



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN**



**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA**

TÍTULO:

**SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES EXTERNAS E INTERNAS EN
GABINETES DE MACROS Y MICROS CELDAS CELULARES.**

AUTORES:

Br. Juan Carlos Vanegas Brenes.

2009-29565

Br. Ariel Alberto Ramírez García.

2009-29383

TUTOR:

Msc. Ing. Marco A. Munguía Mena

Noviembre, 2018

Agradecimientos

*Primero agradezco a Dios por haber puesto en mi camino a todas aquellas personas que han sido mi soporte y compañía, a mis padres **Adriana Brenes** y **Juan Vanegas**, a mi hermana **Fátima Brenes** y a mi novia **Vera Osterheld** por llenarme de motivación e inspiración en los tiempos más difíciles.*

Juan Vanegas Brenes

Dedico esta tesis a Dios, por darme las fuerzas y sabiduría para poder cumplir con mis metas, por guiarme por el buen camino.

A mis padres, porque gracias a su esfuerzo, consejos, amor y sabiduría estoy dando un paso más en mi vida, a mis hermanas por estar siempre aconsejándome y dándome fuerzas para salir adelante.

Ariel Ramírez García

*Agradecemos a nuestro tutor **Marco Munguía Mena** por creer en nosotros, por escuchar nuestras ideas y corregirnos mediante críticas constructiva en el desarrollo de este trabajo monográfico.*

*Al **Ing. Jeffrey Molina Reyes** e **Ing. Manuel Pérez** por brindarnos su apoyo incondicional.*

Por último, pero no menos importante, agradecemos a nuestro país la República de Nicaragua.

J. Vanegas y A. Ramírez

Resumen

El presente trabajo monográfico consiste en el diseño e implementación de un sistema de monitoreo para gabinetes de macro y micro celdas celulares. Esto surgió de la motivación por parte de una empresa de telecomunicaciones, de no depender de los sistemas de monitoreo industrializados que se adquieren en la compra de los gabinetes, en caso de que estos se dañen o presenten un mal funcionamiento.

El sistema de monitoreo implementado está orientado bajo el entorno web (cliente-servidor) que se apoya con equipos electrónicos para el monitoreo de las principales variables que afectan a los gabinetes de macro y micro celda celulares. Esto nos permitirá generar el reporte técnico adecuado para el personal de campo que atenderá las fallas que se puedan generar.

Las principales variables a monitorear son: Energía eléctrica comercial, temperatura e ingresos no permitidos en los gabinetes de macro y micro celda celular. El sistema envía la información a la aplicación web desarrollada, posteriormente se guarda en una base de datos para luego ser mostrada en el navegador web.

Entre los resultados obtenidos, se destaca, la instalación y funcionamiento correcto del sistema en 17 gabinetes de macro y micro celda celular, los cuales son de suma importancia para la empresa.

Palabras claves: Sistema de monitoreo, Gabinetes, Macro celda celular, Micro celda celular, Aplicación Web, Cliente-Servidor, base de datos.

Abstract

The present monographic work consists of the design and implementation of a monitoring system for macrocell and microcell cellular cabinets. This arose from the motivation of a telecommunications company, not to depend on the industrialized monitoring systems which are acquired in the purchase of cabinets, in the event that they are damaged or present a malfunction.

The implemented monitoring system is oriented under the web environment (client-server) that is supported by electronic equipment for the monitoring of the main variables in the macrocell and microcell cellular cabinets. This allow us to generate the appropriate technical report for the field staff that will attend the fault that may be generated.

The main variables to monitor are: Commercial electric power, temperature and access not allowed in the macrocell and microcell cellular cabinets. The system sends the information to the developed web application, it is subsequently saved in a database and then it is displayed in the web browser.

Among the results obtained, it stands out, the installation and correct functioning of the system in 17 macro and micro cellular cell cabinets, which are of great importance for the company.

Keywords: Monitoring system, Cabinets, Cellular Macrocell, Cellular Microcell, Web application, Client-Server, database.

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1- 1 Modelo de celdas celular..... | 5 |
| Figura 1- 2 Esquemas de conexión entre las radios bases y el núcleo de la red en GSM, UMTS y LTE..... | 6 |
| Figura 1- 3 Arquitectura macro BTS. | 7 |
| Figura 1- 4 Estructura BBU+RRU+ Antenas..... | 8 |
| Figura 1- 5 Arquitectura micro celda..... | 9 |
| Figura 1- 6 (A) Gabinete de Macro celda celular, (B) Gabinete Micro celda celular. | 10 |
| Figura 1- 7 Arreglo de baterías de 4 unidades en gabinetes de macro celdas.. | 12 |
| Figura 1- 8 ODF indoor..... | 14 |
| Figura 2- 1 Diagrama de flujo del proceso de atención de fallas..... | 20 |
| Figura 3- 1 Interpretación gráfica de la estructura del sistema de monitoreo. ... | 23 |
| Figura 3- 2 Diagrama de bloque general del sistema de adquisición de datos.. | 24 |
| Figura 3- 3 Diagrama del circuito..... | 25 |
| Figura 3- 4 Placa Arduino UNO basado en ATmega328P..... | 26 |
| Figura 3- 5 Ethernet Shield Arduino..... | 27 |
| Figura 3- 6 Diagrama de captura y registro. | 28 |
| Figura 3- 7 Sensor magnético..... | 30 |
| Figura 3- 8 Diagrama de conexión de los sensores magnéticos. | 31 |
| Figura 3- 9 Sensor de temperatura y humedad DHT11..... | 31 |
| Figura 3- 10 Trama de 40bits enviada del DHT11 al Arduino. | 32 |
| Figura 3- 11 Relé de potencia 220VAC con base DYF08A. | 33 |
| Figura 3- 12 Izq. Relé Arduino y Drcha. Fan. | 34 |
| Figura 3- 13 Diagrama de control de temperatura. | 35 |
| Figura 3- 14 Esquema general de una aplicación web. | 36 |
| Figura 3- 15 Arquitectura de la aplicación web implementada..... | 36 |
| Figura 3- 16 Función del protocolo HTTP..... | 37 |
| Figura 3- 17 Diagrama de casos de uso..... | 45 |

| | | |
|---------------------|--|----|
| Figura 3- 18 | Funcionamiento de una base de datos empleando la arquitectura cliente servido..... | 48 |
| Figura 3- 19 | Diagrama general de la base de datos..... | 53 |
| Figura 3- 20 | Versión de los softwares instalados con Wampserver. | 54 |
| Figura 3- 21 | Editor de texto "Sublime Text 3"..... | 55 |
| Figura 3- 22 | Entorno de desarrollo Toad-MySQL..... | 56 |
| Figura 3- 23 | Presentación de página principal de la aplicación..... | 57 |
| Figura 3- 24 | Presentación los detalles del nodo..... | 58 |
| Figura 3- 25 | Presentación de la selección de la variable a consultar (Puerta). . | 58 |
| Figura 3- 26 | Presentación de la selección del nodo a consultar (Nodo_prueba). | 59 |
| Figura 3- 27 | Presentación de la selección del rango de la fecha a consultar. .. | 59 |
| Figura 3- 28 | Presentación del registro de la variable puerta..... | 60 |
| Figura 3- 29 | Presentación de la configuración IP de los nodos agregados. | 60 |
| Figura 3- 30 | Presentación de ventana de inicio de sesión. | 61 |
| Figura 3- 31 | Presentación de ventana para agregar nodos. | 61 |
| Figura 3- 32 | Presentación de la pestaña edición de nodos. | 62 |
| Figura 3- 33 | Presentación de la ventana de edición de nodos. | 62 |
| Figura 3- 34 | Presentación de la pestaña ayuda. | 63 |
| Figura 3- 35 | Prototipo del sistema de monitoreo. | 64 |
| Figura 4- 1 | Instalación primera etapa en gabinete de macro celda. | 66 |
| Figura 4- 2 | Instalación primera etapa en gabinete de micro celda. | 67 |
| Figura 4- 3 | Resultado de la implementación (página principal). | 67 |
| Figura 4- 4 | Resultado de la implementación (Detalles de los nodos). | 68 |
| Figura 4- 5 | Resultado de la implementación (Consultar variables)..... | 68 |
| Figura 4- 6 | Resultado de la implementación (Consultar configuración ip). | 69 |
| Figura 4- 7 | Resultado de la implementación (inicio de sesión). | 69 |
| Figura 4- 8 | Resultado de la implementación (agregar nodos). | 70 |
| Figura 4- 9 | Resultado de la implementación (Editar nodos). | 70 |
| Figura 4- 10 | Resultado de la implementación (Help). | 71 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 3- 1 Casos-eventos (Tabla verdad)..... | 27 |
| Tabla 3- 2 Detalle de los usuarios del sistema..... | 40 |
| Tabla 3- 3 Lista de usuarios..... | 50 |
| Tabla 3- 4 Detalles de los sitios agregados. | 50 |
| Tabla 3- 5 Monitoreo de Puerta..... | 51 |
| Tabla 3- 6 Monitoreo de Energía..... | 51 |
| Tabla 3- 7 Monitoreo de Temperatura..... | 52 |
| Tabla 4- 1 Lista de precios de materiales y equipos utilizados por sitio..... | 65 |

Índice

| | |
|--|----|
| Introducción..... | 1 |
| Objetivo general | 2 |
| Objetivos específicos..... | 2 |
| Justificación..... | 3 |
| Capítulo I. Sistemas celulares. | 4 |
| 1.1. Telefonía celular (Celdas). | 5 |
| 1.2. Radio bases (RBS)..... | 6 |
| 1.2.1. Macro celdas..... | 7 |
| 1.2.2. Micro celdas..... | 8 |
| 1.3. Gabinete o Shelterk..... | 9 |
| 1.3.1. Equipos instalados dentro de los gabinetes..... | 10 |
| 1.3.1.1. BBU. | 10 |
| 1.3.1.2. Switch. | 11 |
| 1.3.1.3. Sistema eléctrico..... | 11 |
| 1.3.1.4. Fibra óptica. | 13 |
| 1.3.1.5. ODF. | 13 |
| Capítulo II. Requerimientos técnicos y operativos del sistema..... | 15 |
| 2.1. Obtención y análisis de la información. | 15 |
| 2.1.1. Congestionamiento de la red celular..... | 15 |
| 2.1.2. Principales fallas dentro de la red. | 16 |
| 2.1.3. Descripción del proceso a mejorar..... | 18 |
| 2.2. Evaluación de las alternativas para el diseño..... | 21 |
| Capítulo III. Desarrollo del sistema de monitoreo. | 23 |

| | |
|--|----|
| 3.1. Sistema de adquisición de datos de las variables a monitorear. | 24 |
| 3.1.1. Cliente Arduino..... | 25 |
| 3.1.2. Detección de ingresos no permitidos. | 29 |
| 3.1.3. Medición temperatura en el gabinete. | 31 |
| 3.1.4. Detección de fallas de suministro eléctrico comercial. | 32 |
| 3.1.5. Activación de fanes para el control de temperatura. | 33 |
| 3.2. Sistema informático web. | 36 |
| 3.2.1. Protocolo HTTP..... | 37 |
| 3.2.2. Capa de presentación. | 37 |
| 3.2.2.1. HTML5..... | 38 |
| 3.2.2.2. CSS. | 38 |
| 3.2.2.3. JavaScript/AJAX..... | 39 |
| 3.2.2.4. Diseño de la aplicación..... | 40 |
| 3.2.2.4.1. Usuarios del sistema (Clientes)..... | 40 |
| 3.2.2.4.2. Casos de uso de la aplicación y sus actividades..... | 41 |
| 3.2.3. Capa de negocio (Servidor-Web)..... | 46 |
| 3.2.3.1. PHP. | 46 |
| 3.2.3.2. Apache Servidor HTTP..... | 47 |
| 3.2.4. Capa de datos..... | 47 |
| 3.2.4.1. MySQL..... | 48 |
| 3.2.4.2. Diseño de la base de datos. | 49 |
| 3.2.4.3. Diagrama general de la base de datos. | 52 |
| 3.2.5. Desarrollo de la aplicación web..... | 53 |
| 3.2.5.1. Wampserver. | 53 |
| 3.2.5.2. Sublime text 3. | 54 |

| | |
|--|----|
| 3.2.5.3. Toad-MySQL..... | 56 |
| 3.2.5.4. Presentación..... | 57 |
| 3.3. Prototipo del sistema de monitoreo..... | 63 |
| Capítulo IV. Resultados..... | 65 |
| 4.1. Implementación de la solución..... | 65 |
| 4.1.1. Instalación de la primera etapa..... | 66 |
| 4.1.2. Pruebas de funcionamiento de la aplicación web..... | 67 |
| Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones..... | 72 |
| 5.1. Conclusiones..... | 72 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 73 |
| VII. Bibliografía..... | 74 |
| VIII. Anexo..... | 78 |
| 8.1. Datasheets..... | 78 |
| 8.2. Fotos de la instalación..... | 84 |

Introducción

Las redes celulares juegan un papel importante dentro del mundo globalizado ya que es el medio principal de comunicación de la humanidad. Actualmente las personas colocan la necesidad de interactuar justo después de sustentar la vida [1], por lo que los sistemas de monitoreo son una de las herramientas imprescindible para el mantenimiento y reparaciones de las redes celulares.

El termino monitorización de red describe el uso de un sistema que nos permite detectar, diagnosticar y resolver problemas de red y problemas de rendimiento. Existen diferentes tipos de sistema que nos proporcionan estas características sobre cada uno de los dispositivos que componen nuestra red. Estos sistemas a pesar de proporcionarnos una visión centralizada de la red en tiempo real, no nos permite anticipar fallos de la red por cualquier variable externa e interna que pueda estar afectando a los gabinetes de telefonía celular.

El presente trabajo trata de una propuesta de implementación de un sistema de monitoreo de fácil instalación y manejo de las principales variables que afectan a los gabinetes de macros y micros celdas celulares, trayendo consigo una incidencia positiva al brindarle la información al técnico de campo.

Dentro de los estudios realizados, se encontrarán todos los aspectos y recursos esenciales para el desarrollo e implantación del sistema de monitoreo, aplicado a los requerimientos y limitaciones de una empresa de telecomunicaciones en Nicaragua.

Objetivo general

Implementar sistema de monitoreo electrónico de variables externas e internas dentro de gabinetes de macros y micros celdas celular.

Objetivos específicos

- 1) Determinar los requerimientos técnicos y operativos del diseño en hardware y software.
- 2) Diseñar dispositivo electrónico que permita leer las variables externas e internas (Temperatura, Energía eléctrica comercial y detección de gabinete abierto y cerrado).
- 3) Desarrollar una aplicación web que permita a los administradores de la red identificar las variables externas e internas.

Justificación

Los sistemas de monitoreo en gabinetes de celdas celulares son de vital importancia en las compañías de telecomunicaciones ya que estas se encargan de informar la condición en la cual está operando el equipo. Gracias a esta información se puede brindar un mejor soporte a los técnicos de campo puesto que, en caso de fallas y alarmas en las radio bases, se tendría establecida la causa del inconveniente, permitiendo asistir a dicho sitio con las herramientas y materiales necesarios para su pronta solución.

Esta situación nos motivó como estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), a seleccionar como tema de trabajo de fin de carrera: "SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES EXTERNAS E INTERNAS EN GABINETES DE MACROS Y MICROS CELDAS CELULARES" Este sistema será de fácil instalación y manejo, el cual nos permitirá detectar que variables están afectando la red trayendo consigo una incidencia positiva al brindarle la información al técnico de campo para atender la afectación y anticipar cualquier fallo de red.

Capítulo I. Sistemas celulares.

Desde el principio la humanidad ha tenido la necesidad de comunicarse e interactuar, por lo que los medios de comunicación han variado considerablemente en el transcurso de la historia para cumplir con la exigencia de la población.

Uno de los principales desarrollos en los medios de comunicación son los sistemas móviles celulares, que no hacen su aparición comercial sino hasta finales de siglo XX en Europa, con un tamaño y precios no muy populares [2].

El verdadero punto de inflexión en el desarrollo de los sistemas de comunicaciones móviles se da el 16 de mayo de 1972, donde los laboratorios Bell¹ patenta las bases de las próximas generaciones de las redes móviles, en el que un año después se implementaría como sistema avanzado de telefonía móvil (AMPS) en Estados Unidos. [2]

A través del concepto de telefonía celular introducido por los laboratorios Bell, se aprovechó el reuso de frecuencia trayendo consigo una mejor utilidad del espectro de disponible, proporcionando de esta manera una mejor cobertura y reducción de potencia en la transmisión. La idea consiste en que las llamadas se conecten a las radio estaciones bases de cada celda celular mientras los teléfonos van en movimiento [3].

En los últimos años, por el rápido crecimiento del internet, los sistemas móviles celulares se han desarrollado alrededor de las redes con direccionamiento IP² por lo que las grandes empresas de telecomunicaciones buscan como facilitar sus servicios en la integración de diferentes tecnologías en una sola infraestructura, a esta convergencia se le conoce como redes heterogéneas [4].

Gracias a la convergencia de distintas tecnologías toda la información puede ser digitalizada, enviada y recibida a través de cualquier dispositivo no importando la

¹ Empresa estadounidense de investigación y desarrollo científico.

² Protocolo de internet que identifica a cada equipo conectado dentro de una red de computadoras.

hora o sitio en el que se encuentra la persona. Este crecimiento ha traído consigo tecnología del mundo web³, audio y video, hasta llegar abarcar con lo que hoy se conoce como el internet de las cosas, todo esto compartido en una sola red de datos IP [2].

1.1. Telefonía celular (Celdas).

La idea fundamental en que se basan los sistemas móviles celulares es en la reutilización de frecuencia mediante la división del terreno, se denomina telefonía celular ya que el espectro se aloja en un área geográfica llamada celda [3].

Las celdas dan cobertura móvil gracias a los sistemas radiantes de cada radio base, por lo que una celda es la unidad básica de un sistema celular y es definida como el área de cobertura dada por una radio base. Las celdas normalmente son casi circulares, pero es más fácil modelarlas como hexágonos. En la figura 1-1 se muestra como ejemplo una agrupación de 7 celdas, cada letra indica un grupo de frecuencias, para cada conjunto de frecuencias hay un área neutral de alrededor de 2 celdas de ancho en la que esa frecuencia no se reutiliza, proporcionando buena separación y baja interferencia [3].

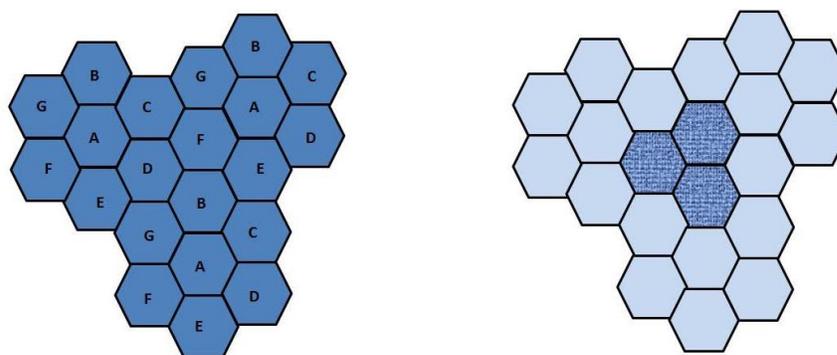


Figura 1- 1 Modelo de celdas celular [3].

³ Es un espacio de información donde documentos y otros servicios web son identificados por un URL (Localizador de recursos uniforme) y accesibles a través del internet.

1.2. Radio bases (RBS).

Una radio base incluye todo el equipo de interfaz de radio y transmisión que se encargan de gestionar todas las comunicaciones móviles dentro de en una o varias celdas celulares [5].

Las radio bases son conocidas como macro celdas o macroBTS, pero según la tecnología de la red se le conoce también con diferentes nombres: en GSM⁴ como BTS, UMTS⁵ como NodoB y en LTE⁶ como ENodo B.

Las RBS juegan un papel importante en la arquitectura del sistema ya que son el enlace entre el terminal móvil del usuario y el núcleo de la red, en donde se ofrecen los servicios requeridos por cada usuario. En la figura 1-2 se muestra el esquema de conexión entre las radio bases y el núcleo de la red.

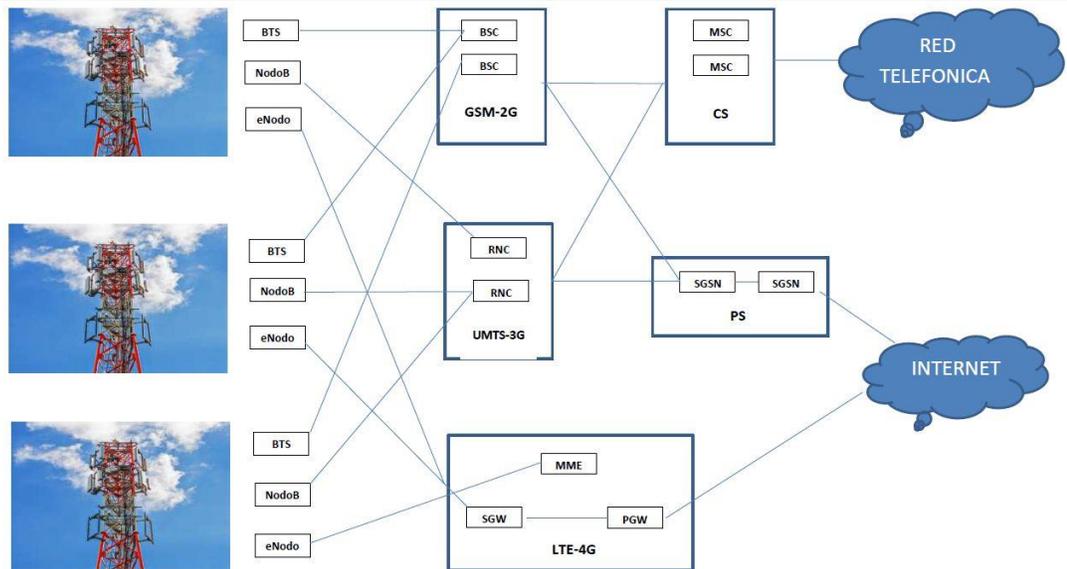


Figura 1- 2 Esquemas de conexión entre las radios bases y el núcleo de la red en GSM, UMTS y LTE [6].

⁴ GSM (Global System for Mobile Communications), es un estándar que describe los protocolos de la segunda generación de redes celulares usados para la comunicación de dispositivos móviles.

⁵ UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), Considerada en la tercera generación de redes celulares basada en el estándar GSM.

⁶ LTE (Long-Term Evolution) Estándar de comunicación inalámbrica de gran velocidad para dispositivos móviles, basado en tecnologías GSM/EDGE y UMTS/HSPA.

Con el propósito de cumplir las expectativas de los clientes, que han venido en aumento en las últimas décadas, las empresas de telecomunicaciones utilizan una variedad de nuevas tecnologías. Hoy en día existe el concepto de redes Heterogéneas (HetNet), término usado en redes de telecomunicaciones modernas las cuales están comprendidas por combinaciones de distintos tipos de celdas y diferente acceso de tecnologías, por lo que las radio estaciones bases se pueden dividir en macro celdas y micro celdas celulares, estas se logran diferenciar según el área de cobertura para la cual fueron diseñadas [4].

1.2.1. Macro celdas.

Las macro celdas son radio estaciones bases que consisten de una torre y un pequeño edificio conocido como gabinete o shelterk donde se encuentran todo el equipo de interfaz de radio y transmisión. Las macro celdas celulares se despliegan de manera planificada para la cobertura general en zonas urbanas, suburbanas y rurales, en la figura 1-3 se muestra la arquitectura de una macro celda celular [4].

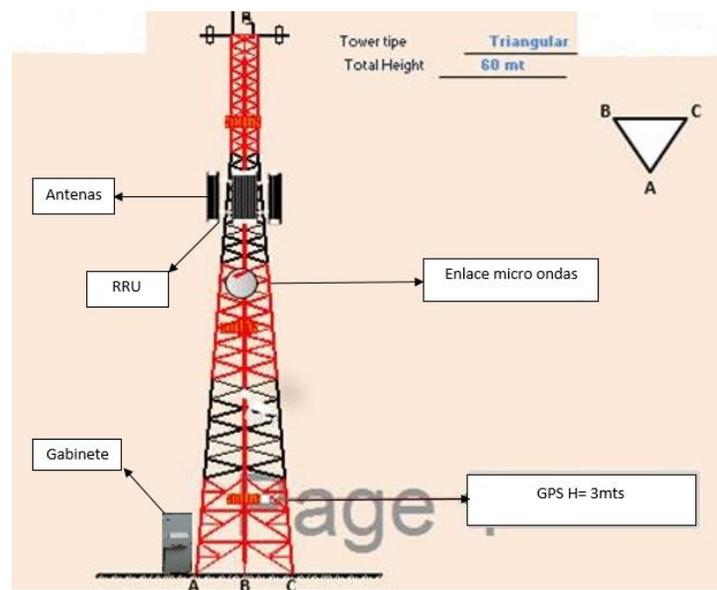


Figura 1- 3 Arquitectura macro BTS.

Las macro celdas están basadas en unidades de hardware estandarizadas, que son unidades reemplazables. Cada macro celda está constituida por tres tipos básicos de componentes de radio frecuencia: Las antenas, la Unidad de Banda Base (BBU) y la unidad de procesamiento de Radio Frecuencia (Remote Radio Unit – RRU o RRH), Los nombres de estos varían con respecto a los fabricantes y estructura lógica de la red [5]. En la figura 1-4 se muestra la estructura lógica de los componentes de radio frecuencia.

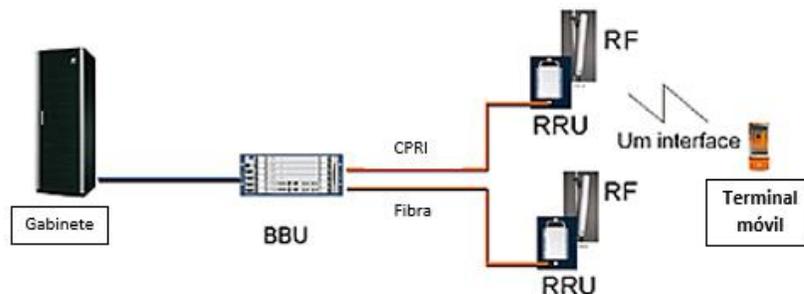


Figura 1- 4 Estructura BBU+RRU+ Antenas [7].

1.2.2. Micro celdas.

Los micros celdas consisten de un gabinete pequeño ubicado generalmente en postes, ya sea de tendido eléctrico o instalados por la misma empresa, se despliegan en áreas metropolitanas con alto volumen de tráfico, en áreas públicas o empresariales [4].

En la parte alta del poste se encuentran las antenas las cuales son conectadas a un equipo que se ubica por debajo de ellas, conocido como miniBTS, estos equipos conforman la parte de radio frecuencia. En la figura 1-5 se muestra la arquitectura de las micros celdas celular.



Figura 1- 5 Arquitectura micro celda.

1.3. Gabinete o Shelterk.

Un gabinete también conocido como rack es un bastidor destinado a alojar equipamiento electrónico, informático de telecomunicaciones o algún sistema eléctrico. Son simples de armazón metálico con un ancho interno normalizado de distintos tamaños y medidas para adaptarse a las distintas necesidades. El armazón cuenta con guías horizontales donde puede apoyarse el equipamiento [8].

Los gabinetes o Shelterk, ya sea de macros celdas o micro celdas celulares, están expuesto a condiciones climatológicas, robos y fallas de energía. Cada una de estos eventos representa fallas que traen consigo cuantiosas pérdidas económicas para la empresa por lo que es de vital importancia saber en qué condiciones está operando cada macro y micro celda celular.

En los gabinetes de las macros y micros celdas celulares podemos encontrar BBUs, switches, fibra óptica, ODF, sistema energético y respaldo eléctrico (Baterías). En la figura 1-6 se muestra fotos de los gabinetes macro y micro celda celular



(A)



(B)

Figura 1- 6 (A) Gabinete de Macro celda celular, (B) Gabinete Micro celda celular.

1.3.1. Equipos instalados dentro de los gabinetes.

1.3.1.1. BBU.

La Unidad de Banda Base (BBU) es colocada dentro del gabinete o shelterk de las macroBTS, esta se encarga del procesamiento de la señal digital en banda base, para después pasar por el puerto CPRI⁷ conectada con la RRU vía fibra óptica [9].

Las BBU generalmente presenta inestabilidad a altas temperaturas, desde el punto vista de los usuario puede entenderse como perdidas de paquetes en la transmisión, si la temperatura dentro del gabinete no es la ideal estaría provocando inestabilidad en el CPU de la BBU haciendo más lento el procesamiento de la señal digital.

⁷ Estándar que define un interfaz entre los controladores de radio y el equipo de radio.

1.3.1.2. Switch.

En una radio bases un switch o conmutador es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos de radio frecuencia hacia el núcleo de la red (CN) donde se encuentran los servicios de usuarios [10].

Los switch también se encargan de brindar gestión sobre los equipos de radio frecuencia a la central de operaciones y mantenimientos (O&M), se encuentra ubicado dentro de los gabinetes de macro y micro celdas celulares.

La función básica que llevan a cabo los switches es la conmutación de tramas Ethernet. La auto negociación es una de las principales características de estos equipos y se encuentra incluidas en el estándar Ethernet (concretamente en la especificación IEEE 802.3u). Esta función permite que se establezca un diálogo entre el switch y cualquier equipo que se conecte a uno de sus puertos para que “negocien” los parámetros de la comunicación de forma transparente al usuario [11], [12], lo que nos permitirá una mayor flexibilidad a la hora de escoger los equipos a instalar en los gabinetes de macro y micro celdas.

1.3.1.3. Sistema eléctrico.

Los sistemas de alimentación están comprendidos por todos aquellos equipos que tienen como principal objetivo garantizar el suficiente suministro eléctrico a toda la radio base para su funcionamiento estable.

El sistema eléctrico debe de contar con una correcta instalación, que evite caídas y subidas inesperadas de tensión, así como instalar sistemas de alimentación ininterrumpida. Los sistemas de alimentación eléctrica pueden estar conformados por equipos de respaldo energético y de suministro de energía comercial [13].

Son muchos los elementos y componentes de los sistemas eléctricos en las macros y micro celdas celulares, nosotros nos enfocaremos en los sistemas eléctricos de respaldo los que entre ellos resaltan:

Banco de baterías: Son fundamentales para garantizar que se mantengan encendidas todas las cargas esenciales cuando se produzcan fallos de la red comercial [13], consiste en un sistema de baterías conectado directamente a la carga, este sistema se encuentra dentro de los gabinetes. Es importante resaltar que el sistema está condicionado por el tiempo que dure la carga que se encuentra acumulada en las baterías.

El respaldo energético en las macro celdas consta generalmente de 4 baterías y en las micros celdas de 1 o 2 baterías, estos se encuentran instaladas dentro de los gabinetes. El tiempo que duran las baterías de respaldo es de 8 a 12 horas, por lo que es necesario estar informados de la hora exacta en la que se presenta falla de suministro eléctrico comercial.



Figura 1- 7 Arreglo de baterías de 4 unidades en gabinetes de macro celdas.

Rectificadores: Estos son los encargados de transformar la energía eléctrica comercial en corriente continua, necesaria para mantener en actividad los dispositivos y tener cargadas las baterías del sistema del respaldo entre otras funciones [13].

1.3.1.4. Fibra óptica.

La fibra óptica es el medio de transmisión que interconecta, dentro de la red, equipos de conmutación y de radio frecuencia. Es una delgada hebra de vidrio o silicio fundido que transporta información en forma de haces de luz donde quiera que el filamento vaya, esta información es convertida en pulsos eléctricos por medio de un equipo denominado transceiver⁸, de esta manera es como la información es recibida dentro de un equipo de la red a otro, el proceso transmisión ocurre cuando el transceiver convierte los pulso eléctricos en ondas de luz [14].

Los dos constituyentes esenciales de la fibra óptica son el núcleo y el revestimiento. El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno. A continuación se detalla los principales componentes de la fibra óptica [14]:

- **El Núcleo:** En sílice, cuarzo fundido o plástico, en el cual se propagan las ondas ópticas.
- **La Funda Óptica:** Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.
- **El revestimiento de protección:** por lo general está fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra.

1.3.1.5. ODF.

Es un marco utilizado para proporcionar interconexiones de fibra óptica entre radio estaciones bases o clientes, también como dispositivo de protección para proteger las conexiones de fibra óptica del daño. Pueden integrar empalmes de fibra óptica,

⁸ Un transceiver es un dispositivo que funciona como transmisor y receptor.

terminación de fibra, adaptadores, conectores de fibra óptica y conexiones de cable de una sola unidad [15].

Las odf las podemos encontrar dentro y fuera de los gabinetes de las radio bases, en la figura 1-8 se muestra el ODF indoor el cual es colocado dentro de los gabinetes.

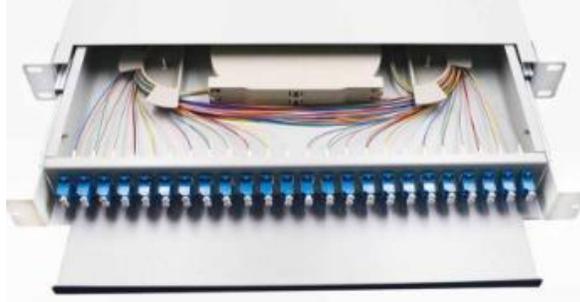


Figura 1- 8 ODF indoor [15].

Capítulo II. Requerimientos técnicos y operativos del sistema.

Con el fin de lograr una identificación certera del problema, se realizaron entrevistas y consultas a supervisores y operadores de la red, técnicos de campo, y coordinadores de áreas. A continuación se muestran los resultados relevantes de las entrevistas y consultas realizadas.

2.1. Obtención y análisis de la información.

Durante el transcurso de esta fase exploratoria se visitó una de las principales radiobases de la empresa de telecomunicaciones, la macro celda está ubicada entre los barrios Lomas de Guadalupe, Comandante Aureliano e Israel Galeano, en donde se detalló en forma más concisa y completa el problema.

La empresa aparte de ofrecer servicios de telefonía móvil, ofrece también servicios de internet por fibra óptica, cada radio base dentro de la red, ya sea macro o micro celda celular, funciona como un nodo conexión para varios clientes FTTH (Fibra óptica hasta tu hogar), por tal razón si una radio estación base deja de operar se verán afectados también clientes de servicios de Internet.

En la información referente al problema se constataron aspectos relacionados con la cantidad de casos reportados y repercusiones directas sobre la empresa, entre las que figuran: quejas, congestiónamiento de la red, perjuicios económicos, pérdidas de tiempo y desconocimiento de la situación.

2.1.1. Congestionamiento de la red celular.

El congestiónamiento de la red celular es simplemente la saturación de una o varias radio bases por la alta demanda de los usuarios conectados en ellas, Generalmente el congestiónamiento se da cuando una radio base sale de operación [5].

Cuando una radio base sale de operación las radio bases vecinas deberán asumir el tráfico de la radio base que presenta la avería, esto provoca que las radio bases vecinas se saturen repercutiendo directamente en la calidad de los servicios que se ofrecen [5]. Entre las principales causas por las que una radio base sale de operación se encuentran: Fallas de suministro eléctrico, falla por altas temperaturas y ausencia de equipos por hurto.

2.1.2. Principales fallas dentro de la red.

Fallas de suministro eléctrico comercial: Nicaragua cuenta con una infraestructura eléctrica propensa a fallas, esto es una de las principales debilidades que se salen de las manos a cualquier empresa de telecomunicaciones en el país, ya que el mantenimiento y reparaciones que se llevan a cabo en las redes eléctricas por parte de las empresas distribuidoras y de transmisión pueden llevar varios días, afectando a las macros y micros celdas celulares.

Los supervisores de red registran alrededor de 5 a 6 fallas de energía por día en gabinetes de micro celdas y de 1 a 3 fallas en gabinetes de macro celdas. Cuando el suministro eléctrico comercial falla entran los respaldos de energía, los cuales pueden durar de 8 a 10 horas en gabinetes de macro celdas (arreglo de 4 baterías) y de 4 a 6 horas en gabinetes de micro celdas (una sola batería).

En la entrevista con los supervisores de red nos indicaron que es importante mantener monitoreado el momento en que el suministro eléctrico comercial falla o si se reestablece después de la falla, con esta información ellos podrían dar un tiempo estimado a la falla para ser atendida antes de que se genere una avería dentro de la radio base, el tiempo estimado estaría condicionado por el tiempo en que duran los respaldos de energía instalados en los gabinetes.

Fallas por temperaturas elevadas: Este tipo de fallas son muy comunes en países tropicales como Nicaragua con elevadas temperaturas, a esto le sumamos

el calor que generan los equipos instalados y que tienden a recalentarse al estar encerrados dentro de los gabinetes.

A pesar de que la empresa adquiere gabinetes de macro celdas con su propio sistema de refrigeración, los técnicos de campo han reportado fallas en la BBU por elevadas temperaturas, este tipo de fallas provoca inestabilidad en los servicios móviles, ocasionando descontentos a los usuarios de la red, también nos indicaron que las altas temperaturas afectan los medios de transmisión como lo es la fibra óptica, ya que al recalentarse la gel se retrae el núcleo de la fibra causando atenuaciones y desconexiones de los equipos de la red y de los clientes.

En este proyecto se tendrá que tomar en cuenta la cantidad de espacio que se ocupará en la instalación de los equipos en los gabinetes sobre todo en los gabinetes de micro celdas que son espacios racionados. No podemos acumular demasiados elementos y sin espacio entre ellos, pues unos calentarán a otros y conllevará un mal funcionamiento del sistema. Además, deberemos dejar un espacio suficiente entre los componentes y el propio armario, ya que debemos facilitar, todo lo posible, la circulación del aire.

La mayoría de los gabinetes macro y micro celdas vienen provistos de una rejilla de ventilación que facilita la expulsión del aire caliente, aunque los gabinetes de macro celdas celular cuenten con propia ventilación será necesaria la ventilación forzada, puesto que en muchas ocasiones no son suficientes para disminuir la temperatura interna del gabinete. Lo que se pretende es crear una corriente que expulse el aire caliente, se puede hacer desde la parte alta, desde abajo, o a un solo elemento.

Hurto de los equipos: Las empresas de telecomunicaciones en Nicaragua tampoco se salvan de los atracadores, ya sea por robo de baterías, de breakers y paneles de distribución y cableado eléctrico; lo que convierte a esta falla en una de las que más afecta a la red.

Las baterías es el equipo dentro del gabinete que más hurtan los atracadores de sitios, ya sea por su alto contenido en cobre o por su utilidad. La empresa de

telecomunicaciones registra más de 15 eventos al año por hurto de este equipo, sin incluir los robos de breakers y paneles de distribución y cableado eléctrico. Es importante para los supervisores de la red saber en qué momento se abre el gabinete y evitar cualquier robo en él.

2.1.3. Descripción del proceso a mejorar

La empresa de telecomunicaciones posee un central de Operación y mantenimiento (O&M) que se encargan atender las alertas de avería que se emiten en cualquiera de las macros y micros celdas celulares, estas alertas son soportadas por el Sistema de Operación y Soporte (OSS) administrada por el centro de operaciones de la red conocido por su siglas en inglés como NOC (Network Operation Center).

La función de los operadores de la red es pasar un reporte a los técnicos de campo sobre las fallas que se presentan en las radio estaciones bases y que no pueden ser atendidas desde la central. Las fallas son detectadas por distintos sistemas de monitoreo de red entre los cuales están Solarwinds-Orion⁹, Whatsup Gold¹⁰, Nagios¹¹, U2000¹². Estos sistemas a pesar de proporcionarnos una visión centralizada de la red en tiempo real no nos permite anticipar las fallas de suministro eléctrico, fallas por altas temperaturas y hurtos de equipos, las cuales son las causas de las averías más comunes que se registran dentro de una macro o micro celda celular.

La empresa de telecomunicaciones adquieren los gabinetes con sistemas de monitoreo de fábrica, estos sistemas son de altos costos, de difícil instalación y reparación; por lo que se gasta grandes cantidades de dinero y tiempo

⁹ Software de monitoreo de red que detecta y diagnostica problemas de rendimiento.

¹⁰ Sistema de monitoreo de redes, permite utilizar varios procesos para distribuir la carga.

¹¹ Software de monitorización. En su core se pueden construir plugins para monitorizar elementos particulares.

¹² Sistema de monitoreo de red desarrollado por la empresa Huawei, gestiona una amplia gama de elementos en redes empresariales inalámbricas.

capacitando y pagando a contratistas que se encargan de reparar e instalar dichos sistemas. Estos tipos de sistemas solo se encuentran instalados en los gabinetes de macro celda celular, en cambio en las micro celda celulares no se encuentran, dado a que el gabinete es un simple armazón metálico sin el tamaño adecuado para su instalación.

En las entrevistas los técnicos de campo nos indicaron, según su experiencia profesional, que es común que las empresas de telecomunicaciones en Nicaragua decidan prescindir del equipo una vez que se daña; en otros casos sustituyen la pieza dañada por la de otros sitios menos vulnerables a este tipo de fallas.

Las alertas de averías son presentadas en un mapa lógico de la red de acuerdo a cada sistema de monitoreo. Se utilizan diferentes símbolos para describir las categorías de las alarmas, la severidad de la alarma puede ser: crítica (atención inmediata), mayor (atención lo más pronto posible), menor (atención cuando pueda darse), advertencia (acción correctiva durante mantenimiento de rutina) e indeterminada (se generó una alarma para la cual no se definió severidad). En la figura 2-1 se muestra el diagrama de flujo del proceso de atención de averías.

Los reportes generados a los técnicos de planta externa¹³ sobre las fallas que no pueden ser solventadas desde la central carecen de la información necesaria producto de que el sistema se dañó, fue desinstalado o migrado a otro sitio o simplemente no existe en la radio bases por lo que deberá ser atendido por un técnico sin la información necesaria para solventar la falla.

El personal de planta externa está dividido en:

- Técnico de energía: Atiende toda falla relacionada a energía, también se encarga de dar mantenimiento a los equipos eléctricos instalados en las radio bases

¹³ Es toda la infraestructura exterior o medios enterrados, tendidos o dispuestos a la intemperie por medio de los cuales una empresa de telecomunicaciones o energía ofrece sus servicios al cliente que lo requiere

- Técnico de RBS: Atiende todo equipo de radiofrecuencia (RRU, BBU, Fibra entre RRU y BBU, antenas y jumpers).
- Técnico de transmisión: Atiende todo equipo de conmutación y transmisión como son los radio enlaces y fibra óptica.

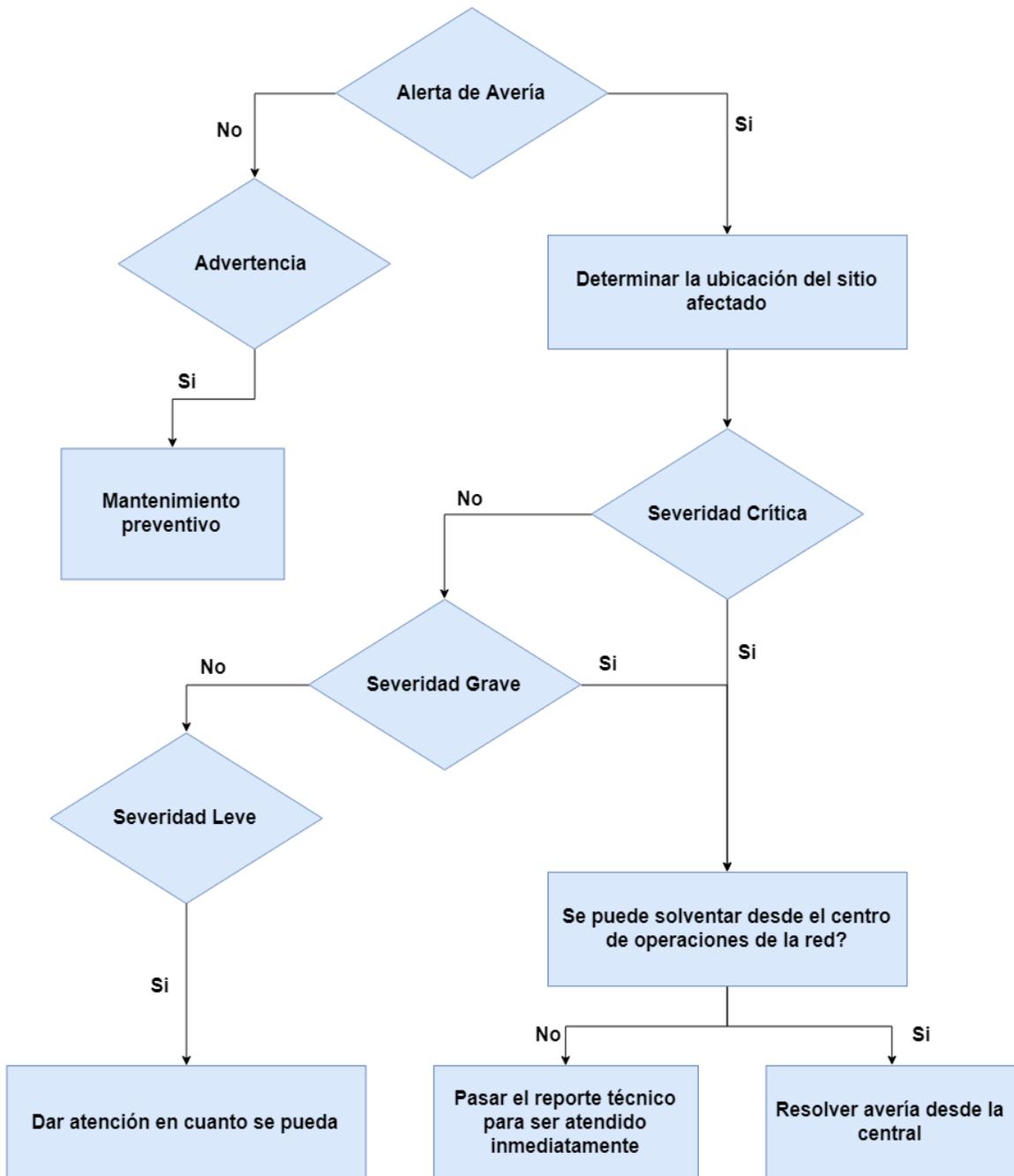


Figura 2- 1 Diagrama de flujo del proceso de atención de fallas.

El sistema de monitoreo de variables externas e internas de los gabinetes tiene como finalidad complementar el servicio de mantenimiento y así de esta manera anticipar fallas de la red. La información de las variables alarmadas dentro de los gabinetes servirá a los supervisores de la red para generar el reporte adecuado al personal que atenderá la falla. Además, permite determinar el personal técnico de planta externa adecuado según la alerta.

Al poner en funcionamiento el sistema de monitoreo de variables externas e internas se esperan obtener varias ventajas, entre las que figuran las siguientes:

- Mayor rapidez al atender la salida de operación de las radiobases por fallas de energía comercial.
- Reducción en el tiempo que duran las radiobases fuera de operación.
- Disminución en las pérdidas económicas por día.
- Se reduce el número de quejas y el descontento de los usuarios.
- Sirve como sistema de alerta de sustracción en caso de que los equipos sean manipulados por personal no autorizados.
- Permite conocer la temperatura de la radio base y anticipar fallo por altas temperaturas.
- Evita viajes innecesarios por parte del personal técnico para realizar inspecciones.
- Se aumenta la rapidez con que se prepara la cuadrilla con el equipo para atender la falla.

2.2. Evaluación de las alternativas del diseño.

El proyecto fue definido de acuerdo a las restricciones y aspiraciones presentadas por parte de la empresa y los beneficios que esperaban lograr al solucionar el problema. Se tomaron en cuenta ideas aportadas por los coordinadores, ingenieros y supervisores.

El diseño fue evaluado mediante un análisis de costos, requerimiento importante solicitado por la empresa, se fijó el uso de ciertos dispositivos para realizar el proyecto, así como el tamaño del sistema ya que se debían instalar dentro de los gabinetes de macro y micro celdas celulares.

Para el diseño del sistema, la empresa nos permitió el uso de los equipos de conmutación (switch) de las macro y micro celda celular, servidores¹⁴ utilizados para sistemas informáticos web, así como también, nos proporcionó sensores magnéticos y ventiladores (Fan) por lo que desde un principio se tomaron en cuenta para el diseño del sistema de monitoreo.

Los criterios usados para discriminar entre las alternativas de solución fue el cumplimiento de los requerimientos de la empresa: Costos, el tamaño de los componentes, la facilidad de implementación, la factibilidad de implementación a gran escala, reducción en la cantidad de componentes a utilizar, la tensión de alimentación y el consumo de corriente de los dispositivos.

¹⁴ Computadoras de gran capacidad que proporciona funciones a otros programas o dispositivos denominados clientes

Capítulo III. Desarrollo del sistema de monitoreo.

En este capítulo abordaremos la manera en la cual ha sido diseñado el sistema de monitoreo, basando el trabajo en los requerimientos técnicos previamente establecidos. La estructura del diseño del sistema de monitoreo se puede apreciar en la figura 3-1.

El diseño está dividido en dos etapas:

- Sistema de adquisición de datos de las variables a monitorear.
 - Detección de ingresos no permitidos.
 - Medición de temperatura en el gabinete.
 - Detección de fallas de suministro eléctrico comercial.
 - Cliente Arduino.
- Sistema informático web.
 - Capa de presentación.
 - Capa de negocio.
 - Capa de datos.
 - Desarrollo de la aplicación Web

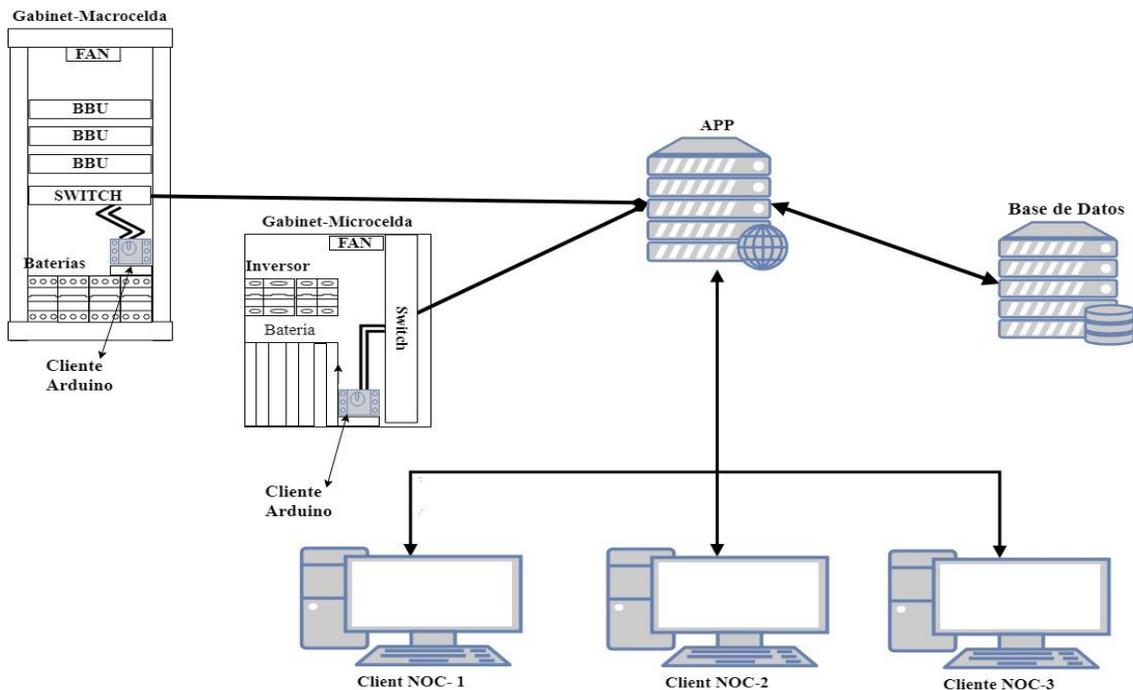


Figura 3- 1 Interpretación gráfica de la estructura del sistema de monitoreo.

3.1. Sistema de adquisición de datos de las variables a monitorear.

En esta sección abordaremos los equipos que componen la etapa del sistema de adquisición de datos de las variables a monitorear y el proceso de su instalación para su correcto funcionamiento.

El diagrama de bloques para la adquisición de los datos de las variables se puede apreciar en la figura 3-2. Los diferentes equipos que componen el sistema dentro de los gabinetes son: Arduino UNO (Rev3), sensores magnéticos, sensor de temperatura (DHT11), fan, Relé de potencia, placa Ethernet Arduino y switch.

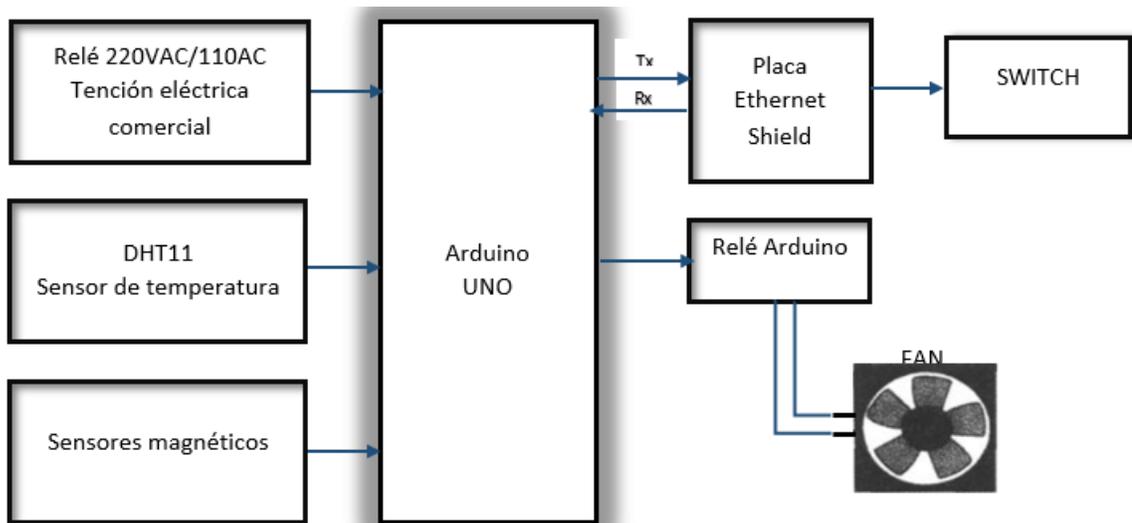


Figura 3- 2 Diagrama de bloque general del sistema de adquisición de datos.

En la primera etapa se trabajó con los equipos a instalar en los gabinetes para el monitoreo de las variables. Se realizó un estudio de ubicación de los equipos a instalar, así de este modo tener una lectura más exacta al momento que se alarmen. A partir de la información obtenida se estableció un diagrama de flujo para la programación del Arduino, el funcionamiento de la primera etapa fue

probado mediante la herramienta de simulación Proteus¹⁵, en la figura 3-3 se muestra el diagrama del circuito implementado.

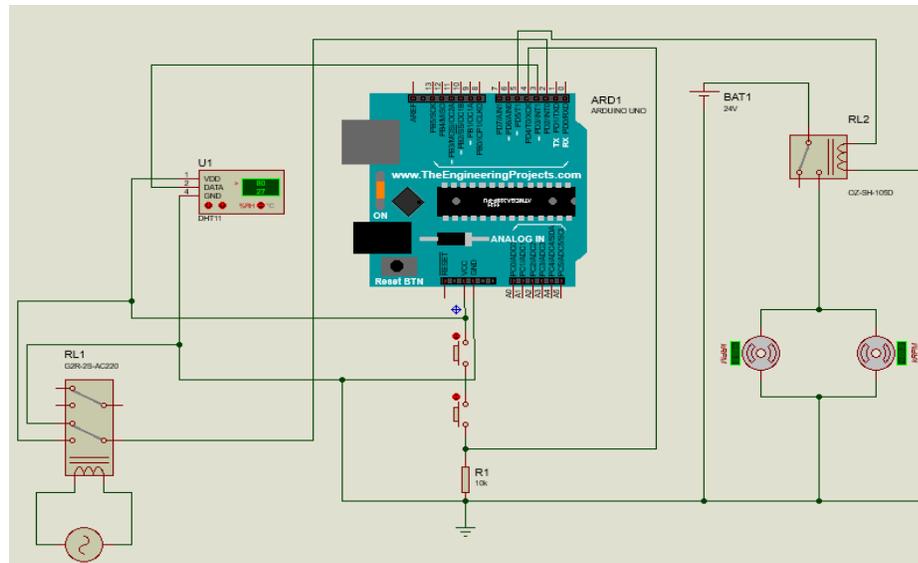


Figura 3- 3 Diagrama del circuito.

3.1.1. Cliente Arduino.

Se decidió usar la placa Arduino UNO (figura 3-4) para el controlador de las variables porque posee un entorno de programación simple en lenguaje C y de código abierto, simplifica el proceso de trabajar con microcontroladores a un bajo costo, tiene diversos zócalos de conexión que se pueden conectar mediante cableado a todo tipo de componentes electrónicos externos, esto facilita mucho la integración de la placa con el mundo que lo rodea, de este modo obtendremos las lecturas de las sensores instalados en los gabinetes de macro y micro celda celulares [16].

¹⁵ Proteus es un software para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas.



Figura 3- 4 Placa Arduino UNO basado en ATmega328P [17].

El sistema embebido del Arduino consta de un entorno de programación o IDE Arduino el cual se puede descargar de la página oficial de Arduino (www.arduino.cc/download) y sirve para compilar los códigos realizados.

Para la conexión del Arduino UNO al switch se utilizó el Ethernet Shield de Arduino, figura 3-5, es la parte física que implementa la pila de protocolos TCP/IP¹⁶, de este modo se conectará a la red interna. El Arduino se comunica con la Ethernet Shield usando SPI¹⁷ bus, en los pines 10, 11, 12 y 13, y se incluye en la programación la librería correspondiente [18].

La configuración del Arduino se hizo modo cliente, se agrega un direccionamiento IP valido dentro de la red interna, la dirección IP de la aplicación web y una dirección física para cada uno de los sitios donde fue instalado. El direccionamiento IP fue dado por parte del área correspondiente del subneteo¹⁸ y la dirección física fue creada ya que no está incluida en el integrado que implementa la pila de protocolos TCP/IP [18].

¹⁶ Definen cuidadosamente cómo se mueve la información desde el remitente hasta el destinatario

¹⁷ Serial Peripheral Interface= interfaz que habilita el serial para el intercambio de datos entre dos equipos

¹⁸ La función del Subneteo es dividir una red IP física en subredes lógicas (redes más pequeñas) para que cada una de estas trabajen a nivel envío y recepción de paquetes como una red individual, aunque todas pertenezcan a la misma red física y al mismo dominio.



Figura 3- 5 Ethernet Shield Arduino.

En la programación del Arduino UNO se crearon 8 estados (casos), para determinar cuando una variable está alarmada. Una variable con alarma es 0 (low) y una variable sin alarma es 1 (high). En la tabla 3-1 se muestra cada caso con su respectivo evento.

El registro de las variables censadas se realiza por el método conocido como GET el cual es utilizado como protocolo de envío de datos, una vez enviados los datos, se mandan a imprimir el resultado de las variables a la dirección específica de la página web.

Tabla 3- 1 Casos-eventos (Tabla verdad).

| Casos | Variables | | | Eventos |
|-------|-----------|-------------|---------|------------------|
| | Puertas | Temperatura | Energía | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | Todas alarmadas |
| 1 | 0 | 0 | 1 | AP + AT |
| 2 | 0 | 1 | 0 | AP + AE |
| 3 | 0 | 1 | 1 | AP |
| 4 | 1 | 0 | 0 | AT+AE |
| 5 | 1 | 0 | 1 | AT |
| 6 | 1 | 1 | 0 | AE |
| 7 | 1 | 1 | 1 | Ninguna alarmada |

En la siguiente figura se muestra el diagrama de captura y registro.

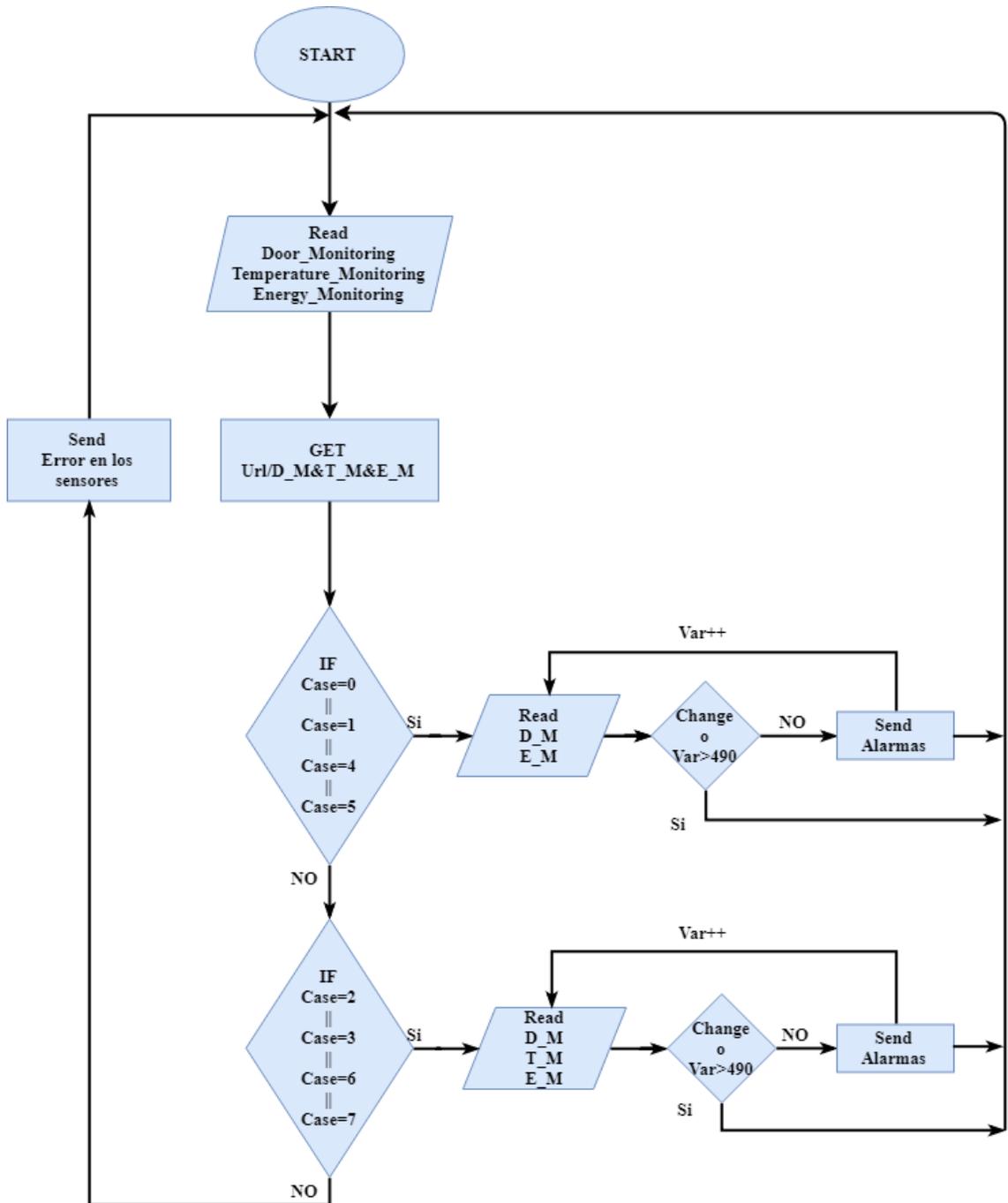


Figura 3- 6 Diagrama de captura y registro.

- **Start:** Es la etapa donde definimos los archivos de cabeceras y las variables.
- **Read:** Es la fase donde se lee las variables a monitorear.
- **GET:** Conecta con la dirección donde se encuentra alojada la aplicación y envía el resultado de las variables leídas.
- **Condicional IF_No1:** La primer condicional evalúa el resultado de las variables leídas con los casos, si no coinciden se mandará un mensaje de error.
- **Condicional IF_No2:** El segundo condicional verifica si las lecturas de las variables han cambiado. Si las variables cambian retornará a verificar el tipo de caso, sino han cambiado se mandará a imprimir el resultado y permanecerá dentro del bucle hasta que cambien el estado de las variables o sobre pase las 490 iteraciones.

3.1.2. Detección de ingresos no permitidos.

La función de esta fase es detectar los ingresos de personas no autorizadas dentro de los gabinetes de macro y micro celdas celular, para ello se utilizaron los sensores magnéticos, ya que la empresa contaba con ese material y estaban en desuso en los gabinetes de macro celdas, debido al daño del sistema que tenían anteriormente, en los gabinetes de micro celdas se ocupó los mismos sensores de gabinetes que habían sido desinstalados.

Los sensores magnéticos constan de dos partes en forma de barras a como se muestra en la figura 3-7, una de las barras es conocida como encapsulado con reed switch el cual contiene internamente una capsula de vidrio con un par de contactos metálicos y un par de terminales que permiten acceder a conectar dichos contactos, estos contactos normalmente están eléctricamente aislados el uno del otro. Cuando un campo magnético de la magnitud adecuada se acerca al reed switch, los contactos internos se cierran, esta función es realizada por la segunda barra conocida como encapsulada de imán [19].

En las macro celdas se colocaron dos sensores magnéticos ya que poseen puerta trasera y delantera, en cambio en las micro celdas se coloca solamente un sensor magnético puesto que los gabinetes son mucho más sencillos y solo cuentan con una puerta.

Los sensores magnéticos se instalan en el marco de las puertas de los gabinetes a una alimentación de 5 voltios que provee el Arduino UNO, en serie con una resistencia de 10kohm que posteriormente va a tierra, a esta configuración se le denomina Pull down, figura 3-8. Cuando la puerta se abra el sensor estará en reposo la caída de tensión en la resistencia por lo tanto es 0V (LOW) indicando al Arduino que el gabinete está abierto; , en cambio si la puerta está cerrada, dejará pasar la corriente y tendremos una diferencia de potencial de 5V (HIGH) indicando al Arduino que la puerta está cerrada.

Entre la resistencia y los sensores magnéticos se conecta un cable hacia uno de las entradas digital del Arduino UNO, el cual nos indicará el estado de la variable puerta.



Figura 3- 7 Sensor magnético.

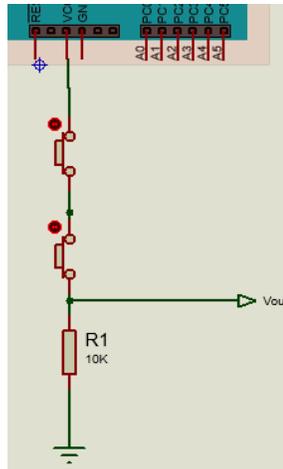


Figura 3- 8 Diagrama de conexión de los sensores magnéticos.

3.1.3. Medición temperatura en el gabinete.

En esta fase se busca como monitorear la temperatura dentro de los gabinetes con el sensor DHT11, figura 3-9. El DHT11 tiene un rango de resolución de 1°C con una precisión a 25°C \pm 2°C y un rango de trabajo de 0°C a 50°C, rango adecuado para la medición de temperatura dentro de los gabinetes ya que se considera una variable alarmada a los 40°C. Se caracteriza por enviar una señal digital calibrada por lo que asegura una alta calidad y una fiabilidad a lo largo del tiempo, ya que contiene un micro controlador de 8 bits integrado. La conversión de análogo a digital la hace internamente [20].



Figura 3- 9 Sensor de temperatura y humedad DHT11.

El sensor se conecta a la salida de tensión del Arduino UNO de 5 v; el pin de señal tiene una resistencia PULL-UP integrada, ya que el protocolo de conexión lo requiere, y se conecta al pin 2 declarado como entrada en el Arduino UNO. El último pin se conecta directo a tierra (GND).

La señal analógica obtenida por el sensor es convertida en formato digital y se envía al Arduino. La trama de datos es de 40 bits correspondiente a la información de humedad y temperatura del DHT11 se puede apreciar en la figura 3-10. El primer grupo de 8bits corresponde a la parte entera de la humedad, el segundo grupo a la parte decimal de la humedad, el tercer grupo de 8bits corresponde a la parte entera de la temperatura, el cuarto a la parte decimal de la temperatura y los 8 bits son de paridad para confirmar que no hay datos corruptos [21].

Para el funcionamiento del sensor de temperatura en el Arduino, se descargó la librería obtenida del siguiente enlace <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>. La librería nos proporciona datos en grados centígrados y grados Fahrenheit. Para obtener los dos datos utilizamos la función `readTemperature()`

| | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <u>0011 0101</u> | <u>0000 0000</u> | <u>0001 1000</u> | <u>0000 0000</u> | <u>0100 1101</u> |
| High humidity 8 | Low humidity 8 | High temp. 8 | Low temp. 8 | Parity bit |

Figura 3- 10 Trama de 40bits enviada del DHT11 al Arduino [21].

3.1.4. Detección de fallas de suministro eléctrico comercial.

Para el monitoreo del suministro eléctrico comercial se utilizó el relé de potencia de 220VAC para gabinetes de macro celda celular y de 110VAC para gabinetes de micro celda celular, con una base para su ubicación dentro del gabinete. Los relés poseen dos salidas normalmente abiertas (NA) y dos normalmente cerradas (NC), así también como dos comunes, para su conexión utilizamos una de cada una de sus salidas.

La salida NA está conectada a los 5V del Arduino (VCC), la salida NC está conectada a ping tierra del Arduino (GND) y el común es conectado a una de las entradas digital del Arduino (pin2). La bobina interna del relé de potencia está conectada a los breakers de alimentación de las radio bases de modo que cuando falle el suministro eléctrico comercial cambie de estado el relé de normalmente abierto a normalmente cerrado, entrando 0V en la entrada del pin2 del Arduino, indicando que la variable está alarmada.



Figura 3- 11 Relé de potencia 220VAC con base DYF08A.

3.1.5. Activación de fanes para el control de temperatura.

La empresa facilitó los ventiladores (fanes) para regular los niveles de temperatura en los gabinetes, los cuales soportan tensiones de 12V-48V, por lo que se utilizó relés para la activación de los fanes ya que el Arduino UNO en sus salidas no generaría suficiente corriente. El modulo relé para Arduino soporta tensiones de hasta 10A / 250VAC y 10A / 30VDC [22].



Figura 3- 12 Izq. Relé Arduino y Drcha. Fan.

Esta fase funciona como un actuador que se conecta a una salida digital del Arduino y que se activa según la temperatura que se registre en el sensor DHT11.

El relé Arduino posee tres entradas que son: VCC que es la tensión con la que se alimenta (5V), GND conexión a tierra y variable de entrada IN. IN se conecta a un pin del Arduino (5) declarado como salida que se activará cuando la temperatura dentro del gabinete pase los 40°C.

En las salidas del relé Arduino: El común se conecta a una tensión de 12VDC en las micro celdas y 24VDC o 48VDC en las macro celdas, la salida NA (Normalmente abierto) va conectado los fanes instalados y el NC (normalmente cerrado) se deja sin conexión.

En la figura 3-13 se observa el diagrama de control implementado para la activación de los fanes:

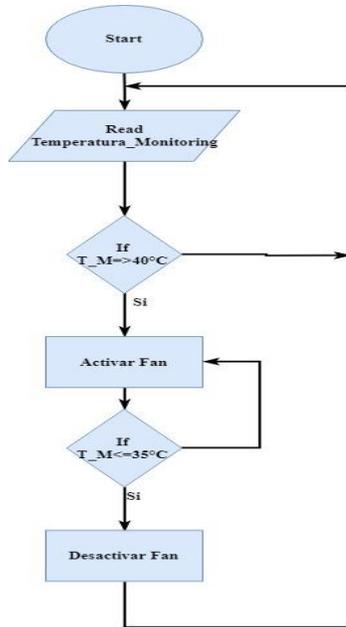


Figura 3- 13 Diagrama de control de temperatura.

- **Start:** Es la etapa donde definimos los archivos de cabeceras y las variables.
- **Read:** Es la fase donde se lee las medidas hechas por el sensor DHT11.
- **Condicional If:** En esta etapa se toma la lectura suministrada por el sensor DHT11 y se compara una de referencia con el fin de poder tomar una decisión de control adecuada. Si la temperatura es mayor a 40°C se activaran los fanes y se desactivaran hasta cuando la temperatura baje a 35°C.
- **Activar Fanes:** Si la temperatura es mayor a 40°C se activaran los fanes.
- **Desactivar Fanes:** Si la temperatura es menor a 35°C se desactivaran los fanes.

3.2. Sistema informático web.

Gracias a la disposición de los switches de las radio bases y servidores de la empresa, se supo que el trabajo debería estar diseñado bajo el entorno web, por lo tanto el sistema plantea y emplea la arquitectura cliente-servidor. En la figura 3-14 se muestra el esquema general de una aplicación web.

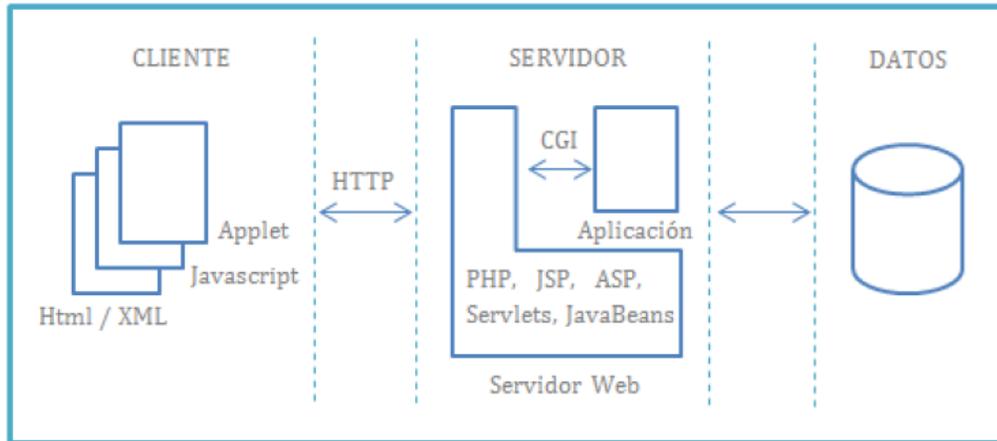


Figura 3- 14 Esquema general de una aplicación web [23].

Para el diseño de la aplicación web se requirió el previo conocimiento del tipo de comunicación y de ciertos lenguajes de programación web. La siguiente figura muestra la arquitectura implementada para el desarrollo de nuestra aplicación web.

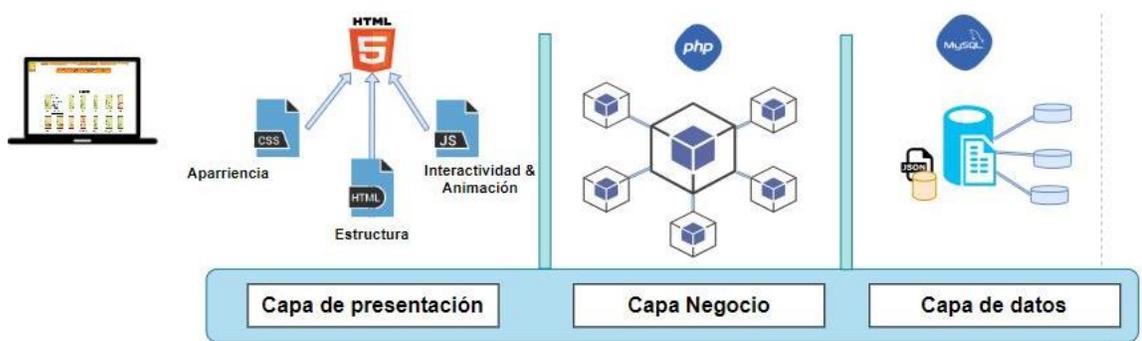


Figura 3- 15 Arquitectura de la aplicación web implementada.

3.2.1. Protocolo HTTP

La comunicación entre el cliente y servidor, se da mediante el protocolo HTTP¹⁹, este protocolo de comunicación es el método más utilizado para el intercambio de información en el mundo web (world wide web) y es la manera en la que se transfieren las páginas Web entre servidores y clientes.

El protocolo denominado Hypertext Transfer Protocol trabaja a nivel de aplicación y transfiere las páginas o servicios web que provienen de un servidor en ficheros tipo HTML²⁰ hacia un cliente o usuario. En la figura 2-16 se muestra el papel que desempeña el protocolo [23].

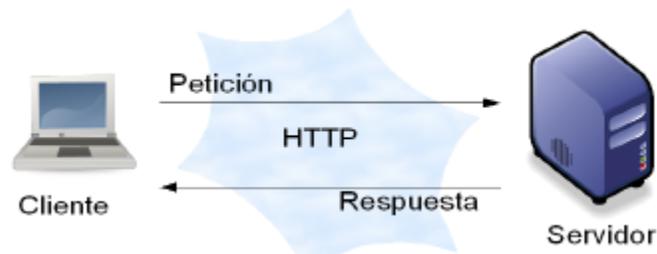


Figura 3- 16 Función del protocolo HTTP [23].

Dependiendo del nivel de seguridad que se requiera en el sistema, el cliente y el servidor se comunican por lo general mediante HTTP o HTTPS²¹. Algunas de sus versiones son HTTP/1.0 y HTTP/1.1. HTTP/1.1 es la versión mayor usada actualmente, siendo esta una revisión y mejora de HTTP/1.0 [24].

3.2.2. Capa de presentación.

En este proyecto se hizo uso de los lenguajes: HTML, CSS y JavaScript, para la estructura del contenido del sistema de monitoreo, es decir la forma en la cual

¹⁹ Hypertext Transfer Protocol – Protocolo para la transferencia de datos en internet.

²⁰ HyperText Markup Language – Lenguaje de marcas o etiquetas para elaborar páginas web.

²¹ Hypertext Transfer Protocol Secure – implementa firmas de seguridad.

será presentada la información a los usuarios del sistema. A continuación se describe cada uno de ellos.

3.2.2.1. HTML5.

HTML (HyperTextMarkupLanguage) es un estándar conocido como lenguaje de etiqueta, que sirve de referencia para la creación de páginas web. El código del lenguaje define la estructura básica de las páginas web con el uso de etiquetas que son interpretados por el navegador web del cliente o usuario del sistema [25].

HTML5 es la quinta revisión del lenguaje de etiquetas HTML, el desarrollo de este lenguaje es regulado por W3C (World Wide Web Consortium). HTML5 establece una serie de nuevos elementos y atributos para la nueva generación de los sitios web [25].

HTML nos dará la estructura del documento que se requiera presentar al sistema de monitoreo de los gabinete.

3.2.2.2. CSS.

CSS (Cascading Style Sheets) es un lenguaje de diseño usado para definir la presentación de un documento estructurado escrito en HTML o XML²². La idea que se encuentra detrás del desarrollo de CSS es separar la estructura de un documento de su presentación o estilo, aunque algunos programadores optan por introducir el estilo en la cabecera de la página [25].

²² Siglas en inglés de eXtensible Markup Languagees un meta-lenguaje que permite definir lenguajes de marcas desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C) utilizado para almacenar datos en forma legible.

CSS le dará el aspecto al sistema de monitoreo, desde el tipo de letra hasta el color de texto y diseño del fondo.

3.2.2.3. JavaScript/AJAX

JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico. Se utiliza principalmente en su forma del lado del cliente [24].

AJAX (Asynchronous JavaScript And XML) es una técnica de desarrollo web para crear aplicaciones interactivas, conocidas como RIA (Rich Internet Application). El objetivo de Ajax es mantener una comunicación asíncrona entre la aplicación presentada al cliente y el servidor, esto significa que en cualquier momento puede realizar peticiones al servidor, sin que este se encuentre en sincronía con el cliente [24].

JavaScript es el lenguaje en el que normalmente se efectúan las funciones de llamada de Ajax mientras que el acceso a los datos se realiza mediante XMLHttpRequest²³, objeto disponible en los navegadores actuales. En cualquier caso, no es necesario que el contenido asíncrono esté formateado en XML. Ajax es una técnica válida para múltiples plataformas y utilizable en muchos sistemas operativos y navegadores, dado que está basado en estándares abiertos como JavaScript y DocumentObjectModel (DOM) [23].

La función principal de este lenguaje es presentar una página web dinámica, donde los cambios o modificaciones realizadas se vean reflejadas de inmediato en el navegador.

²³ XMLHttpRequest puede ser usado para solicitar datos de un servidor web.

3.2.2.4. Diseño de la aplicación

3.2.2.4.1. Usuarios del sistema (Clientes).

Para que el usuario del sistema pueda visualizar la información del estado de las variables, es necesario que dicha aplicación brinde este recurso, esto lo hace mediante el navegador web del dispositivo desde el cual el cliente accede a la aplicación web.

Una de las solicitudes del coordinador de área era que se pudiera acceder al sistema sin necesidad de tener un usuario, esto se hizo para el personal de otras áreas que estén de visita, no obstante, para hacer un cambio se necesita estar registrado. Los usuarios registrados serán el personal a cargo de monitoreo de la red; estos podrán agregar, quitar y editar sitios a monitorear.

En la siguiente tabla se muestra los tipos de usuarios y sus detalles.

Tabla 3- 2 Detalle de los usuarios del sistema.

| Actor | Tipo de usuario | Descripción |
|---|-----------------|---|
|  Usuario de visita. | No registrado | Se refiere al usuario que puede visualizar el estado de cada gabinete, el historial de las alarmas y la configuración básica del Arduino. |
|  Usuario NOC. | Registrado | Se refiere al usuario que tiene permiso de acceder a sistema para hacer cambios, agregar o quitar sitios. |

Todo usuario que este dentro de la red local puede visualizar las variables y el historial de las alarmas de cada uno de los gabinetes, si el usuario deseara realizar cambios este deberá solicitar un permiso al área centro de operaciones de la red (NOC) y se creará el usuario dentro del sistema, de otro modo no se podrá registrar.

3.2.2.4.2. Casos de uso de la aplicación y sus actividades.

Los casos de usos de una aplicación representan una descripción a manera de secuencia de los pasos o actividades que deberán ser ejecutadas para desarrollar algún proceso, así como los actores que intervienen en cada una.

Se realizará una breve explicación de los casos de uso del sistema, iniciando con los módulos de visualización de los sitios hasta el modo de configuración para realizar cambios. En este punto cada gabinete de radio base lo denominaremos nodo, con motivo de que el lector se familiarice con las funcionalidades del sistema.

Caso de uso: Visualización de los gabinetes en monitoreo (Página principal):

Este caso de uso es la página principal de la aplicación web donde se presentan las radio bases en la que se ha instalado sistema, por lo que todo usuario al entrar a la dirección donde se almacena la aplicación visualizará todos los gabinetes en monitoreo.

- La página principal se muestra al cargar el url²⁴ de la aplicación web en el navegador del usuario.
- El usuario puede visualizar el estado de las variables: Puerta, Temperatura y Energía (izquierda a derecha) sin necesidad de hacer click en el sitio.

²⁴ Localizador Uniforme de Recursos (LUR, más conocido por la sigla URL, del inglés Uniform Resource Locator).

- Se muestra el menú principal del contenido del sistema: **Main** (Página principal), **Alarm History** (Historial de alarmas), **System** (Sitios con el sistema), **Help** (ayuda).

Caso de uso: Detalles de los nodos (Node Details):

Este caso de uso es una opción que tiene la aplicación que muestra los últimos 10 eventos registrados por cada variable del nodo seleccionado.

- Se podrá acceder al darle click a cualquiera de los nodos que tiene el sistema ubicados en la página principal.

Caso de uso: Consultar Variable (Alarm History):

Este caso de uso es una opción que se muestra en el área del menú con el nombre de Alarm History, el usuario puede consultar cada una de las variables por individual ya sea Puerta, Temperatura y Energía.

- El usuario debe seleccionar una de las variables y colocar el nombre del nodo al que desea hacer la consulta; posteriormente definir una fecha de inicio y fin para que se muestre el historial de la variable seleccionada.

Caso de uso: Consultar configuración IP (IP planning):

Este caso de uso es una opción para consultar la configuración IP de los Arduinos instalados en los nodos y se puede acceder desde el menú que se encuentra en la página principal, en la pestaña **System**.

Caso de uso: Agregar Nodo (Add Nodes):

Este caso de uso es una opción que solo los usuarios encargados del monitoreo podrán acceder, por lo tanto el sistema pedirá usuario y contraseña, posteriormente se abrirá una ventana para la configuración del Arduino, el cual pedirá llenar unos campos; el resto de la programación se completa por defecto. A continuación se presenta las siguientes actividades a realizar:

- Para agregar un nodo nuevo al sistema el usuario se debe colocar en la pestaña **System** que se encuentra en el menú de la página principal, y acceder a la opción **Add Node**; en esta parte el usuario deberá ingresar los datos necesarios para su acceso (username, password), luego el sistema realizará la respectiva validación.
- Cuando la validación es correcta el usuario tendrá acceso a agregar nodos para el monitoreo. El usuario tendrá que llenar unos campos requeridos para la configuración del Arduino, esta configuración podrá descargarse si el usuario lo desea.
- Al finalizar se reflejará el nuevo nodo en la página principal, si la primera etapa no ha sido instalada en el nodo se mostrará un símbolo de emergencia en el gabinete, caso contrario leerá las variables a monitorear.

Caso de uso: Editar configuración IP (Edit Node):

Este caso de uso es una opción que solo los usuarios encargados del monitoreo podrán acceder. Esta opción le permitirá modificar cualquier nodo que ya ha sido agregado, en caso de cambio de direccionamiento ip o nombre del nodo. A continuación se presenta las siguientes actividades a realizar:

- El usuario tendrá que iniciar sesión en la pestaña Add Node, posteriormente el sistema validara los datos para su acceso (username, password). Cuando la validación es correcta el usuario tendrá acceso a editar nodos.
- El usuario podrá elegir el nodo a editar desde la pestaña System- IP Planning. Una vez elegido se mostrarán los campos a editar de la configuración IP.

Caso de uso: Ayuda (Help):

Este caso de uso es una opción para apoyo en el uso del sistema de monitoreo y se puede acceder desde el menú que se encuentra en la página principal, en la pestaña **Help**.

En la siguiente figura se presenta el diagrama de los casos de uso para la aplicación web:

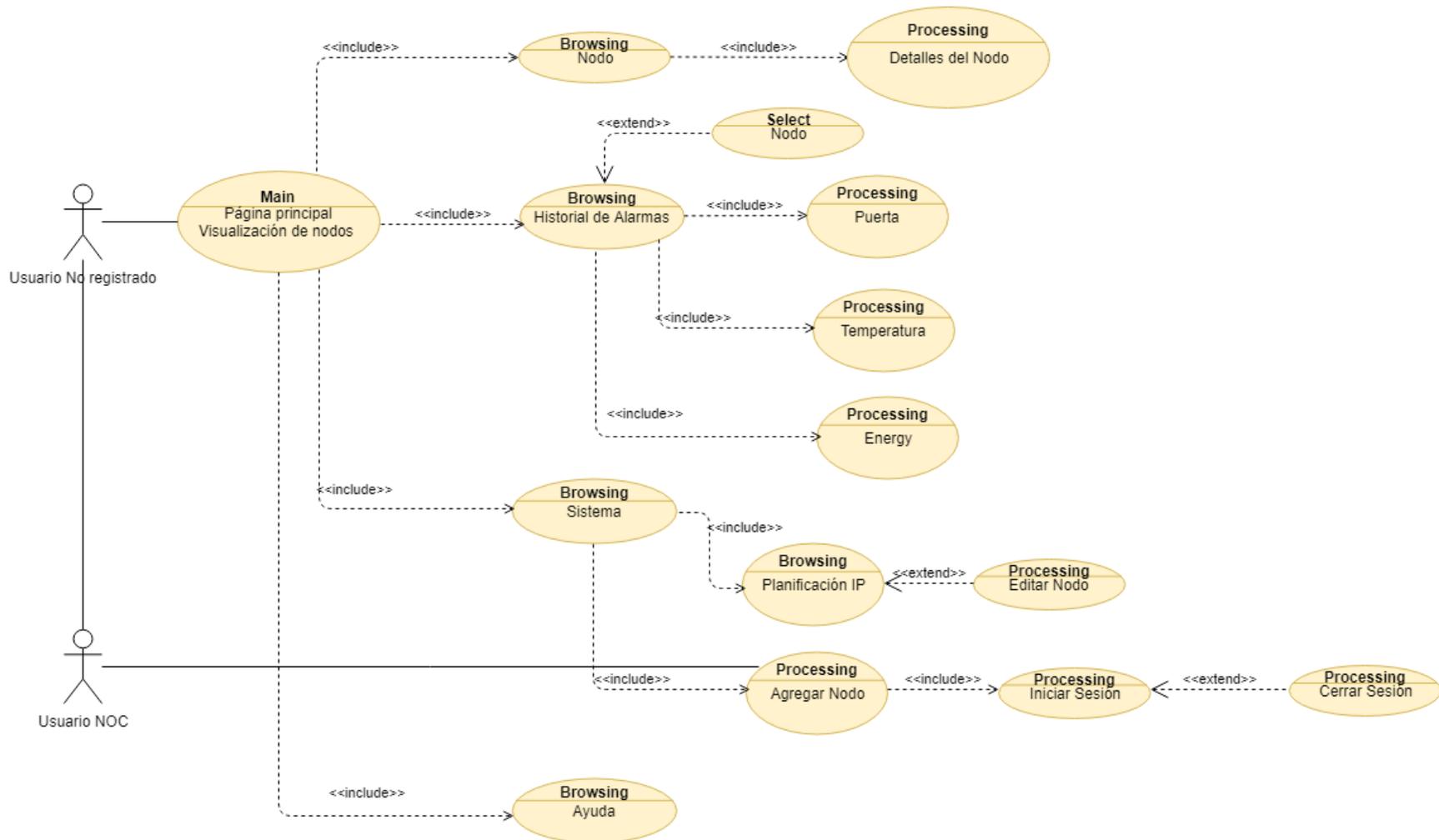


Figura 3- 17 Diagrama de casos de uso.

3.2.3. Capa de negocio (Servidor-Web).

Como hemos mencionado la arquitectura está orientada a entornos web, bajo este diseño las tareas se ejecutan por el lado del servidor, evitando delegar tales responsabilidades hacia los dispositivos de los usuarios de la aplicación. Así mismo se asegura la disponibilidad de la aplicación a tiempo completo.

El servidor se encargará de ejecutar cualquier petición que el cliente o usuario requiera a través del navegador, esta petición se interpreta mediante un script que se encuentra en el servidor de la aplicación, con el objetivo de generar paginas HTML con la respuesta a la petición realizada [25].

A continuación se profundizará en las tecnologías utilizadas en la capa de negocio para el monitoreo de las variables externas e internas de los gabinetes.

3.2.3.1. PHP.

La empresa trabaja con distintos lenguaje de programación para el desarrollo de sus aplicaciones web, entre ellos se encuentra PHP (Hipertext Preprocessor), este se ejecuta en un servidor web con un motor de procesamiento PHP.

El código fuente escrito en PHP es invisible al navegador web y al cliente, ya que es el servidor el que se encarga de ejecutar el código y enviar el resultado en HTML al navegador [24]. PHP está orientado al desarrollo de aplicaciones web dinámicas con acceso a información almacenada en una base de datos [25].

Toda consulta y tarea relacionadas con la base de datos que el usuario del sistema de monitoreo requiera serán realizada por la programación en PHP, esto proporcionará en código HTML para que sea visible en el navegador web del usuario.

3.2.3.2. Apache Servidor HTTP.

Apache es un servidor web HTTP de código abierto y se encuentra instalado en los servidores web de la empresa. Implementa la noción de sitio virtual según la normativa RFC2616, tiene la capacidad de alojar uno o más sitios web basados en HTTP. Apache web server se lanzó en 1995 y es el servidor web más popular de la internet [26].

Apache tiene la capacidad de admitir múltiples lenguajes de programación, códigos del lado del servidor, mecanismo de autenticación y soporte de base de datos y se puede mejorar agregando múltiples extensiones y complementos al código base [25].

Apache nos servirá para que la aplicación web este en constante funcionamiento, manteniendo la comunicación entre los principales puertos de enlaces de la aplicación, la base de datos y los usuarios.

3.2.4. Capa de datos.

Una base de datos no es más que un sistema de almacenamiento de información el cual maneja aspectos relacionados con la seguridad, tratamiento y consultas de datos [23]. La estructura que usualmente se maneja en una aplicación web es la que se muestra en la figura 3-18.

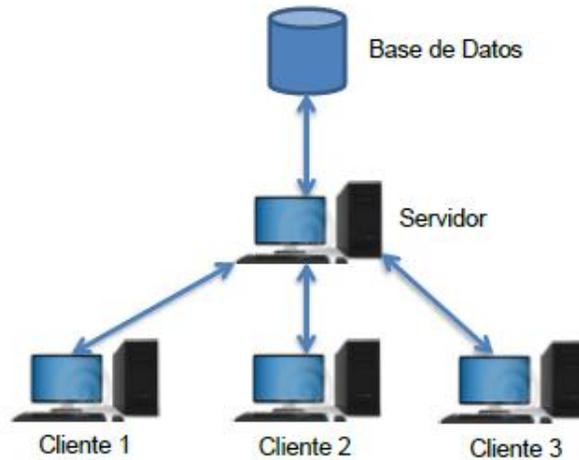


Figura 3- 18 Funcionamiento de una base de datos empleando la arquitectura cliente servido [23].

En la actualidad hay varias opciones en cuanto a base de datos que se disponen en el mercado, tanto en software libre como comercial; para el desarrollo del sistema de monitoreo, se ha empleado MySQL, ya que es la base de datos con la cual trabaja la empresa, además se toma en consideración factores como la facilidad de encontrar información sobre MySQL y que es de código abierto [23].

3.2.4.1. MySQL.

MySQL era propiedad y estaba patrocinado por una compañía sueca MySQL AB, ahora propiedad de Oracle Corporation. MySQL es gratis para proyectos de código abierto y sin fines de lucro. Para uso comercial los desarrolladores tienen que pagar una tarifa de licencia, estas ediciones pagadas ofrecen una funcionalidad adicional [23].

MySQL es un sistema de administración de bases de datos relacional (RDBMS) que se ejecuta como un servidor que brinda acceso multiusuario y multihilo a varias bases de datos [25].

El SQL (Structured Query Language) en MySQL es el lenguaje que permite solicitudes simples desde una base de datos a través de comandos, está basado

en inglés y también es utilizado en otras bases de datos como Oracle y Microsoft SQL Servidor [25].

Una base de datos MySQL contiene una o más tablas, cada una de las cuales contiene registro o filas. Dentro de estas filas hay varias columnas o campos que contienen los datos en sí [25].

3.2.4.2. Diseño de la base de datos.

En esta sección se especifica el alojamiento de los datos para el monitoreo de los gabinetes, describiremos los rasgos del funcionamiento y responsabilidades de cada una de las tablas de la base de datos.

Para el procesamiento de las tablas que conforman la base de datos, se ha definido un diccionario que presenta las características lógicas de los datos a almacenar, los cuales son:

- Clave de la tabla.
- Nombre del campo.
- Tipo de campo.
- Longitud del campo.
- Descripción.

Tabla: Lista de usuarios (User list)

En la presente tabla se muestra la lista de los usuarios agregados para la adición, edición o supresión de los nodos, tal como se había visto en los casos de usos capítulo 3, sección 3.2.5.1., estos serán agregados por orientación del coordinador del área NOC.

Tabla 3- 3 Lista de usuarios.

| User_list | | | | |
|-----------|----------------|---------|----------|---|
| Clave | Campo | Tipo | Longitud | Descripción |
| PRI | id_user | int | 11 | Identifica a cada usuario NOC con un código único. |
| | Names | varchar | 50 | Almacena el nombre del Usuario. |
| | alias | varchar | 50 | Almacena el nombre con que el usuario ingresará al sistema. |
| | credential_key | varchar | 50 | Almacena la contraseña con la que el usuario accede al sistema. |
| | EMail | varchar | 50 | Almacena la dirección de correo electrónico del usuario. |

Tabla: Arduino detalles de los sitios (Arduino sites details)

En esta tabla se guardaran los datos de los nodos agregados al sistema por los Usuarios registrados.

Tabla 3- 4 Detalles de los sitios agregados.

| Arduino Sites details | | | | |
|-----------------------|---------------|-----------|----------|--|
| Clave | Campo | Tipo | Longitud | Descripción |
| PRI | GS | int | 11 | Identifica a cada nodo con un código único. |
| | SITES_NAME | varchar | 25 | Almacena el nombre del nodo. |
| | IP_ARDUINO | varchar | 20 | Almacena la configuración IP del Arduino que fue instalado en el nodo. |
| | MAC_ADDRESS | varchar | 35 | Almacena la dirección física del Arduino que fue instalado en el nodo. |
| | IP_SWITCH | varchar | 20 | Almacena la configuración IP del nodo donde fue instalado el Arduino. |
| | IP_GATEWAY | varchar | 20 | Almacena la puerta de enlace del Arduino que fue instalado en el nodo. |
| | SWITCH_PORT | varchar | 20 | Almacena el número de puerto del switch donde se conecta el Arduino. |
| | VLAN | int | 11 | Almacena el Tipo de conexión en el puerto. |
| | TEMP_MAX | int | 11 | Almacena la temperatura máxima para el sitio. |
| | TEMP_MIN | int | 11 | Almacena la temperatura mínima para el sitio. |
| | CREATION_DATE | timestamp | --- | Almacena la fecha y hora de la creación del nodo en el sistema. |

Tabla: Monitoreo de Puerta (Door Monitoring)

En esta tabla se guarda el resultado del monitoreo de la variable puerta por cada nodo que ha sido agregado. Este está asociado con el campo GS de la tabla 3-4.

Tabla 3- 5 Monitoreo de Puerta.

| Door_Monitoring | | | | |
|------------------------|----------------------------|-------------|-----------------|--|
| Clave | Campo | Tipo | Longitud | Descripción |
| PRI | id_(Nombre del Nodo)_door | int | 11 | Almacena los eventos de la variable Puerta. |
| | tag_(Nombre_del_Nodo) | int | 11 | Almacena el resultado de los eventos en la ubicación del nodo. |
| | (Nombre_del_Nodo)_door_log | timestamp | -- | Almacena la fecha y hora del evento. |

Tabla: Monitoreo de Energía (Energy Monitoring)

En esta tabla se guarda el resultado del monitoreo de la variable energía por cada nodo que ha sido agregado. Este está asociado con el campo GS de la tabla 3-4.

Tabla 3- 6 Monitoreo de Energía.

| Energy_Monitoring | | | | |
|--------------------------|------------------------------|-------------|-----------------|--|
| Clave | Campo | Tipo | Longitud | Descripción |
| PRI | id_(Nombre_del_Nodo)_Energy | int | 11 | Almacena lo eventos de la variable Energía. |
| | tag_(Nombre_del_Nodo) | int | 11 | Almacena el resultado de los eventos en la ubicación del nodo. |
| | (Nombre_del_Nodo)_Energy_log | timestamp | -- | Almacena la fecha y hora del evento. |

Tabla: Monitoreo de Temperaturas (Temperature Monitoring)

En esta tabla se guarda el resultado del monitoreo de la variable temperatura por cada nodo que ha sido agregado. Este está asociado con el campo GS de la tabla 3-4.

Tabla 3- 7 Monitoreo de Temperatura.

| Temperature Monitoring | | | | |
|-------------------------------|--|------------------|-----------------|---|
| Clave | Campo | Tipo | Longitud | Descripción |
| PRI | id_(Nombre_del_Nodo)_temperature | int | 11 | Almacena lo eventos de la variable Temperatura. |
| | tag_(Nombre_del_Nodo) | int | 11 | Almacena el resultado de los eventos en la ubicación del nodo. |
| | (Nombre_del_Nodo)_temperature_log | timestamp | -- | Almacena la fecha y hora del evento. |

3.2.4.3. Diagrama general de la base de datos.

A continuación se muestra en la figura 3-19 la manera en la cual se almacenarán los datos de la aplicación. Esto se hace mediante las tablas representadas por un cuadrado, cada una con sus respectivos campos y entrelazadas con líneas que representan la relación que existe entre ellas.

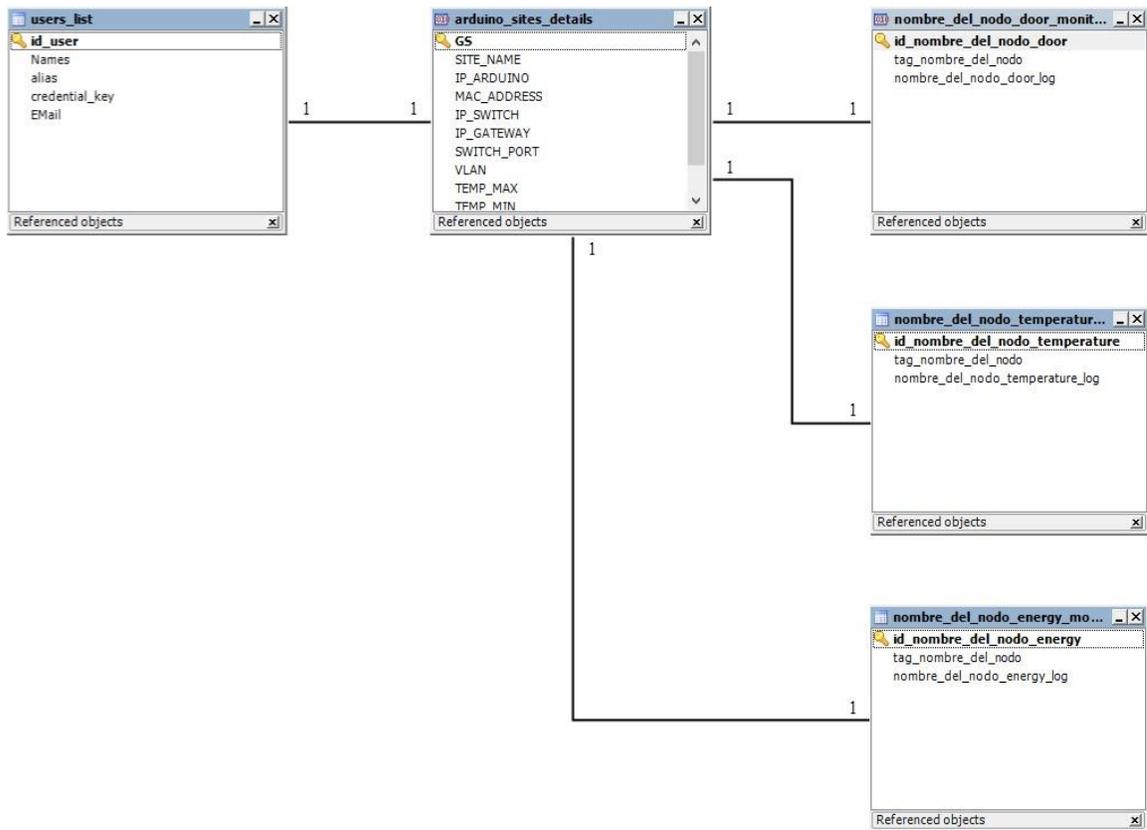


Figura 3- 19 Diagrama general de la base de datos.

3.2.5. Desarrollo de la aplicación web.

En esta sección se presentará las herramientas utilizadas para el desarrollo de la aplicación web.

3.2.5.1. Wampserver.

El desarrollo de la aplicación web se llevó primeramente a cabo desde una computadora particular con el paquete de software Wampserver, antes de aplicarlo a los servidores.

WampServer se refiere a una pila de software para el sistema operativo Microsoft Windows, creado por Romain Bourdon y que consta del servidor web Apache, base de datos MySQL y lenguaje de programación PHP, destinada para el desarrollo de páginas web dinámicas de internet [25].

En la siguiente figura se muestra las versiones de la pila de softwares instalados.

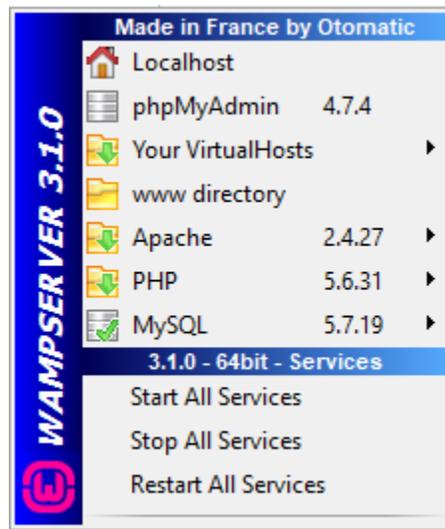


Figura 3- 20 Versión de los softwares instalados con Wampserver.

La aplicación web es guardada en la carpeta www del paquete de software, en ella se encontraran los scripts²⁵ desarrollados para el funcionamiento de la aplicación web.

3.2.5.2. Sublime text 3.

El desarrollo de los scripts (PHP, HTML, CSS y JavaScript) se realizaron con sublime text 3, figura 3-21. Sublime text es un editor de texto y editor de código fuente multiplataforma con una interfaz de aplicaciones (API) desarrollada en

²⁵ Script es un documento que contiene instrucciones, escritas en códigos de programación.

Python²⁶, mantenido bajo licencia de software libre y se debe obtener una licencia para su uso continuado, aunque la versión de evaluación es plenamente funcional y no tiene fecha de caducidad [27].

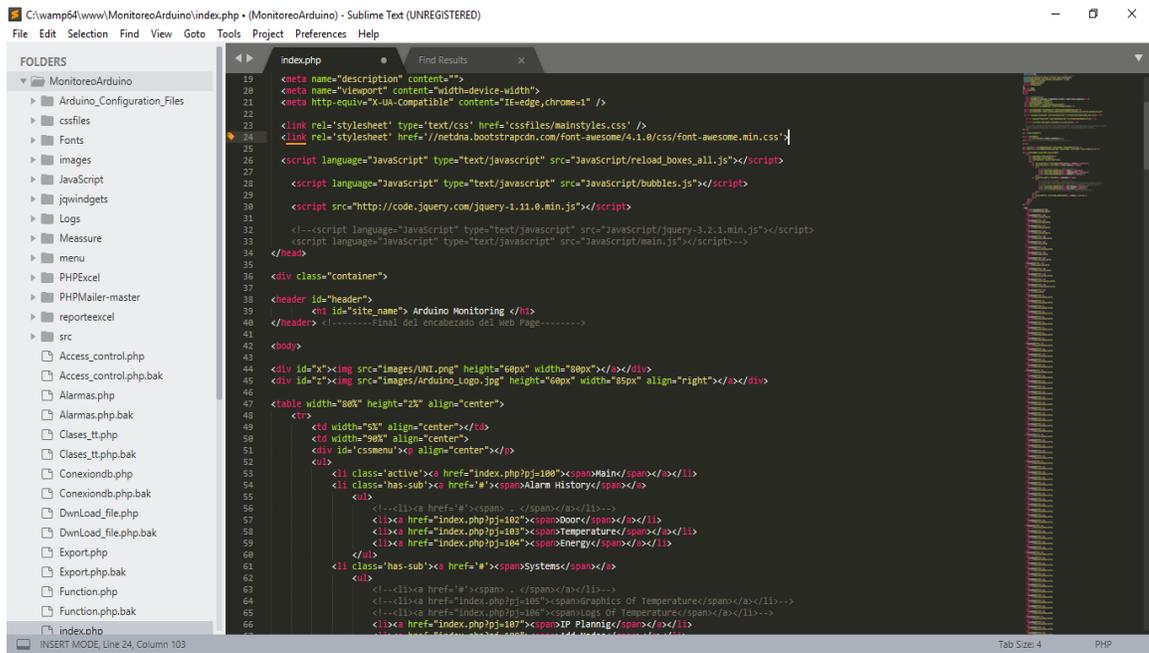


Figura 3- 21 Editor de texto "Sublime Text 3".

Características:

- Soporta múltiples lenguajes entre ellos los que vamos a usar.
- Tiene un mini mapa para visualizar la estructura del código.
- Multi selección y multi cursor, auto completado y marcado de llaves.
- Organización de documentos en pestañas y resaltado de paréntesis, entre otras muchas.

²⁶ Python es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible.

3.2.5.3. Toad-MySQL.

Para la creación de las base de datos se ha trabajado con Toad-MySQL. TOAD es una aplicación informática de desarrollo SQL y administración de base de datos, considerada una herramienta útil para los DBAs (administradores de base de datos). Actualmente está disponible para las siguientes bases de datos: Oracle Database, Microsoft SQL Server, IBM DB2, y MySQL [28]. En la figura 3-22 se observa el entorno de desarrollo de Toad MySQL.

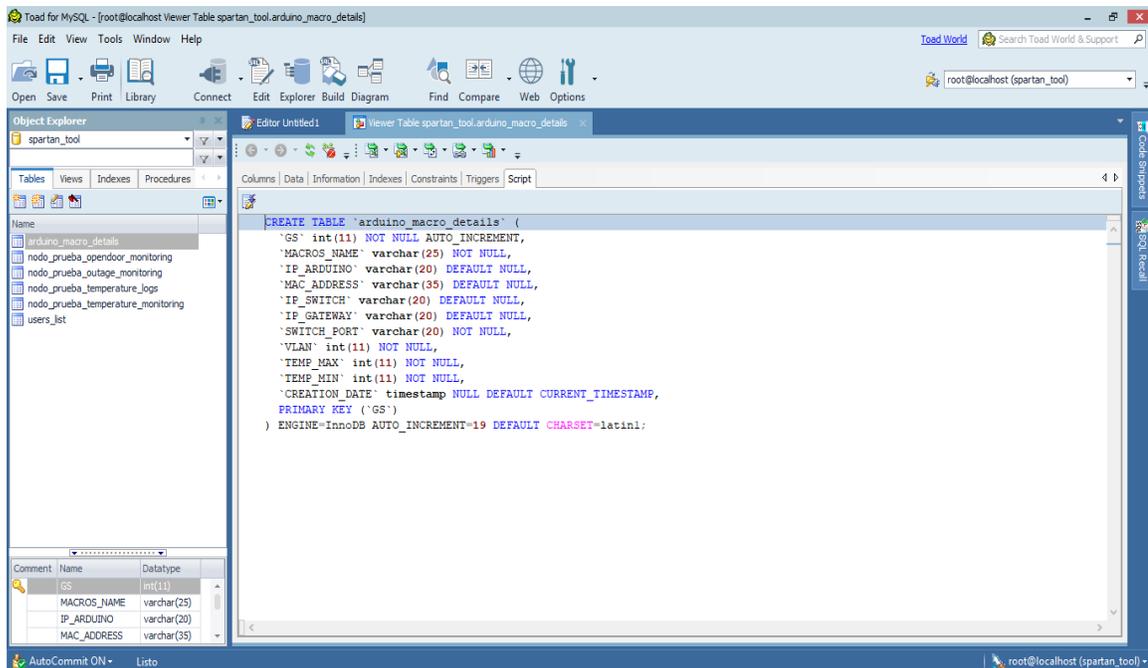


Figura 3- 22 Entorno de desarrollo Toad-MySQL.

Características:

- Administrador: Permite que los usuarios se conecten de forma nativa a la base de datos del proveedor.
- Navegador: permite a los usuarios explorar todos los diferentes objetos de base de datos / esquema y sus propiedades de administración efectiva.
- Editor: Una forma de crear y mantener secuencias de comandos y código de base de datos con depuración e integración con el control de origen.

- Optimización de SQL: Proporciona a los desarrolladores una forma de ajustar y optimizar las sentencias de SQL.
- Garantiza que el código de la base de datos y el SQL se escalarán correctamente antes de que se publique en producción.

3.2.5.4. Presentación.

En esta sección se explica la distribución gráfica de las funcionalidades del sistema. Describiremos cada uno de las actividades que posee la aplicación web, relacionándolos con los casos de usos y sus actividades, ubicados en Capítulo 3, sección 3.2.2.4.2.

Presentación: Página principal (Index.php):

Esta presentación se encuentra relacionada con el Caso de uso: visualización de los gabinetes en monitoreo. En la siguiente figura se muestra el nodo de prueba.



Figura 3- 23 Presentación de página principal de la aplicación.

Presentación#2: Detalles de los nodos (nododetails.php):

Esta presentación se encuentra relacionada con el Caso de uso: Detalles de los nodos. En la siguiente figura se muestra los detalles del nodo de prueba.



Figura 3- 24 Presentación los detalles del nodo.

Presentación#3: Consultar Variable (Logs.php):

Esta presentación se encuentra relacionada con el Caso de uso: Consultar Variable. Las figuras del 3-25 al 3-28 muestran los pasos para obtener el registro de la variable energía.



Figura 3- 25 Presentación de la selección de la variable a consultar (Puerta).



Figura 3- 26 Presentación de la selección del nodo a consultar (Nodo_prueba).



Figura 3- 27 Presentación de la selección del rango de la fecha a consultar.



Figura 3- 28 Presentación del registro de la variable puerta.

Presentación#4: Consultar configuración IP (ipplanniq.php):

Esta presentación se encuentra relacionada con el Caso de uso: Consultar configuración IP.

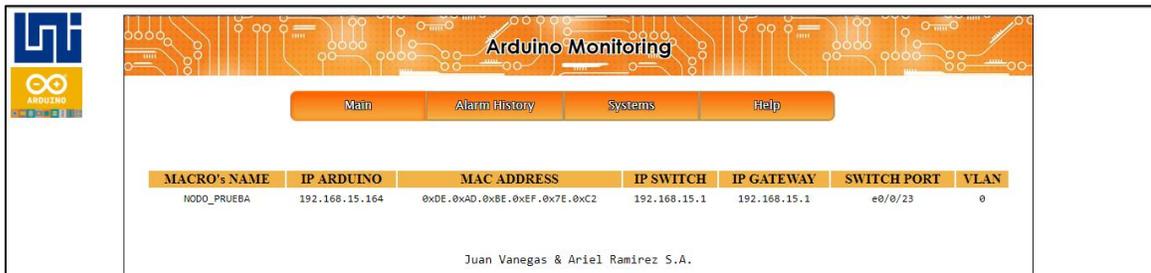


Figura 3- 29 Presentación de la configuración IP de los nodos agregados.

Presentación#5: Agregar nodos (addnodes.php):

Esta presentación se encuentra relacionada con el Caso de uso: Agregar nodos. En las siguientes figuras se muestran el resultado de las actividades realizada con el caso de uso relacionado.

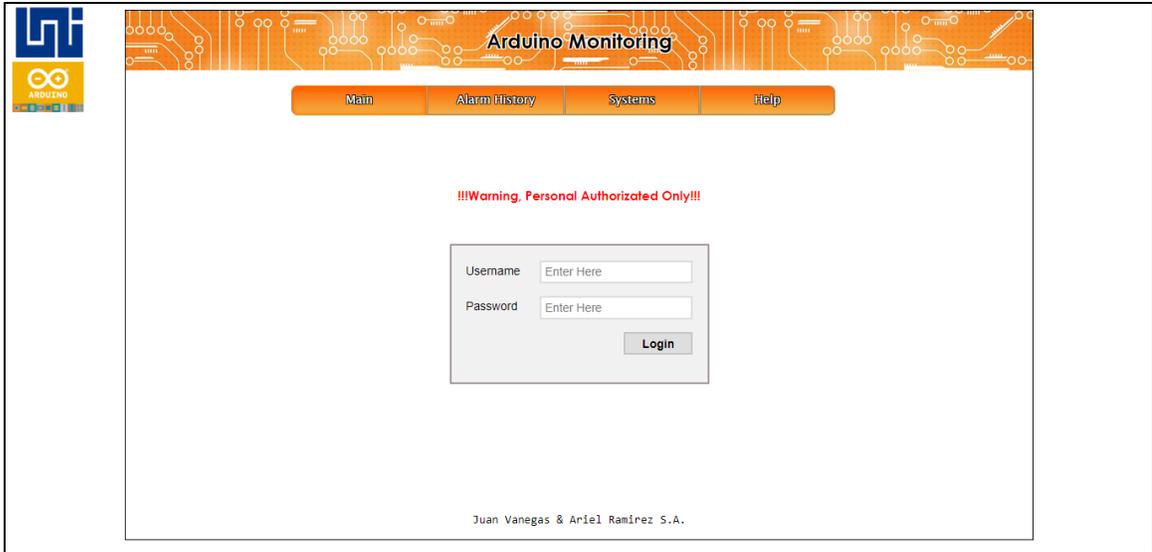


Figura 3- 30 Presentación de ventana de inicio de sesión.

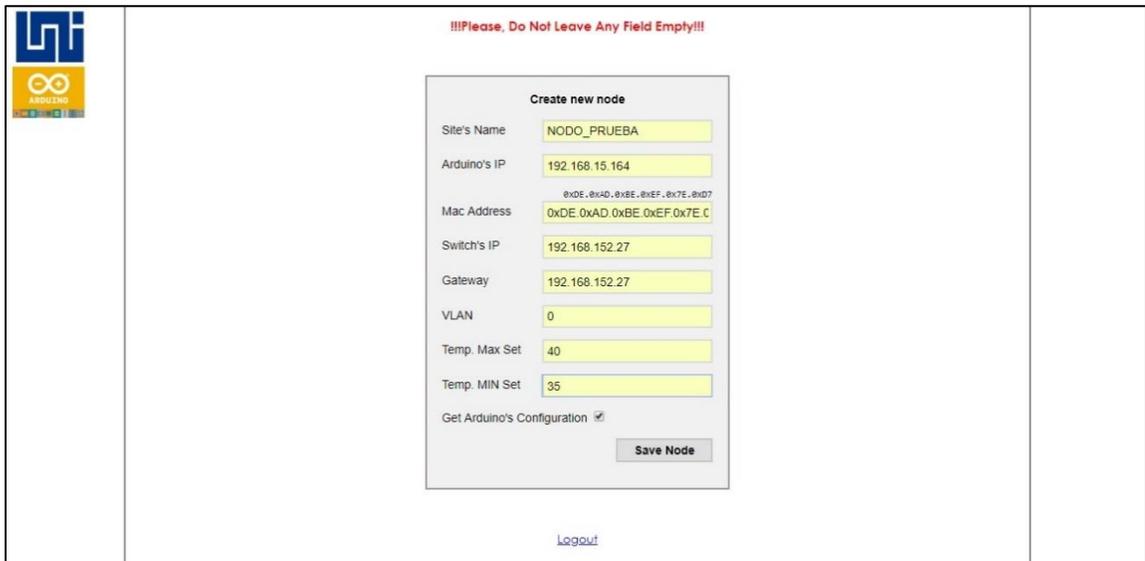


Figura 3- 31 Presentación de ventana para agregar nodos.

Presentación#5: Editar configuración IP (Editnode.php):

Esta presentación se encuentra relacionada con el Caso de uso: Editar configuración IP. En esta presentación se muestra una pestaña en la consulta de la configuración IP (ip planning), la cual sirva para cambiar la configuración IP de los nodos agregados. En las figura 3-32 y 3-33 se muestra la presentaciones para la edición de los nodos.

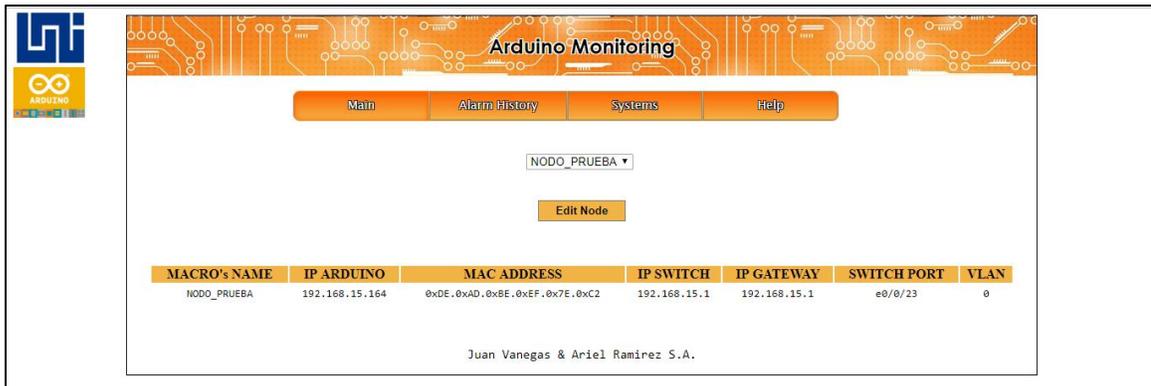


Figura 3- 32 Presentación de la pestaña edición de nodos.

Una vez seleccionado el nodo se procede darle click a la pestaña Edit Node, la cual nos mandara a la configuración actual del nodo seleccionado para luego ser editada.

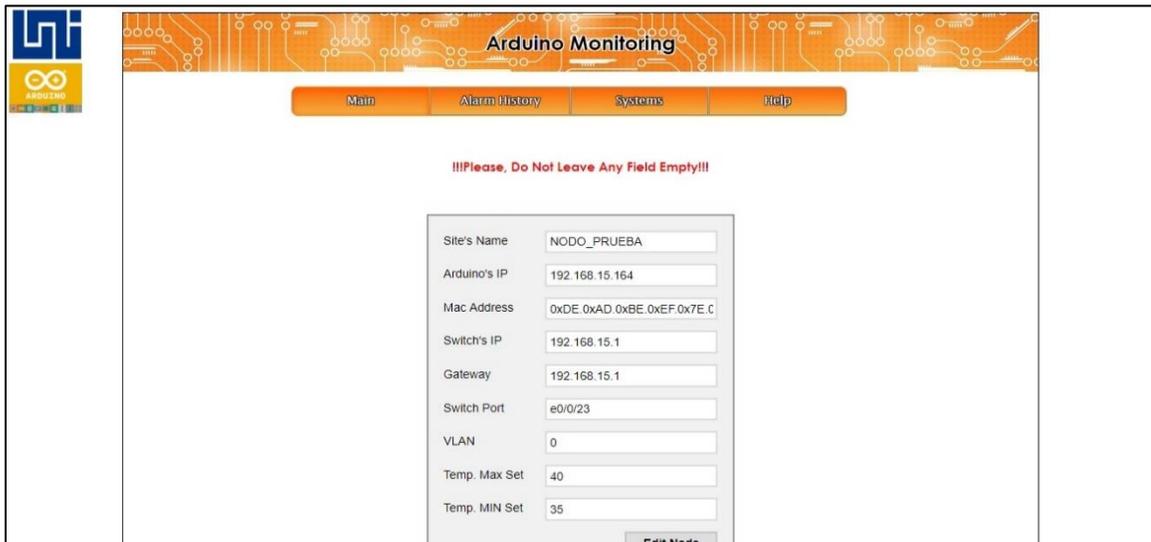


Figura 3- 33 Presentación de la ventana de edición de nodos.

Presentación#6: Ayuda (Help.php):

Esta presentación se encuentra relacionada con el Caso de uso: Ayuda



Figura 3- 34 Presentación de la pestaña ayuda.

3.3. Prototipo del sistema de monitoreo.

En la figura 3-35 se aprecia el prototipo del sistema de monitoreo, con el objetivo de hacer pruebas y comprobar su funcionamiento antes de ser instalado en los gabinetes de macro y micro celda celular. En la figura se puede observar el sistema de adquisición de datos; donde el sensor DHT11, el relé de potencia y el sensores magnéticos fueron ubicados de manera estratégica dentro del prototipo con el fin de obtener la correcta medida de las variables censadas, también cabe destacar que el Arduino se encuentra conectado al computador en sustitución del switch con el fin de registrar los datos captados; también se observa el sistema informático web en funcionamiento con las variables.

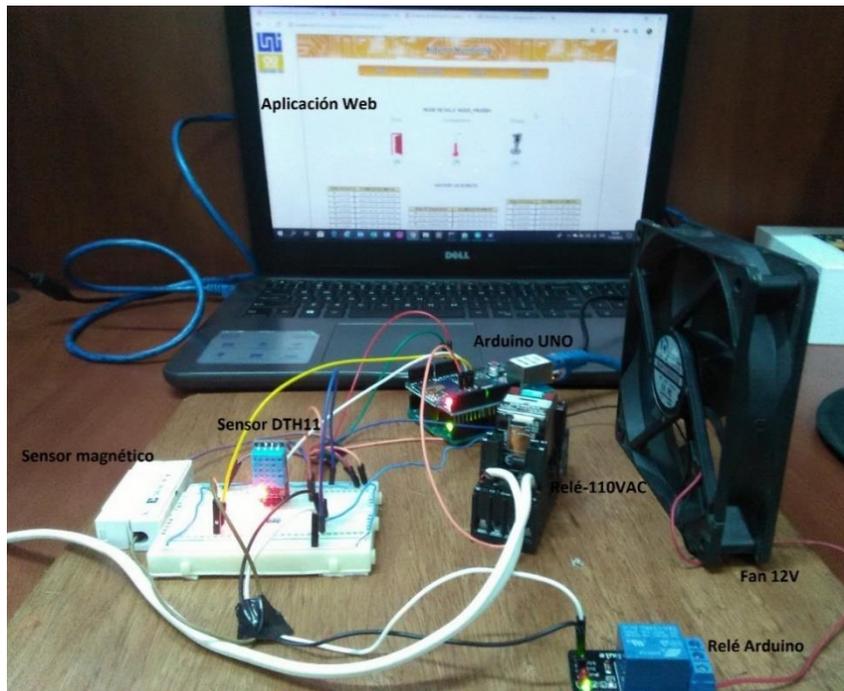


Figura 3- 35 Prototipo del sistema de monitoreo.

Capítulo IV. Resultados.

Este capítulo tiene como finalidad presentar la ejecución del sistema de monitoreo en los gabinetes de macro y micro celdas celulares, haciendo uso de las interfaces implementadas, con el objetivo de analizar los resultados obtenidos y compararlos con los requerimientos que se establecieron en el capítulo 2.

4.1. Implementación de la solución.

Al finalizar las pruebas del prototipo del sistema de monitoreo se entregó a la empresa una lista de precios de los materiales y equipos utilizados. En la siguiente tabla se muestra el listado de precios para cada sitio.

Tabla 4- 1 Lista de precios de materiales y equipos utilizados por sitio.

| ITEM | ARTICULO | PRECIO | PAGINA |
|------|---|-----------------------|------------------------|
| 1 | Arduino Uno Rev 3 A000066 | US\$25.00 | Amazon |
| 2 | Arduino Ethernet W5100 | US \$11.99 | Amazon |
| 3 | Sensor Humedad y temperatura Digital DHT11 | US \$3.00 | Amazon |
| 4 | Crystal Clear Hinged Plastic | US \$6.99 | Amazon |
| 5 | Power Relay 220VAC o 110VAC | US \$16.00 | Amazon |
| 6 | Relay Module For Arduino | US \$3.00 | Amazon |
| 7 | Cables Kit for Arduino (120 unidades) | US \$6.98 | Amazon |
| 9 | 9V 1.5A AC/DC Power Adapter for Arduino | US \$8.80 | Amazon |
| 10 | Tarjetas perforadas para circuitos eléctricos DIY 5x7cm (20 unidades) | US \$3.70 | Amazon |
| 11 | Resistencia 10kohm (10piezas) | US \$1.99 | Amazon |
| | | TOTAL= \$87.45 | |

Los precios de los materiales y equipos varían de acuerdo al proveedor, por lo que se muestra un aproximado del costo máximo de cada uno de los equipos. En la compra la empresa logró encontrar los equipos mucho más económicos, cabe

destacar que también en la implementación a gran escala los costos se reducen por cada sitio puesto que se traen los equipos en grandes cantidades.

Los coordinadores determinaron que la solución planteada se ajustaba al presupuesto que se había destinado. En el transcurso de la compra de los materiales propusieron cambiar la placa del microcontrolador Arduino UNO por un clon logrando así una reducción en el costo del proyecto, sin embargo, los resultados no eran los deseados; en la implementación el Arduino copia el equipo se inhibía lo que causaba que las variables leídas no se actualizarán, las pruebas se llevaron a cabo en 4 RBS.

4.1.1. Instalación de la primera etapa.

La instalación de la primera etapa se llevó a cabo primeramente en 21 sitios, donde 4 de ellos se instalaron Arduinos copias para comprobar el funcionamiento con respecto a los Arduino originales. En la siguiente figura se muestra la instalación de la primera etapa en los gabinetes de macro y micro celda celular.

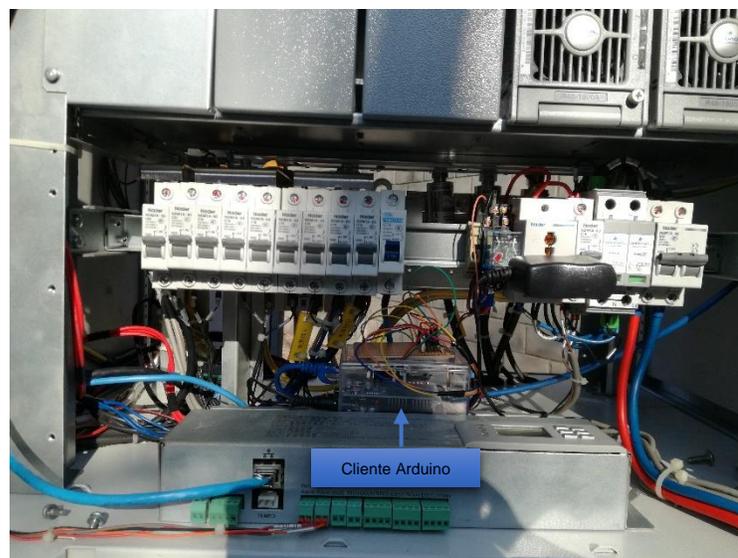


Figura 4- 1 Instalación primera etapa en gabinete de macro celda.

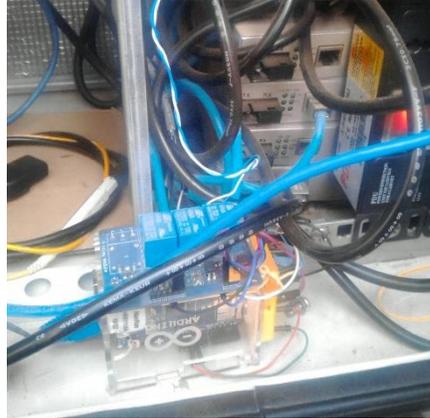


Figura 4- 2 Instalación primera etapa en gabinete de micro celda.

4.1.2. Pruebas de funcionamiento de la aplicación web.

Una vez instalada primera etapa del proyecto a gran escala se comprobó el funcionamiento de la aplicación web. Las siguientes figuras muestran el resultado del sistema de monitoreo con los 21 nodos agregados, 4 de ellos Arduinos clon, basándonos en la Presentación del desarrollo de la aplicación web, en Capítulo 3, sección 3.2.5.4.

Resultado#1: Página principal:



Figura 4- 3 Resultado de la implementación (página principal).

Resultado#2: Detalles de los nodos:

Arduino Monitoring

Main Alarm History Systems Help

NODE DETAILS: MN024

Door Temperature Energy

HISTORY OF EVENTS

| State Of Open Door | YY-MM-DD HH-MM-SS |
|--------------------|---------------------|
| ● CLOSED | 2018-08-28 11:17:06 |
| ● OPENED | 2018-08-28 10:57:13 |
| ● CLOSED | 2018-07-20 15:26:46 |
| ● OPENED | 2018-07-20 15:14:06 |
| ● CLOSED | 2018-07-18 16:16:03 |
| ● OPENED | 2018-07-18 15:30:24 |
| ● CLOSED | 2018-07-18 15:27:36 |
| ● OPENED | 2018-07-18 14:52:43 |
| ● CLOSED | 2018-07-18 10:15:46 |
| ● OPENED | 2018-07-18 10:01:58 |

| State Of Temperature | AA-MM-DD HH-MM-SS |
|----------------------|---------------------|
| ● LOW TEMPERATURE | 2018-08-29 20:51:24 |
| ● HIGH TEMPERATURE | 2018-08-29 20:47:13 |
| ● LOW TEMPERATURE | 2018-08-29 20:46:21 |
| ● HIGH TEMPERATURE | 2018-08-29 20:42:10 |
| ● LOW TEMPERATURE | 2018-08-29 20:41:48 |
| ● HIGH TEMPERATURE | 2018-08-29 09:00:48 |
| ● LOW TEMPERATURE | 2018-08-29 08:56:32 |
| ● HIGH TEMPERATURE | 2018-08-29 08:52:24 |
| ● LOW TEMPERATURE | 2018-08-28 16:29:28 |
| ● HIGH TEMPERATURE | 2018-08-28 11:25:18 |

| State Of Outage | AA-MM-DD HH-MM-SS |
|-----------------|---------------------|
| ● RESTORE | 2018-08-28 15:14:04 |
| ● OUTAGE | 2018-08-28 14:53:20 |
| ● RESTORE | 2018-08-28 14:34:55 |
| ● OUTAGE | 2018-08-28 14:16:55 |
| ● RESTORE | 2018-08-28 13:58:55 |
| ● OUTAGE | 2018-08-28 13:40:57 |
| ● RESTORE | 2018-08-28 13:22:53 |
| ● OUTAGE | 2018-08-28 13:04:53 |
| ● RESTORE | 2018-08-28 12:46:54 |
| ● OUTAGE | 2018-08-28 12:28:59 |

Figura 4- 4 Resultado de la implementación (Detalles de los nodos).

Resultado#3: Consultar Variable:

Arduino Monitoring

Main Alarm History Systems Help

LOGs OF OUTAGE

Para ver los logs, seleccionar primero el nombre del nodo que quiere visualizar, luego el rango de la fecha haciendo Click en fecha 1, ahora seleccione en el siguiente orden: hora, minutos, mes, año y por ultimo día. Repetir el mismo procedimiento anterior para fecha 2.

!!!Please, Do Not Leave Any Field Empty!!!

MN024

YYYY-mm-DD HH:MM Fecha 1 <<->> YYYY-mm-DD HH:MM Fecha 2

Get Logs

| MN090 | |
|-----------------|---------------------|
| State of Outage | YY-MM-DD HH-MM-SS |
| ● OUTAGE | 2018-08-01 13:07:55 |
| ● RESTORE | 2018-08-01 13:26:40 |
| ● OUTAGE | 2018-08-08 16:11:28 |
| ● RESTORE | 2018-08-08 16:35:19 |

Figura 4- 5 Resultado de la implementación (Consultar variables).

Resultado#4: Consultar configuración IP:

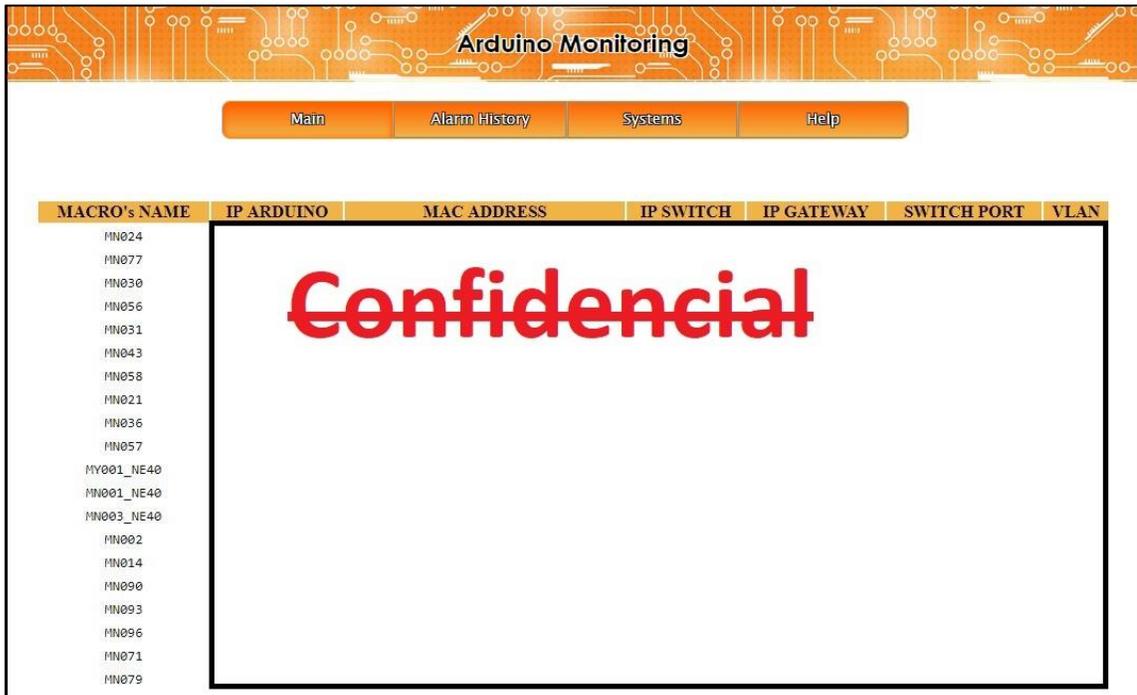


Figura 4- 6 Resultado de la implementación (Consultar configuración ip).

Resultado#5: Agregar nodos:

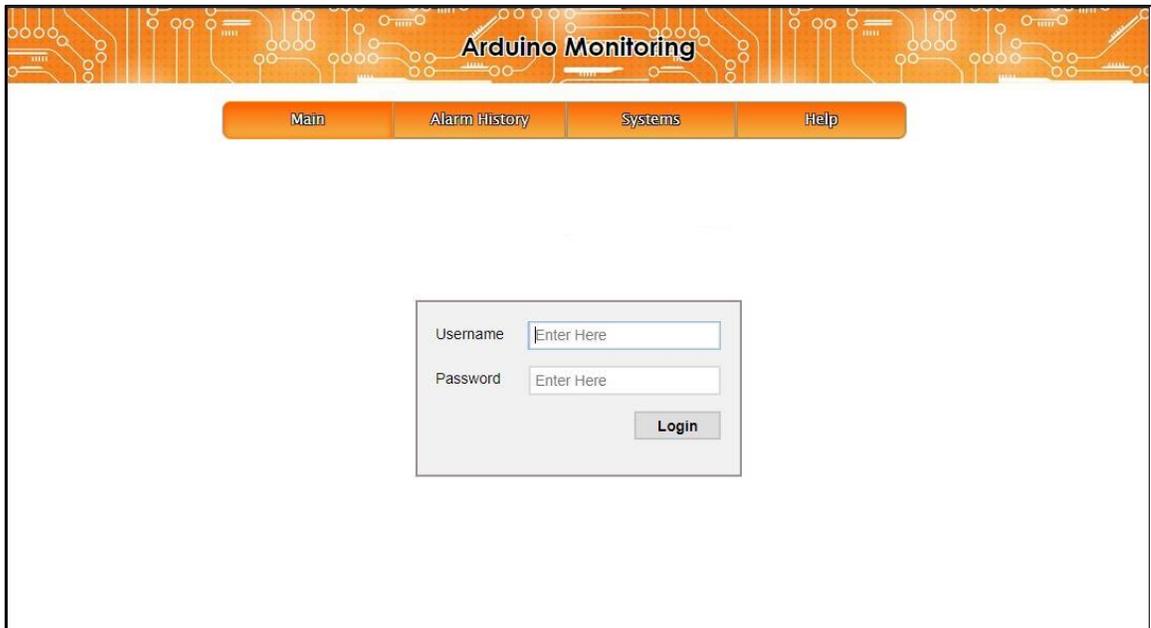


Figura 4- 7 Resultado de la implementación (inicio de sesión).

Main Alarm History Systems Help

!!!Please, Do Not Leave Any Field Empty!!!

Create new node

Site's Name

Arduino's IP

Mac Address

Switch's IP

Gateway

VLAN

Temp. Max Set

Temp. MIN Set

Get Arduino's Configuration

Save Node

Activar Windows
Ve a Configuración para a

Figura 4- 8 Resultado de la implementación (agregar nodos).

Resultados#6: Editar configuración IP:

Main Alarm History Systems Help

Edit Node

| MACRO's NAME | IP ARDUINO | MAC ADDRESS | IP SWITCH | IP GATEWAY | SWITCH PORT | VLAN |
|--------------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|------|
| MN024 | | | | | | |
| MN077 | | | | | | |
| MN030 | | | | | | |
| MN056 | | | | | | |
| MN031 | | | | | | |
| MN043 | | | | | | |
| MN058 | | | | | | |
| MN021 | | | | | | |
| MN036 | | | | | | |
| MN057 | | | | | | |
| MY001_NE40 | | | | | | |
| MN001_NE40 | | | | | | |
| MN003_NE40 | | | | | | |
| MN002 | | | | | | |
| MN014 | | | | | | |
| MN090 | | | | | | |
| MN093 | | | | | | |
| MN096 | | | | | | |
| MN071 | | | | | | |
| MN079 | | | | | | |

Confidencial

Figura 4- 9 Resultado de la implementación (Editar nodos).

Resultado#: Ayuda:



Figura 4- 10 Resultado de la implementación (Help).

El funcionamiento del sistema se mostró en presencia de los coordinadores de áreas, donde se obtuvieron resultados exitosos. En todas las radio bases donde el sistema fue instalado se logró recibir el mensaje de activación y desactivación de alarma de las variables a monitorear.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. Conclusiones

Luego de haber culminado con las fases de análisis, diseño, desarrollo e implementación se ha concluido lo siguiente:

- Se hizo un levantamiento de los requerimientos técnicos y operativos del sistema a desarrollar lográndose obtener un mejor entendimiento del problema, así como, la necesidades y expectativas de la empresa con respecto a la solución del mismo.
- Se desarrolló un sistema de bajo costo y de fácil implementación en comparación con los sistemas de monitoreo industrializados, que permite el monitoreo, registro y control de variables físicas (Temperatura, detección de ingresos y energía) dentro de los gabinetes macro y micro celda celular.
- Del proyecto realizado se puede concluir que es una herramienta funcional y versátil para saber de forma rápida y precisa bajo qué condiciones están operando los gabinetes de macro y micro celda celular.
- Debido al modo en que se desarrolló el proyecto se puede agregar de manera fácil diferentes sensores y actuadores.
- Durante el transcurso del proyecto, se obtuvo conocimientos a profundidad las herramientas orientadas a la web, las cuales han sido de vital importancia para llegar al punto final entregado.
- Los supervisores e ingenieros de red quedaron satisfechos con la facilidad de uso del sistema y eficacia de la información entregada.
- La implementación del sistema produjo buenos resultados en los tiempos de atención a fallas, puesto que se han logrado mitigar las fallas por razones de energía, temperatura y hurtos. Esto optimiza la calidad del servicio y las operaciones internas, elevando la competitividad de la empresa.

5.2. Recomendaciones.

Dado al modo en que se desarrolló el proyecto se puede recomendar lo siguiente:

- Para optimizar el sistema de monitoreo se pueden agregar fácilmente más sensores y actuadores dentro de los gabinetes, por ejemplo, conectar un equipo de detección de humo.
- Para el control de temperatura del sistema se puede utilizar modelos de refrigeración con disipadores, dado al alcance del costo del sistema solo se decidió usar fanes.
- Se recomienda hacer un armazón o estructura más robusto para la protección del Arduino y sus componentes.
- Se recomienda dedicar un tiempo a investigar diferentes patrones de programación actuales para saber cuál sería el ideal para implementarlo.
- Se recomienda que el desarrollo de la programación se documente lo mejor posible el código, para efectos de comprensión y mantenimientos.
- Antes de poner en marcha la aplicación web en el servidor es importante verificar las versiones de las tecnologías empleadas, ya que puede que la función del sistema cambie o genere un error. Esto nos ocurrió al momento de pasar los scripts al servidor de la compañía ya que la versión de PHP era distinta al que fue desarrollado.

VII. Bibliografía

- [1] W. Odom y S. Hogg, CCNA Routing and Switching ICND2 200-105, Indianapolis: Pearson Education, Inc., 2017.
- [2] V. E. Uribe, "Teleprocesos y Sistemas Distribuidos Comunicaciones Móviles," Trabajo monográfico, Fac. Ciencia Exactas, Naturales y Agrimensura. Univ. Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina, 2006.
- [3] E. A. Chojolan Prillwitz, "Diseño de un sistema para monitoreo de enlaces de microondas utilizando la radiobase TDMA ERICSSON 884," Trabajo monográfico, Dpto. Ing. Mecánica Eléctrica, Univ. San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2005.
- [4] E. A. Picado, "Análisis de las tecnologías de redes heterogéneas (HetNet) en los sistemas móviles," Trabajo monográfico, Dpto. Ing. Eléctrica., Univ. Costa Rica, San José, Costa Rica, 2012.
- [5] N. Salazar Obando, "Sistema de monitoreo redundante para radiobases de telefonía móvil," Trabajo monográfico, Dpto. Ing. Electrónica, Univ. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2007.
- [6] «Temas Tecnológicos,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.temastecnologicos.com/redes-moviles/elementos/>. [Último acceso: 10 Julio 2018].
- [7] ZTE, «ZTE Corporation,» 28 Junio 2007. [En línea]. Available: http://wwen.zte.com.cn/endata/magazine/zte technologies/2007year/no6/articles/200706/t20070628_161809.html. [Último acceso: 15 Julio 2018].

- [8] J. L. V. Zavaleta Guevara, "Procedimientos para la instalación y puesta en funcionamiento de una estación 3G, caso Claro-Perú," Trabajo monográfico, Dpto. Ing. Electrón., Univ. Ricardo Palma, Lima, Perú, 2013.
- [9] EXFO Company, «EXFO,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.exfo.com/en/resources/glossary/baseband-unit/>. [Último acceso: 20 Julio 2018].
- [10] A. Rivas Reyes, "Sistema de soporte técnico vía remota para usuarios de equipos de cómputo en red," Trabajo monográfico, Fac. Ing. Dpto. Ing. Computación, Univ. Nacional Autónoma de México, México D.F., México, 2013.
- [11] Cisco Networking Academy, "Cisco Networking Academy's Introduction to Basic Switching Concepts and Configuration", 2014.
- [12] P. Ashwood Smith, "Shortest Path Bridging IEEE 802.1aq Overview," Hong Kong, China, 2011.
- [13] M. E. López Rodríguez y E. R. Rosania Minervini, "Optimización del sistema de monitoreo de alarmas de las radio bases de la red celular MOVISTAR," Trabajo monográfico, Dpto. Ing. Telecomunicaciones, Univ. Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela, 2008.
- [14] R. A. Pinto García y A. F. Cabezas, "Sistemas de comunicaciones ópticas," Trabajo monográficos, Univ. Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2014.
- [15] FS.com Company, «FS.com,» 2017. [En línea]. Available: <https://community.fs.com/blog/basic-of-optical-distribution-frame-odf.html>. [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [16] S. Monk, 30 proyectos con arduino, Madrid, España: Estribor, S.L., 2012.

- [17] Arduino, «arduino-uno-rev3,» 2018. [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Último acceso: 20 Enero 2018].
- [18] MouserElectronic, «Mouser Electronic Inc.,» 2018. [En línea]. Available: https://www.mouser.com/catalog/specsheets/A000056_DATASHEET.pdf. [Último acceso: 20 julio 2018].
- [19] S. Herrero, «MacroSigno,» 2018. [En línea]. Available: http://www.rnds.com.ar/articulos/014/RNDS_096W.pdf. [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [20] L. Ada, «Adafruit Industries,» 22 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/dht.pdf>. [Último acceso: 29 Agosto 2018].
- [21] L. Del Valle Hernandez, «programarfacil.com,» 2018. [En línea]. Available: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/>. [Último acceso: 1 Agosto 2018].
- [22] MouserElectronic, «Mouser Electronic Inc.,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.mouser.com/catalog/specsheets/TinkerKitRelayModule.pdf>. [Último acceso: 30 julio 2018].
- [23] E. G. Aguilar Riera y D. A. Dávila Garzón, "Análisis, diseño e implementación de la aplicación web para el manejo del distributivo de la facultad de ingeniería," Trabajo monográfico, Fac. Ing., Univ. De Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2013.
- [24] M. D. Mercado Jiron y G. Moreno, "Implementación de un Sistema de Posicionamiento Vehicular utilizando tecnologías GPS y GLONASS," Trabajo monográfico, Fac. Electro. y Comp., Univ. Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua, 2016.

- [25] R. Nixon, Learning PHP, MySQL, JavaScript, CSS & HTML5, United States of America: O'Reilly Media, Inc., 2014.
- [26] Apache, «Apache Http Server Project,» 1997-2018. [En línea]. Available: <https://httpd.apache.org/>. [Último acceso: 15 Marzo 2018].
- [27] N. Vivó Ferrando, "Diseño e implementación de un portal de cinematográfico," Trabajo monográfico, Dpto. Esc. Superior de Ing. Informática, Univ. Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2016.
- [28] B. Scalzo y D. Hotka, TOAD Handbook, Massachusetts: Addison-Wesley Professional, 2009.

VIII. Anexo.

8.1. Datasheets

Arduino Uno Rev3 [17].

[OVERVIEW](#) [TECH SPECS](#) [DOCUMENTATION](#)

Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328P ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz quartz crystal, a USB connection, a power jack, an ICSP header and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.. You can tinker with your UNO without worrying too much about doing something wrong, worst case scenario you can replace the chip for a few dollars and start over again.

“Uno” means one in Italian and was chosen to mark the release of Arduino Software (IDE) 1.0. The Uno board and version 1.0 of Arduino Software (IDE) were the reference versions of Arduino, now evolved to newer releases. The Uno board is the first in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for an extensive list of current, past or outdated boards see the [Arduino index of boards](#).

You can find [here](#) your board warranty informations.

Getting Started

You can find in the [Getting Started](#) section all the information you need to configure your board, use the Arduino Software (IDE), and start tinker with coding and electronics.

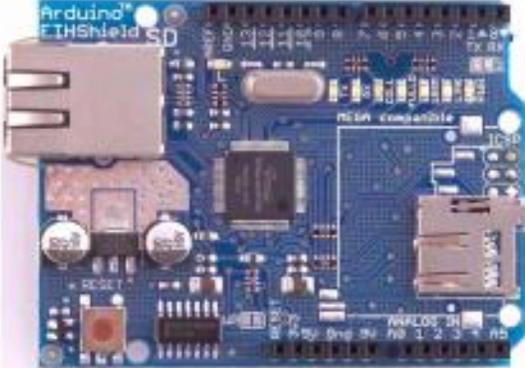
Need Help?

- ▶ [On the Software on the Arduino Forum](#)
- ▶ [On Projects on the Arduino Forum](#)
- ▶ [On the Product itself through our Customer Support](#)

| OVERVIEW | TECH SPECS | DOCUMENTATION |
|-----------------------------|---|---------------|
| Microcontroller | ATmega328P | |
| Operating Voltage | 5V | |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V | |
| Input Voltage (limit) | 6-20V | |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) | |
| PWM Digital I/O Pins | 6 | |
| Analog Input Pins | 6 | |
| DC Current per I/O Pin | 20 mA | |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA | |
| Flash Memory | 32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader | |
| SRAM | 2 KB (ATmega328P) | |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328P) | |
| Clock Speed | 16 MHz | |
| LED_BUILTIN | 13 | |
| Length | 68.6 mm | |
| Width | 53.4 mm | |

Arduino ethernet shield [18].

Arduino Ethernet Shield



Download: [arduino-ethernet-shield-05-schematic.pdf](#), [arduino-ethernet-shield-05-reference-design.zip](#)

Download: [arduino-ethernet-shield-schematic.pdf](#), [arduino-ethernet-shield-reference-design.zip](#)

The Arduino Ethernet Shield allows an Arduino board to connect to the internet. It is based on the [Wiznet W5100](#) ethernet chip ([datasheet](#)). The Wiznet W5100 provides a network (IP) stack capable of both TCP and UDP. It supports up to four simultaneous socket connections. Use the [Ethernet library](#) to write sketches which connect to the internet using the shield. The ethernet shield connects to an Arduino board using long wire-wrap headers which extend through the shield. This keeps the pin layout intact and allows another shield to be stacked on top.

The latest revision of the shield adds a micro-SD card slot, which can be used to store files for serving over the network. It is compatible with the Arduino Duemilanove and Mega (using the Ethernet library coming in Arduino 0019). An SD card library is not yet included in the standard Arduino distribution, but the [sdfatlib](#) by Bill Greiman works well. See [this tutorial from Adafruit Industries](#) for instructions (thanks Limor!).

The latest revision of the shield also includes a reset controller, to ensure that the W5100 Ethernet module is properly reset on power-up. Previous revisions of the shield were not compatible with the Mega and need to be manually reset after power-up. The original revision of the shield contained a full-size SD card slot; this is not supported.

Arduino communicates with both the W5100 and SD card using the SPI bus (through the ICSP header). This is on digital pins 11, 12, and 13 on the Duemilanove and pins 50, 51, and 52 on the Mega. On both boards, pin 10 is used to select the W5100 and pin 4 for the SD card. These pins cannot be used for general i/o. On the Mega, the hardware SS pin, 53, is not used to select either the W5100 or the SD card, but it must be kept as an output or the SPI interface won't work.

Note that because the W5100 and SD card share the SPI bus, only one can be active at a time. If you are using both peripherals in your program, this should be taken care of by the corresponding libraries. If you're not using one of the peripherals in your program, however, you'll need to explicitly deselect it. To do this with the SD card, set pin 4 as an output and write a high to it. For the W5100, set digital pin 10 as a high output.

The shield provides a standard RJ45 ethernet jack.

The reset button on the shield resets both the W5100 and the Arduino board.

The shield contains a number of informational LEDs:

- PWR: indicates that the board and shield are powered
- LINK: indicates the presence of a network link and flashes when the shield transmits or receives data
- FULLD: indicates that the network connection is full duplex
- 100M: indicates the presence of a 100 Mb/s network connection (as opposed to 10 Mb/s)
- RX: flashes when the shield receives data
- TX: flashes when the shield sends data
- COLL: flashes when network collisions are detected

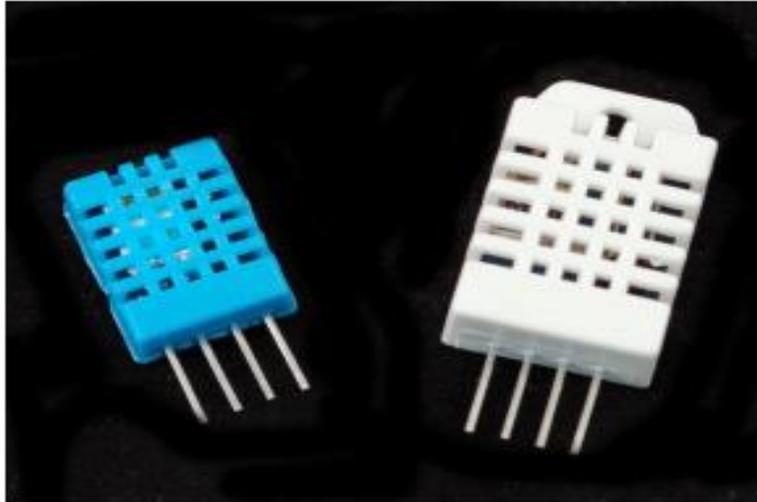
The solder jumper marked "INT" can be connected to allow the Arduino board to receive interrupt-driven notification of events from the W5100, but this is not supported by the Ethernet library. The jumper connects the INT pin of the W5100 to digital pin 2 of the Arduino.

See also: [getting started with the ethernet shield](#) and [Ethernet library reference](#)

DHT11 [20].

Overview

This tutorial covers the low cost [DHT temperature & humidity sensors](https://adafru.it/aJLj). These sensors are very basic and slow, but are great for hobbyists who want to do some basic data logging. The DHT sensors are made of two parts, a capacitive humidity sensor and a [thermistor](https://adafru.it/aHD). There is also a very basic chip inside that does some analog to digital conversion and spits out a digital signal with the temperature and humidity. The digital signal is fairly easy to read using any microcontroller.



DHT11 vs DHT22

We have two versions of the DHT sensor, they look a bit similar and have the same pinout, but have different characteristics. Here are the specs:

DHT11 (<http://adafru.it/386>)

- Ultra low cost
- 3 to 5V power and I/O
- 2.5mA max current use during conversion (while requesting data)
- Good for 20-80% humidity readings with 5% accuracy
- Good for 0-50°C temperature readings $\pm 2^\circ\text{C}$ accuracy
- No more than 1 Hz sampling rate (once every second)
- Body size 15.5mm x 12mm x 5.5mm
- 4 pins with 0.1" spacing

Relé Arduino [22].



Overview

A **relay** is an **electrically operated switch** that allows you to turn on or off a circuit using voltage and/or current much higher than the Arduino could handle. There is no connection between the low voltage circuit operated by Arduino and the high power circuit. The relay protects each circuit from each other.

Warning: We don't recommend you operate circuits powered at more than 24V without the supervision of an expert.

Input: The relay is a simple mechanical on/off switch. It activates when the input reaches 5v and turns off when the input is 0v. You can control it through the `digitalWrite()` function on Arduino.

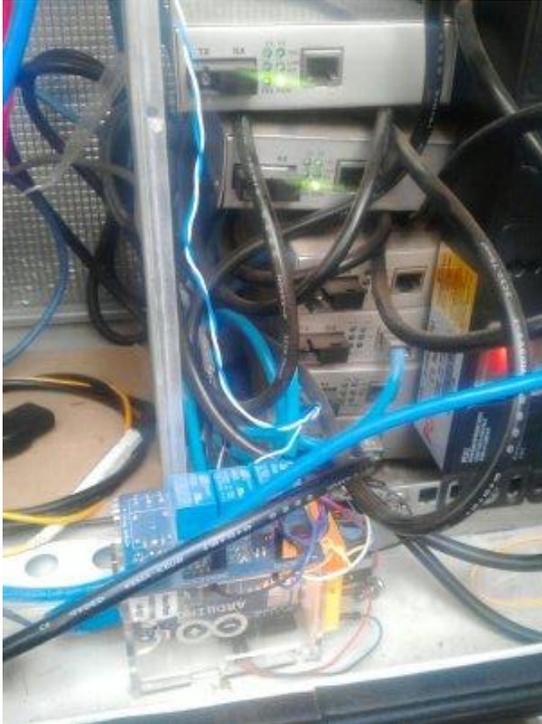
The module provides three connections labeled **COM**, **NC** and **NO**. **NC** stands for "**NORMALLY CLOSED**". This means that when the relay has no signal (LOW or 0V from an Arduino), the connected circuit will be active; conversely, if you apply 5V or pull the pin HIGH, it will turn the connected circuit off. **NO** stands for "**NORMALLY OPEN**", and functions in the opposite way; when you apply 5V the circuit turns on, and at 0V the circuit turns off. Relays can replace a manual switch. Remove the switch and connect its wires to **COM** and **NO**. When the relay is activated the circuit is closed and current can flow to the device you are controlling.

Module Description: this module features an 250v 10A mounted on a 2 module TinkerKit board, one standard TinkerKit 3pin connector, one transistor, a green LED that signals that the module is correctly powered and an yellow LED that indicates when the relay is active.

This module is an **ACTUATOR**. The connector is an **INPUT** which must be connected to one of the **OUTPUT** connectors on the **TinkerKit Shield**. you avoid unexpected errors.

8.2. Fotos de la instalación.

Gabinete Micro celda (Nodo Prueba).



Gabinete Macro Celda.

