecomunicaciones ARCOTEL. (ARCOTEL, 2019)

6.8.1.3 Datos Estadísticos

Tabla 12. Tiempo de resolución del problema de inhibición de los equipos de radio enlace sin el sistema de monitoreo.

		Tiempo
Evento	Detección de falla	10 minutos
Traslado	Recorrido de 10km desde oficina hasta estación Bain.	15 minutos

Reinicio de Equipos	Routers, Switches. (inhibición)	10 minutos
Verificación de funcionamiento	Router, Switches	10 minutos
	Total	45 minutos

Fuente: Autor.

El análisis parte del problema de la detección de falla en los equipos de la estación Bahín y la inhibición de operación, que requieren un reinicio de los dispositivos. Debido a que la estación se encuentra en un sitio estratégico alejado de la oficina central esta tarea conlleva un tiempo de 45 min (0.75 horas).

Relacionando los datos estadísticos mencionados en la **Tabla 12** con los tiempos mínimos definidos por el acuerdo de nivel de servicio se obtiene:

$$x = \frac{0.75 * 100}{3.5}$$

$$x = \frac{0.75 * 100}{3.5}$$

$$x = 21.43 \%$$

Como se puede observar, llevar el proceso de solución de problemas ocupa un 21.43 % del tiempo permitido para no incurrir en sanciones por parte de la ARCOTEL y molestias a los clientes. Si los eventos ocurren en variadas ocasiones y dentro del mismo mes, los efectos negativos en la disponibilidad de servicio serán importantes.

Se debe tener en cuenta que este porcentaje varía directamente proporcional en función de la distancia a la que se encuentre el AP, ya que esto tomará más o menos tiempo hasta llegar al sitio del percance, resultando en una mayor o menor consumo del tiempo indisponible.

6.8.1.4 Resolución de problemas utilizando el Sistema de monitoreo de parámetros eléctricos.

Tabla 13. Tiempo de resolución del problema de inhibición de los equipos de radio enlace con el sistema de monitoreo.

		Tiempo
Evento	Detección de falla (monitoreo)	5 minutos
Traslado	No requiere	00 minutos
Reinicio de Equipos	Routers, Switches. (inhibición)	5 minutos y 30 segundos
Verificación de funcionamiento	Router, Switches	5 minutos
	Total	15 minutos y 30 segundos

Fuente: Autor.

El sistema de monitoreo desarrollado e implementado permite solventar el problema de inhibición de los equipos del radio enlace en un tiempo de 15,5 min (0.26 horas), y sumado a los tiempos de solución del problema detectado se tiene:

$$x = \frac{(0.26) * 100}{3.5}$$

$$x = 7.43 \%$$

En comparación con el proceso de resolución de problemas descrito en la tabla 1 con el encontrado en la tabla 2 se puede verificar se ocupa un 14 % menos del tiempo indisponible total permitido para este caso en específico.

6.8.2. Beneficios del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos implementado.

6.8.2.1 Beneficio para la empresa Saraguosnet:

- Mejora los tiempos para la resolución de problemas (*troubleshooting*)
- Atenuar parte de los efectos negativos en la disponibilidad del servicio.

- Ayuda a mantener la credibilidad de la empresa.
- Costo/Beneficio con alta rentabilidad.
- Contribuye a la permanencia de clientes.
- Cooperera en la prolongación del servicio proporcionado a los clientes.

6.8.2.2 Beneficio para los clientes:

- Disponibilidad de acceso a la red de datos.
- Aumenta la confianza y satisfacción de los usuarios.
- Colabora para mejorar la experiencia de conexión y navegación.

7. DISCUSIÓN.

Luego de obtener los resultados de la implementación del sistema de monitoreo y reinicio de parámetros eléctricos de los equipos de radioenlace en la estación Bain, propiedad de la empresa Saragurosnet, se logró determinar lo siguiente:

El sistema de monitoreo de parámetros eléctricos y control de reinicio de los equipos de radio enlace en la estación repetidora Bain, se convierte en una herramienta de apoyo para el personal técnico de la empresa, debido que proporciona una solución inmediata frente a los problemas de funcionamiento que presenten los equipos del radio enlace, y que puedan ser resueltos mediante un reinicio eléctrico. Los equipos del radio enlace, al estar permanentemente activos, suelen presentar diversas fallas entre las cuales está la saturación por conexión de usuarios, congelamiento repentino, entre otros, con una frecuencia de eventos detectados cada 2 o 3 veces al mes y estos problemas, la mayoría de las veces pueden ser resueltos con un reinicio eléctrico de los equipos. El sistema de monitoreo implementado permite visualizar las condiciones eléctricas en tiempo real, enviar alertas de caída de tensión que abastece a la estación. También el sistema implementado permite disminuir los costos de mantenimiento de los equipos de la estación debido a que cuenta con un acceso remoto. Para realizar el acceso remoto al sistema de monitoreo y control, se utilizó la red celular 3G como canal de comunicación entre el personal técnico del ISP y la estación del AP, reduciendo las interferencias que pueda ocasionar la forma de acceder remotamente al sistema de monitoreo y control.

Varios de los proyectos desarrollados e implementados de sistemas de telemetría utilizando la red de telefonía móvil; se listan a continuación:

- (Veintimilli, 2015), diseñan un prototipo de un sistema de telemetría para ambulancias utilizando tecnologías de comunicación móvil en la ciudad de Quito. En el cual monitorean las señales fisiológicas con uso de sensores, luego los datos son procesados en un servidor, utilizando tecnología de software y hardware libre.
- (Espinosa, 2015), como parte de un conjunto de proyectos diseñar e implementar un sistema de telemetría y control para evitar la contaminación de fuentes hídricas

mediante la manipulación de una válvula remota utilizando tecnología móvil. En el proyecto se utiliza la red móvil GPRS, 2.5 G, 3G para el control de un actuador neumático con el fin de optimizar los tiempos de operación y evitar la contaminación de las fuentes hídricas.

- (González, 2019), realiza un diseño e implementación de un sistema de radiocomunicaciones para la transmisión de la telemetría de un barco autónomo utilizando la red móvil 3G. Este proyecto realiza la recopilación de datos de telemetría en una placa situada en el barco autónomo, que se transmiten vía radio y posteriormente se muestran en un software desarrollado para este propósito.
- (Gutierrez, 2010), realiza el diseño de telemetría para la adquisición de datos de estación meteorológica en el volcán Villarrica usando la red móvil 3G. Este trabajo investigativo utiliza un sistema de comunicación de tecnologías inalámbricas como WIFI y tecnología 3G en conjunto con la aplicación de sistemas con LINUX para la obtención de fotografías y datos del volcán.

Como se describe en las investigaciones referenciadas, el uso de la red celular tuvo resultados positivos y convincentes, que junto con otros beneficios como es la menor interferencia causada a los equipos de radioenlace de la estación Bain, debido a que opera en otras bandas de frecuencia, su amplia cobertura, alta disponibilidad, bajo costo y fácil implementación. Por estas razones la red de telefonía móvil fue seleccionada como canal de comunicación descartando a otras tecnologías inalámbricas que existen en la actualidad como Wi-Fi, WiMAX, WiMesh como se describe en la Tabla 2.

El tipo de sistema de monitoreo y control implementado, define la disposición de los diferentes equipos alrededor del medio de transmisión de datos, determinando una estructura de red característica de un sistema centralizado. El principal beneficio de este tipo de sistema, es que no se necesita planificar un esquema de intercomunicación entre procesos, ya que todas las señales están gestionadas por el mismo nodo central. Así mismo, el sistema de monitoreo tiene su mayor vulnerabilidad en la estructura centralizada, esto debido a que si el nodo principal falla (la tarjeta Raspberry), se paraliza todo el sistema. Algún tipo de atenuante que se puede tener en cuenta para superar esta vulnerabilidad es implementando un sistema

redundante. También es necesario el empleo de unidades de control (generalmente autómatas programables) de mayor capacidad de proceso; ya que pueden existir problemas de tiempos de ciclo en el caso de procesos muy complejos. Por último, el cableado aumenta notablemente debido a las distancias que existen entre los sensores, actuadores y la unidad de control, este problema se puede simplificar de cierta forma con el uso de buses de campo. Se utilizó la topología centralizada, debió a que el sistema de monitoreo y control, no requiere procesos complejos y tampoco intervienen cantidades grandes de dispositivos electrónicos que deban permanecer sincronizados para una correcta interoperabilidad.

Los sensores de voltaje 77DA-10-09 y corriente YHDC SCT-013-000 seleccionados proporcionan beneficios relevantes para el sistema de monitoreo, así como los autores (Jácome Riera & León Amores, 2014), los detallan en su investigación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y MEDICIÓN DE AGUA POTABLE EN LOS HOGARES”, en donde se obtuvieron resultados satisfactorios, debido a las características que presentan, como su fácil instalación, mayor duración, elevada sensibilidad y buena relación calidad-precio con respecto a otros sensores del mismo tipo. Los datos capturados por los sensores, que se detallan en la sección 4.2.2.4 y 4.2.2.6, permitió obtener resultados con un bajo margen de error, en buena parte debido al factor de calibración que fue calculado, luego de realizar mediciones y cálculos como se indica en el apartado 5.3.1.2 (Calibración VCAL e ICAL). El sensor de corriente presenta la importante característica de ser no invasivo y detecta el paso de corriente por inducción electromagnética. Este aspecto facilitó la instalación para la recolección de información en la estación donde se encuentran ubicado los equipos de radioenlace. Es válido mencionar, que el sensor de corriente presenta valores considerados como ruido de lectura, cuando no está conectado o el nivel de corriente está por debajo de su umbral de sensibilidad. Estos valores se utilizan para calibrar a este tipo de sensores. El sensor de corriente además de ser muy estable, es muy económico en base a las características que se indican en el Anexo 0, las cuales fueron suficientes para la correcta captura de las señales de corriente.

Los sensores de voltaje alterno realizan la importante función de disminuir el voltaje del suministro principal a valores medibles por la tarjeta de expansión RPICT4V3 v2.0, para efectuar la lectura de las variables eléctricas. Los sensores de corriente alterna, cumplen la función de disminuir la corriente a valores manejables por el módulo de expansión antes mencionado. Cabe mencionar, que los sensores de voltaje y corriente alterna se deben calibrar para que las lecturas proporcionen datos dentro de los valores reales que presenta la red eléctrica principal, con un margen de error considerablemente bajo. Los datos capturados por los sensores fueron convincentes y permitieron continuar con la ejecución de las siguientes etapas de la investigación sin ningún inconveniente.

Los sensores de voltaje y corriente alterna fueron creados para trabajar con el módulo de expansión RPICT4V3 v2.0, el cual fue descrito en la sección 4.3.3.1. Esta tarjeta se encarga de recibir los datos directamente de los sensores para procesarlos y posteriormente enviarlos por el puerto serial hacia la Raspberry. Para poder lograr aquello, este módulo consta de dos componentes principales: el atmega328 y convertidor analógico-digital MCP3208 ADC.

El atmega328 se encarga de procesar los datos enviados por los sensores de corriente y voltaje alterno, haciendo uso del convertidor analógico-digital MCP3208 ADC, que permite transformar los valores analógicos dados por los sensores a señales digitales para su posterior análisis, para presentación en la interfaz gráfica y esta información sea entendible para el usuario. En cuanto a la programación del microcontrolador atmega328 que permite llevar a cabo las funciones antes mencionadas, se modificó el código fuente proporcionado por el fabricante (Lechacal) como se indica en el apartado 5.3.1.3. En dicho código se puede apreciar las variables que el usuario debe modificar para realizar las mediciones que mejor se adapten al proyecto, para este caso en específico se utilizaron dos sensores de corriente y dos de voltaje, mediante los cuales se definieron seis variables a medir: Voltaje de entrada (V1), Voltaje de salida (V2), Corriente de entrada (T1), Corriente de salida (T2), Potencia Aparente de entrada (P1) y Potencia Aparente de salida (P2). Para poder determinar los valores que se ingresan en las variables configurables por el usuario en el código fuente proporcionado por el fabricante, que permiten realizar las mediciones antes mencionadas, se

hizo uso de la herramienta de configuración en línea que el fabricante proporciona, mostrada en el anexo 0.

El sensor de Corriente Continua ACS712 y el sensor de Voltaje Continuo FZ0430, usados en el presente trabajo por su gran sensibilidad en la medición, y además porque las lecturas de corriente requeridas no superan los ± 30 amperios, la salida analógica está en el rango de 0 a 5 voltios, que es un voltaje adecuado para el manejo de los pines de entrada de la tarjeta Arduino UNO, y además tiene un costo inferior comparado con otros sensores de similares características, como el sensor utilizado por (Taípe Manotoa, 2018), en el desarrollo de la investigación: “PLATAFORMA IoT DE CONTROL INTELIGENTE DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED CON SUMINISTRO ELÉCTRICO EN CORRIENTE CONTINUA LVDC”. Estos sensores son muy importantes para calcular variables como el voltaje, el tiempo de duración y el nivel de carga de la batería que alimenta al UPS. Estas variables permiten determinar el tiempo de duración que tiene la batería para mantener encendido al UPS en caso que suceda un corte del suministro principal de energía. De igual manera al momento de reestablecerse el suministro principal de energía, permite conocer el nivel de carga de la batería y saber cuánto se ha descargado después de algún corte de energía. Estos sensores no son compatibles con la Raspberry debido al margen de voltaje en el que operan, por lo que se utilizó la tarjeta controladora Arduino UNO que se encarga de enviar los datos de las variables anteriormente mencionadas a través del puerto USB hacia la Raspberry, para su posterior análisis.

Luego de obtener un funcionamiento adecuado de los sensores y actuadores junto a las tarjetas controladoras, se procedió a desarrollar el diseño de la interfaz gráfica de usuario con la herramienta Qt Designer. Esta herramienta, facilita la creación de interfaces gráficas de usuario y tiene muchos beneficios para el sistema de monitoreo como los descritos en la sección 4.4.3.1. El Backend, es el código fuente de la GUI, se desarrolló haciendo uso de la librería PyQt la cual es una adaptación de la biblioteca gráfica Qt para el lenguaje de programación Python. En el lenguaje Python, se programó las diferentes funciones que presenta el software de monitoreo; una de ellas es la extracción, depuración e interpretación de los datos enviados por el puerto serial tanto del módulo RPICT4V3 v2.0 y la tarjeta

Arduino UNO. Los datos procesados son presentados en la interfaz gráfica como voltajes, corrientes y potencias tanto de entrada y salida del UPS, así como los valores del voltaje, tiempo de duración y nivel de carga de la batería. Es importante aclarar que el desarrollo de la GUI, se puede realizar haciendo uso de otras librerías específicas para trabajar con estas interfaces, como wxPython, la cual es un binding, al igual que PyQt, escrito en C++ adaptado para trabajar con Python, la elección de este tipo de herramientas queda a libre elección del investigador.

El proceso para obtener el nivel de carga de la batería, tiene dos momentos: cuando la batería se encuentra en proceso de carga y cuando se encuentra en proceso de descarga. Para lograr determinar en qué proceso se encuentra basta con medir el voltaje de entrada que generalmente tiene un valor mayor de 100 voltios y esto significa que la batería se encuentra en estado en carga. Los valores diferentes a 100 voltios indican que la batería se encuentra en descarga. El proceso de carga de la batería se obtiene al calcular el nivel de la misma a partir de los valores de corriente continua que están entrando a los bornes de la batería, cuando este valor se aproxima a cero significa que la batería se encuentra plenamente cargada. En cambio, cuando está en proceso de descarga, se calcula el nivel de batería en función del voltaje, ya que al estar alimentando a los equipos del radio enlace, la diferencia de potencial entre sus terminales empieza a disminuir hasta que no puede generar la potencia suficiente para cumplir con la demanda de la carga, lo que genera que el UPS se apague. En cuanto al tiempo de duración de la batería, se calcula en función de la potencia total consumida, potencia del UPS más Potencia consumida por los equipos de radioenlace, y el nivel de carga de la batería, dando un estimado del tiempo que durará la batería dependiendo de la potencia total instantánea y el nivel de carga en que se encuentre la batería.

Como un aporte adicional al sistema de monitoreo de parámetros eléctricos, se incluyó una alerta vía correo electrónico al momento que se va la energía eléctrica de la red principal en la estación Bain. Los parámetros del correo electrónico están compuestos por el registrado de hora, día y fecha exacta del evento detectado. La función que cumple dicho correo electrónico es de alertar lo sucedido al personal encargado. El personal técnico puede ingresar de manera remota para conocer el estado de duración de la batería y prevenir que los equipos

de la estación se apaguen y se corte el servicio de internet que está brindando la empresa Saragurosnet.

Otra función principal del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos es la facultad de ejecutar un reinicio de energía de manera remota de los equipos de la estación. Esto es posible a través del accionar de un relé que cumple la función de abrir o cerrar el paso de energía eléctrica, provocando la desconexión instantánea de los equipos y seguidamente volviendo a conectar al suministro de energía. La orden del reinicio eléctrico, como la confirmación de la misma, se efectúa a través de la interfaz gráfica de usuario que se ejecuta en la Raspberry.

Cabe recalcar que tanto él envió de la alarma por correo electrónico y el reinicio remoto de los equipos de radioenlace a través del VNC Viewer en la estación Bain. Es posible a través del uso del módulo 3G, conectado a un puerto USB de la tarjeta Raspberry, y configurado para acceder a internet a través de la red de telefonía móvil.

Lo descrito en el apartado 6.8 muestra indicadores claros acerca de la mejora que se obtiene en la indisponibilidad del servicio. Al no contar con equipos de respaldo (en la estación Bain) para conmutación automática en caso de fallas, el sistema de monitoreo de parámetros eléctricos se utiliza para corregir los inconvenientes de funcionamiento de los dispositivos, siempre que dichos problemas puedan ser resueltos con un reinicio eléctrico, acortando los tiempos de corrección de fallas y permitiendo el acceso a la red de datos a los suscriptores de la empresa en el momento que lo requieran, contribuyendo el sistema de monitoreo implementado a la disponibilidad del servicio.

En el apartado 6.8.2, se detallan algunos beneficios que ofrece el sistema de monitoreo tanto para la empresa como para los usuarios de la red de datos. El sistema de parámetros eléctricos no tiene incidencia directa en la red de datos en lo referente a ancho de banda, seguridad de la red, velocidad de conexión, entre otros. Para lograr una mejor disponibilidad del servicio se deben instalar equipos de Backup de manera que se puedan configurar las opciones de conmutación y las prestaciones de la red de acceso, sin embargo, esto se lo deja a criterio de la empresa donde se intervino.

El sistema de monitoreo de parámetros eléctricos fue implementado en uno de los puntos de acceso que tiene la empresa Saragurosnet. Se obtuvieron importantes beneficios de la utilidad del sistema (ver apartado 6.8.2) y con el pasar del tiempo el costo en la inversión del proyecto desarrollado será mucho mayor, recuperando el total del valor invertido. También, se obtiene información valiosa para el futuro desarrollo de investigaciones que se basen en los datos capturados por los sensores y almacenados temporalmente en el sistema, así como valoraciones tangibles e intangibles para la empresa.

Es importante mencionar que el sistema de monitoreo y control implementado cumple perfectamente con la definición de un sistema SCADA que hace referencia a un tipo de aplicación. Cualquier aplicación que obtenga datos operativos acerca de una “sistema” con el fin de controlar y optimizar ese sistema, es una aplicación SCADA. Este tipo de sistemas han estado tradicionalmente dominados por productos de hardware y software propietarios que son tecnologías cerradas por las que hay que pagar costosas licencias de uso y que además no permiten modificar su código fuente en caso de que se necesite alguna adaptación de los parámetros del sistema. Como consecuencia, los procesos pequeños y medianos resultan económicamente inviables debido al alto costo de estas licencias de operación. Por estas razones, el enfoque que se le dio a la presente investigación fue de generar un sistema de monitoreo y control flexible, haciendo uso de software y hardware libre, con el objetivo de dar solución a un problema puntual y mostrar el potencial de las tecnologías libres.

8. CONCLUSIONES.

La investigación teórica referenciada desde el punto de vista de ingeniería, fundamentó los conocimientos necesarios para el diseño e implementación del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos, que ofrece una solución de reinicio de energía frente a los problemas de funcionamiento detectados en los equipos de la estación repetidora Bain.

El sistema de monitoreo de parámetros eléctricos diseñado e implementado tiene un entorno gráfico, descriptivo y de fácil interpretación visual que muestra información de las variables capturadas, asimismo, permite el reinicio remoto de equipos del radio enlace mediante un canal de comunicación establecido a través de la red de telefonía móvil 3G.

El sistema de monitoreo de parámetros eléctricos está instalado en la estación repetidora Bain, de propiedad de la empresa Saragurosnet. El sistema se encuentra en total funcionamiento y expone información en tiempo real sobre las condiciones eléctricas de operación de los equipos del radio enlace.

El sistema de monitoreo implementado, queda como herramienta de apoyo para el personal de la empresa Saragurosnet. El sistema permite vigilar parámetros eléctricos de forma remota y los datos detectados pueden ser útiles para líneas de investigación futura que dependan de variables de voltaje, corriente potencia y carga de la batería.

El sistema de monitoreo de parámetros eléctricos implementado proporciona beneficios importantes tangibles e intangibles para la empresa donde se intervino al contribuir con la disponibilidad del servicio.

El sistema de monitoreo implementado ofrece una alternativa económica de respaldo para mantenimiento de la red de acceso de la estación Bain, es una herramienta útil, intuitiva y de fácil uso para el personal técnico de la empresa donde se intervino.

Con el sistema de monitoreo de parámetros eléctricos en funcionamiento, se cumple con los objetivos planteados en la investigación y la aprobación emitida mediante certificación de validez otorgado por la empresa en la que se intervino.

9. RECOMENDACIONES.

Los scripts desarrollados en los diferentes entornos de programación y utilizados en el desarrollo del sistema de monitoreo requieren de un nivel de conocimiento medio de programación en C++ y Python, por lo que se recomienda incrementar las habilidades en programación para un mejor entendimiento de esta propuesta.

El manejo de los sensores y tarjetas electrónicas se debe realizar con precaución, teniendo siempre en cuenta los manuales de usuario de cada fabricante y los esquemas de conexión que se indican en el presente trabajo, para evitar alteraciones en el funcionamiento, como lecturas erróneas de las variables eléctricas o en el peor de los casos dejar inutilizables a los dispositivos eléctricos que intervienen en el presente sistema de monitoreo.

Se recomienda ubicar el módem 3G, en un lugar que permita una óptima recepción celular, haciendo uso de un extensor USB que no supere el metro de longitud para evitar la atenuación de los datos sensibles (streaming) que se manejan en el presente proyecto.

Para poder determinar las variables eléctricas a medir por el módulo RPICT4V3, se recomienda utilizar la herramienta de configuración en línea del fabricante disponible en el siguiente enlace <http://lechacal.com/RPICT/config/generator/v3.0/>, para posteriormente proceder a editar el archivo del código fuente cargado en el microcontrolador ATMEGA328 proporcionado por el fabricante para medir las variables que se deseen y que el módulo soporte.

Para garantizar que el sistema de monitoreo se mantenga operativo y que no dependa de la fuente de alimentación principal y de respaldo (UPS), que se encuentran alimentando a los equipos de radioenlace, es aconsejable utilizar una fuente de energía alternativa, como por ejemplo una fuente de energía renovable (eólica, solar) que proporcionen energía limpia y sustentable al sistema de monitoreo del cual versa la presente investigación.

Se recomienda la implementación de hardware del sistema de monitoreo en las diferentes estaciones pertenecientes a la empresa Saragurosnet, ya que esto ayudaría a mejorar la disponibilidad del servicio y los beneficios adicionales que genera el sistema.

Se recomienda acceder al sistema de monitoreo una vez por semana para constatar su correcto funcionamiento y acceso remoto, el cual se realiza mediante la red de datos celular. Así como también conocer el estado de la batería del UPS, ya que actualmente es la principal y única fuente de alimentación del presente sistema de monitoreo.

Finalmente, se debe realizar pruebas de funcionamiento al sistema de monitoreo implementado, se aconseja cada 6 meses para validar el correcto funcionamiento del sistema, dado que, pueden existir actualizaciones tanto de librerías usadas en Python, actualizaciones del sistema operativo o actualizaciones del firmware de los sensores, tarjetas electrónicas y herramientas de software que comprometan el correcto desempeño del presente sistema.

10. BIBLIOGRAFÍA.

- Academy, C. N. (08 de 12 de 2018). *Introducción a Internet del Todo*. Obtenido de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/IOE11/ES/index.html>
- Aguilar León, R. E., Guerrero Mera, M. B., & Rendón Mera, R. O. (2004). *Diseño de un proveedor de servicios de Internet inalámbrico usando la tecnología de Spread Spectrum para la ciudad de Machala*. Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.
- Al Ashi, R. Y., & Al Ameri, A. (22 de Mayo de 2019). *Introduction to Graphical User Interface (GUI) MATLAB 6.5*. Obtenido de UAE UNIVERSITY: <https://ece.uwaterloo.ca/~nnikvand/Coderep/gui%20examples/GUI.pdf>
- Alberto, O. Z. (2017). *Alberto Análisis De La Factibilidad Técnica Y Económica Para La Implementación De Un Proveedor De Servicio De Internet Inalámbrico (WISP) En El Cantón La Maná*. Guayaquil.
- Aprender *OpenEnergyMonitor*. (03 de 05 de 2019). Obtenido de <https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/yhdc-sct-013-000-ct-sensor-report>
- ARCOTEL. (17 de 12 de 2019). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://www.arcotel.gob.ec/>
- ARDUINO. (15 de 05 de 2019). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUnoSMD>
- Balarezo Valarezo, F. J. (2016). *Balarezo Valarezo, F. J., & Rodri Implementación de la tecnología IPTV para el WISP telecomsystem en el Recinto Cerecita*. . Guayaquil.
- Banggood.com. (02 de 08 de 2019). *Geekcreit® Compatible con Arduino UNO R3 ATmega16U2 AVR Juanta de Desarrollo Principal con Cable USB*. Obtenido de <https://es.banggood.com/Wholesale-Arduino-Compatible-R3-UNO-ATmega16U2-AVR-USB-Board-p-68537.html>

- Betancourt Guamán, S. (2016). *Análisis y diseño de una solución de red ISP WIMAX basada en IEEE802.16M-2011 para las sedes UDLAPARK y Granados de la Universidad de las Américas en la ciudad de Quito*. Quito.
- Company, The Qt. (22 de Mayo de 2019). *Complete software development framework | Qt*. Obtenido de <https://www.qt.io/what-is-qt/>
- Corona Ramírez, L. G., S., A. J., & Mares Carreño, C. (2014). *Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino*. Azcapotzalco, México D.F.: Grupo Editorial Patria.
- Dinastia Tecnológica. (02 de 08 de 2018). *Modulo Rele de 4 Canales (Arduino) | Dinastia Tecnológica*. Obtenido de <http://dinastiatecnologica.com/producto/modulo-rele-de-4-canales-arduino/>
- Espinosa, R. D. (2015). *Energías Renovables centro de automatización Industrial Sena Regional Caldas "Proyectos Tecnológicos"*. Caldas.
- Fundacion Raspberry Pi. (22 de Mayo de 2019). *Raspbian*. Obtenido de <https://www.raspbian.org/>
- Fundation, R. P. (27 de 05 de 2019). Obtenido de [Raspberrypi.org: https://www.raspberrypi.org/about/](https://www.raspberrypi.org/)
- Ganaa D, E., Abeo Apasiba, T., & Gerald, K. (2016). *The Use of Remote Access Tools by System Administrators Today and their Effectiveness: Case Study of Remote Desktop, Virtual Network Computing and Secure Android App*. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). Volume 136 – No.10.
- García de Jalón, J., Rodríguez, J. I., & Brazález, A. (1999). *Aprenda Visual Basic 6.0*. San Sebastián.
- Gimenez Ocano, S., Remamurthy, B., & Yong, W. (2015). *Remote mobile screen (RMS): An approach for secure BYOD environments*. California, USA: International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC).

- González, A. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de radiocomunicaciones para la transmisión de la telemetría de un barco autónomo*. Cartagena.
- GREEK FACTORY. (01 de 08 de 2019). *ACS712 Módulo sensor de corriente 20 A*. Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/modulo-con-sensor-de-corriente-ac712-20-a/>
- Guimera, P. (01 de 05 de 2019). *prototipadoLAB*. Obtenido de <http://paolaguimerans.com/openart/?p=1372>
- Gutierrez, J. A. (2010). *Diseño de sistema de telemetría para adquisición de datos de estación meteorológica e imágenes fotográficas del glaciar Pichillancahue en el volcan Villarica*. Valdivia.
- Halfacree, G. (2018). *THE OFFICIAL Raspberry Pi Beginner's Guide How to use your new computer*. Cambridge.
- Halfacree, G. (05 de 05 de 2019). *Raspberry pi Guia del usuario*. Obtenido de http://83.36.215.205/files/1530867960_2X3tMBzWxi-33.pdf
- Ideal power*. (03 de 05 de 2019). Obtenido de <https://www.idealpower.co.uk/products/77da-10-09/>
- Idealpower*. (03 de 05 de 2019). Obtenido de <https://www.idealpower.co.uk/products/77db-06-09/>
- Idrovo, P. &. (2016). *IdrovAnálisis e implementación de políticas de seguridad para WISP mediante equipos Mikrotik y elementos de red*. Cuenca.
- Iruela, J. (23 de 12 de 2018). *Revista digital*. Obtenido de INESEM: <https://revistadigital.inesem.es/informatica-y-tics/los-gestores-de-bases-de-datos-mas-usados/>
- ITU. (12 de 12 de 2019). *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://www.itu.int/es/Pages/default.aspx>

Jácome Riera, O. J., & León Amores, J. G. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y MEDICIÓN DE AGUA POTABLE EN LOS HOGARES*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

Junta de Andalucía. (01 de 05 de 2019). Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/46/html/sensores.html>

Kerai, P. (Noviembre, 2010). *REMOTE ACCESS FORENSICS FOR VNC AND RDP ON WINDOWS*. Perth, Western Australia: Cowan University.

Kumar, A. S. (2012). The future of mobile broadband. *Wireless Personal Communications*, 62(3), 671-686.

Learn OpenEnergyMonitor. (03 de 05 de 2019). Obtenido de <https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/yhdc-sct006-ct-sensor-report>

LeChacal. (03 de 05 de 2019). Obtenido de http://lechacal.com/wiki/index.php?title=Raspberrypi_Current_and_Temperature_Sensor_Adaptor

LeChacal. (03 de 05 de 2019). Obtenido de <http://lechacalshop.com/gb/internetofthing/61-sct-006.html>

LeChacal. (03 de 05 de 2019). Obtenido de http://lechacalshop.com/gb/internetofthing/30-sct-019.html?search_query=SCT-019&results=9

LeChacal. (02 de 08 de 2019). *Adaptador de CA / CA de EE. UU. - Sensor de voltaje para la serie RPICT - lechacal.com*. Obtenido de <http://lechacalshop.com/gb/internetofthing/54-usacac.html>

LeChacal. (03 de 08 de 2019). *Calibration VCAL ICAL PHASECAL - lechacal*. Obtenido de http://lechacal.com/wiki/index.php?title=Calibration_VCAL_ICAL_PHASECAL

- LeChacal. (03 de 08 de 2019). *Cómo configurar Raspbian para lectura en serie - lechacal*. Obtenido de http://lechacal.com/wiki/index.php?title=Howto_setup_Raspbian_for_serial_read#Hardware_and_OS
- LeChacal. (03 de 08 de 2019). *Configuración sobre serie - Sketch 3.0 - lechacal*. Obtenido de http://lechacal.com/wiki/index.php?title=Over_Serial_Configuration_-_Sketch_3.0
- LeChacal. (02 de 08 de 2019). *RPIC4V3 Version2 - 4 CT - 3 Voltage - Stackable - lechacal.com*. Obtenido de <http://lechacalshop.com/gb/internetofthing/32-raspberrypi-7x-current-sensor-adaptor-1-voltage-emoncms.html>
- Li Q., L. G. (2010). MIMO techniques in WiMAX and LTE: a future overview. *IEEE Communications magazine*, 48(5), 86-92.
- Llamas, L. (01 de 08 de 2019). Obtenido de <https://www.luisllamas.es/medir-voltajes-de-hasta-25v-con-arduino-y-fz0430/>
- Llamas, L. (01 de 08 de 2019). *Sensor de corriente eléctrica no invasivo con Arduino y SCT-013*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/arduino-sensor-corriente-sct-013/>
- Mendoza, S. C. (2018). *MenRediseño de la infraestructura del proveedor de servicios de internet ONNET SA para la optimización del servicio en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito.
- MiArduino. (04 de 05 de 2019). Obtenido de <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>
- Mikó Mba Nchama, F. J. (2017). *Estudio y análisis de sensores y actuadores orientados a aplicaciones domóticas y alámbricas*. La Laguna.
- Mora, H. (2011). Sistemas de Adquisición y procesamiento de datos. *Fundamentos de los Computadores*, 25-26.

- Moya Calderón, C. B. (2009). *Software orientado a sistemas de control HMI/Scada usando recursos libres y de código abierto, desarrollado sobre plataforma linux*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Muñoz Jiménez, L. (2013). *Evolución de la Red de Transmisión de Acceso Móvil desde TDM a ALL-IP*. Valencia.
- Naranjo, D. B. (2016). 5G. *Contribuciones a las Ciencias Sociales* , 1-13.
- Octopart. (03 de 05 de 2019). Obtenido de <https://octopart.com/77de-06-09-ideal+power-23943495>
- Oscar, P. (03 de 08 de 2019). VIDAGNU. Obtenido de <https://www.vidagnu.com/como-instalar-o-configurar-una-modem-3g-4g-en-raspberry-pi/>
- PedroDDomingo. (03 de 08 de 2018). *Didactrónica: Programación gráfica para Arduino en domótica, robótica, gamificación e IOT*. Obtenido de <https://didactronica.com/medidas-de-tension-voltaje-en-corriente-continua/>
- Pogo, J. K. (2011). *Análisis de los servicios de telecomunicaciones móviles en el Ecuador*. Sangolquí.
- Presas, E. C. (2014). *Sistema de telemetría para la transmisión y despliegue de datos en tiempo real del gasto (Q) de medidores*. México.
- Python Software Foundation. (2018). Obtenido de <https://www.python.org/psf/>
- Python Software Foundation. (22 de Mayo de 2019). *Python*. Obtenido de <https://www.python.org/>
- Ramirez, L. G. (2014). *Sensores y Actuadores*. Azcapotzalco, México D.F.: Grupo Editorial Patria.
- Raspberry Pi*. (15 de 05 de 2019). Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/search/raspberry+pi+3+>

- Raspberry Pi Foundation. (02 de 08 de 2019). *Buy a Raspberry Pi 3 Model B – Raspberry Pi*.
Obtenido de <https://www.raspberrypi.org>
- Riverbank Computing Limited. (22 de Mayo de 2019).
<https://riverbankcomputing.com/software/pyqt/intro>. Obtenido de
<https://riverbankcomputing.com/software/pyqt/intro>
- RO_BOTICA. (05 de 05 de 2019). Obtenido de [https://www.ro-
botica.com/Producto/RASPBERRY-PI-3-MODELO-B/](https://www.robotica.com/Producto/RASPBERRY-PI-3-MODELO-B/)
- Rodriguez, O. H. (2005). Telefonía móvil celular: origen, evolución, perspectivas. *Ciencias Holguín*.
- Roig, O. G. (2003). Contexto general de las comunicaciones móviles. En O. G. Roig, *Principios de comunicaciones móviles* (págs. 13-21). Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Salazar, J. (2014). *Redes Inalámbricas*. República Checa: České vysoké učení technické v Praze. Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf
- Saragurosnet. (29 de Noviembre de 2019). *Saraguros Net*. Obtenido de saraguro.net
- silicio.MX*. (03 de 05 de 2019). Obtenido de [https://silicio.mx/sensor-de-corriente-ac-no-
invasiva-100amax](https://silicio.mx/sensor-de-corriente-ac-no-invasiva-100amax)
- silicio.MX*. (03 de 05 de 2019). Obtenido de [https://silicio.mx/sensor-de-corriente-200a-
yhdc-sct-019-000](https://silicio.mx/sensor-de-corriente-200a-yhdc-sct-019-000)
- Suárez G, V. (4 de Mayo de 2019). *Introducción a Raspberry Pi*. Obtenido de HackLab Almería: <https://hacklabalmeria.net/recursos/2015-10-13/intropi.pdf>
- Suárez, A. L. (2017). Implementación de un Sistema Aéreo de Medición y Almacenamiento de Parámetros Meteorológicos Georreferenciados para Zonas pequeñas. *Revista Politécnica*, 17-26.

- Taipe Manotoa, D. A. (2018). *PLATAFORMA IoT DE CONTROL INTELIGENTE DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED CON SUMINISTRO ELÉCTRICO EN CORRIENTE CONTINUA LVDC*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Tarco Iza, C. E. (2016). “*Diseño de una solución WAN IP-MPLS para brindar servicios portadores con un porcentaje de disponibilidad 99,9% a la empresa Invetrónica CIA. LTDA., utilizando la infraestructura de red de la Corporación Nacional de Telecomunicación*. Quito.
- tdrobotica*. (04 de 05 de 2019). Obtenido de <http://tdrobotica.co/acs715-sensor-de-corriente-0-a-30a/105.html>
- UBUNTO PERONISTA. (02 de 02 de 2019). *Ubuntu Peronista: ¿Cómo configuro el módem 3G USB Huawei e173 de Movistar en Ubuntu Maverick?* Obtenido de <https://ubuntuperonista.blogspot.com/2012/12/como-configuro-el-modem-3g-usb-huawei.html>
- Uquillas Lasso, J. D. (2010). *Diseño de un ISP sobre ADSL para prestar el servicio de internet y servicios agregados de voz (VOIP) y datos, y estudio de factibilidad de implementación del ISP par la ciudad de Puerto Ayora en la Isla Santa Cruz (Galápagos)*. Quito.
- Valera Sánchez, F. (2012). *OFDMA y SC-FDMA en la interfaz Radio de LTE*. Sevilla.
- Veintimilli, R. M. (2015). *Prototipo de un sistema de telemetría para ambulancias utilizando tecnologías de comunicación móvil*. . Quito.
- Vélez de Guevara, L. (22 de Myo de 2019). *Gestión de Bases de Datos*. Obtenido de <https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/gestionbasesdatos/latest/gestionbasesdatos.pdf>
- Vera. M., & A. (2011). *Análisis de la tecnología Long Term Evolution (LTE) para su posible implementación en el Ecuador*. Sangolquí.

- Villa Avila, L. H. (2013). *Villa Avila, L. H., & V Diseño e implementación de un isp con acceso inalámbrico para soportar servicios de internet y telefonía ip en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Autónoma de Occidente*. Santiago de Cali.
- Viloria Núñez, C., Cardona Peña, J., & Lozano Garzón, C. (2014). *Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Waugh, T. (15 de Octubre de 2019). *VNC. Where it came from, where it's going*. Obtenido de <http://cyberelk.net/tim/articles/VNC/>
- wxPython. (22 de Mayo de 2019). *The GUI Toolkit for Python*. Obtenido de <https://wxpython.org/>

11.ANEXOS.

Anexo 1. Especificaciones técnicas del sensor de corriente YHDC SCT-013-000.

SPECIFICATION

Customer Title : XiDi Technology

Product Name: Split-core current

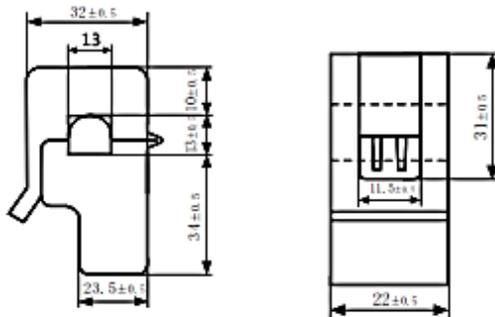
Manufacture Model : SCT-013-000

transformer

Characteristics: open size:13mm×13mm
 1m leading wire
 Core material:Ferrite
 Fire resistance property:in accordance with UL 94-V0
 Dielectric strength: 1000V AC/1min 5mA
 (between shell and output)

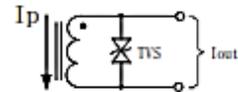


Outline size diagram:(in mm)



Front View

Side View



TVS: Transient-voltage Suppressor

Current output type

Schematic Diagram

Typical table of technical parameters:

input current	output voltage	non-linearity	build-in sampling resistance (R _s)
0-100A	0-50mV	±3%	Ω
turn ratio	resistance grade	work temperature	dielectric strength(between shell and output)
100A:0.05A	Grade B	-25℃~+70℃	1000V AC/1min 5mA

Customer Sign:

Beijing YaoHuadechang Electronic Co.,Ltd

Phone: 0355-7929499-803

Cell: 13693334514

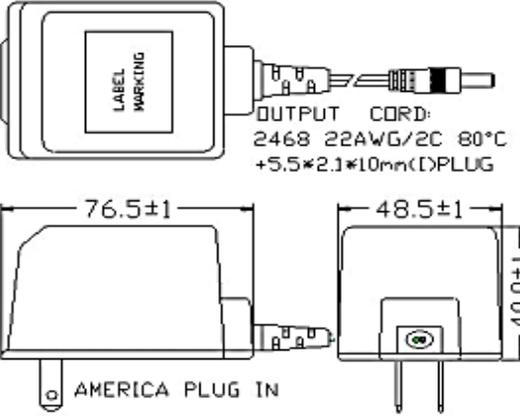
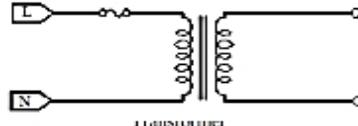
Contact Name: Engineer Chen

Approve Sign:Chenjianping

2011-7-26

Anexo 2. Especificaciones técnicas del sensor de voltaje alterno 77DA-10-09



AC TO AC ADAPTOR																																																			
	77DA-10-09	INPUT VOLTAGE	120VAC																																																
		OUTPUT VOLTAGE	9VAC																																																
ELECTRICAL & MECHANICAL SPECIFICATION																																																			
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div> <div style="margin-top: 20px;">  </div> </div>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #f2f2f2;"> <th colspan="3" style="text-align: center; padding: 5px;">ELECTRONICAL SPECIFICATION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Input Voltage</td><td style="text-align: right;">120</td><td>Volts</td></tr> <tr><td>Frequency (Hz)</td><td style="text-align: right;">60</td><td>Hz</td></tr> <tr><td>Power Rated (W)</td><td style="text-align: right;">15</td><td>W</td></tr> <tr><td>Exciting Current With No load</td><td style="text-align: right;">70</td><td>mA Max</td></tr> <tr><td>Exciting Current With Full load</td><td style="text-align: right;">150</td><td>mA Max</td></tr> <tr><td>Output Voltage</td><td style="text-align: right;">9.0</td><td>Volts±5%</td></tr> <tr><td>Output Current</td><td style="text-align: right;">1.11</td><td>Amp</td></tr> <tr><td>Output Voltage Without Load</td><td style="text-align: right;">12.0</td><td>Volts±5%</td></tr> <tr><td colspan="3" style="padding: 5px 5px 0 5px;">HI-POT :</td></tr> <tr><td>Test Time</td><td style="text-align: right;">1</td><td>Min</td></tr> <tr><td>PRI TO SEC</td><td style="text-align: right;">1250</td><td>Volts</td></tr> <tr><td>PRI TO CORE</td><td style="text-align: right;">1250</td><td>Volts</td></tr> <tr><td>SEC TO CORE</td><td style="text-align: right;">1250</td><td>Volts</td></tr> <tr><td>Efficiency</td><td style="text-align: right;">80</td><td>%</td></tr> <tr><td>Insulation Class</td><td style="text-align: right;">B (130)</td><td>°C</td></tr> </tbody> </table>			ELECTRONICAL SPECIFICATION			Input Voltage	120	Volts	Frequency (Hz)	60	Hz	Power Rated (W)	15	W	Exciting Current With No load	70	mA Max	Exciting Current With Full load	150	mA Max	Output Voltage	9.0	Volts±5%	Output Current	1.11	Amp	Output Voltage Without Load	12.0	Volts±5%	HI-POT :			Test Time	1	Min	PRI TO SEC	1250	Volts	PRI TO CORE	1250	Volts	SEC TO CORE	1250	Volts	Efficiency	80	%	Insulation Class	B (130)	°C
	ELECTRONICAL SPECIFICATION																																																		
Input Voltage	120	Volts																																																	
Frequency (Hz)	60	Hz																																																	
Power Rated (W)	15	W																																																	
Exciting Current With No load	70	mA Max																																																	
Exciting Current With Full load	150	mA Max																																																	
Output Voltage	9.0	Volts±5%																																																	
Output Current	1.11	Amp																																																	
Output Voltage Without Load	12.0	Volts±5%																																																	
HI-POT :																																																			
Test Time	1	Min																																																	
PRI TO SEC	1250	Volts																																																	
PRI TO CORE	1250	Volts																																																	
SEC TO CORE	1250	Volts																																																	
Efficiency	80	%																																																	
Insulation Class	B (130)	°C																																																	
MECHANICAL SPECIFICATION																																																			
		Dimensions (L*W*H)	76.5*48.5*40.0 mm																																																
		Weight	9 g																																																
		Environment:																																																	
		Operating Temperature	-10 To 40 °C																																																
		Storage Temperature	-20 To 70 °C																																																
		Relative Humidity 40°C ±2°C	90% RH																																																
Output Cable:		2468 22AWG*2C 1.8M LENGTH+5.5*2.1*10mm(I)PLUG																																																	
ELECTRICAL CIRCUIT																																																			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>INPUT:</p> <p>120Vac 60Hz</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>TFUSE: 250V/1A 130°C or 131°C</p>  <p>440150111111</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>OUTPUT:</p> <p>9Vac 10VA</p> </div> </div>																																																			

Anexo 3. Especificaciones técnicas del sensor de Corriente Continua ACS712

ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with
2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _A (°C)	Optimized Range, I _p (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		5	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{OUT}		5	V
Reverse Output Voltage	V _{ROUT}		-0.1	V
Reinforced Isolation Voltage	V _{ISO}	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, T _A =25°C	2100	V
		Voltage applied to leadframe (lp+ pins), based on IEC 60950	164	V _{peak}
Basic Isolation Voltage	V _{ISO(basic)}	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, T _A =25°C	1500	V
		Voltage applied to leadframe (lp+ pins), based on IEC 60950	354	V _{peak}
Output Current Source	I _{OUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{OUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _p	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001



Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000, www.allegromicro.com

2

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_A , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	–	10	13	mA
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	4.7	–	–	k Ω
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	m Ω
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	5	–	μs
Frequency Bandwidth	f	–3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$; I_P is 10 A peak-to-peak	–	80	–	kHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	–	1.5	–	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(0)}$	Bidirectional; $I_P = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times 0.5$	–	V
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	–	35	–	μs
Magnetic Coupling ²			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance ³	$R_{F(INT)}$		–	1.7	–	k Ω

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_J(\text{max})$, is not exceeded.

² $G = 0.1$ mT.

³ $R_{F(INT)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

			Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Internal Leadframe Temperature	T_A	E range	–40	–	85	$^\circ\text{C}$
					Value	Units
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro ASEK 712 evaluation board			5	$^\circ\text{C/W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 65-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	$^\circ\text{C/W}$

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

²The Allegro evaluation board has 1500 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.

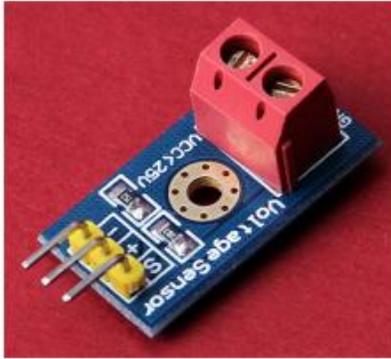


Allegro Microsystems, Inc.
115 Northway Court
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000, www.allegromicro.com

4

Anexo 4. Especificaciones técnicas del sensor de Voltaje Continuo FZ0430.

Arduino Voltage Sensor Module



Description:

This module is based on resistance points pressure principle, and it can make the input voltage of red terminal reduce 5 times of original voltage.

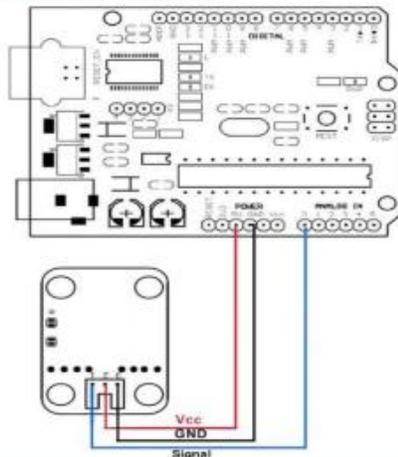
The max Arduino analog input voltage is 5 V, so the input voltage of this module should be not more than $5\text{ V} \times 5 = 25\text{ V}$ (if for 3.3 V system, the input voltage should be not more than $3.3\text{ V} \times 5 = 16.5\text{ V}$).

Because the Arduino AVR chip have 10 bit AD, so this module simulation resolution is 0.00489 V ($5\text{ V} / 1023$), and the input voltage of this module should be more than $0.00489\text{ V} \times 5 = 0.02445\text{ V}$.

Special Parameters :

- 1-Voltage input range : DC0-25 V
- 2-Voltage detection range : DC0.02445 V-25 V
- 3-Voltage analog resolution : 0.00489 V
- 4-DC input interface : red terminal positive with VCC, negative with GND

Connecting Diagram:



www.ekt2.com

Anexo 5. Especificaciones técnicas de la Raspberry PI 3 modelo B



<http://uk.farnell.com/buy-raspberry-pi>



<http://www.newark.com/buy-raspberry-pi>

Technical Specification:

Processor

- Broadcom BCM2387 chipset.
- 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 (64Bit)

802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)

- IEEE 802.11 b / g / n Wi-Fi. Protocol: WEP, WPA WPA2, algorithms AES-CCMP (maximum key length of 256 bits), the maximum range of 100 meters.
- IEEE 802.15 Bluetooth, symmetric encryption algorithm Advanced Encryption Standard (AES) with 128-bit key, the maximum range of 50 meters.

GPU

- Dual Core Video Core IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated Open VG, and 1080p30 H.264 high-profile decode.
- Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure

Memory

- 1GB LPDDR2

Operating System

- Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT

Dimensions

- 85 x 56 x 17mm

Power

- Micro USB socket 5V1, 2.5A

Connectors:

Ethernet

- 10/100 BaseT Ethernet socket

Video Output

- HDMI (rev 1.3 & 1.4)
- Composite RCA (PAL and NTSC)

Audio Output

- Audio Output 3.5mm jack
- HDMI
- USB 4 x USB 2.0 Connector

GPIO Connector

- 40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip
- Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines

Camera Connector

- 15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)

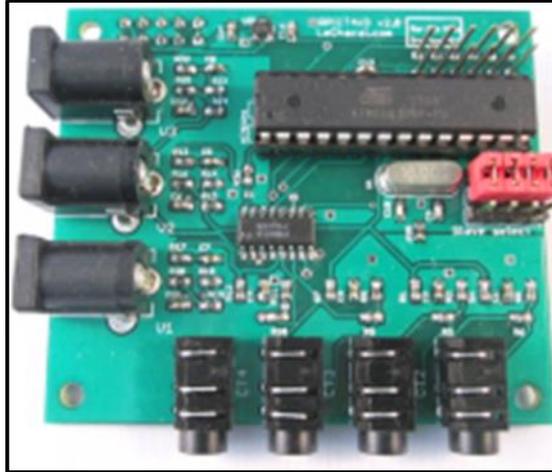
Display Connector

- Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane

Memory Card Slot

- Push/pull Micro SDIO

Anexo 6. Especificaciones técnicas del módulo de expansión RPICT4V3 v2.0



Especificaciones técnicas dadas por el fabricante LeChacal:

- 8 sensores de corriente alterna.
- Calcular el poder real.
- Ajuste en Raspberrypi 4 agujeros patrón de montaje.
- AtMega328 Mcu (Arduino UNO)
- MCP3208 ADC

Anexo 7. Especificaciones técnicas de la tarjeta ARDUINO UNO.

Características técnicas del ARDUINO UNO

Arduino es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB (En los últimos modelos, aunque el original utilizaba un puerto serie) conectado a un módulo adaptador USB-Serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip.

Un arduino dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 V.

También dispone de entradas y salidas analógicas. Mediante las entradas analógicas podemos obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. Las salidas analógicas suelen utilizarse para enviar señales de control en forma de señales PWM.

Arduino UNO es la última versión de la placa, existen dos variantes, la Arduino UNO convencional y la Arduino UNO SMD. La única diferencia entre ambas es el tipo de microcontrolador que montan.

- La primera es un microcontrolador Atmega en formato DIP.
- Y la segunda dispone de un microcontrolador en formato SMD.

Nosotros nos decantaremos por la primera porque nos permite programar el chip sobre la propia placa y después integrarlo en otros montajes.



Arduino UNO con microcontrolador en formato DIP



Arduino UNO con microcontrolador en formato SMD

Entradas y salidas:

Cada uno de los 14 pines digitales se puede usar como entrada o como salida. Funcionan a 5V, cada pin puede suministrar hasta 40 mA. La intensidad máxima de entrada también es de 40 mA.

Cada uno de los pines digitales dispone de una resistencia de pull-up interna de entre 20K Ω y 50 K Ω que está desconectada, salvo que nosotros indiquemos lo contrario.

Arduino también dispone de 6 pines de entrada analógicos que trasladan las señales a un convertor analógico/digital de 10 bits.

Pines especiales de entrada y salida:

- RX y TX: Se usan para transmisiones serie de señales TTL.
- Interrupciones externas: Los pines 2 y 3 están configurados para generar una interrupción en el atmega. Las interrupciones pueden dispararse cuando se encuentra un valor bajo en estas entradas y con flancos de subida o bajada de la entrada.
- PWM: Arduino dispone de 6 salidas destinadas a la generación de señales PWM de hasta 8 bits.
- SPI: Los pines 10, 11, 12 y 13 pueden utilizarse para llevar a cabo comunicaciones SPI, que permiten trasladar información full dúplex en un entorno Maestro/Eslavo.
- I²C: Permite establecer comunicaciones a través de un bus I²C. El bus I²C es un producto de Phillips para interconexión de sistemas embebidos. Actualmente se puede encontrar una gran diversidad de dispositivos que utilizan esta interfaz, desde pantallas LCD, memorias EEPROM, sensores...

Alimentación de un Arduino

Puede alimentarse directamente a través del propio cable USB o mediante una fuente de alimentación externa, como puede ser un pequeño transformador o, por ejemplo una pila de 9V. Los límites están entre los 6 y los 12 V. Como única restricción hay que saber que si la placa se alimenta con menos de 7V, la salida del regulador de tensión a 5V puede dar menos que este voltaje y si sobrepasamos los 12V, probablemente dañaremos la placa.

La alimentación puede conectarse mediante un conector de 2,1mm con el positivo en el centro o directamente a los pines Vin y GND marcados sobre la placa.

Hay que tener en cuenta que podemos medir el voltaje presente en el jack directamente desde Vin. En el caso de que el Arduino esté siendo alimentado mediante el cable USB, ese voltaje no podrá monitorizarse desde aquí.

Resumen de características Técnicas

Microcontrolador	Atmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20V
Pines para entrada- salida digital.	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

Anexo 8. Código en Python 3 del desarrollo de la Interfaz Gráfica de Usuario.

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import serial
import sys, re, smtplib
from email.mime.text import MIMEText
from email.mime.multipart import MIMEMultipart
from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QDialog, QMessageBox,
    QMainWindow, QLineEdit
from PyQt5 import uic, QtCore
from datetime import date, datetime

GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setup(32, GPIO.OUT)
GPIO.output(32, True)

class Ventana(QMainWindow):
    def __init__(self):
        QMainWindow.__init__(self)
        uic.loadUi('Ventana_principal_telegestion.ui', self)

        self.ser = serial.Serial('/dev/ttyS0', 38400, timeout=2)
        self.puerto = self.detectar_arduino()

        if self.puerto:
            self.serusb = serial.Serial(self.puerto, 9600, timeout=2)

self.reiniciar_sis_elec.clicked.connect(self.reiniciar_sistema_electrico)

self.p_ups = 40.0
self.tiempo = 1000

self.voltaje_ref_bateria = 12.7
self.a = 0
self.corriente_ref_bateria = 10
self.b = 0

self.i = 0

self.tiempo_lectura()

def calcular_tiempo_duracion(self, p_salida, nivel_bateria):
    p_total = self.p_ups + p_salida

    self.tiempo_duracion = 390*nivel_bateria/(p_total*100)

    if nivel_bateria < 1:
        self.tiempo_bateria.display(0)
```

```

else:
    if self.tiempo_duracion < 1:
        self.tiempo_duracion = self.tiempo_duracion*60
        self.tiempo_bateria.display(int(self.tiempo_duracion))
        self.etiqueta_tiempo.setText('min')
    else:
        self.tiempo_bateria.display(int(self.tiempo_duracion))
        self.etiqueta_tiempo.setText('h')
def calcular_nivel_bateria(self, voltaje_bateria, corriente_bateria,
potencia_salida):
    if self.V_ac_in < 100 :
        try:

            #print('b: ', self.b)
            #print('corriente_min:', self.valor_min_corriente)
            self.valor_min_corriente = self.corriente_ref_bateria
            self.b = 0
        except:
            pass

    if voltaje_bateria <= self.voltaje_ref_bateria and self.a ==
0:

        self.valor_min = voltaje_bateria
        self.a = 1
    elif self.a == 1:
        if voltaje_bateria < self.valor_min:
            self.valor_min = voltaje_bateria
        else:
            self.valor_min = self.voltaje_ref_bateria

        #print('self.valor_min: ', self.valor_min)
        self.nivel_bateria_voltaje = int(round(((self.valor_min-11.1)
* 100)/1.6, 0))
        #print('self.nivel_bateria_voltaje: ',
self.nivel_bateria_voltaje)
        try :
            if self.nivel_bateria_voltaje >
self.nivel_bateria_corriente:
                #print('nivel_bateria_corriente_descarga: ',
self.nivel_bateria_corriente)

self.nivel_de_bateria.setValue(self.nivel_bateria_corriente) # grafico
                self.calcular_tiempo_duracion(potencia_salida,
self.nivel_bateria_corriente)
            else:
                #print('nivel_bateria_voltaje_descarga: ',
self.nivel_bateria_voltaje)

self.nivel_de_bateria.setValue(self.nivel_bateria_voltaje) # grafico
                self.calcular_tiempo_duracion(potencia_salida,
self.nivel_bateria_voltaje)

```

```

        except:

self.nivel_de_bateria.setValue(self.nivel_bateria_voltaje)
        self.calcular_tiempo_duracion(potencia_salida,
self.nivel_bateria_voltaje)

        else:
            try:
                #print('a: ', self.a)
                #print('volatje_min:', self.valor_min)
                self.valor_min = self.voltaje_ref_bateria
                self.a = 0
            except:
                pass

        if corriente_bateria <= self.corriente_ref_bateria and self.b
== 0:
            self.valor_min_corriente = corriente_bateria
            self.b = 1
        elif self.b == 1:
            if corriente_bateria < self.valor_min_corriente:
                self.valor_min_corriente = corriente_bateria
            else:
                self.valor_min_corriente = self.corriente_ref_bateria

        if self.valor_min_corriente > 0:

            #print('self.valor_min_corriente',
self.valor_min_corriente)
            self.nivel_bateria_corriente = int(round(100 -
(((self.valor_min_corriente-0.3)* 100)/9.7), 0))
            if self.nivel_bateria_corriente >= 100:
                self.nivel_bateria_corriente = 100

            #print('self.nivel_bateria_corriente: ',
self.nivel_bateria_corriente)

            try :
                if self.nivel_bateria_corriente <
self.nivel_bateria_voltaje:
                    #print('nivel_bateria_corriente_carga: ',
self.nivel_bateria_corriente)

self.nivel_de_bateria.setValue(self.nivel_bateria_corriente)
                    self.calcular_tiempo_duracion(potencia_salida,
self.nivel_bateria_corriente)

                else:
                    #print('nivel_bateria_voltaje_descarga: ',
self.nivel_bateria_voltaje)

```

```

self.nivel_de_bateria.setValue(self.nivel_bateria_voltaje) # grafico
                        self.calcular_tiempo_duracion(potencia_salida,
self.nivel_bateria_voltaje)

        except:

self.nivel_de_bateria.setValue(self.nivel_bateria_corriente)
                        self.calcular_tiempo_duracion(potencia_salida,
self.nivel_bateria_corriente)

    def tiempo_lectura(self):
        self.timer = QtCore.QTimer()
        self.timer.timeout.connect(self.lecturas_variables_electricas)
        #self.timer.timeout.connect(self.lectura_voltaje_bateria)
        self.timer.start(self.tiempo)

    def lectura_voltaje_bateria(self, potencia_salida):
        try:
            #print(self.puerto)
            if self.puerto:

                comando = bytes('L', 'utf-8')
                self.serusb.write(comando)
                lectura = self.serusb.readline()
                lectura = str(lectura[:-2])
                #print(lectura)

                if len(lectura) >= 7:
                    #print(lectura, type(lectura))
                    lectura = lectura.split(' ')
                    voltaje_bateria = float(lectura[0][2:])
                    corriente_bateria = float(lectura[1][:-1])

                    self.lcd_voltaje_bateria.display(voltaje_bateria)

                    self.guardar_consumo_electrico(self.V_ac_ou,
voltaje_bateria)
                    self.calcular_nivel_bateria(voltaje_bateria,
corriente_bateria, potencia_salida)

                else:
                    self.lcd_voltaje_bateria.display(0)
                    self.nivel_de_bateria.setValue(0)
                    self.tiempo_bateria.display(0)
            else:

                self.lcd_voltaje_bateria.display('- - ')
                self.nivel_de_bateria.setValue(0)
                self.tiempo_bateria.display('- - ')

```

```

except Exception as e:
    print(e)
    print('se ha perdido la conexión con arduino')
    self.lcd_voltaje_bateria.display('- - ')
    self.nivel_de_bateria.setValue(0)
    self.tiempo_bateria.display('- - ')
    if self.puerto:
        self.serusb.close()
        self.puerto = False

def lecturas_variables_electricas(self):

    self.line = self.ser.readline()
    #print('variables ac: ', self.line)
    self.line = self.line[:-1]
    self.line = str(self.line)
    self.Z = self.line.split(' ')

    if len(self.Z) >= 4:
        if float(self.Z[1]) > 100.0 :
            self.I_ac_in = float(self.Z[1])
        else:
            self.I_ac_in = 0.0
        self.V_ac_in = float(self.Z[3])
        if float(self.Z[2]) > 100.0 :
            self.I_ac_ou = float(self.Z[2])
        else:
            self.I_ac_ou = 0.0
        self.V_ac_ou = float(self.Z[4])

        if self.I_ac_in == 0:
            self.P_ap_in = 0
        else:
            self.P_ap_in = float(self.Z[5])
        if self.I_ac_ou == 0:
            self.P_ap_ou = 0
        else:
            self.P_ap_ou = float(self.Z[6])

        #self.P_ap_in = (self.I_ac_in * self.V_ac_in)/1000
        #self.P_ap_ou = (self.I_ac_ou * self.V_ac_ou)/1000

    self.analizar_variables_ac(self.V_ac_in)

    self.corriente_in_ac.display(self.I_ac_in)
    self.voltaje_in_ac.display(self.V_ac_in)
    self.corriente_ou_ac.display(self.I_ac_ou)
    self.voltaje_ou_ac.display(self.V_ac_ou)
    self.consumo_electrico_in.display(self.P_ap_in)
    self.consumo_electrico_ou.display(self.P_ap_ou)

```

```

        self.lectura_voltaje_bateria(self.P_ap_ou)

        self.tiempo = 1500

def analizar_variables_ac(self, voltaje_ac_in):
    if voltaje_ac_in < 10.0 and self.i == 0:
        asunto = 'Alerta Crítica'
        mensaje = 'Se ha producido un corte del suministro principal\
de energía a eléctrica.'
        self.enviar_email(asunto, mensaje)
        self.i = 1
    elif voltaje_ac_in > 100.0 and self.i == 1:
        asunto = 'Aviso Importante'
        mensaje = 'Se ha reestablecido el suministro principal\
de energía a eléctrica.'
        self.enviar_email(asunto, mensaje)
        self.i = 0

def reiniciar_sistema_electrico(self):
    self.timer.stop()
    res = QMessageBox.question(self, 'PRECAUCION', '¿Seguro que desea
reiniciar el sistema eléctrico?',
                               QMessageBox.Yes | QMessageBox.No)
    if res == QMessageBox.Yes:
        GPIO.output(32, False)
        time.sleep(15)
        GPIO.output(32, True)
        QMessageBox.information(self, "Atención", "Sistema eléctrico
reiniciado")
        self.tiempo_lectura()

def enviar_email(self, asunto, mensaje):
    correo_remitente = "estacionBain@gmail.com"
    password = "*****"
    remitente = 'Estacion Bain'
    destinatario = 'monitoreosaragurosnet@gmail.com'

    smtp = smtplib.SMTP("smtp.gmail.com", "587")
    smtp.starttls()
    smtp.login(correo_remitente, password)
    header = MIMEMultipart()
    header['From'] = remitente
    header['To'] = destinatario
    header['Subject'] = asunto
    msg = MIMEText(mensaje, 'html')
    header.attach(msg)
    smtp.sendmail(remitente, destinatario, header.as_string())
    smtp.quit()

def detectar_arduino(self):

```

```
for i in range (0, 50):  
    try:  
        puerto = '/dev/ttyUSB' + str(i)  
        ser = serial.Serial(puerto, 9600, timeout=1)  
        print('arduino encontrado en el puerto: ', puerto)  
        ser.close()  
        return puerto  
        break  
    except:  
        pass  
print('No se ha detectado ningun arduino conectado')  
return False  
  
app = QApplication(sys.argv)  
_ventana = Ventana()  
_ventana.show()  
app.exec_()
```

Anexo 9. Código del módulo RPICT4V3 v3.0 desarrollado en Arduino IDE.

```
// RPICT noOSC
//Version 1.1
// lechacal.com
//
// Sketch for runing more than 28 nodes. The usual OverSerial COnfig sketch
// is limited to 28 nodes
// Use this one if up to 40 nodes are used.
// No configuration over serial. Parameters must be hardcoded in the sketch
// itself.
//
// Required Libraries: None

#define CH_TYPE_NONE 0
#define CH_TYPE_REALPOWER 1
#define CH_TYPE_APPARENTPOWER 2
#define CH_TYPE_VRMS 3
#define CH_TYPE_IRMS 4
#define CH_TYPE_PEST 5

#define N_MAX_BOARD 5
#define N_SENSORS 8

#define MAX_NODES 28
#define MAX_CHANNELS_ 64

//*****USER PARAMETERS START*****
// Change parameters below. Use the link below for guidance.
//      http://lechacal.com/wiki/index.php/Over_Serial_Configuration_-
//_Sketch_2.6
// Example below is for a 5 stack of
// 1 RPICT4V3 as Master
// 4 RPICT8 as slave
// V1 computes againts Slave1
// V2 computes againts Slave2
// V3 computes againts Slave3
// CT on master computes against V1
// CT1 to CT4 on Slave4 against V2
// CT5 to CT8 on Slave4 against V3
// Outputs are V1, V2, V3, CT1, CT2, CT3, ... , CT35, CT36
const byte NODEID = 11;
char control = ' ';
int a = 0;
const double VEST = 110.0; // To use estimated voltage define HW_vol as
127 and CH_type as 5.
const unsigned int PROGMEM POLLING = 2000;
const float PROGMEM KCAL[N_MAX_BOARD][N_SENSORS] = {
  {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
  {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
  {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
```

```

    {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
    {289.5, 289.5, 289.5, 1, 55.19, 55.19, 55.19, 55.19}
};

const byte N_nodes = 6; //
const byte N_channels = 7;
const byte HW_sct[MAX_NODES] = {
    8, 7, 1, 1, 8, 7, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255};
const byte HW_mcp_sct[MAX_NODES] = {
    10, 10, 0, 0, 10, 10, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255};
const byte HW_vol[MAX_NODES]{
    0, 0, 3, 2, 3, 2, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255};
const byte HW_mcp_vol[MAX_NODES] = {
    0, 0, 10, 10, 10, 10, 255, \
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255};
const byte CH_type[MAX_CHANNELS_] = {
    4, 4, 3, 3, 2, 2, 6, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255};
const byte CH_id[MAX_CHANNELS_] = {
    0, 1, 2, 3, 4, 5, 4, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,\
    255, 255, 255, 255};
//*****USER PARAMETERS END*****

#define ADC_BITS    12
#define ADC_COUNTS (1<<ADC_BITS)

#define DATAOUT  11 //MOSI
#define DATAIN   12 //MISO
#define SPICLOCK  13 //Clock

#include <EEPROM.h>

//#include <MemoryFree.h>

```

```

const int SUPPLYVOLTAGE = 3300;
const int crossings = 20;
const int timeout = 250;

unsigned long timer1;
double sumP, sumV, sumI;
const float PHASECAL = 1.7;

int read_adc(int channel, int _cs) {
    int adcvalue = 0;
    byte commandbits = B11000000; //command bits - start, mode, chn (3), dont
    care (3)

    //allow channel selection
    commandbits |= ((channel - 1) << 3);
    digitalWrite(_cs, LOW); //Select adc
    // setup bits to be written
    for (int i = 7; i >= 3; i--) {
        digitalWrite(DATAOUT, commandbits & 1 << i);
        //cycle clock
        digitalWrite(SPICLOCK, HIGH);
        digitalWrite(SPICLOCK, LOW);
    }

    digitalWrite(SPICLOCK, HIGH); //ignores 2 null bits
    digitalWrite(SPICLOCK, LOW);
    digitalWrite(SPICLOCK, HIGH);
    digitalWrite(SPICLOCK, LOW);

    //read bits from adc
    for (int i = 11; i >= 0; i--) {
        adcvalue += digitalRead(DATAIN) << i;
        //cycle clock
        digitalWrite(SPICLOCK, HIGH);
        digitalWrite(SPICLOCK, LOW);
    }
    digitalWrite(_cs, HIGH); //turn off device
    return adcvalue;
}

class EnergyMonitor
{
public:
    void calcVI();
    void calcIrms(unsigned int Number_of_Samples);
    void pinConfig(byte _inPinI, byte _mcpI, byte _inPinV, byte _mcpV,
const float KCAL[N_MAX_BOARD][N_SENSORS]);
    double Irms, Vrms, realPower;

private:

```

```

    byte inPinI, inPinV;
    byte mcpI, mcpV;
    double offsetV, offsetI;
    double filteredV, filteredI;

};

void EnergyMonitor::pinConfig(byte _inPinI, byte _mcpI, byte _inPinV, byte
_mcpV, const float _KCAL[N_MAX_BOARD][N_SENSORS])
{
    inPinI = _inPinI;
    mcpI = _mcpI;
    inPinV = _inPinV;
    mcpV = _mcpV;

    //ICAL = _KCAL[_inPinI];
    //VCAL = _KCAL[_inPinV];
}

void EnergyMonitor::calcVI()
{
    //int SUPPLYVOLTAGE = readVcc();
    int crossCount = 0; //Used to measure number
of times threshold is crossed.
    int numberOfSamples = 0; //This is now incremented
    int startV;
    double lastFilteredV;
    double sqI, sqV, instP, phaseShiftedV;
    boolean lastVCross, checkVCross;
    int sampleI, sampleV;
    float VCAL, ICAL;

    VCAL = pgm_read_float(&KCAL[mcpV - 6][inPinV - 1]);
    ICAL = pgm_read_float(&KCAL[mcpI - 6][inPinI - 1]);

    //-----
    // 1) Waits for the waveform to be close to 'zero' (2048 adc) part in
sin curve.
    //-----
    boolean st = false; //an indicator to exit
the while loop

    unsigned long start = millis(); //millis()-start makes sure it doesnt
get stuck in the loop if there is an error.

    while (st == false) //the while loop...
    {

```

```

    startV = read_adc(inPinV, mcpV);           //using the voltage
waveform
    if ((startV < (ADC_COUNTS * 0.55)) && (startV > (ADC_COUNTS * 0.45)))
st = true; //check its within range
    if ((millis() - start) > timeout) st = true;
}

//-----
// 2) Main measurment loop
//-----

start = millis();

while ((crossCount < crossings) && ((millis() - start) < timeout))
{
    numberOfSamples++;           //Count number of times
looped.

    lastFilteredV = filteredV;   //Used for offset removal

    //-----
    // A) Read in raw voltage and current samples
    //-----

    sampleV = read_adc(inPinV, mcpV);       //Read in raw voltage
signal
    sampleI = read_adc(inPinI, mcpI);       //Read in raw current
signal

    //-----
    // B) Apply digital low pass filters to extract the 2.5 V or 1.65 V dc
offset,
    // then subtract this - signal is now centred on 0 counts.
    //-----

    offsetV = offsetV + ((sampleV - offsetV) / 1024);
    filteredV = sampleV - offsetV;
    offsetI = offsetI + ((sampleI - offsetI) / 1024);
    filteredI = sampleI - offsetI;

    //-----
    // C) Root-mean-square method voltage
    //-----

    sqV = filteredV * filteredV;           //1) square voltage values
    sumV += sqV;                          //2) sum

```

```

//-----
// D) Root-mean-square method current
//-----
sqI = filteredI * filteredI;           //1) square current values
sumI += sqI;                           //2) sum

//-----
// E) Phase calibration
//-----
phaseShiftedV = lastFilteredV + PHASECAL * (filteredV - lastFilteredV);

//-----
// F) Instantaneous power calc
//-----
instP = phaseShiftedV * filteredI;     //Instantaneous Power
sumP += instP;                          //Sum

//-----
// G) Find the number of times the voltage has crossed the initial
voltage
//   - every 2 crosses we will have sampled 1 wavelength
//   - so this method allows us to sample an integer number of half
wavelengths which increases accuracy
//-----
lastVCross = checkVCross;
if (sampleV > startV) checkVCross = true;
else checkVCross = false;
if (numberOfSamples == 1) lastVCross = checkVCross;

if (lastVCross != checkVCross) crossCount++;
}

//-----
// 3) Post loop calculations
//-----
//Calculation of the root of the mean of the voltage and current squared
(rms)
//Calibration coefficients applied.

double V_RATIO = VCAL * ((SUPPLYVOLTAGE / 1000.0) / 4095.0);
Vrms = V_RATIO * sqrt(sumV / numberOfSamples);

```

```

double I_RATIO = ICAL * ((SUPPLYVOLTAGE / 1000.0) / 4095.0);
Irms = I_RATIO * sqrt(sumI / numberOfSamples);

//Calculation power values
realPower = V_RATIO * I_RATIO * sumP / numberOfSamples;

//LeChacal.com - Values below can be computed externally.
//apparentPower = Vrms * Irms;
//powerFactor=realPower / apparentPower;

//Reset accumulators
sumV = 0;
sumI = 0;
sumP = 0;
//-----
}

void EnergyMonitor::calcIrms(unsigned int Number_of_Samples)
{
double sqI;
int sampleI;
//Serial.println(C.KCAL[inPinI-1]);

float ICAL = pgm_read_float(&KCAL[mcpI - 6][inPinI - 1]);

for (unsigned int n = 0; n < Number_of_Samples; n++)
{
//sampleI = analogRead(inPinI);
sampleI = read_adc(inPinI, mcpI);

// Digital low pass filter extracts the 2.5 V or 1.65 V dc offset,
// then subtract this - signal is now centered on 0 counts.
offsetI = (offsetI + (sampleI - offsetI) / 1024);
filteredI = sampleI - offsetI;

// Root-mean-square method current
// 1) square current values
sqI = filteredI * filteredI;
// 2) sum
sumI += sqI;
}

double I_RATIO = ICAL * ((SUPPLYVOLTAGE / 1000.0) / 4095.0);
Irms = I_RATIO * sqrt(sumI / Number_of_Samples);

//Reset accumulators
sumI = 0;
//-----
}

```

```

    //return Irms;
}

EnergyMonitor CTS[MAX_NODES];

void setup()
{
    //set pin modes
    pinMode(DATAOUT, OUTPUT);
    pinMode(DATAIN, INPUT);
    pinMode(SPICLOCK, OUTPUT);
    //disable mcp3208 device to start with
    digitalWrite(DATAOUT, LOW);
    digitalWrite(SPICLOCK, LOW);

    pinMode(6, OUTPUT);
    digitalWrite(6, HIGH);
    pinMode(7, OUTPUT);
    digitalWrite(7, HIGH);
    pinMode(8, OUTPUT);
    digitalWrite(8, HIGH);
    pinMode(9, OUTPUT);
    digitalWrite(9, HIGH);
    pinMode(10, OUTPUT);
    digitalWrite(10, HIGH);

    Serial.begin(38400);
    Serial.println(F("# RPICT noOSC 1.1"));

    reconfig_CTS();
}

void loop()
{
    // if (Serial.available())>0
    // {
    //     control = Serial.read();
    //     if(control == 'L')
    //     {
    //         for (uint8_t i = 0; i < N_nodes; i++) {
    //             if (HW_vol[i] == 127) { // Using estimated voltage
    //                 CTS[i].calcIrms(1200);
    //             }
    //             else {
    //                 CTS[i].calcVI();
    //             }
    //         }
    //     }
    //     timer_callback();
    // }
}

```

```

    timer_callback();//must be here otherwise we're stuck if N_nodes = 0.

    }
// }
// delay(1000);
//}

void timer_callback() {
    //TODO: should we cast millis-timer as unsignedlong here?
    if ((millis() - timer1) > POLLING) {
        timer1 = millis();
        send_data();
        //Serial.print(F("Mem: "));
        //Serial.println(freeMemory());
    }

void send_data() {
    // EMONHUB FORMAT. TO USE CSV CHANGE delimiter to ','
    const char delimiter = ' ';
    Serial.print(NODEID);

    for (int i = 0; i < N_channels; i++) {

        Serial.print(delimiter);

        switch (CH_type[i]) {
            case CH_TYPE_REALPOWER:
                Serial.print(CTS[CH_id[i]].realPower, 1);
                break;
            case CH_TYPE_APPARENTPOWER:
                Serial.print(CTS[CH_id[i]].Irms * CTS[CH_id[i]].Vrms, 1);
                break;
            case CH_TYPE_VRMS:
                Serial.print(CTS[CH_id[i]].Vrms, 1);
                break;
            case CH_TYPE_IRMS:
                Serial.print(CTS[CH_id[i]].Irms * 1000, 1);
                break;
            case CH_TYPE_PEST:
                Serial.print(CTS[CH_id[i]].Irms * VEST, 1);
                break;
        }
    }
    Serial.print(F("\n"));
}

void reconfig_CTS() {
    for (int i = 0; i < N_nodes; i++) {
        CTS[i].pinConfig(HW_sct[i], HW_mcp_sct[i], HW_vol[i], HW_mcp_vol[i],
        KCAL);
    }
}
}

```

Anexo 10. Código de Arduino UNO: medición de variables eléctricas continuas.

```
Int Sensor = A0;
float sensibilidad=0.066;
char control = '0';

void setup() {
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  if (Serial.available()>0)
  {
    control = Serial.read();
    if (control == 'L')
    {
      float voltaje = (float)25*analogRead(A0)/1023;
      float Idc=calculoCorriente(500);

      Serial.print(voltaje);
      Serial.print(' ');
      Serial.println(Idc,2);

    }
  }

  delay(500);
}

float calculoCorriente(int numeroMuestras)
{
  float leerAcs712 = 0;
  float intensidad = 0;
  for(int i=0;i<numeroMuestras;i++)
  {
    leerAcs712 = analogRead(A1) * (5.02 / 1023);
    intensidad=intensidad+(leerAcs712-2.5)/sensibilidad;
  }
  intensidad=intensidad/numeroMuestras;
  return(intensidad);
}
```

Anexo 11. Especificaciones técnicas: Batería RA-12-100



RA12-100 (12V100Ah)

RA series is a general purpose battery with 10 years design life in float service. It meets with IEC, JIS and BS standards. With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, medical equipment, emergency light and security system applications.



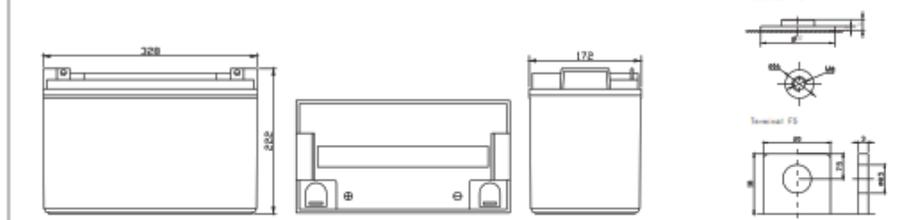
Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	100Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx.30.0 Kg(Tolerance ±2%)
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 5mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	30 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F5/F12
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



Dimensions

Unit: mm Dimension: 328(L) × 172(W) × 222(H)



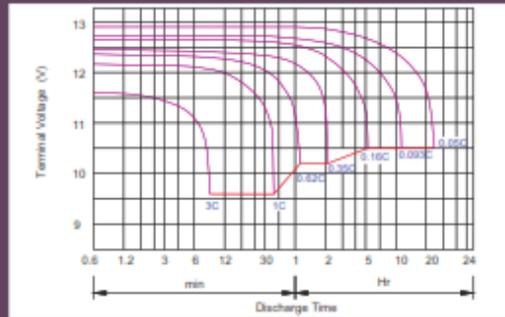
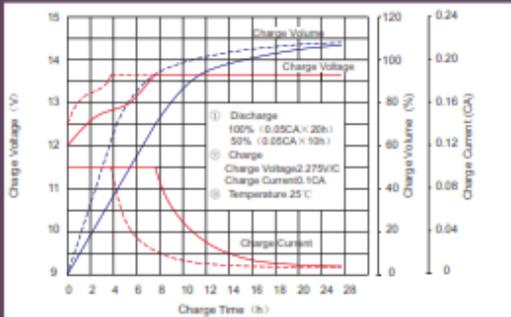
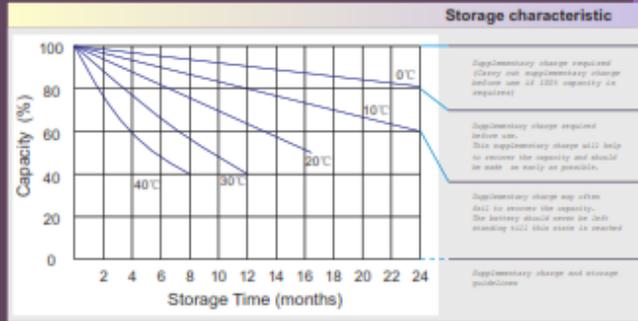
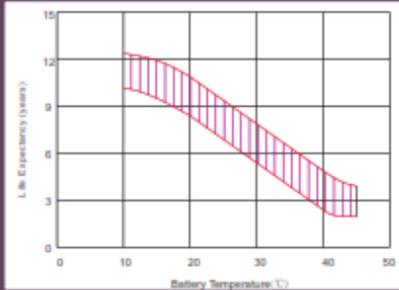
Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	320.7	226.9	181.4	112.7	65.00	38.89	26.88	22.03	18.03	12.42	10.50	5.78
10.0V	311.4	215.8	177.7	110.8	64.70	38.60	26.78	21.93	17.93	12.32	10.40	5.67
10.2V	302.2	208.2	174.9	109.8	64.10	38.31	26.57	21.83	17.82	12.22	10.30	5.57
10.5V	271.3	192.1	166.5	107.1	63.50	38.02	26.47	21.62	17.61	12.12	10.20	5.46
10.8V	244.9	175.2	153.5	102.4	62.00	37.33	25.75	21.11	17.29	11.92	10.10	5.36
11.1V	209.1	156.6	137.7	95.91	58.90	35.68	24.62	20.09	16.55	11.41	9.80	5.04

Constant Power Discharge Characteristics: W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	3317	2416	1996	1284	751.1	458.4	319.9	262.6	215.1	148.3	125.5	69.26
10.0V	3251	2342	1964	1269	749.3	456.0	320.0	262.3	214.6	147.6	124.7	68.06
10.2V	3214	2280	1941	1260	743.5	453.3	318.6	261.7	213.9	146.6	123.6	66.80
10.5V	2926	2123	1852	1230	736.8	450.0	317.4	259.3	211.3	145.4	122.4	65.54
10.8V	2665	1957	1712	1179	723.2	444.2	308.7	253.4	207.5	143.0	121.2	64.28
11.1V	2341	1770	1541	1108	692.3	427.7	295.4	241.1	198.6	136.9	117.6	60.50

All mentioned values are average values (Tolerance ±2%).



Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
GEL Battery	6V&12V	50%	70%	83%	85%	90%	98%	100%	102%	104%	105%
	2V	60%	75%	85%	88%	92%	99%	100%	103%	105%	106%
AGM Battery	6V&12V	46%	66%	76%	83%	90%	98%	100%	103%	107%	109%
	2V	55%	70%	80%	85%	92%	99%	100%	104%	108%	110%

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V _{cut}	1.75V	1.70V	1.60V
Discharge Current (A)	(A) < 0.2C	0.2C < (A) < 1.0C	(A) > 1.0C

Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2Cx2h+14.4-14.7Vx24h, Max. Current 0.3C
Constant Current	-0.2Cx2h+0.1Cx12h
Fast	-0.2Cx2h+0.3Cx4h

Size	M5	M6	M8
Terminal	F3 F4 F11 F18 T25 T26	D6 F11 F12-1 F15	F5 F6 F10 F12 F14 F16
Range	5-75cm	5-120cm	10-120cm

Maintenance & Cautions

Float Service:

- ☐ Every month, recommend inspection every battery voltage.
- ☐ Every three months, recommend equalization charge for one time.
- Equalization charge method:
- Discharge: 100% rate capacity discharge.
- Charge: Max. current 0.3CA, constant voltage 14.4-14.7V charge 24h.
- ☐ Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/°C/Cell.
- ☐ Length of service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging voltage.

SHENZHEN RITAR POWER CO.,LTD.
URL: www.ritarpower.com

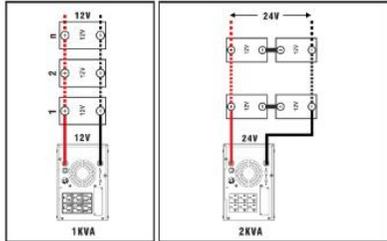
Address: Rm405, Tower C, Hushan Building, Langshan Rd16, Nanshan District, ShenZhen, 518057, China.
Tel: +86-755-33981688 Fax: +86-755-8347-5180

2015, Issue 1

Anexo 12. Inversor + cargador DC MAN-XBU-SW-ES

4. INSTALACIÓN DEL INVERSOR

- Instale INVERSOR en ambientes interiores protegidos que proporcionen un flujo de aire libre de polvo, vapores corrosivos y/o contaminantes conductivos.
 - Deje espacio suficiente entre el ventilador y la superficie más cercana.
 - No instale ni opere en ambientes exteriores donde se especifiquen las especificaciones de operación descritas en este manual. Evite la exposición directa al sol o fuentes cercanas de humedad o calor.
 - Instale el INVERSOR a más de 25cm. de separación de equipos sensibles a interferencia magnética.
 - Conecte las baterías externas a los cables de conexión DC del panel trasero del INVERSOR. Si hay baterías adicionales, use cables que cumplan con las especificaciones mínimas requeridas. La corriente máxima esperada en los cables de las baterías es de 80 Amperios. Bajo condiciones de operación normales debería ser suficiente con usar cables de AWG 8 (10mm2) de cobre (rating temp. 105°C).
- ADVERTENCIAS:**
- El modelo 1K trabaja con banco de baterías de 12VDC.
 - El modelo 2K trabaja con banco de baterías de 24VDC.
 - Los cables DC del inversor son AWG#6 con terminales de alambre de 8mm (interno).
 - Cuidado la polaridad de los cables de baterías al momento de su conexión al INVERSOR. Si se produce un error en la polaridad de las baterías se producirán daños en el interior del INVERSOR.



- NOTAS IMPORTANTES:**
- Debe asegurarse que el XBU-SW se conecta a una fuente de tensión de corriente alterna compatible con sus especificaciones de voltaje, según información impresa en su etiqueta.
 - El voltaje de operación de los equipos conectados al XBU-SW debe ser compatible con el valor de tensión generado por el INVERSOR.

5. OPERACIÓN DEL XBU-SW

- Una vez se haya instalado de acuerdo a la sección 4, ponga en marcha el XBU-SW accionando el botón de encendido ubicado en el panel frontal. El INVERSOR debe responder con el encendido de los LED piloto de su panel frontal según la TABLA 2.
- Encienda de forma progresiva los equipos conectados al INVERSOR.
- Desde este momento sus equipos se encuentran protegidos eléctricamente.

TABLA 2: LEDS

MODO NORMAL	LED VERDE	ON
MODO BATERIA	LED AMARILLO	INTERMITENTE 1/10s
MODO BATERIA + LOW BATTERY	LED AMARILLO	INTERMITENTE 1/1s
	LED ROJO	ON
MODO FALLA	LED ROJO	ON

TABLA 3: ALARMAS AUDIBLES

MODO NORMAL Y BATERIA	Sin alarma audible
BATERIA BAJA	1 beep /s
FALLA	Sonido continuo
OVERLOAD	2 beeps /s

La función de Arranque en Frio le permite encender su INVERSOR y sus equipos, aun en ausencia de energía eléctrica, comportándose como un pequeño generador eléctrico, siempre que las baterías se encuentren cargadas por encima de los valores mínimos establecidos.

11.0 VDC para el XBU-SW de 1K
22.0 VDC para el XBU-SW de 2K

Este INVERSOR ofrecerá respaldo eléctrico en sus tomacorrientes de salida incluso ante fallas en el servicio eléctrico principal. El tiempo de respaldo ofrecido por el INVERSOR depende de varios factores:

- El nivel de carga presente en las baterías en el momento en que se les necesita.
- La capacidad de las baterías de suministrar energía como consecuencia de su uso o vejez.
- El nivel de potencia consumida en las salidas del INVERSOR. A mayor potencia conectada al INVERSOR menor será el respaldo.

En condiciones normales del servicio eléctrico, su INVERSOR mantiene la(s) batería(s) cargada(s) y en espera.

Este INVERSOR es compatible con generadores eléctricos. Puede conectar este INVERSOR a la salida de un generador o planta eléctrica.

2. ESTANDARES DE SEGURIDAD/CALIDAD/RENDIMIENTO

SAFETY - LOW VOLTAGE DIRECTIVE (2014/35/EU)	
UPS Part 1-1: General & Safety UPS in accessible areas	IEC/EN 62040-1
ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY - EMC DIRECTIVE (2014/30/EU)	
UPS Part 2: Electromagnetic Compatibility	
Low Freq. Conducted Disturbances & Signals:	IEC/EN 61000-2-2
Electrostatic discharge immunity Test:	IEC/EN 61000-4-2
Radiated radio Frequency immunity:	IEC/EN 61000-4-3
Electrical Fast Transient / burst immunity:	IEC/EN 61000-4-4
Surge immunity:	IEC/EN 61000-4-5
Conducted Immunity:	IEC/EN 61000-4-6
Harmonic Current:	IEC/EN 61000-3-2
Ricker & Fluctuations:	IEC/EN 61000-3-3
DROP TESTS	ISTA-1A (76cm)
IP PROTECTION	IP20 (static)
QUALITY MANAGEMENT:	Manufactured under: ISO 9001 : 2000
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT:	Manufactured under: ISO 14001 : 2004

Cualquier modificación posterior efectuada por el usuario final o su instalador o la inclusión de este producto como parte de un sistema más complejo podría afectar el cumplimiento de las normativas listadas. Por tal motivo el fabricante no se hace responsable por ningún tipo de modificación realizada sobre el equipo o sus accesorios después de que estos salen de fábrica. Producto diseñado para operar en ambientes domésticos y comerciales. Los estándares CE aplican para medios 220Vac.

3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Este equipo es un inversor con salida de tipo sine-wave y cargador de baterías integrado. Su diseño es de topología full-bridge y baja frecuencia. Puede operar como un UPS de larga autonomía al conectarse a baterías externas de gran capacidad. Su potente cargador de baterías (10A / 20A) es capaz de recargar bancos de baterías de varios cientos de AH. Por la robustez de su inversor puede trabajar en modo batería durante varias horas de forma continua.

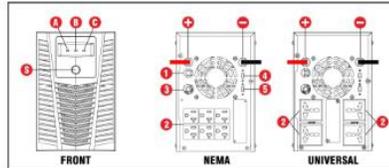


TABLA 1

A: ON/OFF	1- Cable de entrada AC
B: LED: MODO FALLA = ROJO	2- Tomas de salida
C: LED: MODO BATERIA = AMARILLO	3- Disyuntor de entrada AC
D: LED: MODO LINEA = VERDE	4- Selector del capacitor de baterías: 10A / 20A
	5- Selector de tiempo de transferencia
	1+ - Conector de baterías POSITIVO
	1 - Conector de baterías NEGATIVO

SELECTOR 4: Corriente de carga de Baterías:

Selecciona entre 10 Amperios y 20 Amperios como corriente máxima de carga para las baterías externas.

SELECTOR 5: Sensibilidad

Selecciona el tiempo de espera para hacer la transferencia de modo normal a modo batería, desde que se detecta que el voltaje de entrada ha salido del rango óptimo. Cuando se alimenten equipos informáticos, se recomienda usar sensibilidad máxima a UPS. Cuando se alimenten otros tipos de equipos menos sensibles, se recomienda seleccionar la posición INVERTER.

- Posición UPS: 10ms
- Posición INVERTER: 20ms

9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

XBU-SW INVERTER	1KVA	2KVA	3KVA
Power / Capacidad	1000VA / 600W	2000VA / 1200W	3000VA / 1800W
AC INPUT / ENTRADA AC			
Input range / Voltaje entrada Model 120Vdc	80 - 150Vdc	80 - 150Vdc	80 - 150Vdc
Max RMS Current / Corriente Max RMS (Model 120Vdc)	8.5A	16.6A	24.6A
Input range / Voltaje entrada Model 220Vdc	140 - 300Vdc	140 - 300Vdc	140 - 300Vdc
Max RMS Current / Corriente Max RMS (Model 220Vdc)	4.6A	9.3A	13.6A
Frequency / Frecuencia	60 Hz / 50 Hz Auto Sensing / AutoDetectado		
Auto Restart Voltage / Voltaje de Reinicio	Model 120Vdc: 100Vdc - Model 220Vdc: 100Vdc		
AC OUTPUT / SALIDA AC			
Voltage / Voltaje (In full mode)	Model 120V +/- 10% - Model 220V +/- 10%		
Voltage / Voltaje (In normal mode)	Model 120V +/- 10% - Model 220V +/- 10%		
Transfer Time / Tiempo de Transferencia (Typical)	4 - 8 ms typical / típico (normal mode to battery)		
Transfer Time / Tiempo de Transferencia (MAX)	UPS mode: 10ms max. / Inverter mode: 40ms max. (Note 1*)		
Waveform / Forma de Onda	Sinewave / Sinusoidal		
Outputs / Tomas corrientes 120V	0 * NEMA 5 15R 0 * NEMA 5 20R 0 * NEMA 5 25R		
Outputs / Tomas corrientes 220V	4 * universal		
BATTERY & CHARGER / CARGADOR Y BATERIAS			
Normal DC Voltage / Voltaje Normal Baterias	12 Vdc	24 Vdc	36 Vdc
Battery Location / Ubicación de Baterias	External only. Not included with product. Solo Externas. No incluidas con el producto		
Type / Tipo	Sealed Lead Acid - Maintenance Free (VRLA AGM) / Acido Plomo Sellada Sin Mantenimiento (VRLA AGM)		
Backup Time / Tiempo Autonomia	Based on battery capacity / De acuerdo a baterias externas		
Protections / Protecciones	Deep discharge and overcharge / Descarga Profundas y Sobre-Cargas		
Max. Charge Current / Corriente Max. Cargador	20 A Max	20 A Max	20 A Max
Floating Voltage / En flotacion	13.5VDC	27.0VDC	40.5VDC
Low battery Alarm / Alarma de bateria Baja	10.7VDC	21.4VDC	32.1VDC
Shutdown Battery Voltage / Voltaje de Apagado	10.5VDC	20.9VDC	31.3VDC
DC Start Voltage / Voltaje de arranque DC	> 11VDC	> 22VDC	> 33VDC
PROTECTIONS / PROTECCIONES			
Overload In Normal Mode / Sobrecarga en modo Normal	>110% 5m / > 120% 0s - (Shutdown / Apagado)		
Overload In Battery Mode / Sobrecarga en modo Bateria	100% 5s / >115% 0s - (Shutdown / Apagado)		
Shortcircuit Normal Mode / Cortocircuitos Modo Normal	Input Breaker / Disruptor de entrada		
Shortcircuit Battery Mode / Cortocircuitos Modo Bateria	Current limitation / Corriente limitada.		
EFFICIENCY / EFICIENCIA			
Normal Mode / Modo Normal	84%	84%	84%
Battery Mode / Modo Bateria	79%	79%	79%
Internal Loss / Perdidas Internas @ TU Normal Mode (MAX.)	110	221	221
Internal Loss / Perdidas Internas @ TU Battery Mode (MAX.)	352	1105	1105
ALARMS / ALARMAS			
Buzzer Alarms / Alarmas Auditibles	BATTERY MODE: Mute - LOW BATTERY: 1/1s - OVERLOAD: 1/2 - FAULT: continuously		
LED Alarms / Alarmas Visibles (LED)	NORMAL: GREEN ON - BATTERY MODE: YELLOW 1/10s - LOW BATTERY: 1/s / FAULT: RED ON		
SIZE AND WEIGHT / DIMENSIONES Y PESOS			
U.S. & U.K. mm	395 x 145 x 220	395 x 145 x 220	455 x 145 x 220
Net Weight / Peso Neto (Kgs)	10kg	14.5kg	27kg

XBU-SW INVERTER	1KVA	2KVA	3KVA
WORKING CONDITIONS / CONDICIONES			
Humidity / Humedad	0 - 90% RH (No condensing)		
Operating T. / Temp. Operation	0 to 40°C		
Noise / Ruido Acústico	< 50dB @ 1m		
Air Flow by Fans / Flujo Aire Requirido	45CFM	45CFM	45CFM
SAFETY & STANDARDS / ESTANDARES DE SEGURIDAD			
LOW VOLT. TAGS SAFETY / BAJO VOL. TAJE			IEC-EN 62040-1
ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY			
Low Freq. Conducted Disturbances & Spikes			IEC-EN 61000-2-2
Electrostatic discharge Immunity Test			IEC-EN 61000-4-2
Statistical radio-Frequency Immunity			IEC-EN 61000-4-3
Electrical Fast Transient / burst Immunity			IEC-EN 61000-4-4
Surge Immunity			IEC-EN 61000-4-5
Conducted Immunity			IEC-EN 61000-4-6
Harmonic Current			IEC-EN 61000-3-2
Flicker & Fluctuations			IEC-EN 61000-3-3
Quality Management / Calidad			ISO 9001 - 2000
Environmental Management / Ambiente			ISO 14001 - 2004
Drop Test / Test de Caída			IEC-A (175cm)

Technical specifications may change without further notice (Las especificaciones pueden cambiar sin previo aviso).
 Technical specs. can be modified to comply with special requirements (Las especificaciones pueden adaptarse a proyectos especiales).
 Note 1: UPS & Inverter modes are set by a selector switch (see section 5.3). UPS is more sensitive operation mode.
 Los modos de operación pueden ser seleccionados con un interruptor (ver sección 5.3). El modo UPS es el más sensible.

Anexo 13. Certificado de funcionamiento del ISP Saraguosnet.



SARAGUROS net
Líderes en servicios de internet

Saraguro, 4 de enero del 2020

Tlgo.

Jorge Leonardo Gualán Japón

ESPECIALISTA DE SOPORTE TECNICO DEL ISP SARAGUOSNET

CERTIFICA:

Que el Sr. **Xavier Ignacio Gualán Japón**, con cédula **1104951866** egresado de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja, realizó el desarrollo del proyecto de tesis denominado "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL REINICIO REMOTO DE EQUIPOS DE RADIO ENLACE DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET (ISP)".

Las actividades fueron ejecutadas de manera satisfactoria cumpliendo con los objetivos específicos propuestos para el proyecto de tesis y dentro de los lineamientos establecidos, bajo la supervisión del personal técnico encargado, desde el 3 de octubre del 2019 al 4 de enero del 2020, como se detalla en el anexo.

Para fines pertinentes de mi consideración.

Jorge Leonardo Gualán Japón

ESPECIALISTA DE SOPORTE TECNICO DEL ISP SARAGUOSNET



Dirección: Calle el 10 de Marzo y Loja

Telf. Cel 0993999510

Email. info@saraguos.net

Anexo.

Semanas	Actividades
7 / 21 de octubre del 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación y adquisición de sensores y tarjetas electrónicas seleccionadas. - Programación de sensores y tarjetas electrónicas seleccionadas. - Pruebas de funcionamiento.
22 / 25 de octubre del 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación del diseño de la red alámbrica para la comunicación de los dispositivos electrónicos.
27 de octubre/ 7 de noviembre del 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Programación en Software Arduino de dispositivos electrónicos seleccionados para el sistema de monitoreo.
10 / 14 de noviembre del 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Instalación de software Geany para el desarrollo del backend de la GUI. - Diseño de la programación en software Python.
17 / 21 de noviembre del 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de la programación en software Python 3 para conexión con software Arduino.
24 de noviembre / 6 de diciembre del 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de la programación en software Python 3 para conexión con el módulo de expansión RPICT4V3. - Pruebas de funcionamiento.
8 / 12 de diciembre del 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño y presentación de las interfaces gráficas de usuario (GUI) del software de monitoreo. - Desarrollo de las GUI del software de monitoreo. - Pruebas y validación del funcionamiento de las GUI del software de monitoreo
15 / 17 de diciembre del 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Configuración del modem 3 G para la gestión y administración de la conexión a la red celular 3G. - Pruebas y validación de la conexión a Internet mediante la red celular 3G.
18 / 23 de diciembre del 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Configuración de los productos de VNC Connect para el acceso remoto al escritorio de Raspbian de la Raspberry Pi. - Pruebas y validación del acceso remoto desde la Internet.
26 de diciembre del 2019 / 3 de enero del 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación del software de monitoreo en tiempo real y control de reinicio eléctrico en la estación Bahin. - Pruebas de funcionamiento para la corrección y optimización del sistema desarrollado. - Pruebas de Campo y validación de los resultados.
04 de enero del 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Entrega del sistema de monitoreo al personal encargado del ISP SARAGUROSNET.

Anexo 14. Guía de Administración del Sistema de Monitoreo.

GUÍA DE ADMINISTRACIÓN DEL SOFTWARE DE MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL REINICIO REMOTO DE EQUIPOS DE RADIO ENLACE DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO.

Elaborado por: Xavier Ignacio Gualán Japón.

Fecha: 28 de enero del 2020.

La presente guía detalla el proceso de instalación, configuración y uso del software de monitoreo en tiempo real de parámetros eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radio enlace del proveedor de servicio de Internet Saragurosnet.

INSTALACIÓN:

Este procedimiento proporciona instrucciones para instalar el software en el sistema operativo Raspbian 9 Stretch en su versión 4.09.

Se recomienda utilizar un entorno virtual de Python, con el objetivo de aislar recursos como librerías y entorno de ejecución, del sistema principal o de otros entornos virtuales. Lo anterior significa que, en el mismo sistema, máquina virtual o computadora, es posible tener instaladas múltiples versiones de una misma librería sin crear ningún tipo de conflicto.

Lo primero que se debe realizar es instalar los paquetes que utiliza el software de monitoreo, ejecutamos los siguientes comandos para instalar todas las librerías necesarias para la ejecución del programa.

- `$ sudo apt-get install -y python3-dev python-pip`
- `$ sudo apt-get install -y python-dev python-pip`
- `$ sudo apt-get install python3-pyqt5`
- `$ sudo apt-get install pyqt5-dev`
- `$ sudo apt-get install -y python3-dev python-pip`

Una vez instaladas correctamente estas librerías, nos dirigimos a la ubicación del proyecto desde la terminal y ejecutamos el script principal de Python:

- `$ python3 telegestion.py`

Nota: Antes de ejecutar el software, se debe habilitar la lectura por puerto serial con la herramienta “raspi-config”.

USO:

Al ejecutar el script principal se muestra la siguiente ventana:

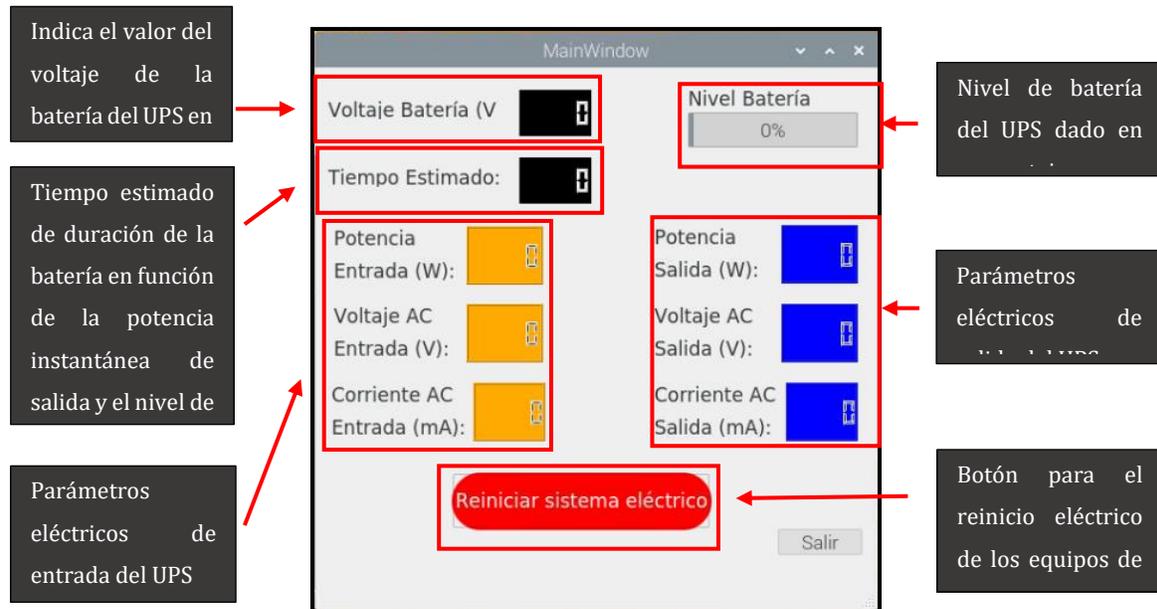


Figura 52. Ventana principal del sistema de monitoreo.
Fuente: Autor.

La configuración del correo de alerta se realiza editando las variables “*correo_remitente*”, “*password*”, “*remitente*”, “*destinatario*” del método “*enviar_email*” mostrada en la figura 2.

```

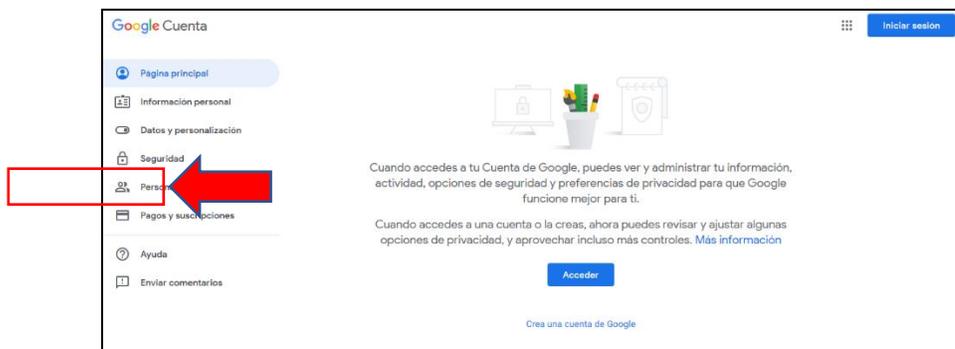
268
269 def enviar_email(self, asunto, mensaje):
270     correo_remitente = "estacionbahin@gmail.com"
271     password = " "
272     remitente = 'Estación Bahin'
273     destinatario = 'monitoreosaragurosnet@gmail.com'
274
275     smtp = smtplib.SMTP("smtp.gmail.com", "587")
276     smtp.starttls()
277     smtp.login(correo_remitente, password)
278     header = MIMEText(mensaje, 'html')
279     header['From'] = remitente
280     header['To'] = destinatario
281     header['Subject'] = asunto
282     msg = MIMEText(mensaje, 'html')
283     header.attach(msg)
284     smtp.sendmail(remitente, destinatario, header.as_string())
285     smtp.quit()

```

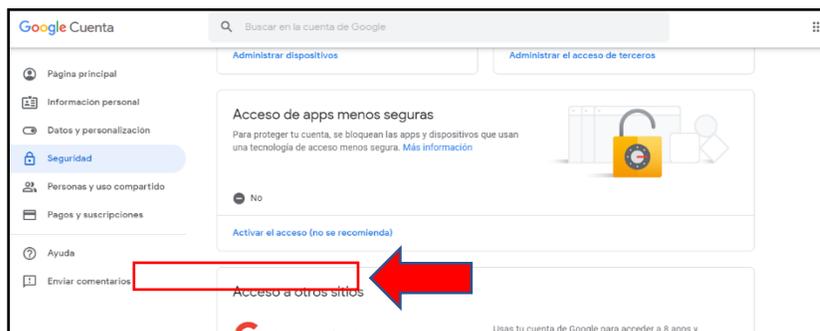
Figura 53. Configuración del correo de alerta.
Fuente: Autor.

Se recomienda usar una cuenta Gmail debido a que debemos dar permisos a la aplicación para poder enviar correos desde el software de monitoreo. Para dar permisos efectuamos los siguientes pasos:

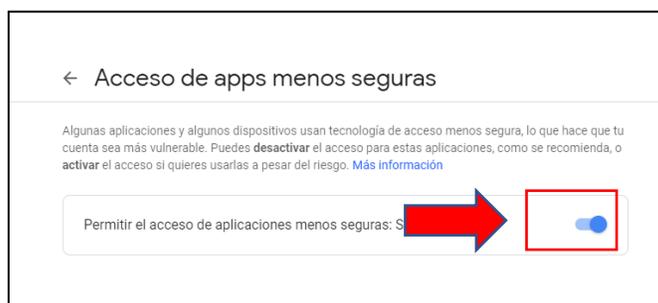
1. Accedemos al link: <https://myaccount.google.com/>
2. Ingresamos nuestro usuario (correo) y contraseña.
3. Damos click en la opción “Seguridad”.



4. Nos desplazamos hasta ubicar la opción “Acceso de apps menos seguras” y damos click en “Activar el acceso”.



5. Finalmente, procedemos activar la opción.



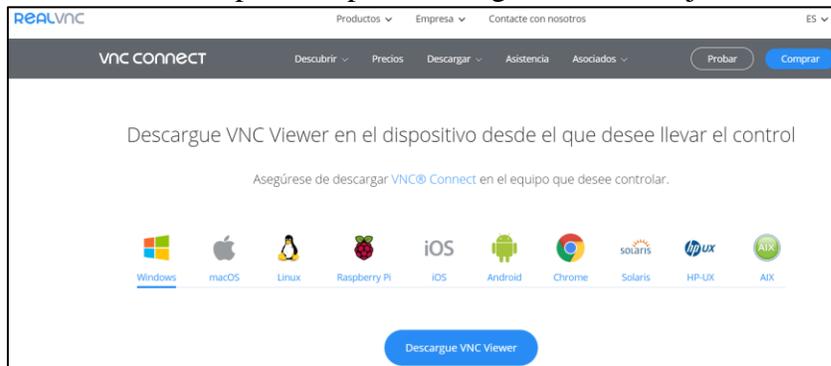
Anexo 15. Guía de Usuario del Sistema de Monitoreo.

Instalación de VNC Viewer para el acceso remoto.

El acceso remoto al sistema de monitoreo se realiza mediante el software VNC Connect. La herramienta VNC Server se encuentra ejecutándose constantemente en la tarjeta Raspberry; entonces la herramienta VNC Viewer, se descarga de la página oficial:

<https://www.realvnc.com/es/connect/download/viewer/>.

- Seleccionamos el sistema operativo para descargar el archivo ejecutable:

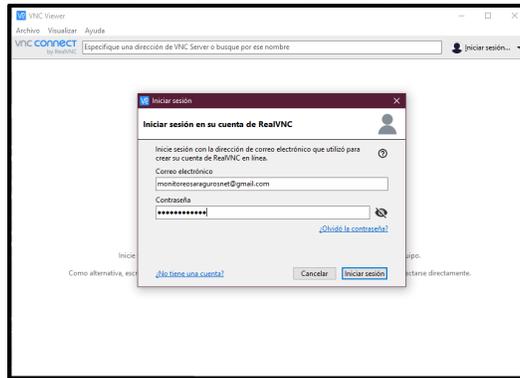


- Instalamos el archivo ejecutable en el equipo desde dónde se hace el acceso remoto:

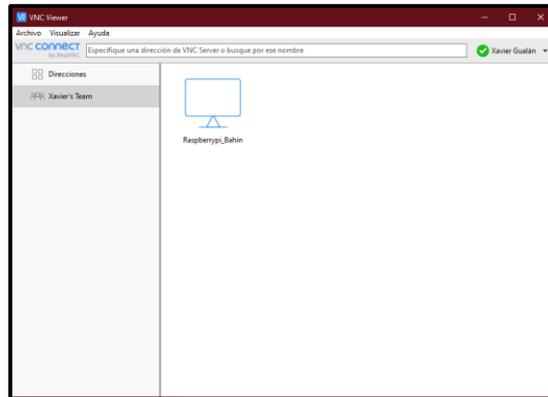
 VNC-Viewer-6.20.113-Windows.exe	28/1/2020 15:26	Aplicación	10.313 KB
---	-----------------	------------	-----------

Nota: la información de ingresada (correo electrónico y contraseña) en la herramienta *VNC server*, es útil para el ingreso remoto utilizando la herramienta *VNC Viewer*.

- Después de instalar la herramienta *VNC Viewer*, para iniciar el acceso remoto con el *VNC server*, la herramienta *VNC Viewer* solicita información al usuario que debe coincidir con la información ingresada *VNC server* para permitir el acceso:



- Luego de verificar la información que se ingresa en la herramienta *VNC viewer*, se establece el acceso remoto como se observa en la imagen:



Gestión de la información y reinicio de equipos mediante el sistema de monitoreo de parámetros eléctricos.

- Ejecutamos el script desarrollado en Python desde la línea de comando de la siguiente forma:

```

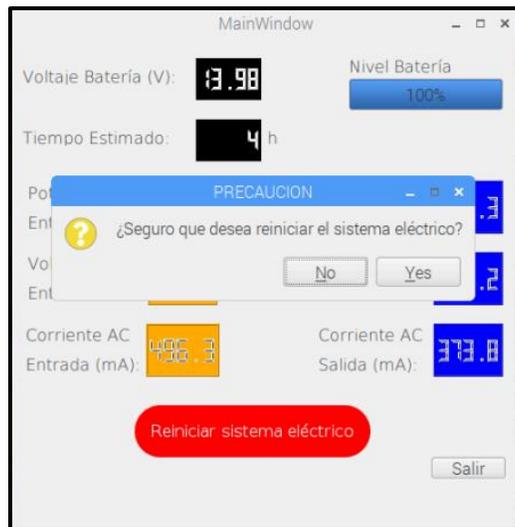
pi@raspberrypi:~/Desktop/HMI_TELEGESTION $ python3 prueba_sensor.py
arduino encontrado en el puerto: /dev/ttyUSB0
:)
introduce un comando de lectura: L
L
b'14.00 0.10\r\n'
voltaje: 14.0
corriente: 0.1
introduce un comando de lectura: █

```

- Los datos que capturan los sensores, son procesados en la tarjeta Raspberry para presentar información en la interfaz gráfica de usuario desarrollado para el sistema de monitoreo, como se visualiza en la imagen:



- Cuando se ingresa una orden de reinicio del sistema eléctrico, se desplaza una ventana secundaria que interactúa con el usuario para verificar la orden inicial ingresada. De ser necesario el reinicio del sistema eléctrico, el usuario debe confirmar la orden y el sistema ejecutará todo el proceso de forma inmediata y remota. Como se muestra en la imagen:



- Luego de realizar el proceso se realiza la finalización de la sesión remota en el VNC Viewer.

Anexo 16. Guía de instalación de la app VNC Viewer – Remote Desktop.

GUÍA DE INSTALACIÓN DE LA APP VNC Viewer – Remote Desktop

Elaborado por: Xavier Ignacio Gualán Japón.

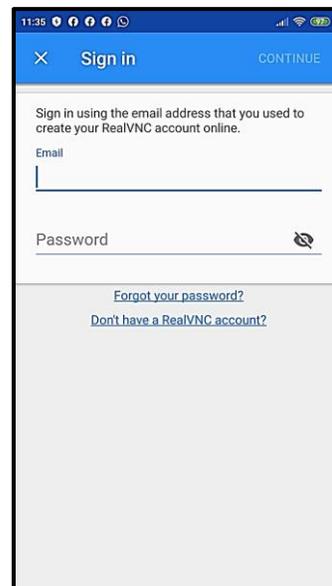
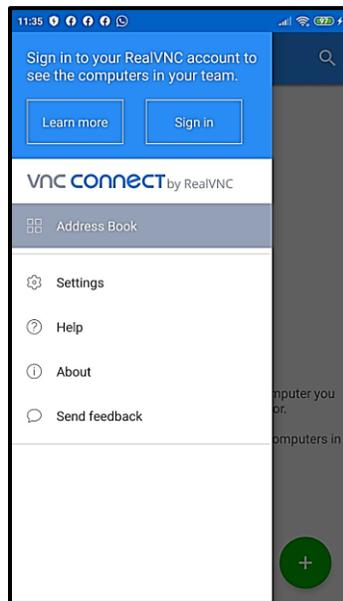
La presente guía detalla el proceso de instalación de la app VNC Viewer – Remote Desktop para dispositivos móviles y así mismo la autenticación para el ingreso al software de monitoreo en tiempo real de parámetros eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radio enlace del proveedor de servicio de Internet Saragurosnet.

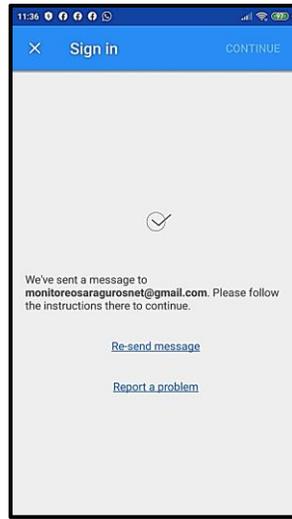
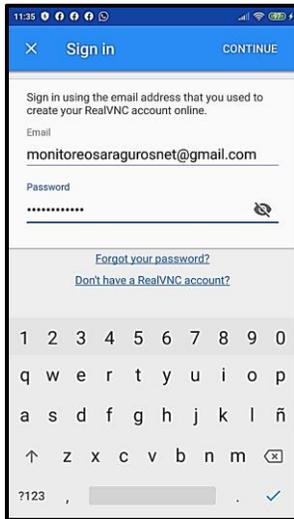
INSTALACIÓN:

- Ingresamos a la app-store y buscamos la aplicación VNC Viewer e instalamos.

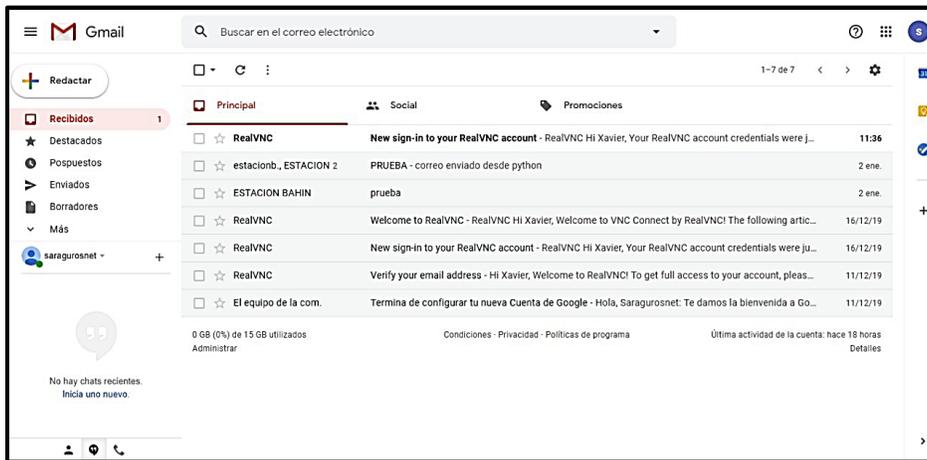


- Seleccionamos el apartado “Sign in” e ingresamos un correo y contraseña para la verificación de la misma.

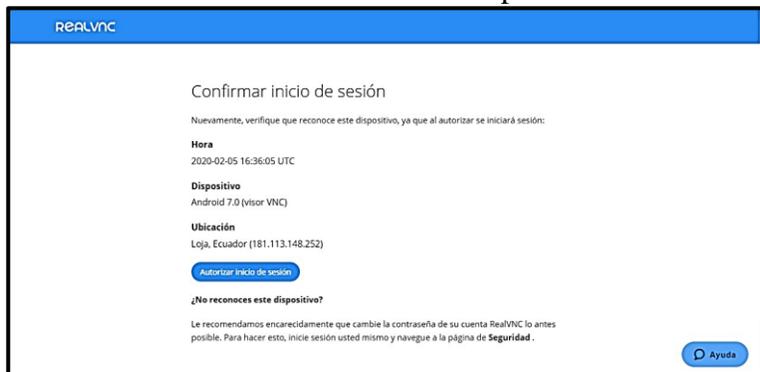




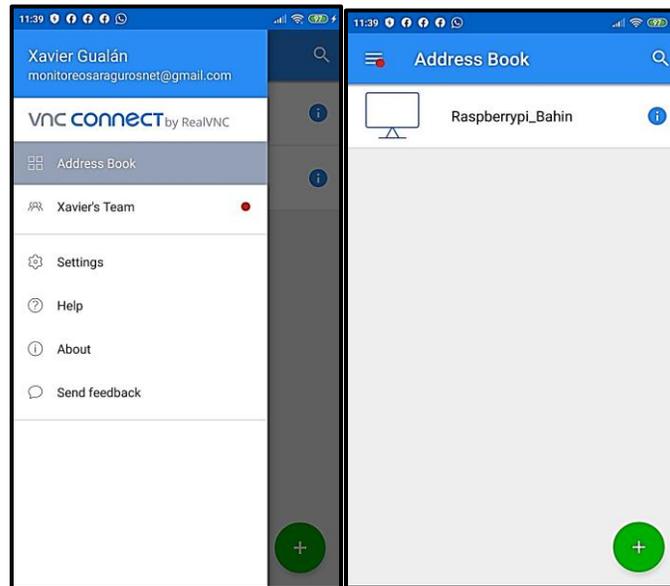
- Abrimos el correo electrónico anteriormente escrito para verificar el correo enviado por la aplicación y seleccionamos el apartado “Continúe Signing in”



- Confirmamos el inicio de sesión en el apartado.



- Regresamos a la aplicación previamente instalada en nuestro dispositivo móvil, aquí debemos ir al apartado “Address Book” y seleccionamos el dispositivo vinculado que en este caso esta con el nombre “Raspberrypi_Bain”



- Ahora nos debemos autenticar, lo que requiere tener tanto el usuario y la contraseña. Seguidamente se obtiene el acceso completo al software de monitoreo en tiempo real de parámetros eléctricos para el reinicio remoto de equipos de radio enlace del proveedor de servicio de Internet Saragurosnet.

