

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Escuela de Ingeniería Electrónica**



**Plan piloto servicio internet inalámbrico en Liberia y diseño e implementación  
de un sistema de monitorización**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en  
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

**Esteban Durán Elizondo**

**Cartago, Enero de 2013**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**PROYECTO DE GRADUACIÓN**  
**TRIBUNAL EVALUADOR**

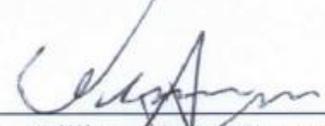
Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Faustino Montes de Oca  
Profesor Lector



  
\_\_\_\_\_  
Ing. Julio Stradi  
Profesor Lector

  
\_\_\_\_\_  
Ing. William Marín Moreno  
Profesor Asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica.

Cartago, 22 de enero de 2013

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 22 de enero de 2013



---

Esteban Durán Elizondo  
Céd: 1-1325-0114

## Resumen

La masificación del internet como medio de entretenimiento e información se ha consolidado en el mundo, muestra de ello es el dinamismo de ésta en la industria. Hoy en día el acceso a internet se plantea como una necesidad, lo que ha llevado a la empresa grupo TenT con su enfoque visionario en el área de negocios de telecomunicaciones brindar un servicio de internet, iniciando así con un plan piloto en Liberia.

De esta manera surge como propuesta de proyecto el diseño de una red con tecnología inalámbrica que permita una excelente cobertura y con la mejor calidad posible. Con el fin de obtener compatibilidad con equipos comunes como teléfonos inteligentes y computadoras, el sistema se basó en WiFi del estándar IEEE802.11.

La segunda etapa del proyecto se basó en un sistema de monitorización de redes centralizado, económico utilizando software libre (Nagios) y hardware (arduino) en un entorno Linux, evaluando variables de temperatura, estado de la corriente y encendido automático de una planta eléctrica; además con este sistema se permite monitorizar el estado los equipos de la red (Router, Servidor, Access Point, etc) y de esta manera detectar fallas potenciales en la red a tiempo.

**Palabras claves:** WiFi, IEEE 802.11, Arduino, Nagios, Linux.

## **Abstract**

The popularization of the Internet as a way of entertainment and information has been consolidated in the world; it shows the dynamism of this industry. Today internet access is seen as a necessity, which has led the company Grupo TenT with its visionary approach in the telecommunications business area providing internet service, initiating a pilot project in Liberia.

Thus emerges as a project proposal to design a wireless network that allows excellent coverage and with the best possible quality. In order to obtain compatibility with common devices as smartphones and computers, the system was based on the WiFi standard, IEEE 802.11.

The second part of the project was based on a centralized monitoring system, economical using free software (Nagios) and hardware (arduino) in a Linux environment, evaluating variables of temperature, current status and automatic activation of a power plant, in addition to this system allows you to monitor the status of network equipment (Router, Server, Access Point, etc.) and thus detect potential failures early.

**Keywords:** WiFi, IEEE 802.11, Arduino, Nagios, Linux.

## **Dedicatoria**

### **A Dios**

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de sabiduría y paciencia para momentos difíciles.*

### **A mi madre Hannia**

*Por darme la vida y haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.*

### **A mi padre Álvaro**

*Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.*

## **Agradecimiento**

Gracias a Dios.

Agradezco a mis padres Álvaro Durán y Hannia Elizondo Chavarría, que siempre me han brindado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica. De ellos este triunfo y para ellos es todo mi agradecimiento.

Para mis familiares que siempre se preocuparon y me brindaron apoyo.

A Jorge Andrés García por todo el apoyo brindado

A mis amigos, amigas y todas aquellas personas que han sido importantes para mí durante todo este tiempo.

A Armando Rouco y al resto de personal de la empresa Grupo TenT por todo el apoyo y por haberme brindado la oportunidad de realizar el proyecto en la empresa.

A William Marín, por su apoyo en el desarrollo del proyecto y a todos los profesores que aportaron en mi formación.

## INDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1 Problema existente e importancia de su solución .....	1
1.2 Enfoque de la solución.....	2
Capítulo 2: Meta y Objetivos .....	6
2.1 Meta .....	6
2.2 Objetivo general.....	6
2.3 Objetivos específicos .....	6
2.3.1 Objetivos de hardware.....	6
2.3.2 Objetivos de software .....	7
2.3.3 Objetivos de documentación .....	7
2.3.4 Objetivos de implementación .....	7
Capítulo 3: Marco teórico .....	8
3.1 Espectro electromagnético.....	8
3.2 IEEE 802.11 .....	10
3.3 Modulación:.....	11
3.4 Itinerancia (roaming) .....	12
3.5 Canales WiFi.....	12
3.6 RSSI.....	14
3.7 Relación señal a ruido (SNR).....	14
3.8 Atenuación .....	15
3.9 Patrón de radiación de una antena .....	15
3.10 Ganancia de la antena.....	16
3.11 Ancho de haz de 3dB (beamwidth) .....	16

3.12	Polarización .....	17
3.13	AirMax.....	17
3.14	Ethernet .....	18
3.15	Direcciones MAC e IP .....	21
Capítulo 4: Procedimiento metodológico .....		22
4.1	Reconocimiento y definición del problema.....	22
4.2	Obtención y análisis de información.....	22
4.3	Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución.....	22
4.4	Implementación de la solución.....	23
4.5	Reevaluación y rediseño.....	23
Capítulo 5: Descripción detallada de la solución .....		24
5.1	Análisis de soluciones y selección final.....	24
5.1.1	Selección de la tecnología de la red Inalámbrica adecuada.....	24
5.1.2	Selección del hardware para el sistema de monitorización.....	25
5.2	Descripción de Hardware.....	27
5.2.1	Antena AMO-2G13.....	27
5.2.2	Acces Point UAP-Outdoor 2.4GHz.....	28
5.2.3	Analizador de espectros Wi-Spy.....	29
5.2.4	Arduino y módulo Ethernet .....	30
5.2.5	Sensor de temperatura.....	32
5.2.6	Sensor Magnético.....	32
5.2.7	Sensor suministro eléctrico .....	33
5.2.8	Planta Eléctrica.....	33
5.2.9	Diseño completo del sistema de monitorización.....	33

5.3	Descripción de software.....	36
5.3.1	Radio Mobile .....	36
5.3.2	VisiWave Site Survey .....	39
5.3.3	Chanalyzer .....	40
5.3.4	Diseño del firmware del Arduino para el sistema de monitorización .....	40
5.3.5	Diseño de la Interfaz Web .....	44
5.3.6	Diseño del plugin de Nagios para el sistema de monitorización.....	46
5.3.7	Configuración servicios de Nagios .....	47
Capítulo 6:	Análisis de resultados .....	52
6.1	Resultados.....	52
6.1.1	Resultados obtenidos de la red WiFi .....	52
6.1.2	Resultados sistema de monitorización .....	54
6.2	Análisis de resultados .....	56
Bibliografía	.....	62
Apéndices	.....	64
A.1	Glosario, abreviaturas y simbología .....	64
A.2	Manual de usuario Sistema de monitorización.....	66
A.3	Información sobre la empresa.....	68

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de red WiFi [8] .....	3
Figura 1.2 Diagrama general del sistema de monitorización .....	5
Figura 3.1 Espectro electromagnético [3].....	9
Figura 3.2 Canales de la banda 2.4GHz [15] .....	13
Figura 3.3 Sistema de coordenadas para representar el patrón de radiación [4].....	16
Figura 3.4 Representación de una onda electromagnética [17] .....	17
Figura 3.5 Relación Ethernet y modelo OSI [5] .....	19
Figura 3.6 Formato básico de la trama de datos Ethernet IEEE 802.3 [5] .....	20
Figura 5.1 Antena omnidireccional AMO-2G13 [20].....	27
Figura 5.2 Patrón de radiación de la antena omnidireccional AMO-2G13 [20] .....	28
Figura 5.3 Arduino Uno, vista superior e inferior [2] .....	31
Figura 5.4. Arduino Ethernet Shield [2] .....	31
Figura 5.5 Sensor de temperatura DHT11 [1] .....	32
Figura 5.6 Sensor suministro eléctrico .....	33
Figura 5.7 Planta eléctrica Caterpillar GEL10SP 10KVA [18] .....	33
Figura 5.8 Diagrama completo sistema de monitorización.....	34
Figura 5.9 Coordenadas geográficas de la posición de la antena.....	37
Figura 5.10 Configuración de los sistemas de la red .....	38
Figura 5.11 Patrón de radiación de la antena AMO-2G13 generada en Radio Mobile .....	38
Figura 5.12 Configuración cobertura de radio polar, para simulación de cobertura ..	39
Figura 5.13 Diagrama de flujo rutina principal.....	40
Figura 5.14 Diagrama de flujo subrutina de inicialización .....	41
Figura 5.15 Diagrama de flujo rutina solicitud web.....	42
Figura 5.16 Diagrama de flujo subrutina para el estado de tiempo de los sensores activos .....	44
Figura 5.17 Diagrama de flujo solicitud GET .....	45
Figura 5.18 Interfaz gráfica de la página web .....	46
Figura 5.19 Diagrama de flujo del plugin de Nagios.....	47

Figura 5.20 Configuración del Arduino como un host en Nagios .....	48
Figura 5.21 Configuración de los servicios a monitorizar por Nagios en el Arduino.	49
Figura 5.22 Comando utilizado para ejecutar el plugin .....	49
Figura 5.23 Diagrama de bloques configuración servicios de una máquina con Windows [11].....	50
Figura 5.24 Diagrama de bloques configuración del router en Nagios [11].....	50
Figura 6.1 Simulación de cobertura WiFi en Radio Mobile .....	52
Figura 6.2 Mapa de cobertura de la red WiFi.....	53
Figura 6.3 Datos de la señal WiFi tomando dos puntos al azar .....	53
Figura 6.4 Análisis de espectro de frecuencia.....	54
Figura 6.5 Mapa de los Hosts en Nagios .....	55
Figura 6.6 Estado de los servicios para los Hosts en Nagios .....	55
Figura 6.7 Historial de estado para el host ArduinoWebServer.....	56
Figura 6.8 Problemas de la antena alta [4] .....	57

## INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Características de los estándares 802.11 .....	10
Tabla 3.2 Espectro de frecuencia y número de canal WiFi .....	14
Tabla 5.1 Tabla comparativa tecnologías inalámbricas [9] .....	24
Tabla 5.2 Comparación diferentes sistemas para el sistema de monitorización .....	26
Tabla 5.3 Características principales antena omnidireccional AMO-2G13[20] .....	27
Tabla 5.4 Especificaciones UAP outdoor UniFi [21].....	29
Tabla 5.5 Asignación de patillas del Arduino .....	35
Tabla 5.6 Subdivisión de los límites de variables para Nagios .....	43

## **Capítulo 1:       Introducción**

Las condiciones actuales del entorno de las telecomunicaciones, derivadas de los procesos de apertura de los mercados determinan el ingreso de nuevas empresas para ofrecer el servicio de telecomunicaciones, por lo que se cuenta con varias alternativas a la hora en que se desea contratar alguno de los servicios, por lo tanto los temas relacionados con la competitividad, y la opción precio-calidad es de suma importancia para la selección.

La compañía Grupo TenT cuenta con una amplia trayectoria en el área de mantenimiento e instalación de redes de telecomunicaciones. En este sentido, Grupo TenT con el propósito de cubrir la necesidad de las personas de contar con acceso a contenido por medio de internet, ha impulsado la creación de la infraestructura adecuada para proporcionar acceso a Internet inalámbrico como parte de un plan piloto en Liberia.

El proyecto se divide en dos etapas, la primera es el diseño y evaluación de un plan piloto de acceso a internet por medio de una red inalámbrica WiFi, la segunda consta del diseño de un sistema de monitorización de la red.

### **1.1   Problema existente e importancia de su solución**

El principal problema es la necesidad de desarrollar proyectos que permitan generar ingresos económicos para la empresa, además de la búsqueda de mejoras en cobertura a partir de una expansión de la red. Actualmente se está ofreciendo el acceso a internet a través de la red HFC (Híbrida fibra-coaxial en la distribución de televisión por cable) con que se cuenta, sin embargo, el área que cubre la fibra óptica y los nodos, es limitada. Con el plan piloto de internet inalámbrico, se busca aumentar la cantidad de usuarios y además sentar las bases para en un futuro

reproducir los puntos de acceso tomando en cuenta la cobertura que proporciona una antena, y con esto cubrir un área importante del centro de Liberia.

Con el sistema de monitorización se garantiza que el estado de los equipos de la red (Router, Servidor, Access Point, etc.) trabajen adecuadamente y con esto prever fallas de conexión que a la postre podrían generar descontentos en los usuarios.

Un problema que se puede presentar dentro cuarto de equipos de red, cable y televisión comúnmente llamado Headend (cabecera), es que el clima en Liberia durante el día generalmente son temperaturas muy elevadas y los equipos requieren un rango de temperaturas adecuado para su correcto funcionamiento; esta sala cuenta con aire acondicionado, sin embargo si este llega a dañarse o si ocurre algún otro problema, puede causar grandes estragos, tanto así que se pueden dañar por sobrecalentamiento, y la mayoría de estos son muy caros, por lo que para evitar algún percance de este tipo, se diseña un sistema para gestionar la temperatura del Head End el cual va ligado al sistema de monitorización de la red.

Este sistema además permite monitorizar otras variables como por ejemplo el estado de la corriente eléctrica, y en caso de corte del suministro eléctrico, encender una planta remotamente.

## **1.2 Enfoque de la solución**

El proyecto se subdivide en dos etapas, las cuales corresponden al diseño, pruebas; simulación de la red WiFi y diseño del sistema de monitorización, con lo cual se presenta el enfoque de solución cada una de estas.

En la primera parte del proyecto, para el diseño de la red es fundamental la selección de un ancho de banda adecuado, se debe contar con una conexión a internet

mediante un enlace de datos con un proveedor de servicios de red, optando por la opción que permita un mayor ancho de banda, tomando en cuenta el precio y la calidad.

A la hora de ofrecer el servicio de internet inalámbrico se tomó en cuenta el tipo de tecnología a implementar, se seleccionó la tecnología WiFi basada en el protocolo IEEE 802.11 la cual permite interoperabilidad con la mayoría de dispositivos que se encuentran comúnmente en el mercado, y con esto se logra evitar costos de vender componentes extras como antenas u otra clase de equipo.

La red WiFi consiste de dispositivos que permiten la transmisión de datos entre redes, entre ellos se encuentran: Router, Servidor, Switch y Access Point, además para una mayor cobertura, se agrega una antena WiFi omnidireccional compatible con el Access Point.

La topología de red a implementar es modo Infraestructura y permite vincular la red inalámbrica con la red cableada ya que el AP (Access Point) actúa como puente entre las dos redes. La tecnología 802.11n permite el roaming entre los distintos AP. La fig. 1.1 muestra el diagrama general de una red WiFi en modo infraestructura.

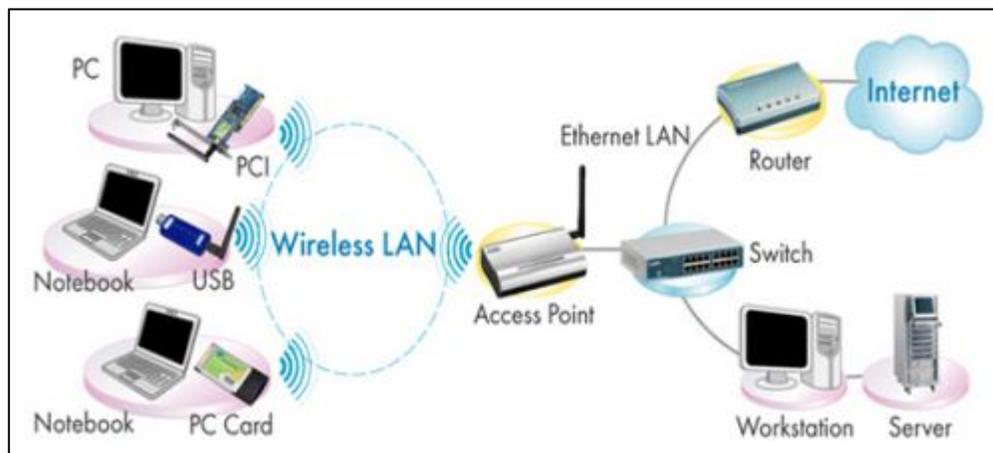


Figura 1.1 Diagrama de red WiFi [8]

El plan piloto de internet se plantea en el centro de Liberia, principalmente para aprovechar tanto la infraestructura de la empresa como el crecimiento turístico que se genera en Guanacaste. Tomando como punto de referencia la sucursal de la compañía Grupo TenT en Liberia, se cuenta con una torre de 30 metros de altura en la cual se colocó el AP junto a una antena WiFi. La empresa adquirió por parte de un socio comercial, una antena omnidireccional AMO-2G13, y un AP outdoor de la marca Unifi, con los cuales se plantea el plan piloto para el desarrollo del proyecto, con estos se realiza un estudio de cobertura tanto una simulación como pruebas de señal de la antena, con el fin de recomendar si es viable adquirir más equipos de este tipo para expandir la cobertura.

Para la segunda etapa del proyecto se requiere diseñar un sistema de monitorización, para supervisar el estado de servicios de red, hosts y servidores. En caso de que algún servicio o host no responda de forma apropiada el sistema lo notifica mediante un correo electrónico, o en el caso de los servidores se estará monitorizando el uso de memoria, procesos ejecutados o la cantidad de almacenamiento en disco duro disponible.

Para esta parte del proyecto, el sistema de monitorización se basa en el programa Nagios, este se selecciona principalmente porque aparte de que es software libre, permite monitorización de hardware, y servicios de red cuenta con la posibilidad de programar plugins específicos para nuevos sistemas. Otra característica es que permite enviar notificaciones cuando hay errores o se ha restablecido el servicio. Este dispone de una interfaz web que muestra el estado de los diferentes servicios en tiempo real.

Aprovechando la versatilidad de este software, se diseña un sistema de monitorización que se integra a Nagios y de esta manera supervisar las variables dentro del HeadEnd. Este sistema consiste en el diseño de un circuito utilizando un

Arduino que conectado en uno de sus puertos un sensor de temperatura tomará muestras y estas son enviadas por Ethernet a el servidor Nagios.

Otro problema que se puede presentar es dejar la puerta abierta, por lo que el flujo de aire frío se pierda, además de que el acceso al HeadEnd es restringido por lo cual se supervisa que la puerta permanezca cerrada. Paralelo a esto se verifica el estado del suministro eléctrico, y en caso de que haya un corte de electricidad, se activa una planta eléctrica, que permite mantener energizado el lugar.

En la fig. 1.2 se puede observar un diagrama de bloques del sistema de monitorización.

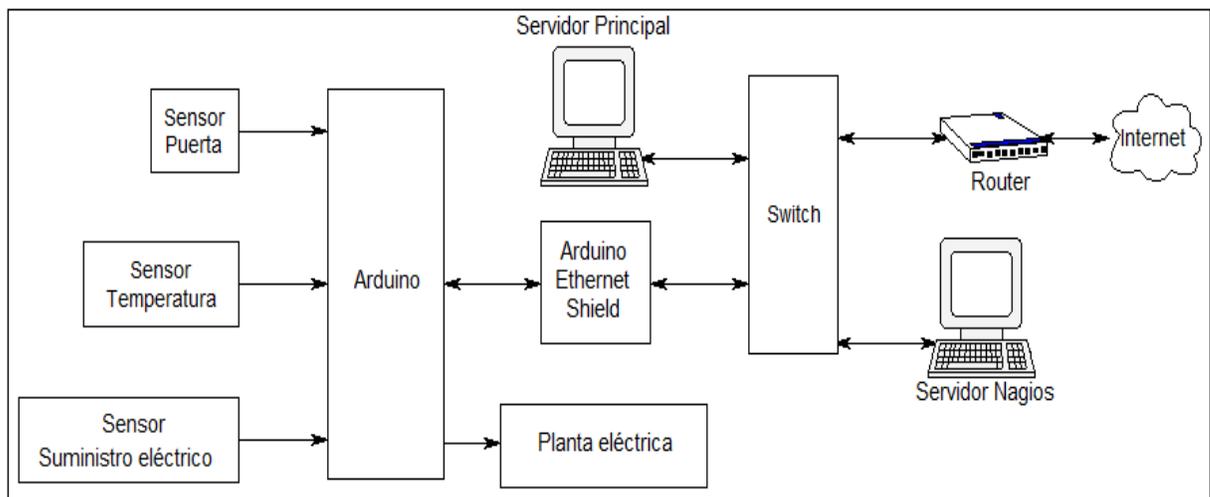


Figura 1.2 Diagrama general del sistema de monitorización

Para verificar el estado de los sensores, el control de temperatura y la planta, se diseña un software con una interfaz gráfica que permita mostrar remotamente el funcionamiento actual.

## **Capítulo 2: Meta y Objetivos**

### **2.1 Meta**

Aprovechar la infraestructura de la empresa y la tecnología disponible para proponer un servicio de internet inalámbrico de excelente calidad de señal y cobertura en Liberia que permita aumentar la facturación de la empresa generando ganancias.

### **2.2 Objetivo general**

Diseñar una red inalámbrica de banda ancha de buena calidad y cobertura basada en el estándar IEEE 802.11; además diseñar un sistema de monitorización en el HeadEnd que permita notificar eventuales problemas que se presenten en los equipos de la red.

### **2.3 Objetivos específicos**

- Estimar la cobertura de la red WiFi a una frecuencia de 2.4GHz mediante simulaciones utilizando herramientas de software Radio Mobile y Google Earth.
- Obtener el radio de cobertura de la red con mediciones reales tomando en cuenta una calidad de señal mayor a -60dBm.

#### **2.3.1 Objetivos de hardware**

- Utilizar un sistema empotrado que permita evaluar las condiciones de temperatura, tensión y corriente eléctrica, como medio de prevención de fallas en el HeadEnd.
- Implementar una comunicación vía Ethernet para lograr un acceso remoto al sistema.

### **2.3.2 Objetivos de software**

- Programar el firmware del sistema embebido para el control de los sensores, el accionamiento de la planta, y la comunicación Ethernet.
- Programar una interfaz web amigable con el usuario para despliegue de los datos en tiempo real.
- Programación del plugin que cumpla la función de interfaz entre el sistema embebido y Nagios.
- Instalar el software de monitorización Nagios.
- Configurar los hosts y servicios adecuados para monitorización de la red.

### **2.3.3 Objetivos de documentación**

- Elaborar un informe final que detalle el diseño y funcionamiento del sistema desarrollado, además de los resultados logrados y las conclusiones obtenidas a lo largo de la implementación del proyecto.
- Elaborar un manual de usuario que indique el modo de uso del sistema de monitorización.

### **2.3.4 Objetivos de implementación**

- Comprobar el funcionamiento correcto del sistema de monitorización usando un prototipo funcional.

## Capítulo 3: Marco teórico

### 3.1 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético está constituido por ondas electromagnéticas que se dividen en luz visible, infrarroja, ultravioleta, rayos X, rayos gama, radiofrecuencia y microondas; se caracterizan de acuerdo a su longitud de onda ( $\lambda$ ), frecuencia y energía. Considerando la radiación electromagnética como onda, la longitud de onda y la frecuencia están relacionadas por la constante de la velocidad de la luz, la ecuación 3.1, muestra esta relación.

$$c = \lambda * f \quad (3.1)$$

A medida que  $\lambda$  se hace más corta, la energía de la radiación asociada es mayor, esto se fundamenta debido a que la radiación electromagnética se puede considerar como un haz de partículas llamadas fotones, y cada fotón tiene asociada una energía directamente proporcional a la frecuencia de la onda asociada, dada por la relación de Planck, que se muestra en la ecuación 3.2.

$$E = h * f \quad (3.2)$$

Donde  $E$  representa la energía,  $f$  la frecuencia y  $h$  el valor de la constante de Planck,  $h = 6.6260693 \times 10^{-34} Js = 4.13566743 \times 10^{-15} eVs$

En la fig. 3.1 se observa el espectro electromagnético.

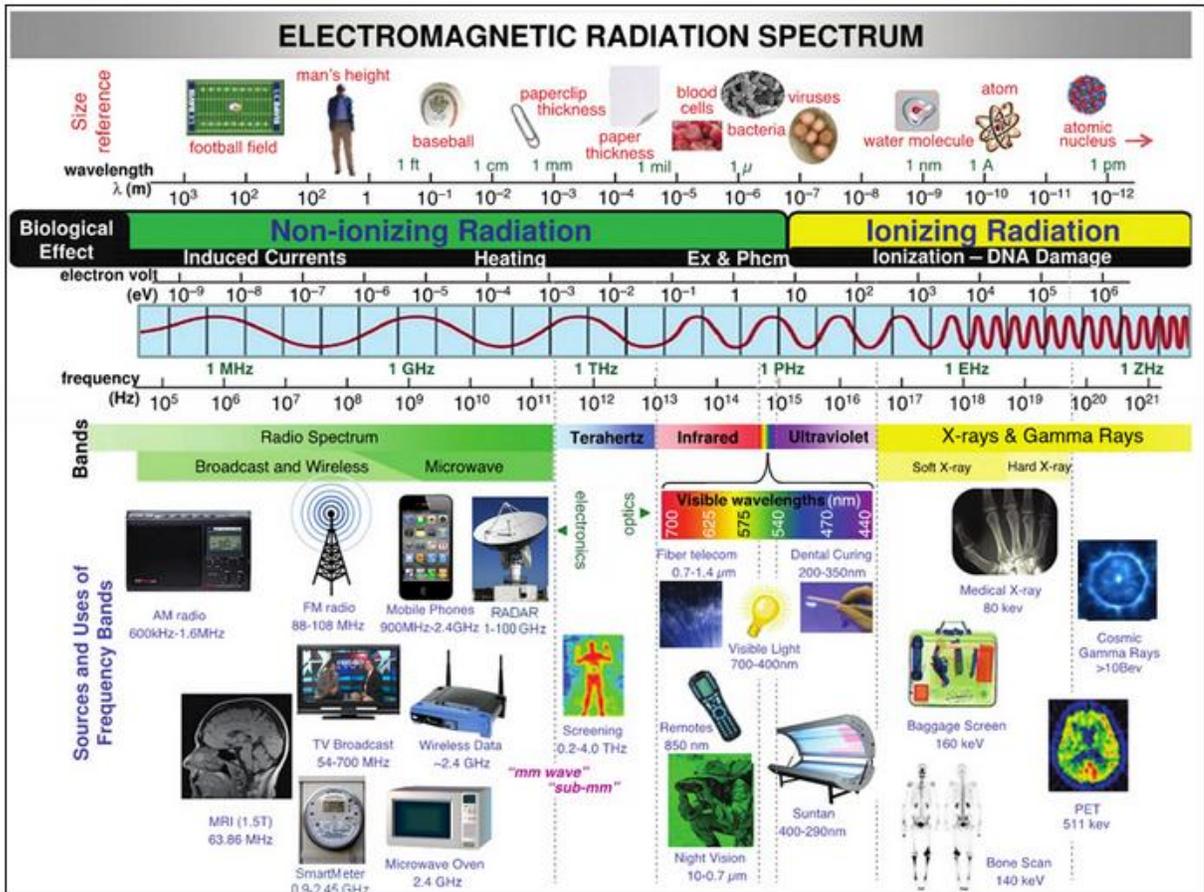


Figura 3.1 Espectro electromagnético [3]

Únicamente una pequeña parte de él espectro es visible al ojo humano, típicamente longitudes de onda desde 400nm a 700nm.

A continuación se presentan las frecuencias de las principales comunicaciones inalámbricas [14]:

- WLAN: IEEE 802.11b/g funciona en la banda de 2400MHz – 2483MHz. La IEEE 802.11a usa 5150MHz - 5350 MHz y 5725MHz - 5825 MHz.
- Bluetooth: Un total de 79 canales de 1MHz se encuentran en la banda 2.402GHz - 2.480GHz.

- WiMax: Un amplio rango de 2GHz a 11 GHz que es usada por la 802.16a, y de 11GHz a 66GHz abarca la 802.16c.
- RFID: Opera en la banda de frecuencias de LF (120KHz - 140KHz), HF (13.56MHz), UHF (868MHz – 956 MHz), y microondas (2.4GHz).
- IrDA: Usa frecuencias cercanas a los 100 GHz para comunicaciones de datos de corto alcance.
- Sensores Wireless: Frecuencias en el rango de 300MHz a 1000MHz y la banda ISM de 2.4GHz.

### 3.2 IEEE 802.11

La familia IEEE 802.11 constituye una serie de especificaciones para la tecnología de redes inalámbricas (WLAN). Estas especificaciones están orientadas a nivel de la capa física y la subcapa MAC del modelo OSI, para adaptarlas a los requerimientos especiales de las WLAN pero ofreciendo la misma interfaz para capas superiores, manteniendo así la interoperabilidad [8].

En la tabla 3.1, se muestran algunas características a nivel de la capa física de los estándares propuestos en la tecnología. En ella se destaca las diferencias de las tasas de datos soportadas, las cuales han ido en aumento hasta llegar a los 600Mbps con el estándar 802.11n.

Tabla 3.1 Características de los estándares 802.11

	802.11	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
<b>Tecnología PHY</b>	FHSS/DSSS	OFDM	DSSS	OFDM	SDM/OFDM
<b>Tasa de datos</b>	2Mbps	54 Mbps	11Mbps	54 Mbps	300 Mbps
<b>Banda de frecuencia</b>	2,4Ghz	5GHz	2,4Ghz	2,4Ghz	2,4 / 5GHz
<b>Ancho de canal</b>	25MHz	20 MHz	25MHz	25MHz	20-40MHz

El estándar IEEE 802.11 es mejor conocido como WiFi, este separa el ancho de banda en canales y luego utiliza una forma de transmisión de espectro expandido (Spread Spectrum).

### **3.3 Modulación:**

La modulación es una técnica usada para combinar una señal que se transmite con una señal portadora para la transmisión. El receptor demodula la señal transmitida y regenera la señal original. Normalmente, la señal portadora es una onda sinusoidal de una frecuencia alta. Los sistemas Wireless basados en los estándares de la IEEE 802.11 implementan diferentes técnicas de modulación, a continuación se presenta una descripción de los principales tipos de modulación [14], según lo indicado en la tabla 3.1:

- **FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum):** Esta técnica consiste en tomar la señal de transmisión y modularla con una señal portadora que salta de frecuencia en frecuencia dentro del ancho de banda asignada en función del tiempo. El cambio periódico de frecuencia de la portadora, reduce la interferencia producida por otra señal originada por un sistema de banda estrecha, afectando sólo si ambas señales se transmiten en la misma frecuencia y en el mismo momento. Un patrón de salto determina las frecuencias por las que se transmitirá y el orden de uso de estas. Para recibir correctamente la señal el receptor debe disponer del mismo patrón de salto que el emisor y escuchar la señal en la frecuencia y momento correcto [7].
- **DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum):** Esta técnica se basa en la combinación de la señal a transmitir en una secuencia de bits a mayor velocidad de transmisión. A esta secuencia se le conoce como chipping code o código de troceado, esto es un patrón redundante de bits asignado a cada bit a enviar, que divide la información de usuario acorde a un radio de esparcimiento. Cuando se desea enviar la información, se transmiten los códigos correspondientes. Si uno o más bits del patrón sufren interferencias

durante la transmisión, el receptor podría reconstruir el dato enviado, gracias a la redundancia del chipping code [7].

- **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing):** Es una técnica de modulación que utiliza subportadoras múltiples en paralelo para transmitir datos de usuario. Estas subportadoras son ortogonales en el que se modulan con sus propios datos de forma independiente. Se creó en un esfuerzo para minimizar la interferencia entre canales adyacentes en una banda de frecuencia. OFDM ofrece una tasa de datos mucho mayor que las técnicas de modulación de portadora única debido a el paralelismo multiportadora.

### **3.4 Itinerancia (roaming)**

El itinerancia es el proceso o capacidad de un cliente inalámbrico de moverse de una célula o BSS a otra sin perder la conectividad de la red. Los AP pasan el cliente de una a otro, siendo esto invisible para el usuario. El estándar no define como debe llevarse a cabo la itinerancia, pero si define los bloques constructivos básicos, que incluyen el escaneado activo y pasivo y el proceso de reasociación [8].

### **3.5 Canales WiFi**

Para 2.4GHz, son 14 canales de 22MHz de ancho de banda separados por 5 MHz. Cada país y zona geográfica aplica sus propias restricciones al número de canales disponibles. Por ejemplo, en Norteamérica se utilizan los 11 primeros, mientras que en Europa se dispone de 13. En la fig. 3.2 se puede observar la distribución de canales WiFi.

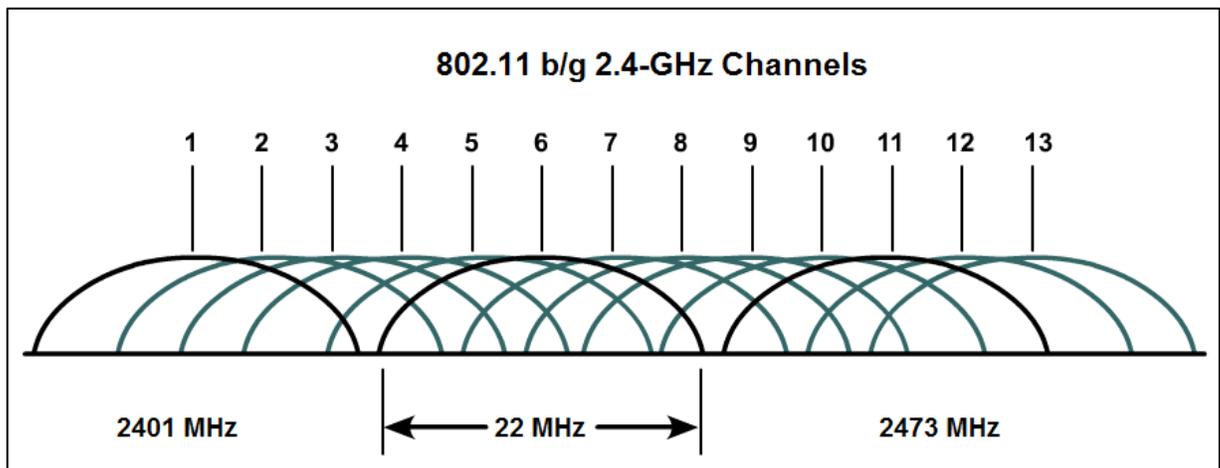


Figura 3.2 Canales de la banda 2.4GHz [15]

El problema de esta distribución es que cada canal necesita 22MHz de ancho de banda para operar y como se puede apreciar en la fig. 3.2, esto produce un solapamiento de varios canales contiguos. El canal 1 se superpone con los canales 2, 3, 4 y 5, y por tanto los dispositivos que emitan en ese rango de frecuencias pueden generar interferencias. Lo mismo ocurre con el canal 6 y los canales 7, 8, 9 y 10. En la tabla 3.2 se presentan los canales con su respectiva frecuencia central.

Tabla 3.2 Espectro de frecuencia y número de canal WiFi

Canal	Frecuencia(MHz)	Frecuencia Central(MHz)
1	<b>2401-2423</b>	<b>2412</b>
2	2406-2428	2417
3	2411-2433	2422
4	2416-2438	2427
5	2421-2443	2432
6	<b>2426-2448</b>	<b>2437</b>
7	2431-2453	2442
8	2436-2458	2447
9	2441-2463	2452
10	2446-2468	2457
11	<b>2451-2473</b>	<b>2462</b>
12	2456-2478	2467
13	2461-2483	2472

### 3.6 RSSI

El RSSI (Received Signal Strength Indicator) es una medida de la potencia en una señal RF; este se indica mostrando un valor negativo en dBm, entre más cerca de cero más fuerte es la señal, y por ende mejor será la calidad de conexión. Así un valor de -61dBm es más fuerte que un valor de -74dBm.

### 3.7 Relación señal a ruido (SNR)

El receptor de un sistema de comunicación inalámbrica debe ser capaz de detectar señales de ruidos no deseados. Los tipos comunes de ruido son el ruido térmico (ruido blanco) producida por cualquier circuito electrónico; ruido de intermodulación, que se produce cuando dos frecuencias de las señales se modulan y transmiten a través del mismo medio; diafonía entre dos canales, y el ruido de impulso generado por los cambios instantáneos electromagnéticos. Para hacer frente a ruidos en las

señales recibidas, un sistema inalámbrico tiene que asegurarse de que las señales transmitidas son suficientemente más fuertes que la señal de ruido. Las señales inalámbricas son sujetas a diversas alteraciones o distorsión a lo largo del camino desde el transmisor al receptor. Para cuantificar estos efectos, la relación señal-ruido (SNR) se utiliza para representar la relación de la potencia de una señal a la potencia del ruido, debe ser una relación positiva en dB para permitir la transferencia de datos correcta [14].

### **3.8 Atenuación**

La fuerza o potencia de las señales inalámbricas se reduce cuando se propagan en el aire, al igual que la luz visible. Tan pronto como las ondas de radio deja la antena del transmisor, una cierta cantidad de energía se pierde. El efecto se hará más evidente a larga distancia como la señal se dispersa en el espacio, por lo tanto, la potencia recibida de la señal es invariablemente menor que la potencia de la señal en la antena de transmisión. En circunstancias ideales (es decir, en el vacío), la atenuación de la señal de potencia es proporcional al cuadrado de la distancia entre el transmisor y el receptor. Este efecto se refiere a veces como la pérdida de espacio libre. Otras pérdidas deben ser tomadas en cuenta tales como las condiciones climáticas, la absorción atmosférica, y los rayos espaciales. Además, la atenuación de la señal es más severa a altas frecuencias que a bajas frecuencias, lo que resulta en una distorsión de señal [14].

### **3.9 Patrón de radiación de una antena**

Es una representación gráfica de las propiedades de radiación como una función del espacio, es decir, describe como la antena irradia o recibe energía en el espacio [4]. El patrón de radiación es tridimensional, sin embargo, comúnmente se describe a partir de dos planos: azimuth y elevación. El azimuth se refiere al plano horizontal mientras que el de elevación es el plano vertical. La fig. 3.3 muestra el sistema de coordenadas polares, el cual usualmente es usado para representar un patrón de radiación.

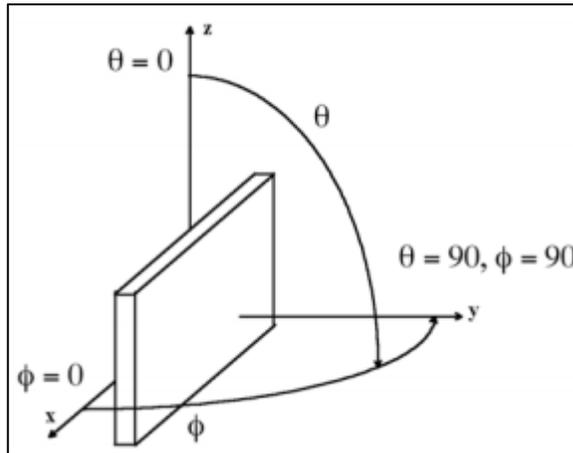


Figura 3.3 Sistema de coordenadas para representar el patrón de radiación [4]

En la fig. 3.3, el plano x-y ( $\theta = 90^\circ$ ) es el azimuth, la medición de este patrón es hecha con la antena atravesando el plano x-y y todo alrededor de la antena de prueba. El plano y-z ( $\phi = 90^\circ$ ) es la elevación, se hace alrededor de la antena y este atravesando el plano y-z.

### 3.10 Ganancia de la antena

La ganancia es una caracterización de la forma en que se irradia la energía, y se define como una medida de la cantidad de energía que se irradia en una dirección dada en relación a la ganancia de potencia de una antena de referencia en la misma dirección. Como estándar se usa un radiador isotrópico como antena de referencia; donde un radiador isotrópico no tiene pérdidas y emite su energía por igual en todas las direcciones. La ganancia de un radiador isotrópico es  $G = 1$  (o 0 dB). Se acostumbra a utilizar la unidad dBi en la ganancia con respecto a un radiador isotrópico [4].

### 3.11 Ancho de haz de 3dB (beamwidth)

Es el ancho de haz de media potencia y es definido típicamente como el ángulo entre los puntos en el lóbulo principal que están por debajo de la máxima ganancia de 3

dB. Antenas con ancho de haz amplio suelen tener baja ganancia y con ancho de haz estrecho tienden a tener una mayor ganancia.

### 3.12 Polarización

Una onda electromagnética se propaga mediante una oscilación de campos eléctricos y magnéticos como se muestra en la fig. 3.4. La antena genera una onda electromagnética que varía en el tiempo y por medio de esta se transporta información a través de un medio sin cables de un punto a otro. La polarización de una antena está definida por la trayectoria que describe el vector de campo eléctrico en esta onda electromagnética en la dirección de radiación máxima; esta puede ser una polarización horizontal o vertical.

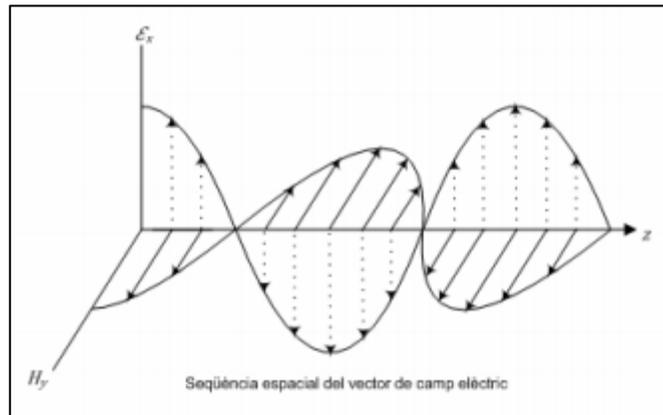


Figura 3.4 Representación de una onda electromagnética [17]

La implicación práctica de la de la polarización es que dos antenas con la misma polarización proveen la mejor ruta de transmisión y recepción de datos.

### 3.13 AirMax

El protocolo AirMax es propietario de Ubiquiti y está basado en Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), este permite a cada cliente enviar y recibir datos en unos intervalos de tiempos pre-designados por un controlador inteligente que incorpora el AP (Access Point). Este método llamado "time slot" de asignación de tiempo elimina las colisiones del nodo oculto, y maximiza la eficiencia. Los equipos basados en AirMax ofrecen un mayor rendimiento, menor latencia y mayor

escalabilidad en comparación con otros equipos de exterior en su clase. La función QoS Inteligente prioriza la voz y video para evitar interrupciones. Alta capacidad y escalabilidad, alta velocidad a larga distancia, enlaces Carrier Class, baja latencia y reducción drástica del ruido son otras de sus características [20].

### **3.14 Ethernet**

Ethernet es un protocolo de comunicación entre sistemas en una LAN, es respaldada por el estándar IEEE 802.3 el cual es conocido comúnmente como protocolo CSMA/CD. Algunas de las velocidades de transmisión de datos son: 10Mbps (10Base-T), 100Mbps (Fast Ethernet), 1000Mbps (Gigabit Ethernet), 10Gbps (10-Gigabit Ethernet) [5].

Aunque existen otras tecnologías y protocolos de comunicación, el protocolo Ethernet es el más utilizado en redes LAN. Las principales características de este son:

- Fácil de entender, implementar, administrar y mantener
- Permite la implementación de redes de bajo costo
- Provee una amplia flexibilidad topológica para la instalación de red
- Garantiza la interconexión y operación exitosa de productos que cumplen los estándares, independientemente del fabricante

El estándar IEEE 802.3 se basa en un modelo lógico de capas, muy similar al modelo OSI. En la fig. 3.5 se muestra la relación entre estos modelos. La capa enlace de datos (data link) del modelo OSI es dividida en dos subcapas en el IEEE 802.3, estas son: MAC (Media Control Access) y la MAC-client. La capa física (PHY) se mantiene en ambos modelos. La subcapa MAC-client se compone de:

- LLC (Logical Link Control): Esta subcapa proporciona la interfaz entre la capa MAC y las capas superiores.
- Entidad de puente: provee una interfaz entre redes LAN que usan el mismo protocolo y también entre diferentes protocolos.

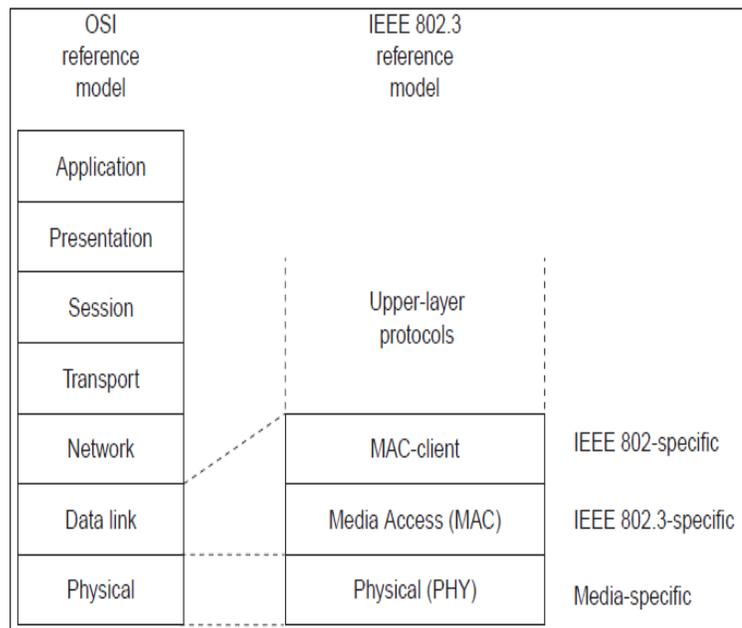


Figura 3.5 Relación Ethernet y modelo OSI [5]

La capa física es específica de la tasa de transmisión de datos, la codificación de la señal, y el tipo de medios de comunicación que interconecta los dos nodos.

La capa MAC controla el acceso del nodo de red a los medios de comunicación y es específico para el protocolo individual. Esta capa tiene dos responsabilidades principales que son:

- Encapsulación de datos, incluyendo el montaje antes de la transmisión, y el marco de análisis / detección de errores durante y después de la recepción
- El control de acceso al medio, incluyendo la inicialización de transmisión de la trama y la recuperación de fallas en la transmisión.

El estándar IEEE 802.3 define el formato de datos de la trama que es requerido por todas las implementaciones MAC, el formato básico consta de siete campos, y este se muestra en la fig. 3.6.

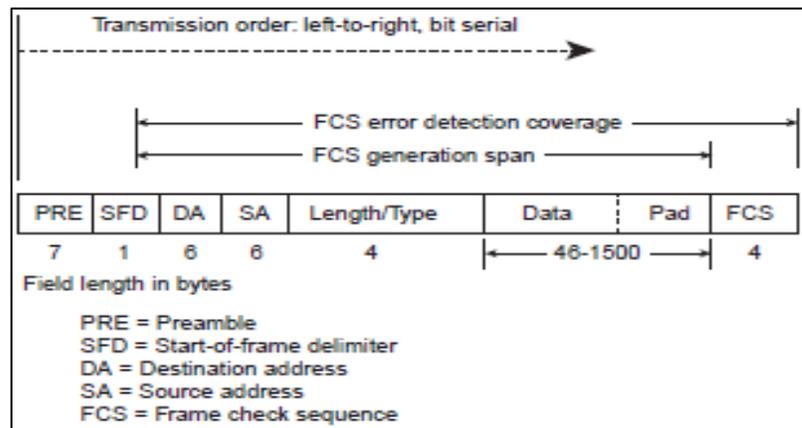


Figura 3.6 Formato básico de la trama de datos Ethernet IEEE 802.3 [5]

- **Preamble:** Consiste de 7 bytes. El PRE le indica a la estación receptora que hay una trama llegando y provee un medio para sincronizar la recepción de la capa física.
- **SFD:** Start-of-Frame Delimiter: Consiste de un byte, termina con dos unos consecutivos indicando que el siguiente bit es el bit más significativo del byte más significativo de la dirección destino (DA)
- **Destination Address:** Compuesto por 6 bytes, el campo identifica cual es la estación que debe recibir la trama. Es la dirección MAC del destinatario.
- **Source Address:** Definida por 6 bytes, identifica la estación de envío, contiene la dirección MAC del remitente.
- **Length/Type:** Consiste de 2 bytes, puede asumir dos significados diferentes, si es menor a 1500 indica la longitud del campo datos donde se cree que sea presente un paquete LLC que será procesado desde el mismo sub-nivel, si es mayor a 1536 indica el protocolo de tercer nivel contenido en el campo datos; en este último caso la trama MAC es una trama DIX, por eso no sigue un paquete LLC, sino los datos vienen pasados directamente a el nivel 3.
- **Data:** Aquí están contenidos los datos pasados del nivel superior; es una secuencia de n bytes, la n puede ser menor o igual a 1500 y la longitud mínima es de 46 bytes, si este límite no se respeta, en fase de transmisión el nivel MAC añade un campo de padding para llenar el espacio que queda.

- *FCS* Frame Check Sequence, constituido de 4 bytes para el control de los errores por medio de la comprobación de redundancia cíclica (CRC).

### **3.15 Direcciones MAC e IP**

En una red Ethernet, cuando un paquete se envía, cualquier sistema conectado a la misma red lo recibe; es entonces necesario identificar el destinatario y el remitente (para la respuesta). Esto sucede gracias a una dirección MAC de 6 bytes, asociada a nivel mundial a cada dispositivo (tarjeta de red, etc.) que pueda transmitir y recibir datos en una LAN.

Una computadora está identificada también por una dirección IP, pero en las redes locales un sistema puede ser individualizado solo por medio de su dirección MAC y entonces existe un protocolo de conversión entre estos dos (protocolo ARP) [16].

Una tarjeta de red, para enviar un paquete a un nodo de la misma red, encuentra la dirección MAC del destinatario y después procede; si en cambio el paquete está destinado a una red fuera de esta (por ejemplo Internet), será empleada la dirección MAC del gateway (por ejemplo un router ADSL) que proveerá a dirigir los datos.

Mientras la dirección IP puede ser configurada según las exigencias, la dirección MAC está escrita en la tarjeta de red en fase de producción y generalmente no puede ser modificada. La dirección MAC está dividida en dos partes de tres bytes cada una: la primera está asignada por el IEEE a cada sociedad que hace la petición; la segunda se usa para generar direcciones diferentes para cada tarjeta producida desde la misma sociedad.

## **Capítulo 4: Procedimiento metodológico**

A continuación se presentan los pasos seguidos para el desarrollo del proyecto. Se encuentran agrupados por etapas y no necesariamente en orden cronológico.

### **4.1 Reconocimiento y definición del problema**

- La empresa realizó algunas encuestas para determinar la viabilidad del proyecto de internet inalámbrico.
- Entrevista con personal de la empresa para determinar los principales requerimientos.
- Revisión del lugar en el cual se desarrollará el proyecto.
- Estimación de los principales requisitos a cumplir

### **4.2 Obtención y análisis de información**

- Leer y estudiar detenidamente los detalles sobre el funcionamiento de las redes WiFi, y sus principales características.
- Revisión de las fichas técnicas de los quipos a utilizar.
- Selección de software para el análisis y simulación de la red WiFi
- Investigar y evaluar el funcionamiento del software Nagios y aprender a programar plugins para comunicarse con hardware externo
- Determinar el hardware necesario para el diseño del sistema de monitorización
- Investigar otros posibles componentes que puedan utilizarse para resolver el problema.

### **4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución**

- Selección de la tecnología de la red inalámbrica
- Comparar los posibles componentes y estudiar sus capacidades. Definir ventajas y desventajas de cada uno.

- Seleccionar los componentes que más se amolden a las necesidades del proyecto.

#### **4.4 Implementación de la solución**

- Determinar altura apropiada para la colocación de la antena
- Evaluar la cobertura mediante simulaciones de la red WiFi
- Pruebas de cobertura, y mediciones de velocidad de la red
- Análisis de la red utilizando un analizador de espectros USB, para determinar fuentes de interferencia
- Determinar a partir de las simulaciones y pruebas de campo posibles sitios para agregar nuevos puntos de acceso
- Programación del microcontrolador
- Programación de la página web que sirve como interfaz
- Instalación y configuración del servidor Nagios
- Programación del plugin que permite la comunicación entre el Arduino y Nagios
- Realizar pruebas al prototipo, que den como resultado el correcto funcionamiento del mismo.

#### **4.5 Reevaluación y rediseño**

- Pruebas y recomendaciones para la red WiFi
- Agregar nuevos nodos para aumentar la cobertura de la red inalámbrica
- Pruebas al sistema de monitorización completo

## Capítulo 5: Descripción detallada de la solución

A continuación se presentará la información correspondiente al desarrollo de la solución propuesta para el problema planteado.

### 5.1 Análisis de soluciones y selección final

#### 5.1.1 Selección de la tecnología de la red Inalámbrica adecuada.

Para esta etapa del proyecto se analiza la tecnología más adecuada para el desarrollo del plan piloto de internet inalámbrico.

Una de las tecnologías que se implementan para ofrecer servicios de internet inalámbrico es WIMAX que significa Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilidad mundial para acceso por microondas), es una tecnología Wireless basada en el protocolo 802.16 de la IEEE, presenta ventajas muy llamativas como los son: gran ancho de banda, extensa cobertura, confiabilidad de operación, tasa de transferencia alta.

WiFi es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica más utilizada, está basada en el estándar IEEE802.11. En la tabla 5.1 se muestra una comparación entre diferentes tecnologías inalámbricas.

Tabla 5.1 Tabla comparativa tecnologías inalámbricas [9]

Tipo de Red	WWAN	WMAN	WLAN	WPAN
Estándar	GSM/GPRS/UMTS	IEEE 802.16	IEEE 802.11	IEEE 802.15
Certificación		WiMax	WiFi	Bluetooth, ZigBee
Velocidad	9,6/170/200Kbps	15-134Mbps	1-54Mbps	Hasta 721Kbps
Frecuencia	0,9/1,8/2,1GHz	2-66GHz	2,4 y 5GHz	2,4GHz
Rango	35Km	1-50Km	30-250m	10-20m
Modulación	WCDMA	QPSK, 16QAM, 64QAM	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	BPSK

De la tabla 5.1, se puede observar que WiMax sobrepasa expectativas importantes como los son la velocidad de transmisión y rango de cobertura, sin embargo no cuenta con interoperabilidad con la diversidad de equipos que el usuario medio dispone para acceder a redes como por ejemplo computadoras portátiles, teléfonos celulares, tabletas electrónicas, etc. A parte de la poca flexibilidad con los equipos, el costo que implica este tipo de red hace que WiMax no sea una opción viable para los fines del proyecto. Por el contrario WiFi permite que un usuario común logre obtener conexión sin necesidad de ofrecer equipo especial, de esta manera reducir costos.

Por lo tanto la solución seleccionada es el diseño de una red WLAN WiFi bajo el estándar IEEE 802.11n para conectar dispositivos a Internet utilizando las ondas de radio en la banda 2.4GHz para transmitir datos.

### **5.1.2 Selección del hardware para el sistema de monitorización.**

A la hora de escoger el microcontrolador a emplear en un diseño concreto hay que tener en cuenta multitud de factores, como la documentación, herramientas de desarrollo disponibles, precio y las características del microcontrolador (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, etc.).

A continuación se detallan algunas de las características a tomar en cuenta para el diseño de este sistema de monitorización:

- Económico
- Permita conexión de red Ethernet
- Puerto para memoria SD (almacenamiento de la página web)
- Puertos de entrada y salida digitales
- Manejo de interrupciones
- Disponibilidad de herramienta de desarrollo gratuita, que corra en el sistema operativo Linux, compilador en C o C++ y que cuente con librerías

Para cumplir con las exigencias de diseño mencionados, existe una amplia gama de dispositivos que permiten la implementación de este proyecto, sin embargo unos cumplen con mayores ventajas. En este caso se analizaron tres posibles soluciones, de las cuales se muestran en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Comparación diferentes sistemas para el sistema de monitorización

	Ventajas	Desventajas
<b>PIC18F4550 + Módulo Ethernet ENC28J60</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Económico</li> <li>-Disponibile</li> <li>-Herramienta MPLABX y compilador C18, corren en Linux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Memoria de programa no suficiente para el stack TCP/IP de microchip</li> <li>-Se debe agregar hardware extra para el manejo de la memoria SD</li> <li>-Programador externo ICSP</li> </ul>
<b>Placa de desarrollo PIC + Ethernet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Relativamente bajo costo</li> <li>-Librerías y herramientas de desarrollo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comprar por internet</li> <li>-Algunos no cuentan con puerto para SD</li> </ul>
<b>Arduino + Shield Ethernet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Herramienta de desarrollo para Linux, lenguaje programación se basa en C/C++</li> <li>-Librerías para manejo del Ethernet</li> <li>-Disponibile en el país a un precio accesible</li> <li>-Módulo Ethernet cuenta con puerto de conexión para tarjeta microSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No se presentan mayores desventajas con respecto a este sistema</li> </ul>

## 5.2 Descripción de Hardware

Se detalla la descripción del hardware que se utilizó en las dos etapas del proyecto, iniciando con el perteneciente al sistema WiFi y seguido por el hardware correspondiente al sistema de monitorización.

### 5.2.1 Antena AMO-2G13

Es una antena omnidireccional de la marca ubiquiti, de tecnología AirMax lo cual proporciona mejoras en el rendimiento, en la latencia y la escalabilidad. Soporta 2x2 MIMO de doble polaridad lo que permite alcanzar la velocidad y el rendimiento de “carrier class”; carrier class ofrece una disponibilidad de conexión muy alta. Su rango de frecuencias de operación es de 2.35 a 2.55GHz. La fig. 5.1 muestra la antena AMO-2G13.

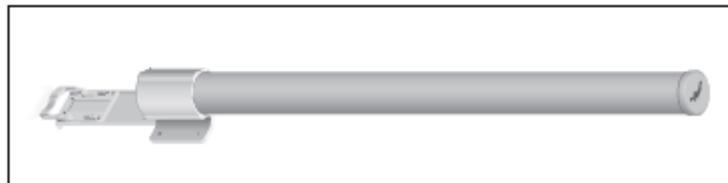


Figura 5.1 Antena omnidireccional AMO-2G13 [20]

En la tabla 5.3 se muestra las características principales de esta antena.

Tabla 5.3 Características principales antena omnidireccional AMO-2G13[20]

AMO-2G13	
Dimensions	1390 x 122 x 105 mm
Weight	2.4 kg (Mount Included)
Frequency	2.35 - 2.55 GHz
Gain	13 dBi
Elevation Beamwidth	7°
Electrical Downtilt	2°
Max. VSWR	1.7:1
Wind Survivability	125 mph
Wind Loading	16 lbf @ 100 mph
Polarization	Dual Linear
Cross-Pol Isolation	25 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included

Esta es una antena omnidireccional, lo que significa que irradia energía teóricamente en todas direcciones, sin embargo, siempre existen zonas en las que no se irradia, esto se determina tomando en cuenta el patrón de radiación de la antena dado por el fabricante. En la fig. 5.2 se puede observar el patrón de radiación de esta antena.

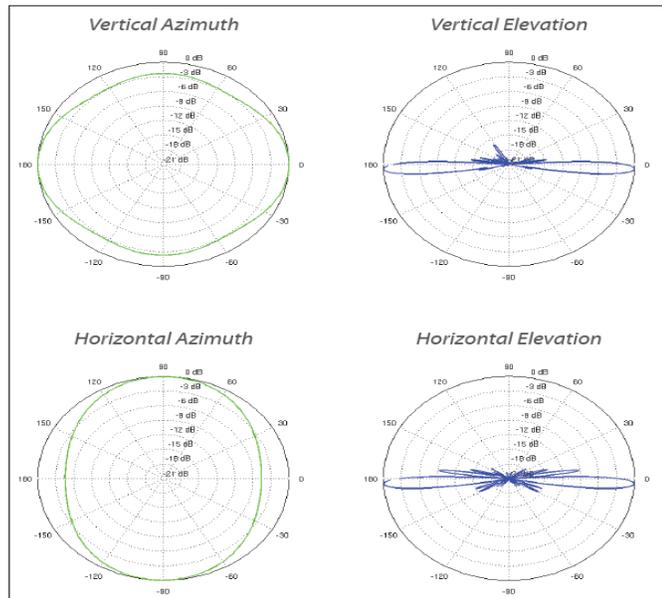


Figura 5.2 Patrón de radiación de la antena omnidireccional AMO-2G13 [20]

### 5.2.2 Acces Point UAP-Outdoor 2.4GHz

Este punto de acceso de la marca Ubiquiti, es un AP compatible con la antena AMO-2G13 antes descrita. El AP incluye 2 antenas omnidireccionales externas de 6dBi, las cuales son removibles para poder colocar la antena de 13dBi. Es compatible con el estándar WiFi 802.11b/g/n MIMO, con velocidades de hasta 300 Mbps. La alimentación es a través de un adaptador Ethernet PoE (Power over Ethernet), que proporciona energía y datos utilizando un único cable.

La autenticación de la implementación se basa en un HostPot, el cual es administrado por el software UniFi incluido en el AP, e instalado en el servidor. Los HostPot son muy utilizados y permite crear clientes de la red con la activación de un voucher(comprobante), este es un número de clave que se genera de manera automática y es único para cada cliente.

En la tabla 5.4 se observa las especificaciones de este AP.

Tabla 5.4 Especificaciones UAP outdoor UniFi [21]

UniFi AP Long-Range	
Dimensions	20 x 20 x 3.65 cm
Weight	290 g (430 g with Mounting Kits)
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port
Buttons	Reset
Antennas	2 Integrated (Supports 2x2 MIMO with Spatial Diversity)
Wi-Fi Standards	802.11 b/g/n*
Power Method	Passive Power over Ethernet (12-24V)
Power Supply	24V, 0.5A PoE Adapter Included
Maximum Power Consumption	6 W
Max TX Power	27 dBm
BSSID	Up to Four Per Radio
Power Save	Supported
Wireless Security	WEP, WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i
Certifications	CE, FCC, IC
Mounting	Wall/Ceiling (Kits Included)
Operating Temperature	-10 to 70°C (14 to 158° F)
Operating Humidity	5 - 80% Condensing
Advanced Traffic Management	
VLAN	802.1Q
Advanced QoS	Per-User Rate Limiting
Guest Traffic Isolation	Supported
WMM	Voice, Video, Best Effort, and Background
Concurrent Clients	100+
Supported Data Rates (Mbps)	
Standards	Data Rates
802.11n	6.5 Mbps to 300 Mbps (MCS0 - MCS15, HT 20/40)
802.11b	1, 2, 5.5, 11 Mbps
802.11g	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps

### 5.2.3 Analizador de espectros Wi-Spy

WiSpy es un analizador de espectros económico. Este dispositivo USB diseñado para mostrar el espectro en las bandas utilizadas por WiFi (2.4GHz). Lo hace sintonizando una estrecha banda de frecuencias y registrando la energía contenida en ella, luego cambia a otra estrecha banda de frecuencia adyacente y repite el proceso, recorriendo rápidamente la totalidad de la banda. Funciona de forma parecida a un radio de salto de frecuencia (frequency hopping) que nunca transmite.

De esta manera WiSpy traza una gráfica de potencia de señal versus frecuencias en la pantalla de la computadora conectado a él. Esto proporciona información detallada de cómo se está usando el espectro en un área determinada, no solamente por parte de los dispositivos WiFi, sino también por cualquier otro emisor de ondas electromagnéticas en la banda. Existen versiones de WiSpy para las bandas de 900MHz, 2.4GHz y 5GHz.

Los canales WiFi utilizan las mismas frecuencias que la mayoría de los productos electrónicos de consumo inalámbricos, a esto se le llama interferencia RF, genera una distorsión en la señal. Cuando dos dispositivos transmiten al mismo tiempo, sus ondas se anulan entre sí, como resultado, los usuarios de la red pueden experimentar lentitud y pérdida de la conectividad.

En la red WiFi solamente un dispositivo a la vez puede comunicarse con el AP, por lo que computadoras portátiles, iPad y Smartphone deben esperar su turno para hablar; ellos simplemente no se dan cuenta, ya que normalmente ocurre muy rápidamente.

Utilizando el analizador de espectros y un software especializado se mide que tan fuerte es la interferencia de RF, estos detectan y muestran lo que rodea los niveles de energía.

La vida sin un analizador de espectro es como estar ciego cuando la red tiene problemas no hay manera de determinar si un canal está congestionada por una emisora no WiFi. [10]

#### **5.2.4 Arduino y módulo Ethernet**

El Arduino es una plataforma de hardware libre, esta placa de desarrollo se basa en un microcontrolador ATmega328, el cual posee 14 pines de entrada/salida digitales, 6 entradas analógicas y un cristal de 16MHz. Se caracteriza por su simplicidad de conexión y la posibilidad de ser programado directamente desde cualquier computador a través de un cable USB. El entorno de desarrollo implementa el lenguaje Processing/Wiring y se basa en C/C++. El IDE de código abierto se puede

descargar de forma gratuita (en la actualidad para Mac OS X, Windows y Linux). En la fig. 5.3 se muestra una imagen de la plataforma física del Arduino.

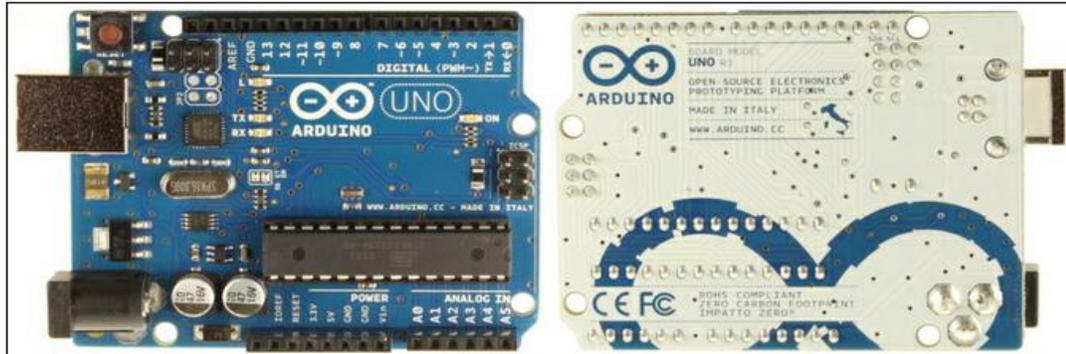


Figura 5.3 Arduino Uno, vista superior e inferior [2]

Una de las principales ventajas del Arduino es que admite agregar módulos (shields) en cascada para diferentes aplicaciones específicas. Para el diseño del sistema de monitorización el requisito principal es la conexión a la red LAN, por lo cual se utiliza el Arduino Ethernet Shield, este dispositivo se puede observar en la fig. 5.4.

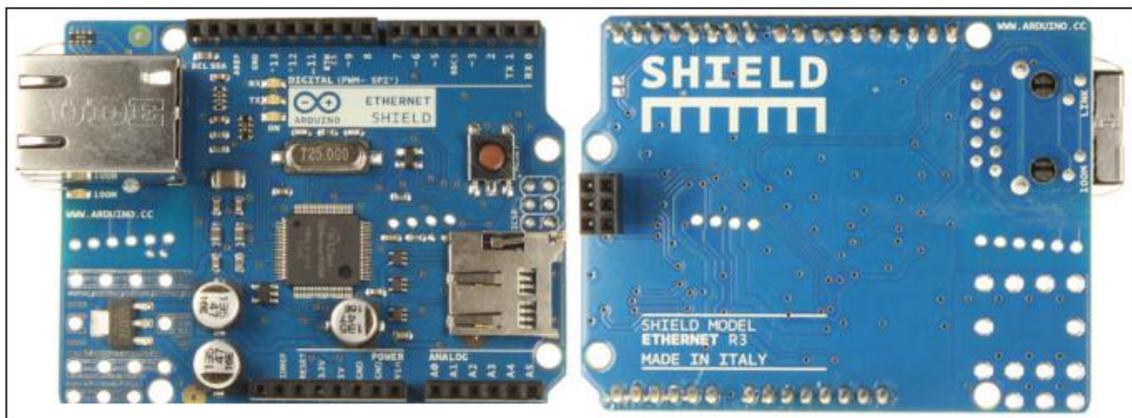


Figura 5.4. Arduino Ethernet Shield [2]

El Arduino Ethernet Shield permite a una placa Arduino conectarse a internet utilizando un cable de red RJ45. Se basa en el chip Wiznet W5100 Ethernet. El Wiznet W5100 provee un stack de red IP y admite protocolos TCP y UDP. Soporta hasta cuatro conexiones de socket simultáneas. Utilizando la biblioteca de Ethernet para escribir sketches.

El Arduino Ethernet Shield cuenta con una ranura micro-SD, que puede ser usado para almacenar archivos que luego se puedan compartir a través de la red. El lector de tarjetas es accesible a través del protocolo SPI.

### 5.2.5 Sensor de temperatura

El sensor de temperatura utilizado es el DHT11, este es un sensor digital, tiene tres pines los cuales son: Tierra, Vcc y la señal de datos. En la fig. 5.5 se muestra el sensor de temperatura.



Figura 5.5 Sensor de temperatura DHT11 [1]

Este sensor se alimenta de una tensión en un rango entre 3.5V y 5.5V. Puede medir temperaturas entre 0° y 80°C con una precisión de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , y una humedad relativa entre el 20% y el 95% con una precisión del 5%. El valor típico del tiempo de respuesta es de 10s.

El sensor se comunica con el microcontrolador a través del protocolo 1-wire, que se implementa en el firmware del PIC.

### 5.2.6 Sensor Magnético

Este sensor se utilizó para determinar el estado de la puerta, consta de dos componentes, los cuales son el imán y un interruptor. La función de estos es simple, cuando el imán se acerca al interruptor, este se cierra produciendo una señal que es tomada por el Arduino para determinar el estado de la puerta.

### 5.2.7 Sensor suministro eléctrico

Este sensor se compone de un transformador de tensión 120V/5V y de bajo consumo de potencia, el cual se conecta a la red eléctrica y a la salida se conecta un relé. El relé se activa cuando hay corriente, y se interrumpe cuando hay falla en el suministro eléctrico. En la fig. 5.6 se muestra el circuito del sensor utilizado.

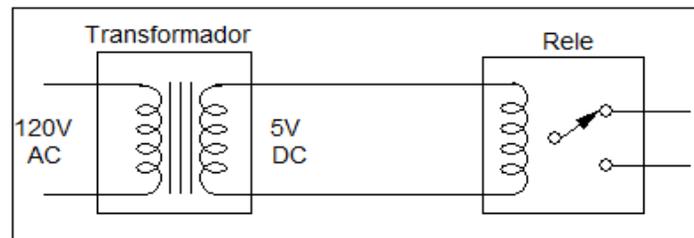


Figura 5.6 Sensor suministro eléctrico

### 5.2.8 Planta Eléctrica

Esta se encarga de suministrar energía a la red eléctrica de las oficinas de Grupo TenT en caso de que haya un corte eléctrico. Es una planta Caterpillar Olympian GEL 10SP de 10KVA, diesel y de una fase. En la fig. 5.7 se muestra esta planta eléctrica.



Figura 5.7 Planta eléctrica Caterpillar GEL10SP 10KVA [18]

### 5.2.9 Diseño completo del sistema de monitorización

Se detalla el sistema de monitorización tomando en cuenta los dispositivos de hardware anteriormente mencionados. El diagrama de bloques del diseño del sistema de monitorización propuesto se puede observar en la fig. 5.8.

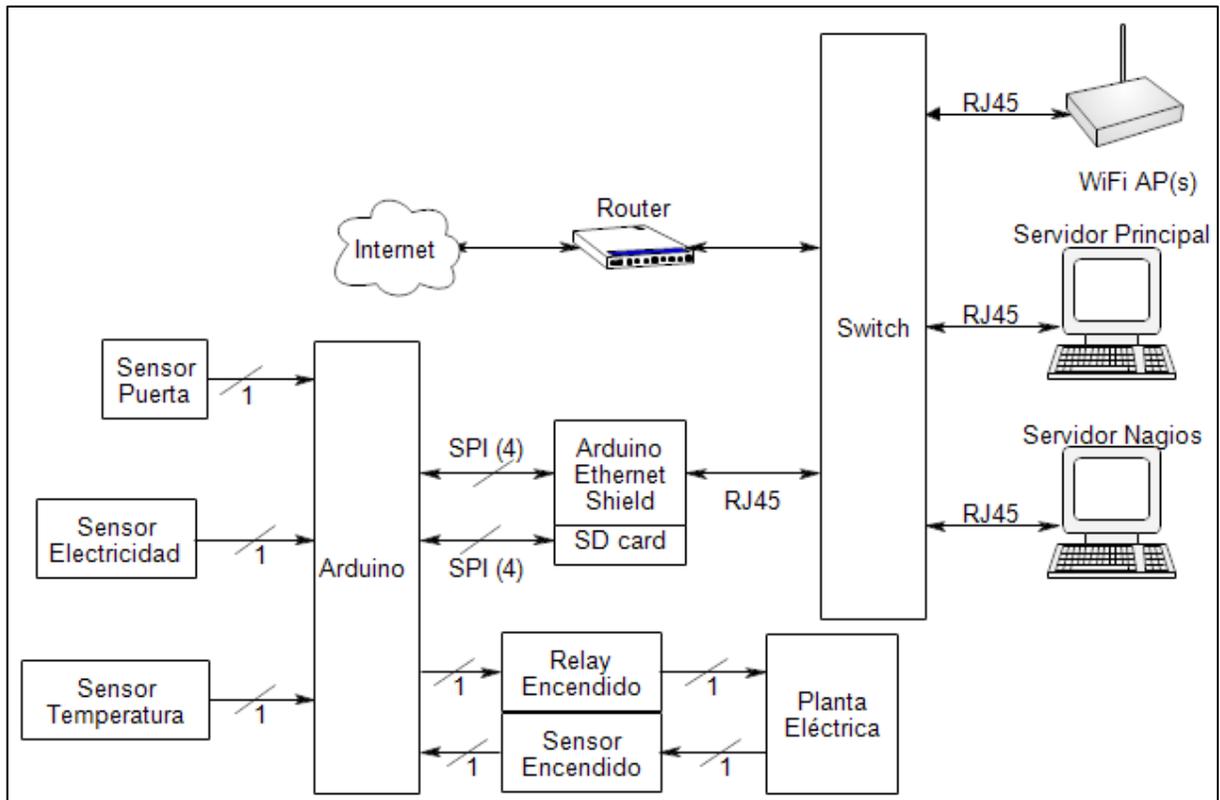


Figura 5.8 Diagrama completo sistema de monitorización

Este sistema consiste de un microcontrolador principal basado en un sistema Arduino que se encarga de:

- Establecer la conexión con el protocolo Ethernet
- Comunicación con el plugin de Nagios
- Lectura de la página web contenida en la memoria micro SD
- Lectura del sensor de temperatura
- Lectura del sensor magnético de la puerta
- Lectura del sensor de suministro eléctrico
- Control de la planta eléctrica

En la tabla 5.5 se muestra la asignación de patillas del Arduino, donde se detalla el número de pin y la función que cumple en el sistema.

Tabla 5.5 Asignación de patillas del Arduino

Patilla	Dispositivo	Función
2	Sensor Puerta	Estado de la puerta
3	Sensor suministro eléctrico	Estado de la corriente eléctrica
4	SS, micro SD	Slave Select memoria SD (SPI)
5	DHT11	Sensor temperatura
6	SDI	Encender planta
9	SDO	Estado planta
10	SS, Arduino Ethernet Shield	Slave Select Ethernet (SPI)
11	MOSI	SPI
12	MISO	
13	SCK	

El Arduino se comunica con el Ethernet Shield por medio del protocolo SPI, este protocolo es un estándar de comunicaciones que permite el intercambio de datos entre dispositivos (Maestro-Esclavo) de manera síncrona y bidireccional, a una alta velocidad de transmisión. Para seleccionar a cada uno de los esclavos existe una línea, denominada “Slave Select”, en este caso el sistema está compuesto de un maestro (Arduino) y dos esclavos (Ethernet Shield y SD card)

Las señales del protocolo SPI son las siguientes:

- SCLK: Señal de reloj, impuesta y generada por el dispositivo maestro, encargado de sincronizar la comunicación.
- MOSI: (Master Output – Slave Input) Maestro envía los datos al dispositivo esclavo.
- MISO: (Master Input – Slave Output) Esclavos envían datos al dispositivo maestro.
- SS: (Slave Select) Línea que el maestro lo activará para indicar al esclavo con el que se va a establecer la comunicación.

Es de suma importancia asignar una patilla diferente a cada esclavo para evitar un fallo en la comunicación.

El sensor de puerta y el del estado de la electricidad únicamente requieren un cable de conexión cada uno entre estos y el arduino, indicando un 1 lógico cuando hay electricidad o cuando la puerta está abierta, y un 0 lógico cuando no hay electricidad o cuando la puerta se cierra. Las señales de estos están conectadas a la patilla 2 y 3, las cuales son definidas como interrupciones en el firmware del microcontrolador.

El sensor de temperatura requiere un solo cable de conexión con el arduino, sin embargo, la comunicación entre ellos es por medio del protocolo 1-wire.

Para el caso de la planta eléctrica, debe ser encendida en caso de que haya un corte en la electricidad. El arduino pone su salida en 1 lógico, activando un relé de encendido, y este permanece así hasta que la planta se prenda, el sensor de encendido de la planta se activa e indica al arduino que la planta ya está prendida.

### **5.3 Descripción de software**

Se detalla el software utilizado para el diseño y la planificación de la red WiFi, tanto para las simulaciones como para las pruebas a la red inalámbrica. Además se describe el proceso de diseño del software para el sistema de monitorización.

#### **5.3.1 Radio Mobile**

Radio Mobile es un programa de simulación de radiopropagación gratuito desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones. El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20MHz y 20GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice [6].

Radio Mobile utiliza datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo.

Esta herramienta permite realizar simulaciones de cobertura de redes, en este caso se evaluó la red WiFi. El fabricante de la antena utilizada, facilita el archivo del patrón de radiación, compatible con el software Radio Mobile, en un archivo de extensión .ant, se puede descargar este archivo de [19].

El primer parámetro a configurar en Radio Mobile es la opción de “Propiedades de las unidades”, en esta se establecen las antenas y equipos que componen la red, cada una se posiciona en el mapa de acuerdo a las coordenadas geográficas.

Por ejemplo las coordenadas donde se ubica la torre en la que se posicionará la antena son las que se muestran en la fig. 5.9. Además se debe agregar una nueva unidad de prueba, colocada en la posición deseada para el cálculo del enlace.

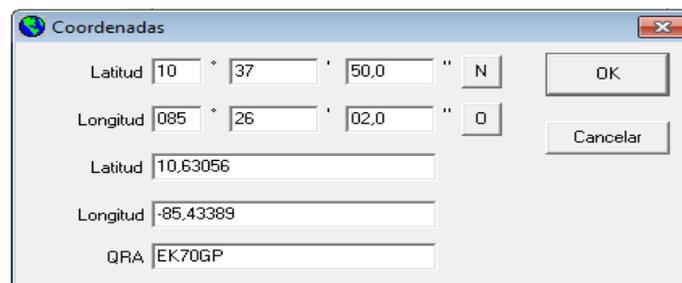


Figura 5.9 Coordenadas geográficas de la posición de la antena

Una vez ubicada las unidades, se implanta la red que se desea analizar. En la configuración de la red primeramente se establecen los parámetros de frecuencia mínima y máxima, tomando en cuenta los datos de la antena,  $f_{\min} = 2.35\text{GHz}$  y  $f_{\max} = 2.55\text{GHz}$ .

A partir de las hojas de especificaciones de los equipos se definen para cada sistema la potencia de transmisión, umbral de recepción, pérdidas del circuito de antena, tipo de antena según su diagrama de radiación y ganancia respecto a la antena

isotrópica. Además se especifica la altura de la torre en la que se posiciona la antena y las pérdidas del cable. En la fig. 5.10 se muestra la configuración y características del sistema Maestro (antena principal) y esclavo (usuario).

<input type="text" value="00"/> <input type="text" value="Seleccionar desde VHF ... UHF ..."/>	<input type="text" value="00"/> <input type="text" value="Seleccionar desde VHF ... UHF ..."/>
Nombre del sistema: <input type="text" value="Master"/>	Nombre del sistema: <input type="text" value="Slave"/>
Potencia del Transmisor (Watt): <input type="text" value="0,5011872"/> (dBm): <input type="text" value="27"/>	Potencia del Transmisor (Watt): <input type="text" value="995262E-02"/> (dBm): <input type="text" value="13"/>
Umbral del receptor (µV): <input type="text" value="3,5481"/> (dBm): <input type="text" value="-96"/>	Umbral del receptor (µV): <input type="text" value="3,5481"/> (dBm): <input type="text" value="-96"/>
Pérdida de la línea (dB): <input type="text" value="0,5"/> (Cable+cavidades+conectores)	Pérdida de la línea (dB): <input type="text" value="0,5"/> (Cable+cavidades+conectores)
Tipo de antena: <input type="text" value="AMO-2G13-Vpol.ant"/> Ver	Tipo de antena: <input type="text" value="omni.ant"/> Ver
Ganancia de antena (dBi): <input type="text" value="13"/> (dBd): <input type="text" value="10,85"/>	Ganancia de antena (dBi): <input type="text" value="2"/> (dBd): <input type="text" value="-0,15"/>
Altura de antena (m): <input type="text" value="14"/> (Sobre el suelo)	Altura de antena (m): <input type="text" value="1,5"/> (Sobre el suelo)
Pérdida adicional cable (dB/m): <input type="text" value="0"/> (Si la altura de la antena difiere)	Pérdida adicional cable (dB/m): <input type="text" value="0"/> (Si la altura de la antena difiere)
<input type="button" value="Agregar a Radiosys.dat"/> <input type="button" value="Remover del Radiosys.dat"/>	<input type="button" value="Agregar a Radiosys.dat"/> <input type="button" value="Remover del Radiosys.dat"/>

Figura 5.10 Configuración de los sistemas de la red

Una vez seleccionado los parámetros de configuración, se puede observar el patrón de radiación de la antena. Para la AMO-2G13 se muestra en la fig. 5.11.

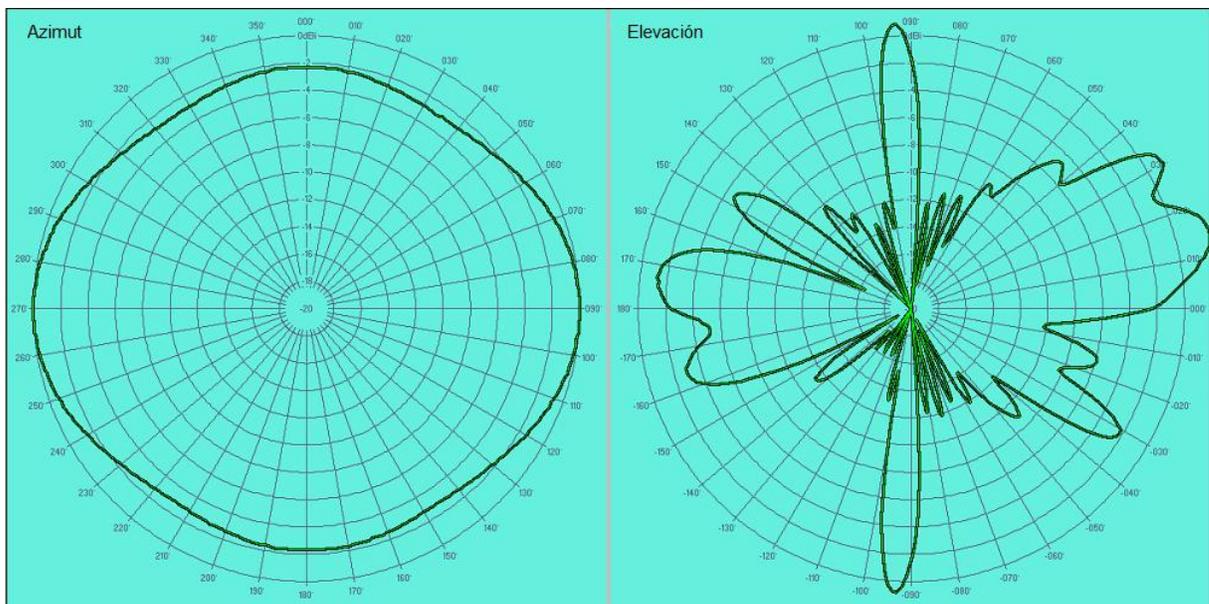


Figura 5.11 Patrón de radiación de la antena AMO-2G13 generada en Radio Mobile

De la fig. 5.11 se puede observar que por ser una antena omnidireccional el patrón de radiación es de 360°, mientras que en el plano vertical o de elevación se presentan lóbulos principales y secundarios.

Establecida la configuración de la red, con sus respectivos sistemas y ubicados correctamente según el sistema de coordenadas, se puede realizar una simulación de cobertura. En la fig. 5.12 se muestra la configuración necesaria para realizar el estudio de cobertura de radio polar.

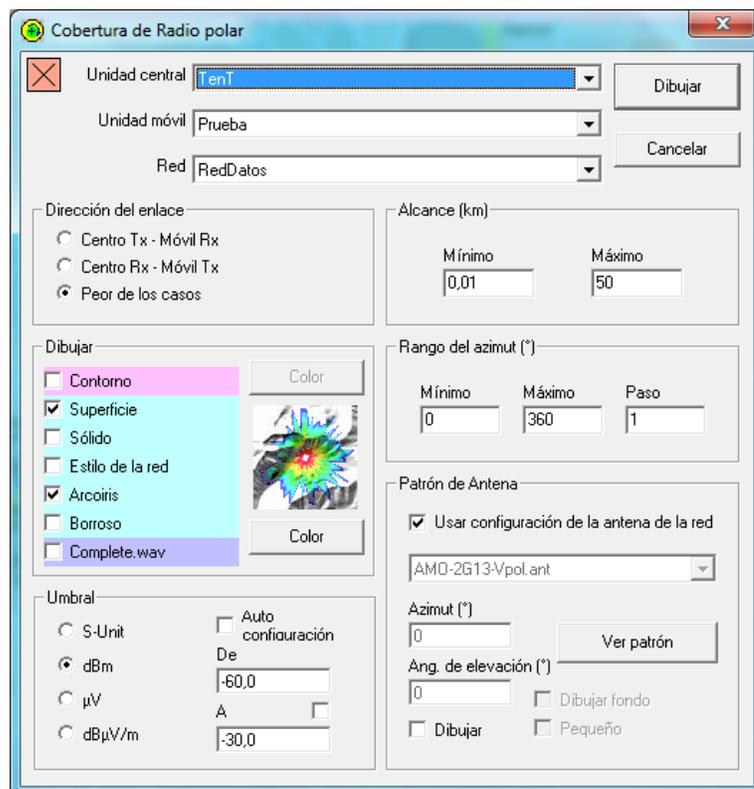


Figura 5.12 Configuración cobertura de radio polar, para simulación de cobertura

### 5.3.2 VisiWave Site Survey

El software VisiWave Site Survey es una herramienta de mucha ayuda para el análisis y diseño de redes inalámbricas. Ofrece una recopilación de datos e información detallada para demostrar la calidad de señal de la red. Adjuntando una imagen del mapa del sitio que se desea analizar, y definiendo la escala, se logra

obtener un mapa de cobertura; el principal inconveniente de esta herramienta es que no es gratuita, sin embargo se realizó el estudio de cobertura con una versión de prueba que proporciona el fabricante [22].

### 5.3.3 Chanalyzer

Chanalyzer es el software del analizador de espectros Wi-Spy anteriormente mencionado. Esta herramienta convierte los datos recogidos en tablas y gráficos de cascada, densidad y canales que ayudan a visualizar interferencias, solucionar problemas y optimizar redes. Con una tarjeta de red inalámbrica, Chanalyzer muestra los puntos de acceso disponibles.

### 5.3.4 Diseño del firmware del Arduino para el sistema de monitorización

El fabricante de las tarjetas de desarrollo Arduino proporciona los drivers del controlador de Ethernet y del bus SPI mediante librerías incluidas en el SDK. También se utilizan librerías de fuente abierta que permiten la utilización de los protocolos de red DHCP. En este caso el firmware está basado en la clase TinyWebServer, el cual es una librería para el desarrollo de un servidor web en arduino. La fig. 5.13 muestra el diagrama de flujo del programa principal.

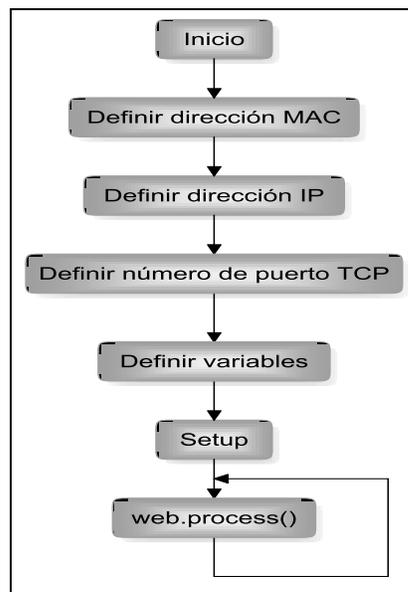


Figura 5.13 Diagrama de flujo rutina principal

La rutina “setup” se encarga de definir la configuración inicial de las variables y procesos que se requieren para la ejecución del software. El diagrama de flujo de esta rutina se muestra en la fig. 5.14.

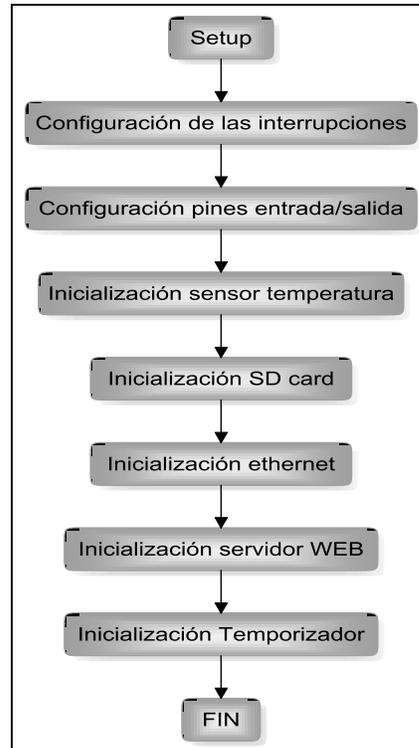


Figura 5.14 Diagrama de flujo subrutina de inicialización

El ciclo de la rutina `web.process()` se asegura de que las peticiones HTTP sean atendidas, la transferencia de datos se hace por medio de solicitudes GET. Cada vez que hay una solicitud nueva, se atiende y se bloquea hasta que finalice el proceso. En la fig. 5.15 se puede observar el diagrama de flujo de esta rutina. Se subdivide en 5 subrutinas, para acceder a cada una de estas depende de la dirección URL que se solicite. Por ejemplo si el cliente (página web o Nagios) envía una petición para verificar el estado del sensor de la puerta, la solicitud se realiza de la siguiente manera: `/doorStatus`. El símbolo “/” indica la URL del servicio que se desea verificar. En ese momento, la solicitud es recibida por el arduino, este revisa el sensor, y envía una respuesta al cliente con el estado del sensor.

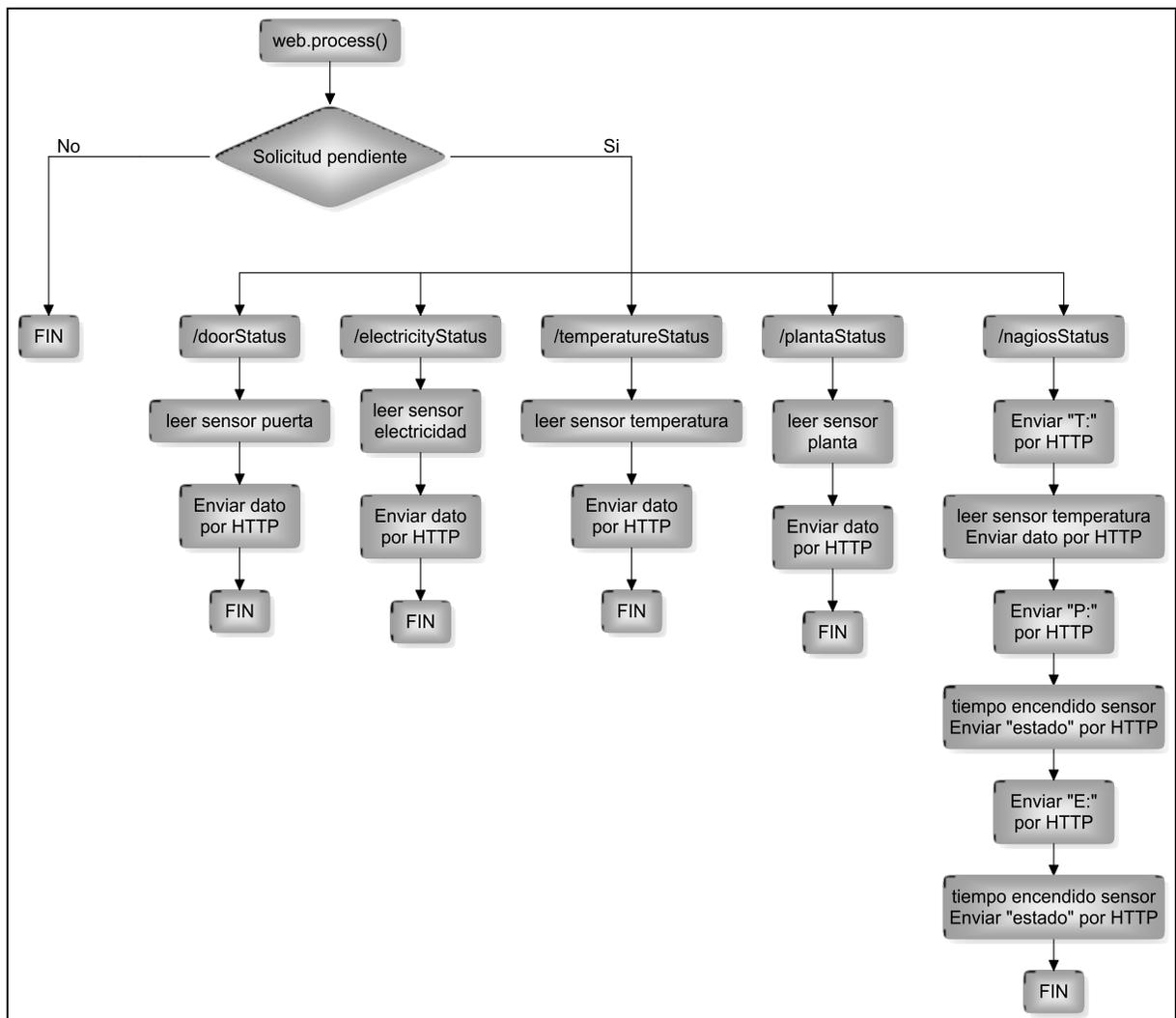


Figura 5.15 Diagrama de flujo rutina solicitud web

Los sensores de puerta y electricidad son leídos por medio de interrupciones; en el momento que ocurra un cambio de estado en el sensor, se activa una señal que le indica al microcontrolador del Arduino que hubo un evento. Cuando ocurre una solicitud de /doorStatus o /electricityStatus, el valor es enviado al cliente, para estos casos es un 1 o un 0 lógico.

Para la comunicación con el sensor de temperatura, arduino cuenta con la librería DHT11.h que contiene el protocolo 1-wire. Esta debe ser importada en el sketch principal. La solicitud de la temperatura se realiza con /temperatureStatus, y cuando

esto ocurre se ejecuta la subrutina correspondiente, la cual responde al cliente con el valor de temperatura actual.

El sistema de monitorización se comunica con el plugin del software Nagios. Cuando este software hace una petición del estado de las variables, se envía un /nagiosStatus, lo que hace que al arduino recibir ese parámetro se ejecuta la subrutina correspondiente.

La petición de Nagios evalúa las variables de temperatura, tiempo en que la puerta este abierta y tiempo en que haya un corte en el suministro eléctrico. Los estados se subdividen en cuatro niveles que son UNKNOWN, OK, WARNING y CRITICAL. El estado UNKNOWN se da en caso de que no exista comunicación con el dispositivo. En la tabla 5.6 se muestra los rangos de operación de cada variable.

Tabla 5.6 Subdivisión de los límites de variables para Nagios

	OK(estado = 1 )	WARNING(estado = 2)	CRITICAL(estado = 3)
<b>Temperatura</b>	$35^{\circ} < T$	$35^{\circ} < T < 50^{\circ}$	$50^{\circ} > T$
<b>Sensor Puerta</b>	$1 \text{ min} < t$	$1 \text{ min} < t < 2 \text{ min}$	$t > 2 \text{ min}$
<b>Suministro eléctrico</b>	$1 \text{ min} < t$	$1 \text{ min} < t < 2 \text{ min}$	$t > 2 \text{ min}$

El diagrama de flujo de la fig. 5.16 muestra el algoritmo utilizado para evaluar el tiempo en que un sensor este activo, este se aplica para el estado de la puerta y el sensor de suministro eléctrico. Para este código se utilizó un temporizador (Timer) el cual ejecuta cada segundo esta subrutina, existe un contador que se encarga de aumentar su cuenta si cada vez que se ejecuta la subrutina el sensor permanece encendido, de esta manera si el contador llega a 60, significa que estuvo activo por 1 minuto, ya sea la puerta abierta o una falla en el suministro eléctrico. La variable estado es el dato que se envía al cliente Nagios cada vez que le haga una solicitud al Arduino.

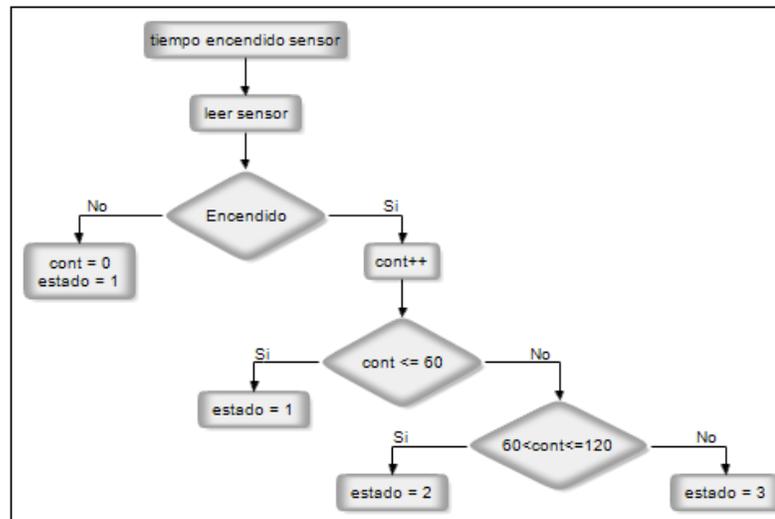


Figura 5.16 Diagrama de flujo subrutina para el estado de tiempo de los sensores activos

De la fig. 5.16 se puede observar que la variable estado se le asigna un 1, 2 o 3, este número representa la acción a tomar por Nagios, y se asocian de la siguiente manera: 1 = OK, 2 = WARNING, 3 = CRITICAL.

El Arduino está programado para realizar funciones de servidor WEB; después de abrir un navegador web e ingresar la dirección IP asignada al Arduino Ethernet Shield, este responderá mostrando la página web que esta almacenada en la tarjeta de memoria micro SD. Para esto se agregó la librería SD.h al programa principal del arduino, esta contiene el driver necesario para la lectura de datos de la página.

### 5.3.5 Diseño de la Interfaz Web

La página Web funciona como interfaz para observar el estado de las variables de temperatura, puerta, corriente eléctrica y la planta eléctrica de manera remota. El diseño se realizó empleando 3 archivos estos son: index.htm, main.js y style.css.

El archivo index.htm contiene la estructura principal de la página, mientras que el style.css se encarga de darle estilo a la página, formato a las letras, y selección de las imágenes tanto de fondo como las que indican el estado de los sensores.

De estos archivos, el main.js es el que establece la comunicación directa con el arduino. Este contiene los algoritmos necesarios para realizar la solicitud de las variables y recibir respuesta por parte del arduino. Cuando un cliente accede al arduino utilizando un navegador web y colocando la dirección IP de este en la barra de URL, inicia una comunicación entre el cliente (PC) y el servidor (arduino) por medio de un protocolo llamado HTTP y el método GET.

El concepto GET consiste en obtener información del servidor. Traer datos que están en el servidor, ya sea en un archivo o base de datos, al cliente. Este método radica en enviar una URL de solicitud y queda esperando la respuesta del servidor.

La programación del GET se desarrolló usando Ajax con el framework Javascript en jQuery, el algoritmo para esto se ejemplifica con el diagrama de flujo que se muestra en la fig. 5.17.

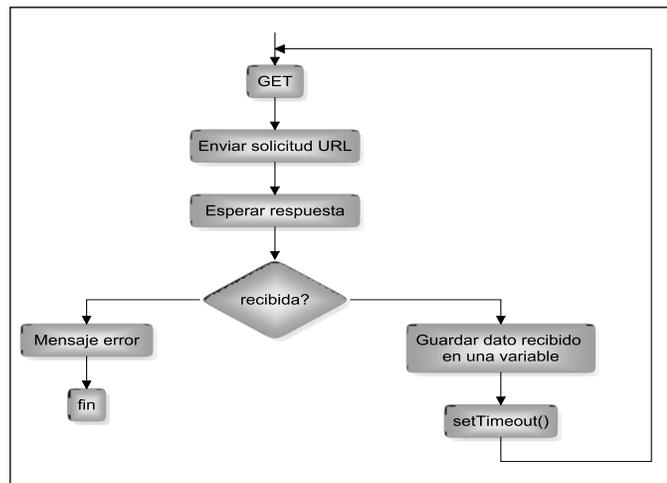


Figura 5.17 Diagrama de flujo solicitud GET

Este funciona de la siguiente manera: Se ejecuta la función, cuando esto ocurre se envía una petición al servidor por medio de una URL, por ejemplo /doorStatus, esta dirección hace que el arduino lea el sensor de la puerta y el valor del sensor (1 o 0) es enviado como respuesta. Si la respuesta es recibida, se guarda el dato en una variable y se le da el uso que se requiera. Una vez que se recibe el dato se ejecuta una función llamada setTimeout(), este método llama de nuevo a la función GET y se

vuelve a repetir el ciclo, el periodo de tiempo (en milisegundos) que se desea enviar una solicitud es definido como un parámetro en la función. Esto permite que se actualice automáticamente el estado de los componentes.

La fig. 5.18 muestra la interfaz gráfica de la página diseñada, en esta se observa la puerta, planta eléctrica, un indicador de temperatura y el estado de la corriente eléctrica. Cada uno de estos objetos tiene asociado una petición GET, independiente para cada una. Para el caso de la imagen de la izquierda la puerta está abierta, la planta encendida, una falla de electricidad y una temperatura de 50°C, mientras que la derecha la puerta está cerrada, la planta apagada hay electricidad (energizado) y una temperatura de 10°C.



Figura 5.18 Interfaz gráfica de la página web

### 5.3.6 Diseño del plugin de Nagios para el sistema de monitorización

Los Plugins son códigos a los que Nagios hace referencia para monitorizar un host, dispositivos, servicios, protocolos. El desarrollo de estos se pueden utilizar diferentes lenguas de programación como por ejemplo: C, Python, Perl, PHP, Ruby, etc.

El plugin para la comunicación entre Nagios y Arduino fue escrito en lenguaje Python. En la fig. 5.19 se observa el diagrama de flujo en el cual se basa el código del plugin desarrollado.

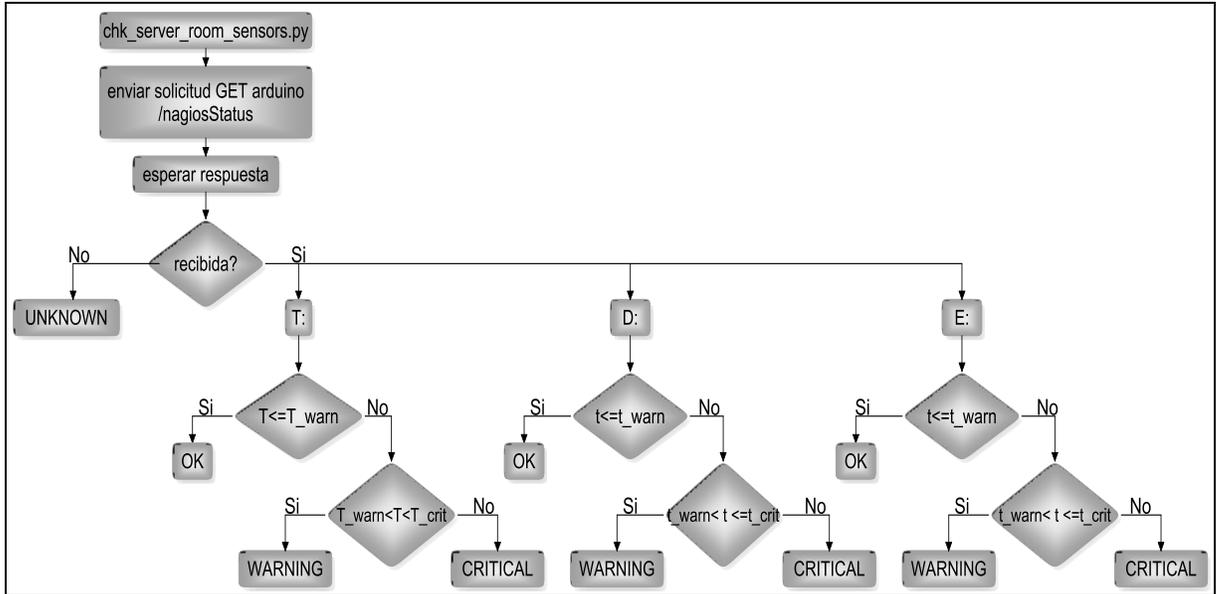


Figura 5.19 Diagrama de flujo del plugin de Nagios

Nagios ejecuta este plugin, y se realiza una solicitud GET enviando la URL /NagiosStatus al Arduino, seguidamente espera la respuesta. En el código del plugin se escribe un algoritmo que permite identificar cada uno de los servicios (T: Temperature, D: Door, y E: Electricity). Los valores de T\_warn, T\_crit, t\_warn y t\_crit, son parámetros que se definen en los archivos de configuración de Nagios, la T (mayúscula) es de temperatura en °C y la t (minúscula) es de tiempo en segundos. Se establecieron según lo indica la tabla 5.6.

### 5.3.7 Configuración servicios de Nagios

Nagios es un sistema de monitorización de redes de código abierto bajo la licencia GPL, y su principal función es observar el comportamiento de host (servidores, switch, router, impresoras, etc.) y servicios de red (software) que se especifiquen, alertando vía correo electrónico cuando el comportamiento de los mismos no sea el deseado. Entre sus características principales están:

- Monitorización de servicios de red SMTP, HTTP, SNMP, SSH, DNS, etc.

- Monitorización de recursos de hardware como por ejemplo: carga del procesador, uso de los discos, memoria, estado de los puertos
- Programación de nuevos plugins desarrolladas en diferentes lenguajes de programación (Bash, C, C++, Perl, Ruby, Python, PHP, C#, Java, etc.).
- Envío de notificaciones
- Interfaz web que permite la visualización de los servicios, genera estadísticas, historial de alarmas, notificaciones, etc.

La instalación de Nagios no se abarca en este documento, sin embargo en la página principal se encuentra un tutorial de instalación [11]. A continuación se estarán especificando las principales configuraciones.

### 5.3.7.1 Configuración servicios del Arduino

El sistema Arduino, se encarga de verificar el estado de variables dentro del HeadEnd de Liberia, estas son: Temperatura, puertas y electricidad. Mediante la programación de un plugin se logró la administración de estos servicios. Se tomaron en cuenta las referencias [11] y [12] para el desarrollo del plugin.

La configuración del Arduino en Nagios, primeramente se define un Host, como se muestra en la fig. 5.20. Lo principal es definir el nombre del host, y la dirección IP del dispositivo.

```
define host{
    host_name           ArduinoWebServer
    alias               Arduino
    address             192.168.2.140
    max_check_attempts 5
    check_interval     1
    check_period       24x7
    contact_groups     admins
    notification_interval 15
    icon_image         arduino_logo.png
    statusmap_image    ethshieldOriginal2.gd2
}
```

Figura 5.20 Configuración del Arduino como un host en Nagios

Una vez definido el host, se establecen los servicios a este dispositivo, en la fig. 5.21 se muestra la configuración.

```

define service{
    use                generic-service
    host_name          ArduinoWebServer
    hostgroup_name     Embedded
    service_description Temperature
    check_command      check_server_room_sensor!'T'!30!35
    check_interval     1
}

define service{
    use                generic-service
    host_name          ArduinoWebServer
    hostgroup_name     Embedded
    service_description DoorStatus
    check_command      check_server_room_sensor!'D'!2!3
    check_interval     1
}

define service{
    use                generic-service
    host_name          ArduinoWebServer
    hostgroup_name     Embedded
    service_description ElectricityStatus
    check_command      check_server_room_sensor!'E'!2!3
    check_interval     1
}

```

Figura 5.21 Configuración de los servicios a monitorizar por Nagios en el Arduino

Por último se define el comando que Nagios utiliza para ejecutar el plugin. Este se muestra en la fig. 5.22.

```

define command{
    command_name      check_server_room_sensor
    command_line      /usr/bin/python /usr/local/nagios/libexec/check_server_room_sensor.py -t $ARG1$ -H $HOSTADDRESS$ -w $ARG2$ -c $ARG3$
}

```

Figura 5.22 Comando utilizado para ejecutar el plugin

### 5.3.7.2 Configuración servicios Servidor Nagios

El sistema operativo de este es Linux, el servidor se encarga de administrar todos los servicios de red por medio del software Nagios. Los principales servicios a verificar en este Servidor son: Ping para supervisar que haya conexión, partición swap revisa el espacio de esta partición, partición root, HTTP.

### 5.3.7.3 Configuración servicios Servidor Principal

Este servidor administra el software controlador de los Access Points inalámbricos, contiene la configuración para el sistema HostPot, el sistema operativo del servidor

es Windows Server 2008. Para la configuración de Nagios en la administración de los servicios se requiere una instalación previa del software NSClient++. En la fig. 5.23 se muestra el esquema de configuración de una máquina con sistema operativo Windows.

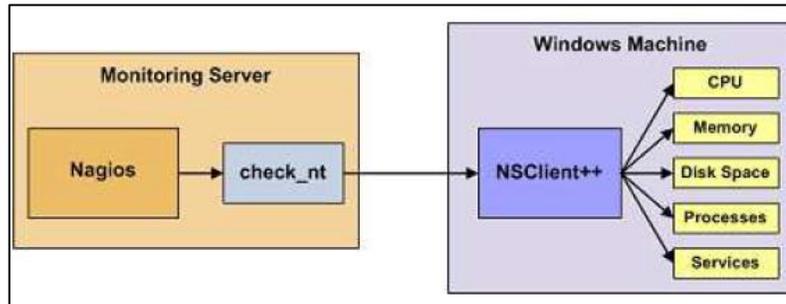


Figura 5.23 Diagrama de bloques configuración servicios de una máquina con Windows [11]

Se requiere de la instalación de NSClient++ en el servidor Windows para poder ser monitorizado por medio del plugin check\_nt en Nagios.

#### 5.3.7.4 Configuración servicios Router/Switch

En la configuración de estos dispositivos se debe tomar en cuenta que deben ser administrables, si es así, se les puede asignar una dirección IP y ser controlados o hacer ping utilizando SNMP para consultar información de estado.

La configuración para el router/switch es monitorizar la pérdida de paquetes haciendo ping. En la fig. 5.24 se muestra el diagrama de bloques de la configuración requerida para el router.

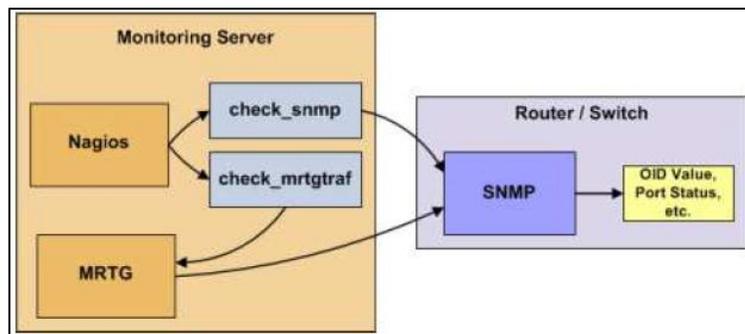


Figura 5.24 Diagrama de bloques configuración del router en Nagios [11]

#### **5.3.7.5 Configuración servicios Access Point inalámbrico**

Para verificar la calidad del servicio de internet inalámbrico se monitorizan cada uno de los Access Point que pertenecen a la red, inicialmente se comenzó con uno para desarrollar el plan piloto, sin embargo se estima instalar más.

Se supervisa cada uno de estos con el plugin check\_ping para verificar que este activo el sistema, y determinar la pérdida de paquetes.



de la red; la imagen del mapa fue tomado de Google Maps. El círculo con una equis concéntrica roja, indican la ubicación de la antena.



Figura 6.2 Mapa de cobertura de la red WiFi

Seleccionando algunos de los puntos de los mostrados en la fig. 6.2, se puede analizar la fuerza de la señal (en dBm), la relación señal a ruido (SNR en dB) y la tasa de transmisión de datos en una tabla para cada posición específica. Por ejemplo para los puntos 7 y 77 (ver fig. 6.2), los datos se muestran en la fig. 6.3.

Point #77 Wi-Fi Signal Data								
AP#	Signal Strength	SNR (dB)	Ch	Data Rate	SSID	MAC	Security	Infra
0*	-35dBm	59	11	72Mbps	ZONA LIBRE	c6:9f:db:11:da:56	Clear	Infra
1	-55dBm	39	11	54Mbps	administracion	c2:9f:db:11:da:56	WPA2	Infra
37	-83dBm	11	6	54Mbps	HPD110a.9E6CB3	02:29:79:7a:9d:79	Clear	Ad hoc
38	-80dBm	14	11	54Mbps	Leonel Palma	00:1d:7e:c2:c4:a8	WPA	Infra
49	-75dBm	19	11	54Mbps	Casa-JVMF	00:21:29:98:73:05	WPA	Infra
68	-55dBm	39	6	54Mbps	dlink	14:d6:4d:ba:6b:34	WEP	Infra

Point #7 Wi-Fi Signal Data								
AP#	Signal Strength	SNR (dB)	Ch	Data Rate	SSID	MAC	Security	Infra
0*	-74dBm	21	11	20Mbps	ZONA LIBRE	c6:9f:db:11:da:56	Clear	Infra
1	-81dBm	14	11	54Mbps	administracion	c2:9f:db:11:da:56	WPA2	Infra
8	-81dBm	14	10	54Mbps	Home1	14:d6:4d:ba:7e:e8	WPA	Infra

Figura 6.3 Datos de la señal WiFi tomando dos puntos al azar

Utilizando el analizador de espectros WiSpy conectado al puerto USB de una computadora se logró captar el espectro a de la banda de frecuencias de 2.4GHz en los diferentes puntos de medición. En la fig. 6.4 se muestra el espectro captado debajo de la antena.

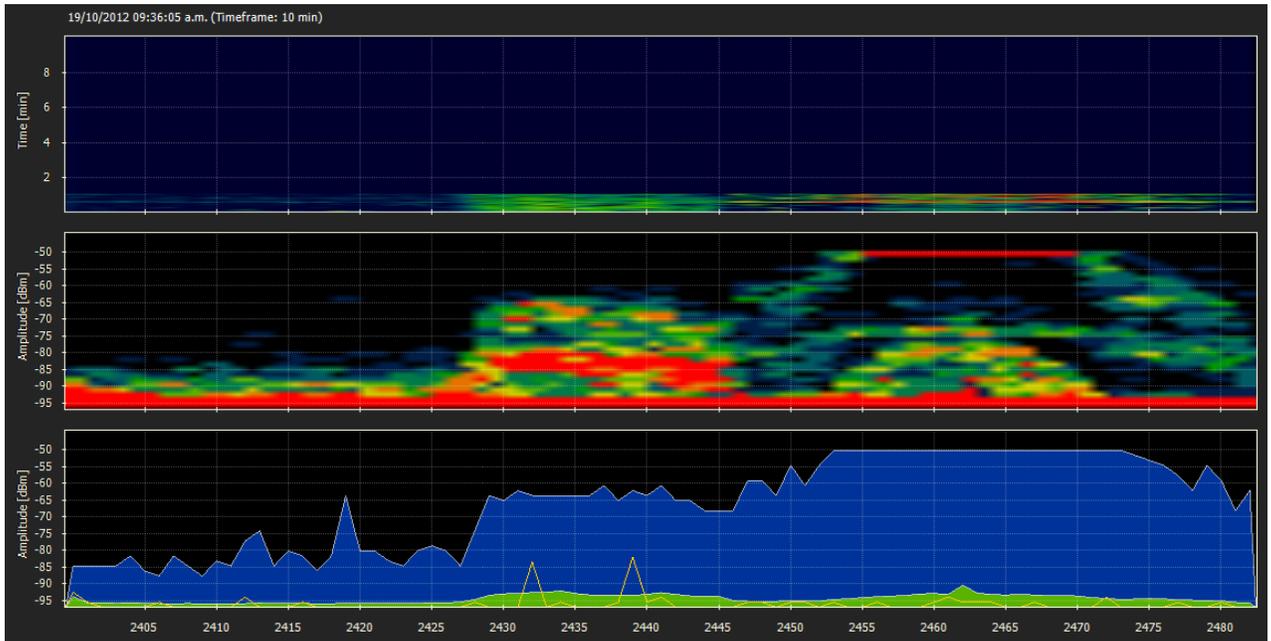


Figura 6.4 Análisis de espectro de frecuencia

### 6.1.2 Resultados sistema de monitorización

La integración de Nagios y arduino para la monitorización de diversos servicios de red, variables del HeadEnd y equipos de red permiten la administración y prevención de errores.

La interfaz web de Nagios despliega en tiempo real el estado de los servicios que se monitorizan. Este software permite visualizar en un mapa la topología de los host conectados al sistema. En la fig. 6.5 se puede observar el mapa del sistema de monitorización del HeadEnd propuesto para este proyecto.

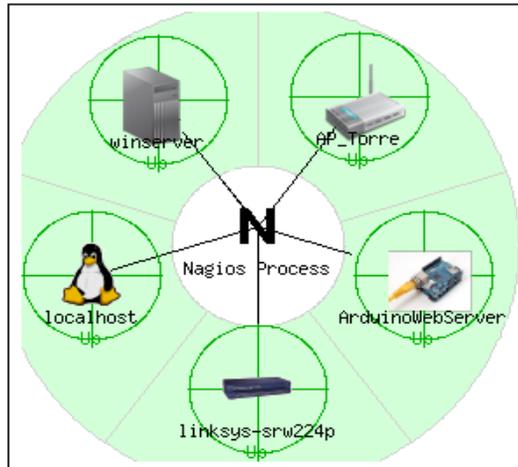


Figura 6.5 Mapa de los Hosts en Nagios

Mediante tablas, se puede observar el estado de los host y servicios que se monitorizan. En la fig. 6.6 se muestra el software con todos los Host configurados.

Service Status Details For All Hosts						
Host	Service	Status	Last Check	Duration	Attempt	Status Information
AP_Ilesia	PING	OK	01-21-2013 22:01:25	13d 8h 5m 18s	1/4	ECO OK - Paquetes perdidos = 0%, RTA = 0.47 ms
AP_Torre	PING	OK	01-21-2013 22:01:15	13d 8h 5m 2s	1/4	ECO OK - Paquetes perdidos = 0%, RTA = 0.48 ms
ArduinoWebServer	DoorStatus	OK	01-21-2013 22:01:48	2d 5h 9m 9s	1/3	Status is OK - Door is close
	ElectricityStatus	OK	01-21-2013 22:01:56	2d 5h 9m 11s	1/3	Status is OK - Electricity is on
	PING	OK	01-21-2013 22:01:48	3d 5h 23m 2s	1/4	ECO OK - Paquetes perdidos = 0%, RTA = 12.07 ms
	Temperature	OK	01-21-2013 22:01:49	0d 5h 6m 31s	1/3	Status is OK - Temperature: SHT11 18.0 C
Router	PING	OK	01-21-2013 21:57:04	32d 10h 46m 21s	1/3	ECO OK - Paquetes perdidos = 0%, RTA = 1.07 ms
localhost	Current Load	OK	01-21-2013 22:01:17	47d 7h 34m 42s	1/4	OK - carga media: 0.08, 0.03, 0.05
	Current Users	OK	01-21-2013 22:01:35	48d 8h 58m 27s	1/4	USUARIOS OK - 1 usuarios actualmente en
	HTTP	CRITICAL	01-21-2013 22:01:34	32d 9h 44m 48s	4/4	Conexión rehusada
	PING	OK	01-21-2013 22:01:52	32d 12h 23m 57s	1/4	ECO OK - Paquetes perdidos = 0%, RTA = 0.10 ms
	Root Partition	OK	01-21-2013 22:01:20	47d 7h 30m 33s	1/4	DISK OK - free space: / 30464 MB (89% inode=92%):
	SSH	OK	01-21-2013 22:01:19	32d 12h 23m 52s	1/4	SSH OK - OpenSSH_5.3p1 Debian-Subuntu7 (protocol 2.0)
	Swap Usage	OK	01-21-2013 22:01:19	48d 8h 50m 56s	1/4	SWAP OK - 100% free (1609 MB out of 1609 MB)
	Total Processes	OK	01-21-2013 22:01:55	48d 7h 27m 27s	1/4	PROCS ACCEPTAR: 119 procesos con ESTADO = RSZDT
winserver	C:\ Drive Space	OK	01-21-2013 22:00:33	0d 9h 9m 38s	1/3	c: - total: 930.90 Gb - usado: 23.41 Gb (3%) - libre 907.49 Gb (97%)
	CPU Load	OK	01-21-2013 22:01:18	0d 9h 9m 20s	1/3	Carga de la CPU 13% *5 promedio min)
	Explorer	CRITICAL	01-21-2013 22:01:40	0d 9h 13m 11s	3/3	Explorer.exe. not running
	Memory Usage	OK	01-21-2013 22:00:18	0d 9h 9m 53s	1/3	Utilización de memoria: total:16362.51 Mb - utilizado: 641.20 Mb (4%) - libre: 15721.31 Mb (98%)
	NSClient++ Version	OK	01-21-2013 22:00:36	0d 9h 9m 35s	1/3	NSClient++ 0.4.1,66 2012-11-18
	Uptime	OK	01-21-2013 22:01:38	0d 9h 9m 17s	1/3	Tiempo de funcionamiento del sistema - 0 días(s) 9 hora(s) 10 minuto(s)

Figura 6.6 Estado de los servicios para los Hosts en Nagios

Una vez definidos todos los servicios y host se puede verificar el estado de estos mediante diagramas de tiempo de conexión y otras herramientas facilitadas por el software. En la fig. 6.7 se observa un historial de estado para el host ArduinoWebServer.

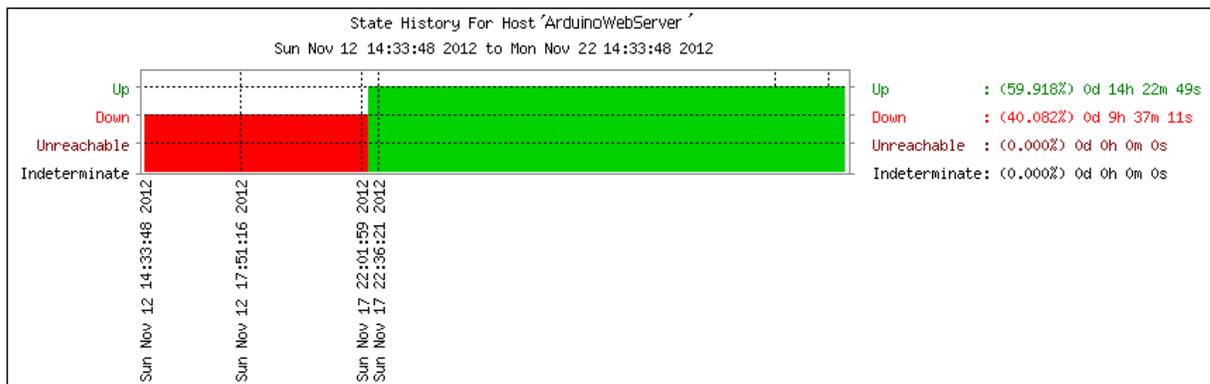


Figura 6.7 Historial de estado para el host ArduinoWebServer

## 6.2 Análisis de resultados

El estudio de cobertura de la red WiFi se subdividió en una etapa de simulación y otra de pruebas, utilizando software para verificar cobertura y calidad de señal.

La antena se colocó en una torre que es parte de la empresa grupo TenT en las oficinas de Cable Max en Liberia, esta torre tiene una altura de 30m. Para el sistema WiFi es muy importante el tema de la altura en la que se coloca la antena, ya que esta influye de manera directa en la cobertura y la calidad de la señal, entre más alta se coloque la antena la señal se obtiene mayor cobertura sin embargo, la señal debajo de la antena y sus alrededores será baja. Por lo tanto la altura de colocación depende de las especificaciones que se requieran para la red, es decir si se prefiere mucha cobertura a lo lejos, pero poca señal debajo de la antena, o por lo contrario buena calidad de señal debajo de la antena y a los alrededores, pero no demasiada cobertura. En nuestro caso se colocó la antena a 15m la cual es una altura considerable.

Un problema que se presenta en una red con antenas es que puede haber valores nulos en el plano de elevación. Cuando la ganancia es mayor, el número de valores nulos (y de los lóbulos secundarios) generalmente también aumenta. Cuando las antenas están montadas en torres, estos valores nulos pueden afectar al rendimiento

del sistema. La fig. 6.8 ilustra el problema, esto pone algunas regiones debajo de la antena en las zonas por debajo de los valores nulos en el patrón resultante en las áreas de intensidad de señal baja.

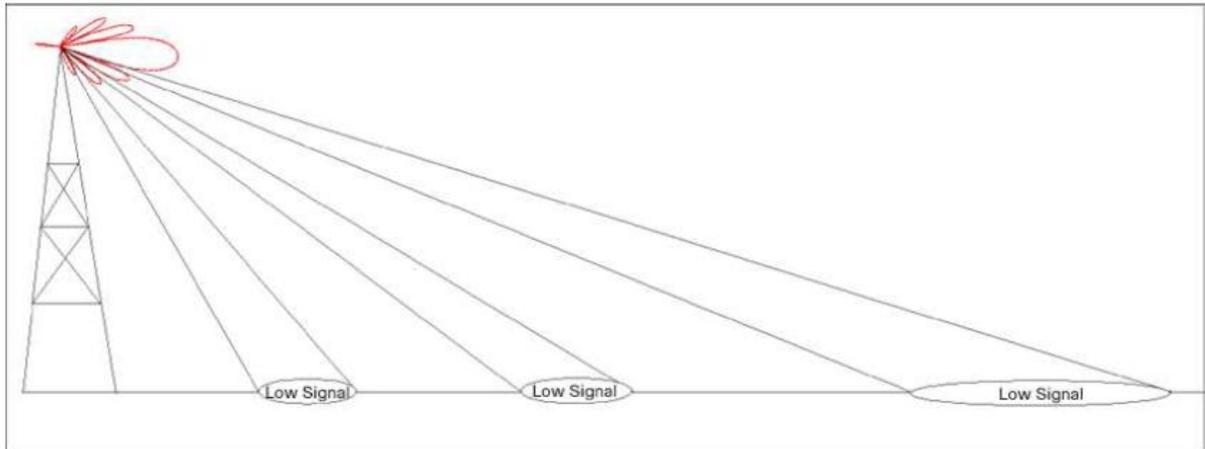


Figura 6.8 Problemas de la antena alta [4]

Este aspecto se debe tomó en cuenta, y está relacionado directamente con el patrón de radiación de la antena (ver fig. 5.11). En este caso, se puede observar algunos sectores nulos en el plano de elevación.

La etapa de simulación de la red WiFi utilizando Radio Mobile, se obtuvo una cobertura en un radio de entre 300m y 350m para una señal mayor a los -60dBm. Se puede observar este resultado en la imagen 6.1.

Realizando un análisis de cobertura tomando datos directamente de la red WiFi, utilizando un software especializado en una computadora portátil, se obtuvo el mapa de cobertura de la fig. 6.2. Realizando una comparación entre los datos obtenidos y la simulación se puede observar una buena aproximación entre estos. La zona al sureste del AP, no se obtuvo buena cobertura, esto debido a que es una zona abundante de árboles muy altos, lo que influye directamente en las pérdidas de señal. De la fig. 6.3 se muestra que el punto 7 se ubica en la zona donde hay poca o nula cobertura, la señal recibida es muy baja de solo -74dBm teniendo una relación

SNR (señal a ruido) de 21dB, mientras que en el punto 77 en el que hay buena cobertura, se tiene una señal de -35dBm y una buena SNR de 59dB. El SSID de la señal analizada es ZONA LIBRE.

Para optimizar la red y mejorar el rendimiento, uno de los principales puntos es la selección del canal WiFi adecuado. Muchos canales se superponen unos con otros, esto hace que si varios dispositivos estén transmitiendo simultáneamente en canales superpuestos, puedan ocurrir colisiones lo que afecta severamente en el rendimiento de la red, es por ello que se selecciona un canal de poca competencia de dispositivos. Es mejor compartir un canal, que tener que usar uno que se superponga.

El analizador de espectros WiSpy, permitió observar el espectro en los alrededores de la ubicación del AP WiFi y con ello se definió el canal apropiado para la red. En la fig. 6.4 se muestra el espectro, en el cual la menor interferencia RF se da seleccionando el canal 11.

La construcción de la infraestructura de monitoreo se basó en el software Nagios. En este, inicialmente se configuró para administrar 5 hosts los cuales son: ArduinoWebServer, Servidor Windows, servidor local Nagios, router/switch y el AP WiFi de prueba.

En la fig. 6.5 se muestra el mapa gráfico de cómo está definido el Nagios, en este se pueden observar los host monitorizados, y en verde indican que están en estado “up”.

Para observar los servicios monitorizados por cada host y el estado actual de estos, se puede entrar por medio de la pestaña servicios al lado izquierdo de la interfaz. Para el sistema desarrollado, la imagen de la fig. 6.6 se observa el host con sus correspondientes servicios, el estado (OK, WARNING, CRITICAL, UNKNOWN), el último chequeo de cada servicio, duración, intento y por último la información.

El estado de cada host puede ser analizado de manera independiente. Algunas de las opciones son:

- Reporte de disponibilidad para un host
- Detalle del estado del host
- Historial de alerta Notificaciones

Por ejemplo, para el ArduinoWebServer, en la fig. 6.7 se muestra un historial del estado de este host, indicando con fecha y hora el momento en la que el servicio tuvo un problema (la zona en rojo), y luego en verde se observa el momento en el que el host nuevamente está correcto.

## Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

- Mayor ganancia no implica que la antena irradie más potencia, significa que la misma cantidad de energía se irradia en una forma más enfocada (más direccional).
- Es mejor compartir un canal, que tener que usar uno que se superponga, si se va a compartir, que este se comparta con uno que tenga poca señal, en este caso se recomienda al menos una separación de 20dB.
- Utilizando un analizador de espectros se puede observar los tipos de transmisores de RF que afectan el rendimiento de la red por ejemplo dispositivos que no son WiFi como teléfonos inalámbricos, bluetooth, microondas, etc.
- Los datos obtenidos en la simulación se aproximaron bastante bien a los obtenidos de manera experimental. Definiendo así una cobertura de 300m con una potencia de señal mayor a los -60dBm.
- Nagios es una herramienta ideal en la administración y monitorización de sistemas de red y permite la adaptación de múltiples entornos.
- Se logró la integración correcta del Arduino con Nagios programando un plugin, lo que permite la prevención de problemas en el HeadEnd utilizando el sistema de monitorización.

## 7.2 Recomendaciones

- Realizar pruebas con antenas sectoriales, para verificar si se obtiene una mejor cobertura, sin embargo puede ser más caro económicamente.
- Colocar un nuevo AccessPoint WiFi a una distancia de 400m para aumentar la cobertura de la red.
- Agregar publicidad a la página de autenticación del HostPot para dar un valor agregado extra
- Realizar una comparación de costo/beneficio entre una red WiMax y WiFi, evaluando las ventajas de cobertura de estas redes (50Km teóricos para WiMax vrs 300mts para WiFi)
- Agregar a nagios envío de notificaciones por medio de sms como un método auxiliar.
- Agregar a la interfaz web la opción de visualización del estado de los Access Points WiFi.

## Bibliografía

- [1] *CRCibernética*. (2011). Recuperado el Setiembre de 2012, de <http://www.crcibernetica.com/electronic-brick-dht11-digital-humidity-and-temperature-sensor/>
- [2] Arduino. (Abril de 2011). *Arduino*. Recuperado el Setiembre de 2012, de <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [3] Barzanallana, R. (27 de Agosto de 2011). *Actualidad informática*. Recuperado el 11 de 6 de 2012, de <http://www.marisolcollazos.es/noticias-informatica/?p=3759>
- [4] Cisco. (25 de Marzo de 2007). *Antenna Patterns and Their Meaning*. Recuperado el 28 de 10 de 2012, de [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps7183/ps469/prod\\_white\\_paper0900aecd806a1a3e.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps7183/ps469/prod_white_paper0900aecd806a1a3e.html)
- [5] Cisco. (2009). *Internetworking Technologies Handbook*. Recuperado el 5 de 11 de 2012, de [http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/ito\\_doc.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/ito_doc.html)
- [6] Grupo de Radiocomunicación. (2007). *Tutorial Radio Mobile*. Recuperado el Agosto de 2012, de <http://www.eslared.org.ve/walcs/walc2011/material/track1/Manual%2520de%2520Radio%2520Mobile.pdf>
- [7] Halsall, F. (1998). *Comunicación de datos, redes de computadores y sistemas abiertos*. México: Addison Wesley.
- [8] LAN/MAN, S. C. (6 de Febrero de 2012). *Standards ieee*. Recuperado el 1 de 11 de 2012, de <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>
- [9] Maqueda Gil, E. (2009). *Las Tecnologías WiFi/WiMAX: Aspectos tecnológicos*. Recuperado el 7 de 11 de 2012, de [http://www.dip-badajoz.es/agenda/tablon/jornadaWIFI/doc/presenta\\_wifi\\_wmax.pdf](http://www.dip-badajoz.es/agenda/tablon/jornadaWIFI/doc/presenta_wifi_wmax.pdf)

- [10] Metageek. (Marzo de 2011). *Wi-Spy Spectrum Analysis for Wireless Troubleshooting*. Recuperado el 11 de Setiembre de 2012, de <http://www.metageek.net/products/wi-spy-wireless-spectrum-analysis-3/>
- [11] Nagios Core. (2009). *Nagios Plugin API*. Recuperado el Setiembre de 2012, de [http://nagios.sourceforge.net/docs/3\\_0/pluginapi.html](http://nagios.sourceforge.net/docs/3_0/pluginapi.html)
- [12] Nagios Plugins Development Team. (2009). *Nagios plug-in development guidelines*. Recuperado el Setiembre de 2012, de <http://nagiosplug.sourceforge.net/developer-guidelines.html>
- [13] Navarrete Chávez, C. (2009). *valuación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET*. catalunya.
- [14] Peterson, L., Zheng, P., Bruce, D., & Farrel , A. (2009). *Wireless Networking Complete*. Burlington: Morgan Kaufmann.
- [15] Sismonda, F., Cañizal, E., de Hoyos, M. A., & Arfuch, J. (13 de Enero de 2011). *Tecnicos Linux*. Recuperado el 28 de 10 de 2012, de <http://tecnicoslinux.com.ar/archives/1595>
- [16] Sosinsky, B. (2009). *Networking Bible*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- [17] Stutzman, W., & Thiele, G. (1998). *Antenna Theory and Design*. USA: Wiley; 2 edition.
- [18] Truck1. (1 de Noviembre de 2012). *Truck1*. Obtenido de [http://www.truck1.es/\\_TES\\_auto\\_819896\\_Maquinaria\\_de\\_construccion\\_Generador\\_Caterpillar\\_Olympian\\_Gel\\_10SP.html](http://www.truck1.es/_TES_auto_819896_Maquinaria_de_construccion_Generador_Caterpillar_Olympian_Gel_10SP.html)
- [19] Ubiquiti. (Junio de 2010). *Antenna Pattern Data*. Recuperado el Setiembre de 2012, de <http://www.ubnt.com/support/patterndata>
- [20] Ubiquiti. (Febrero de 2012). *AMO-2G13 DataSheet*. Recuperado el 22 de 9 de 2012, de <http://www.ubnt.com/airmax#omni>
- [21] Ubiquiti Networks Inc. (5 de Octubre de 2011). *Ubiquiti Networks*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2012, de <http://www.ubnt.com/>
- [22] VisiWave. (2009). *VisiWave Site Survey*. Recuperado el Setiembre de 2012, de <http://www.visiwave.com/index.php/ScrInfoDownload.html>

## Apéndices

### A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

**AP** Punto de acceso (Access Point)

**BSS** Conjunto de servicio básico (Basic Service Set)

**BW** Ancho de banda (Band Width)

**CSMA/CD** Acceso múltiple sin portadora con evasión de colisión (Carrier Sense Multiple Access Collision Detect)

**dB** Decibelios

**DSSS** Espectro ensanchado por secuencia directa (Direct Sequence Spread Spectrum)

**FDM** Multiplexación por división de frecuencia (Frequency Division Multiplexing)

**FHSS** Espectro ensanchado por salto de frecuencia (Frequency hopping spread spectrum)

**Ghz** Gigahercio

**HTTP** Protocolo de transferencia de hipertexto (Hypertext Transfer Protocol)

**IEEE** Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos

**IP** Protocolo de Internet

**LAN** Redes de Area Local (Local Area Network)

**MAC** Control de acceso al medio

**MIMO** Entrada múltiple – Salida múltiple (Multiple Input - Multiple Output)

**OFDM** Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

**OSI** Interconexión de sistemas abiertos

**PHY** Capa física

**QoS** Calidad de servicio

**RF** Radiofrecuencia

**RX** Receptor

**SDM** Multiplexación por división espacial (Space Division Multiplexing)

**SISO** (Single Input – Single Output) Entrada única – Salida única

**SNR** Relación señal/ruido (Signal Noise Ratio)

**SSID** Identificador de servicio conjunto

**STA** Estación

**TX** Transmisor

**URL** Localizador uniforme de recurso (Uniform Resource Locator)

**WiFi** Tecnología inalámbrica (Wireless Fidelity)

**WLAN** Red de área local inalámbrica (Wireless Local Area Network)

## A.2 Manual de usuario Sistema de monitorización

Para el sistema de monitorización, se debe asignar el puerto TCP 7000 en el router, y asignar la dirección IP del Arduino. Luego realizar la conexión física del Arduino con un cable RJ45 al router/switch.

Una vez hechas estas configuraciones, el dispositivo se puede acceder remotamente. Para observar el estado de las variables, se debe ingresar desde un navegador Web (Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer, etc.) y en la barra de búsqueda URL, se escribe la dirección IP del Arduino. De esta manera, se ingresa a la página Web contenida en la memoria SD del Arduino. En la fig. A.2.1 se muestra el estilo de la página principal.

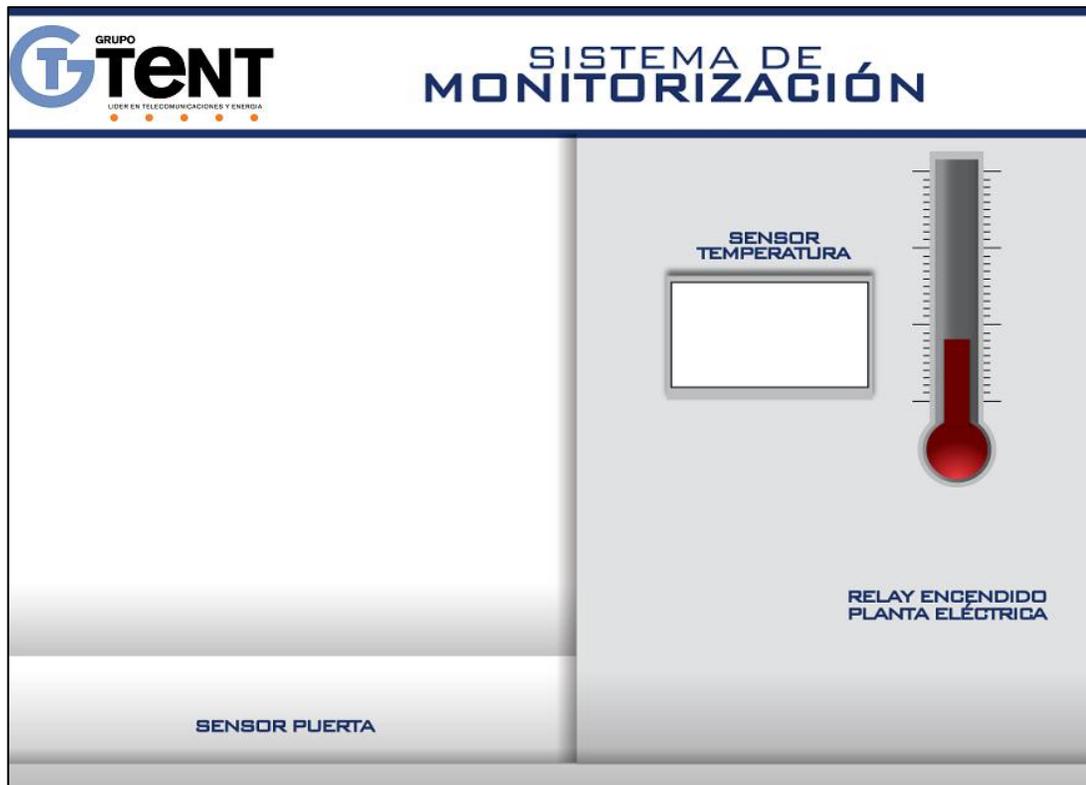


Figura A.2. 1 Página principal de la interfaz web del sistema de monitorización

El estado de la puerta (abierta o cerrada) se indica según se observa en la fig. A.2.2.



Figura A.2. 2 Estilo de la puerta Abierta/cerrada para la interfaz Web

En el caso de la planta eléctrica, el indicador se observa en la fig. A.2.3 lo cual muestra si la planta está apagada (OFF) o encendida (ON).



Figura A.2. 3 Estilo de la planta eléctrica para la interfaz web

Para supervisar si hay una falla en la corriente eléctrica (falla de electricidad) o que el estado del suministro eléctrico es adecuado (Energizado), el indicador es el que se observa en la fig. A.2.4.

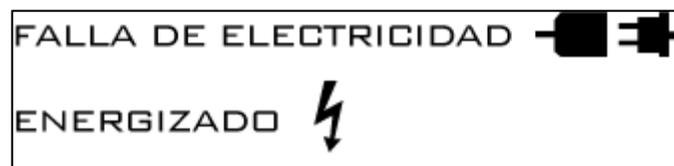


Figura A.2. 4 Estilo del indicador de falla eléctrica

La temperatura actual, se muestra en el cuadro de texto blanco que se puede observar en la fig. A.2.1, con el título “Sensor de temperatura”.

### **A.3 Información sobre la empresa**

La empresa Grupo TenT es un grupo empresarial costarricense, especializado en las telecomunicaciones y outsourcing en tecnologías de comunicación. Las empresas que la conforma son:

- **CIC S.A:** (Compañía Internacional de cobranza) Contact Center.
- **TenT SAL:** (Sociedad Anónima Laboral)
- **Súper Cable:** (Tienda virtual y Puntos de venta)
- **INCECAT S.A:** (Instituto Centroamericano de Capacitación Tecnológica)
- **Unión Por Cable S.A:** Empresa de importación de equipos
- **Guanacaste T.V:** Televisora de Guanacaste