



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

“Sistema de Red Telemétrico de Alumbrado Público para la
Provincia de Santa Elena.”

AUTOR

PAÚL ANDRÉS NAVAS RAMÍREZ

PROFESOR TUTOR

SAMUEL BALDOMERO BUSTOS GAIBOR

LA LIBERTAD – ECUADOR

2017

AGRADECIMINETO

A ese ser especial, que desinteresadamente me inculcó el valor del estudio. A ese ser especial, que con dedicación se esmeró en brindarme el tesoro más valioso, como es la educación. A esos seres humanos que depositaron su total confianza en mí. Sin tantas palabras, pero con el corazón lleno de sentimientos, hoy puedo decir gracias padre, gracias hermanos, gracias familia, gracias amigos, por no permitirme desmayar en el camino, siento mucho orgullo de brindarles este triunfo infinito.

Paúl Andrés Navas Ramírez.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación denominado: **“SISTEMA DE RED TELEMÉTRICO DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, elaborado por el estudiante **Navas Ramírez Paúl Andrés**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, Agosto de 2017.



Ing. Samuel Bustos Gaibor, Msc.
TUTOR

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Mariuxi De La Cruz De La Cruz, MSc.
DECANA DE LA FACULTAD



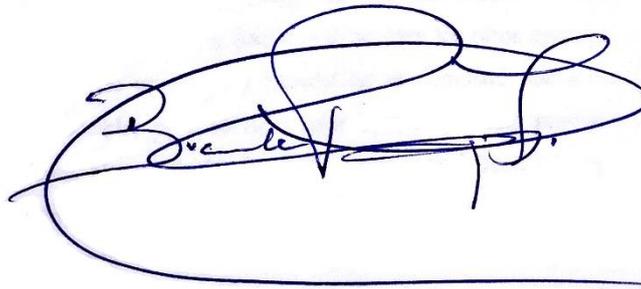
Ing. Washington Torres Guin, MSc.
DIRECTOR DE LA CARRERA



Ing. Samuel Bustos Gaibor, MSc.
PROFESOR TUTOR



Ing. Daniel Flores Tomalá, MSc.
PROFESOR DE ÁREA



Ab. Brenda Reyes Tomalá, MSc.
SECRETARIA GENERAL

RESUMEN

El presente trabajo de titulación enfoca su estudio al monitoreo y control del sistema de alumbrado público de luminarias de sodio en la Provincia de Santa Elena, mediante el diseño de un circuito electrónico y una red local inalámbrica, que permita al operario visualizar e interpretar datos del estado de las luminarias a fin de controlar el encendido o apagado desde una aplicación web. La parte electrónica está encargada de: adquirir la información de la luminaria, estado de la lámpara, estación del día, consumo de corriente, y consumo de potencia, posteriormente enviará a través de la red local inalámbrica la cadena de caracteres adquiridos, con el objetivo de almacenar la información en un servidor de base de datos. Para elaborar el diseño del sistema de red telemétrico, se realizó en primera instancia un levantamiento de información para comprender las posibles causas de daños ocasionados en las luminarias, y determinar una solución factible en cuanto adquisición, envío, y control remoto, la información fue facilitada por el departamento de Alumbrado Público de la Corporación Nacional Eléctrica de la Provincia de Santa Elena. La propuesta tecnológica está dirigido para toda la provincia, sin embargo se tomó al cantón La Libertad como muestra para realizar el diseño de la red telemétrica, y luego replicar para los otros cantones Salinas y Santa Elena. Mediante un análisis económico se demostró que el proyecto es financieramente factible, pero se hace relevancia a que este proyecto tiene un impacto social muy alto encaminado a los Objetivos Del Buen Vivir (número 3 y 11), tal como lo requiere la Constitución de la República del Ecuador. Los componentes electrónicos y equipos de comunicación que conforman el sistema son dables porque son convergentes a otro tipo de tecnología. Finalmente para comprobar el funcionamiento del diseño, se realizó la implementación de un prototipo a fin de efectuar experimentos a la obtención de evidencias que fundamente la operatividad técnica del mismo.

ABSTRACT

This work focuses on the monitoring and control of the public lighting system of sodium luminaires in the Province of Santa Elena, through the design of an electronic circuit and a local wireless network, allowing the operator to visualize and interpret data of the status of luminaires in order to control the switch on or off from a web application. The electronic section is responsible for getting information from luminaire, lamp status, station of the day, energy consumption and power consumption. Later this section sends through the local wireless network the chain of acquired characters, with the purpose of storing information on a database server. In order to elaborate the design of the telemetry network system, a survey was carried out in the first instance to understand the possible causes of damages caused by luminaires, and to determine a feasible solution in terms of acquisition, shipment and remote control. Facilitated by the Department of Public Lighting of “Corporación Nacional Eléctrica de la Provincia de Santa Elena” The technological proposal is aimed at the whole province, however the La Libertad canton was taken as a sample to carry out the design of the telemetry network, and then replicate for the other cantons like Salinas and Santa Elena. An economic analysis showed that the project is financially feasible, but it is important that this project has a very high social impact aimed at the National Plan of Good Living objectives (number 3 and 11), as required by the Constitution of the Republic of Ecuador. The electronic components and communication equipment that make up the system are reliable because they are convergent to another type of technology. Finally, to verify the operation of the design, the implementation of a prototype was carried out in order to implement experiments to obtain evidence that substantiates the technical operation of them.

DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Paúl', is centered on the page. The signature is fluid and cursive.

.....
Paúl Andrés Navas Ramírez

TABLA DE CONTENIDOS

ITEM	PÁGINA
AGRADECIMINETO	I
APROBACIÓN DEL TUTOR	II
TRIBUNAL DE GRADO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
DECLARACIÓN	VI
TABLA DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XV
LISTA DE ANEXOS	XVII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
FUNDAMENTACIÓN	2
1.1 ANTECEDENTES.	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	5
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	5
1.5 JUSTIFICACIÓN	6
1.6 METODOLOGÍA	8
CAPÍTULO II	10
PROPUESTA TECNOLÓGICA	10
2.1 MARCO CONTEXTUAL	10
2.2 MARCO CONCEPTUAL	12
2.2.1 LA ELECTRICIDAD.	12
2.2.2 REDES INALÁMBRICAS.	14
2.2.3 TECNOLOGÍAS WI-FI.	16
2.2.4 ESTÁNDAR 802.11.	17

2.2.5 PROTOCOLOS DE SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS Y CONTROL DE ACCESOS.	19
2.2.6 ANTENAS DE TELECOMUNICACIONES.	20
2.2.7 TIPOS DE ENLACES.	21
2.2.8 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.	22
2.3 MARCO TEÓRICO	23
2.4 COMPONENTES DE LA PROPUESTA (LÓGICOS Y FÍSICOS)	24
2.4.1 COMPONENTES FÍSICOS.	24
2.4.1.1 ARDUINO MEGA 2560	24
2.4.1.2 SENSOR DE CORRIENTE PARA ARDUINO PIC ACS712	26
2.4.1.3 MÓDULO WI-FI ESP8266-01	26
2.4.1.4 RELÉ 5V A 10A	28
2.4.1.5 RELÉ AC 115V	29
2.4.1.6 RESISTENCIAS	29
2.4.1.7 EQUIPOS INALÁMBRICOS	30
2.4.1.8 ROUTERS	31
2.4.1.9 SWITCH	35
2.4.1.10 CABLE DE RED	35
2.4.1.11 CONECTOR RJ45	36
2.4.1.12 TORRES DE COMUNICACIÓN	37
2.4.1.13 CAJAS DE CONEXIÓN	37
2.4.2 COMPONENTES LÓGICOS	38
2.4.2.1 WAMPSERVER	38
2.4.2.2 RADIO MOBILE	38
2.4.2.3 WINBOX	39
2.5 DISEÑO DE LA PROPUESTA (ESQUEMAS)	41
2.5.1 SISTEMA ELECTRÓNICO	42
2.5.1.1 DISEÑO DE LA ECUACIÓN MATEMÁTICA PARA LA ADQUISICIÓN DE LA CORRIENTE.	42
2.5.1.2 DISEÑO PARA LA ADQUISICIÓN DE LA ESTACIÓN DEL DÍA.	44
2.5.1.3 DISEÑO PARA EL ACCIONAMIENTO DE LA CARGA.	45
2.5.1.4 DISEÑO DE COMUNICACIÓN SERIAL ENTRE ESP8266-01 Y MEGA2560.	46

2.5.1.5 DISEÑO PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS.	47
2.5.1.6 DISEÑO PARA EL CONTROL REMOTO.	47
2.5.1.7 DISEÑO REINICIO POR HARDWARE DEL MÓDULO WI-FI.	48
2.5.1.8 DIAGRAMA PICTÓRICO DEL CIRCUITO DE MONITOREO Y CONTROL.	49
2.5.1.9 ESQUEMA ELÉCTRICO DEL CIRCUITO DE MONITOREO Y CONTROL.	50
2.5.1.10 DIAGRAMAS DE FLUJOS DEL CIRCUITO MONITOREO Y CONTROL.	51
2.5.2 RED DE TELECOMUNICACIONES	58
2.5.2.1 DISEÑO DE LA RED BACKBONE	58
2.5.2.2 DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA DE RED INALÁMBRICA	60
2.5.2.3 DISEÑO DE LOS ENLACES INALÁMBRICOS	62
2.5.2.4 DISEÑO DE LA CONEXIÓN ROUTER Y SWITCH	64
2.5.2.5 DIAGRAMA BÁSICO DE LA RED TELEMÉTRICA PARA ALUMBRADO PÚBLICO.	66
2.5.2.6 DISEÑO DEL DIRECCIONAMIENTO LÓGICO	67
2.5.3 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA.	71
2.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (TÉCNICA Y FINANCIERA)	72
2.6.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA.	72
2.6.1.1 SISTEMA ELECTRÓNICO	72
2.6.1.2 RED DE COMUNICACIONES	73
2.6.2 FACTIBILIDAD FINANCIERA	74
2.6.2.1 PRESUPUESTO FINANCIERO SISTEMA ELECTRÓNICO	74
2.6.2.2 PRESUPUESTO FINANCIERO RED DE TELECOMUNICACIONES.	74
2.6.2.3 PRESUPUESTO TOTAL DEL SISTEMA DE RED TELEMÉTRICO PARA ALUMBRADO PÚBLICO.	77
2.6.2.4 PRESUPUESTO DE OPERACIÓN.	77
2.6.2.5 PRESUPUESTO TOTAL PARA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE RED TELEMÉTRICO PARA ALUMBRADO PÚBLICO EN LA CIUDAD DE LA LIBERTAD.	77
2.6.2.6 TASA INTERNA DE RETORNO.	78
2.7 RESULTADOS	81
2.7.1 ADQUISICIÓN DE CORRIENTE.	81

2.7.2 ADQUISICIÓN DEL ESTADO DE LA LUMINARIA.	83
2.7.3 ENVÍO DE LOS DATOS ADQUIRIDOS Y PROCESADOS AL SERVIDOR DE BASE DE DATOS A TRAVÉS DE LA RED INALÁMBRICA.	85
2.7.4 ACCIONAMIENTO DE LA LÁMPARA DESDE EL SERVIDOR.	88
2.7.5 REINICIO DEL MÓDULO WI-FI ESP8266-01.	91
2.7.6 DIRECCIONAMIENTO IP EN LOS ROUTERS Y ACCES POINTS.	92
2.7.7.1 CONFIGURACIÓN DEL RB_SLUMCENTRAL.	93
2.7.7.2 CONFIGURACIÓN DEL AP_NODO1.	93
2.7.7.3 CONFIGURACIÓN DEL REPT_NODO1.	95
2.7.7.4 CONFIGURACIÓN DEL N1_LUMAP1.	96
2.7.7.5 CONEXIÓN ENTRE DISPOSITIVOS.	97
2.7.7.6 PRUEBAS DE COMUNICACIÓN DESDE EL RB_SLUMCENTRAL.	99
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	105

ÍNDICE DE FIGURAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Figura 1:	Ubicación geográfica del cantón La Libertad: Google Maps.	11
Figura 2:	Partes de una luminaria: THOMAS & BETTS CORPORATION.	13
Figura 3:	Esquema de conexiones internas de la luminaria: CODENSA S.A.	13
Figura 4:	Categoría de Redes Inalámbricas: http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas	14
Figura 5:	Topología Inalámbrica IBSS: Creado por Autor, desde software Microsoft Visio.	15
Figura 6:	Topología Inalámbrica BSS: Creado por Autor, desde software Microsoft Visio.	15
Figura 7:	Topología Inalámbrica ESS: Creado por Autor, desde software Microsoft Visio.	16
Figura 8:	Banda de Frecuencias 2.4Ghz: WIRELESS NETWORK IN THE DEVELOPING WORLD.	17
Figura 9:	Patrón de radiación de una Antena Direccional: www.ubnt.com/airmax/powerbeam	20
Figura 10:	Patrón de radiación de una Antena Omnidireccional: www.ubnt.com/airmax/airmax-omni-antenna	21
Figura 11:	Patrón de Radiación de una Antena Sectorial: www.ubnt.com/airmax/airmax-sector-antenna	21
Figura 12:	Enlace Punto a Punto: Creado por Autor, desde software Microsoft Visio.	22
Figura 13:	Enlaces Punto a Multipunto: Creado por Autor, desde software Microsoft Visio.	22
Figura 14:	Arduino Mega2560: https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3	24
Figura 15:	Sensor de Corriente ACS712: ALLEGRO MICROSYSTEMS, LCC	26
Figura 16:	Modulo WI-FI ESP8266-01: SPRESSIF SYSTEMS.	26
Figura 17:	Familia ESP8266: ESPRESSIF SYSTEMS.	27
Figura 18:	Módulo Relay 5V, 2 Canales: SONGLE RELAY.	28
Figura 19:	Relay AC de 115V: SIEMENS INDUSTRY, Inc.	29
Figura 20:	Torre de Comunicación: SERVICE TECHNOLOGIES ENVIRONNEMENT GLOBAL.	37
Figura 21:	Caja para Conexión: https://www.schneider-electric.es/es/product-range/2535-spacial-crm/	38
Figura 22:	Interfaz del Servidor WampServer: Creado por Autor, referencia WampServer.	39
Figura 23:	Interfaz del Programa Radio Mobile: Creado por Autor, referencia software Radio Mobile.	40

Figura 24: Interfaz del Programa Winbox: Creado por Autor, referencia software Winbox.	40
Figura 25: Esquema de Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público de la Provincia de Santa Elena: Creado por Autor.	41
Figura 26: Adquisición de dato de Corriente mediante sensor ACS712: Creado por Autor.	42
Figura 27: Gráfica de Relación lineal Voltaje vs. Corriente: Creado por Autor.	43
Figura 28: Gráfica de ACS712 con sensibilidad de 185mV/A: Creado por Autor.	43
Figura 29: ACS712, cuando corriente es 0: Creado por Autor.	43
Figura 30: Ecuación dentro del código para el cálculo de la corriente: Creado por autor, referencia software Arduino IDE	44
Figura 31: Diseño del Circuito para Adquisición de la Estación del Día: Creado por Autor, Software ISIS Proteus.	45
Figura 32: Diseño del Circuito para el Accionamiento de la Lámpara: Creado por Autor, Software ISIS Proteus.	46
Figura 33: Esquema de Comunicación Serial del Mega2560 y ESP8266-01: Creado por Autor.	46
Figura 34: Esquema de Comunicación del ESP8266-01 como Cliente del Servidor: Creado por Autor.	47
Figura 35: Esquema de Comunicación del ESP8266-01 como Mini Servidor Web: Creado por Autor.	47
Figura 36: Divisor de Voltaje para Reset del ESP8266-01: Creado por Autor.	48
Figura 37: Diagrama Pictórico del Circuito de Monitoreo y Control: Creado por Autor.	49
Figura 38: Diagrama Eléctrico del Circuito de Monitoreo y Control: Creado por Autor.	50
Figura 39: Diagrama de Flujo General del Circuito de Monitoreo y Control parte 1: Creado por Autor, referencia Software Visio.	51
Figura 40: Diagrama de Flujo General del Circuito de Monitoreo y Control parte 2: Creado por Autor, referencia Software Visio.	52
Figura 41: Diagrama de Flujo General del Circuito de Monitoreo y Control parte 3: Creado por Autor, referencia Software Visio.	53
Figura 42: Diagrama de Flujo Adquisición del Circuito de Monitoreo y Control: Creado por Autor.	54
Figura 43: Diagrama de Flujo Obtención Corriente del Circuito de Monitoreo y Control: Creado por Autor.	55
Figura 44: Diagrama de Flujo Envíos del Circuito de Monitoreo y Control: Creado por Autor.	56
Figura 45: Diagrama de Flujo Limpiar Buffer del Puerto Serie de Circuito Monitoreo y Control: Creado por Autor.	57

Figura 46: Diagrama de Flujo Cerrar Conexión del Servidor del Circuito de Monitoreo y Control: Creado por Autor.	57
Figura 47: Ubicación geográfica de los nodos Principales de la red inalámbrica del Sistema de Monitoreo y Control: Software Google Earth.	59
Figura 48: Red Backbone del Sistema Telemétrico de Alumbrado Público para el Cantón La Libertad: Creado por Autor, referencia Software Visio.	59
Figura 49: Red Backbone del Sistema Telemétrico de Alumbrado Público para el Cantón La Libertad con Nodos Auxiliares: Creado por Autor, referencia Software Visio.	60
Figura 50: Topología BSS en Nodos Principales: Creado por Autor, referencia Software Visio.	60
Figura 51: Topología ESS de la Red Inalámbrica para el Monitoreo y Control de Las Luminarias: Creado por Autor, referencia Software Visio.	61
Figura 52: Topología Red Estrella Extendida de la Red Inalámbrica para el Monitoreo y Control de Las Luminarias: Creado por Autor, referencia Software Visio.	61
Figura 53: Enlace Punto a Punto entre equipos PowerBeam M5-400: Creado por Autor, referencia página oficial Ubiquiti.	62
Figura 54: Enlace Punto a Multipunto entre equipos NanoStation M5-4001: Creado por Autor, referencia página oficial Ubiquiti.	63
Figura 55: Enlace Punto a Multipunto entre SXT2 y ESP8266-01: Creado por Autor, referencia página oficial Mikrotik y ESP8266.	64
Figura 56: Estructura de un Nodo, conexión Router y Switch: Creado por Autor, referencia página oficial Mikrotik y Tp-link.	65
Figura 57: Diagrama Básico del Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público: Creado por Autor.	66
Figura 58: Direccionamiento IP entre Nodo Master y Nodos Repetidores: Creado por Autor.	69
Figura 59: Direccionamiento IP entre Nodos Repetidores y sus Auxiliares: Creado por Autor.	69
Figura 60: Direccionamiento IP para los Puntos de Accesos: Creado por Autor.	70
Figura 61: Interfaz Aplicación para el Sistema de Red Telemétrico de Alumbrado Público: Creado por Autor.	71
Figura 62: Segmento de Código que realiza la adquisición de Corriente y el cálculo de Potencia: Software IDE Arduino.	83
Figura 63: Experimento de Adquisición del Estado de la Luminaria: Software IDE Arduino	84
Figura 64: Segmento de Código que realiza la adquisición del Estado de la Luminaria y la Estación del Día: Software IDE Arduino	85
Figura 65: Datos Almacenados en la BD exitosamente del experimento: Servidor WampServer.	87

Figura 66: Segmento de Código que envía los datos al servidor: Software IDE Arduino.	87
Figura 67: Respuestas al Experimento de enviar ordenes desde un navegador al mini Servidor Web: Software IDE Arduino.	89
Figura 68: Respuestas de las Instrucciones enviadas desde el Navegador Web, almacenadas en la BD: Software WampServer.	90
Figura 69: Segmento de Código que está a la espera de una orden remota: Software IDE Arduino.	90
Figura 70: Respuesta a la comprobación del funcionamiento del módulo WI-FI: Software IDE Arduino.	91
Figura 71: Segmento de Código que realiza el reinicio por hardware del Módulo ESP8266-01: Software IDE Arduino.	92
Figura 72: Configuración de la Red en RB_SLUMCENTRAL: Software Winbox.	93
Figura 73: Configuración de las Interfaces del AP_NODO1: Software Winbox.	94
Figura 74: Configuración de la tarjeta inalámbrica de AP_NODO1: Software Winbox.	94
Figura 75: Configuración de las Interfaces del REPT_NODO1: Software Winbox.	95
Figura 76: Configuración de la tarjeta inalámbrica de REPT_NODO1: Software Winbox.	96
Figura 77: Configuración de las Interfaces del N1_LUMAP1: Software Winbox.	96
Figura 78: Configuración de la tarjeta inalámbrica de N1_LUMAP1: Software Winbox.	97
Figura 79: Conexión de equipos utilizados para el experimento de comunicación: Creado por Autor.	97
Figura 80: Listado ARP del equipo RB_SLUMCENTRAL: Creado por Autor.	98
Figura 81: Calidad del enlace obtenido entre AP_NODO1 y REPT_NODO1: Software Winbox.	98
Figura 82: Verificación de equipos enlazados en AP1_NODO1: Software Winbox.	98
Figura 88: Pruebas de Ping realizadas a las direcciones de los equipos de la Subred desde RB_SLUM-CENTRAL 192.168.0.1: Software Winbox.	99

ÍNDICE DE TABLAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Tabla 1:	Bandas de Frecuencias 5Ghz: FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION.	17
Tabla 2:	Especificaciones Técnicas MEGA 2560: https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3	25
Tabla 3:	Modelos de Sensor ACS712: ALLEGRO MICROSYSTEMS, LCC	26
Tabla 4:	Especificaciones Técnicas Relay 115V: SIEMENS INDUSTRY, Inc.	29
Tabla 5:	Comparación especificaciones técnicas de los equipos recomendados Punto a Punto: Elaborado por Autor y referencia de fabricantes.	32
Tabla 6:	Comparación especificaciones técnicas de los equipos recomendados Punto a Multipunto: Elaborado por Autor y referencia de fabricantes.	33
Tabla 7:	Comparación de especificaciones técnicas de equipos recomendados para router: Elaborado por Autor y referencia de fabricantes.	34
Tabla 8:	Características Técnicas Switch Tplink: www.tp-link.ec/products/biz-list-42.html?filterby=5005&page=1	35
Tabla 9:	Características Técnicas Cable FTP: NEXXT SOLUTIONS INFRASTRUCTURE.	36
Tabla 10:	Características Técnicas Conector RJ45: AMPXL WIRE&CABLE MANUFACTURER.	36
Tabla 11:	Datos de los principales enlaces de la red inalámbrica del Sistema de Monitoreo y Control: Creado por Autor.	73
Tabla 12:	Presupuesto Financiero del Sistema Electrónico para cada Luminaria: Creado por Autor.	74
Tabla 13:	Presupuesto Financiero para el Nodo Master: Creado por Autor	75
Tabla 14:	Presupuesto Financiero para el Nodo Repetidor 1: Creado por Autor.	75
Tabla 15:	Presupuesto Financiero para el Nodo Repetidor 2: Creado por Autor.	75
Tabla 16:	Presupuesto Financiero para el Nodo Repetidor 3: Creado por Autor	76
Tabla 17:	Presupuesto Financiero para los Nodos Auxiliares: Creado por Autor.	76
Tabla 18:	Presupuesto Financiero Otros Materiales: Creado por Autor.	76

Tabla 19: Presupuesto Financiero Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público: Creado por Autor.	77
Tabla 20: Presupuesto Financiero de Operación para el Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público: Creado por Autor.	77
Tabla 21: Presupuesto Total para la Implementación del Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público de La Libertad: Creado por Autor.	77
Tabla 22: Supuesto de Pérdidas Mensuales en el SAPG en la ciudad de La Libertad: Creado por Autor.	78
Tabla 23: Egresos para el Mantenimiento Preventivo de la Red Telemétrica: Creado por Autor.	78
Tabla 24: Rubros dedicados al Reconocimiento de Incidencias en el Sistema de Alumbrado Público actual: Creado por Autor.	79
Tabla 25: Mantenimiento de Luminarias de Sodio: Creado por Autor.	79
Tabla 26: Posibles Egresos e Ingresos en la realización del Proyecto Telemétrico.: Creado por Autor.	79
Tabla 27: Cálculo de la Tasa Interna de Retorno del Proyecto: Creado por Autor, referencia Hoja de Cálculo Microsoft Excel.	80
Tabla 28: Resultado del experimento para obtención de la corriente: Creado por Autor.	82
Tabla 29: Comandos AT enviados al Módulo WI-FI a través del puerto serie de Arduino para almacenamiento en la Base de Datos: Creado por Autor.	86
Tabla 30: Respuesta al Experimento de creación de un Servidor Web en el Módulo WI-FI: Creado por Autor.	88

LISTA DE ANEXOS

N.- DESCRIPCIÓN

- 1 Reportes Estadísticos De Incidencias En La Red De Alumbrado Público 2016.
- 2 Pérdidas Económicas Debido Al Consumo Innecesario.
- 3 Cantidad De Luminarias En La Provincia De Santa Elena.
- 4 Características Técnicas De Equipos De Frecuencia 5 Ghz.
- 5 Características Técnicas De Equipos Inalámbricos De Frecuencia 2,4ghz.
- 6 Routers Mikrotiks.
- 7 Código De Programación.
- 8 Sectores De La Ciudad La Libertad Con Su Red Respectiva.
- 9 Formulario PHP Para Petición, Ingreso De Datos En La BD.
- 10 Bases Metálicas Para Los Nodos Auxiliares Que Estarán Ubicadas En Los Postes De Alumbrado Público.
- 11 Elementos De Los Nodos Auxiliares Por Sector.
- 12 Solicitud Información Dirigida A La Corporación Nacional Eléctrica Santa Elena.
- 13 Certificado del Sistema de Coincidencia Urkund.

INTRODUCCIÓN

La presente propuesta tecnológica, ofrece una solución inmediata a la atención del sistema de alumbrado público convencional que posee la Provincia de Santa Elena, cantón La Libertad, el objetivo es agilizar el tiempo de asistencia a las luminarias, mediante un sistema de red telemétrico, que permita el monitoreo y el control de las lámparas.

Esta propuesta logrará que el cantón La Libertad, perteneciente a la Provincia de Santa Elena, sea reconocida a nivel nacional como una ciudad tecnológica, por implementar una tecnología “económicamente viable, socialmente aceptable y ecológicamente amigable” en las luminarias de tipo sodio.

La iluminación permanente por las noches de vías principales y alternas es algo muy importante para el ciudadano peninsular, ya que caminar por calles oscuras representa inseguridad, con este proyecto se pretende reducir el índice delincriminal.

El sistema de red telemétrico, mediante su infraestructura de telecomunicaciones permite la convergencia de otras aplicaciones similares para la empresa eléctrica, con beneficio a la ciudadanía peninsular.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN

1.1 ANTECEDENTES.

La provincia de Santa Elena, extiende sus avenidas y calles debido al gran crecimiento poblacional que se ha originado en estos últimos años, lo cual con lleva a mantenerla en perfecto estado con la respectiva iluminación, ya sea tanto en la parte rural como urbana, un ente encargado de este proceso diario necesario es la CNEL (Corporación Nacional Eléctrica)-Regional Santa Elena, la cual con su accionar posee 26890 luminarias de 100W, 150W, 250W, y 400W, instaladas en toda la Provincia, información que constan en la base de datos del proyecto GIS (Geographic Information System) que se ejecutó en estos últimos años. Debido a la gran cantidad de luminarias instaladas se produce un alto consumo de energía eléctrica en fin de iluminar a toda la Península, evitando así inconvenientes como algún accidente de tránsito, robos, etc, que pudiera ser originado por la falta de iluminación en las noches.

Las luminarias tienen un elemento controlador para el encendido y apagado de las mismas, ya sea en la noche o el día respectivamente, denominado fotocelda, además están compuestas de otros elementos como el balastro, condensador, arrancador, fusible, entre otros, que permiten su operación; cuando uno de estos elementos se avería ocasionan un mal funcionamiento en la lámpara, es decir que tenga estados irregulares.

Realizando un recorrido por la provincia se pueden apreciar varias de éstas luminarias en el día encendida y en ocasiones en las noches apagadas, debido a estas problemática general se han realizado estudios para el diseño de diferentes tipos de sistemas de telegestión que aporten en una mejor eficiencia energética al sistema de alumbrado público, además describen las ventajas y desventajas de las redes que se pueden implantar(Tama, 2012). También se han elaborado estudios

detallados de los diferentes tipos de Sistemas de Telegestión para la red de alumbrado público, haciendo mención a varias empresas dedicadas a este servicio con tecnología avanzada (ENCALADA ESPINOZA, 2012).

La mayoría de sistemas que tienen como finalidad el control y monitoreo de la red de alumbrado público se realizan con equipos internacionales sofisticados, por lo cual la implementación en la provincia Santa Elena no se ha realizado hasta la actualidad, ya que se carece de personal técnico capacitado para la implementación de dichas tecnologías. Debido a esto nace la necesidad de crear un sistema de red telemétrico para las luminarias, utilizando tecnología inalámbrica fácil de adquirir, y componentes electrónicos de hardware abierto posibles de programar por profesionales del área formados en la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Además, este proyecto en base a la tecnología y la estructura a implementar, puede tomarse como iniciativa para futuras realizaciones de sistemas del estado de los componentes eléctricos de media o baja tensión, ya sea medir el consumo de corriente en los medidores de las casas, corte automático del suministro de energía eléctrica, etc.

En conclusión, la asistencia a fallos en tiempos de respuestas menores en el sistema de alumbrado público de la Provincia de Santa Elena es un problema que aún no ha sido cubierto a pesar de que existen tecnologías de puntas. La falta de conocimiento técnico convierte en una brecha tecnológica la implementación de estas tecnologías en los sistemas de alumbrado público convencionales en la provincia de Santa Elena, como tal este proyecto pretende cubrir esa problemática con equipos de fácil implementación. Dicha propuesta se la realizará para la Provincia de Santa Elena, cantón La Libertad, el cual servirá como modelo para luego replicar en los cantones aledaños.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto brinda una solución a la atención inmediata de las luminarias en mal funcionamiento, para ello se realizó un sistema de red telemétrico para el

sistema de alumbrado público de la provincia de Santa Elena, cantón La Libertad, el cual mediante una aplicación web detalla el historial del estado de las luminarias. El sistema estará compuesto de componentes electrónicos instalados en las luminarias, enfocados a la adquisición del estado y control de las mismas, además se propone diseñar una infraestructura de telecomunicaciones que permita la comunicación en una red local propia sin necesidad de prestaciones de infraestructuras de proveedores de telecomunicaciones.

Cada lámpara tendrá en su hardware un circuito electrónico que recogerá información de su estado (apagado o encendido), para posteriormente enviar la información a través de un transmisor WI-FI, el cual se enlaza a la red local inalámbrica a través de un Acces Point (AP), con finalidad de almacenar los datos en el centro de control para que el personal que se encuentre en actividad visualice en una aplicación informática el estado de las luminarias, y de ocurrir un fallo reportar para que sea atendida, mientras tanto el operador puede realizar el control manual de la luminaria desde la central de ser necesario.

Para establecer la red local se utiliza equipos inalámbricos outdoor (equipos para enlaces exteriores) con ganancias altas, las cuales forman parte del backbone (equipos principales) de la red. Los equipos que permiten la conexión al módulo WI-FI del circuito electrónico de las luminarias se denominan Acces Point (AP), los cuales tienen que estar instalados en torres de telecomunicaciones, cada uno de estas torres se las denominará nodo repetidor que constan de equipos routers, que permiten el direccionamiento de la información hacia el servidor de base de datos que se ubica en la central de la empresa eléctrica.

El circuito electrónico que contiene el módulo WI-FI, tiene una programación que envía datos permanentemente cada 30 minutos, los cuales son la información de la luminaria, como IP, MAC, estado del sistema, estado de la lámpara, corriente, potencia, entre otros, los mismos que son recolectados por transductores analógicos. Se utiliza una red por cada sector de luminarias, de tal forma que se optimice su tratamiento y se fortalezca la seguridad.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de control y monitoreo, en base a circuitos electrónicos y equipos de comunicación inalámbricos, que permitan optimizar el consumo de energía eléctrica en el Sistema de Alumbrado Público de lámparas de sodio para la provincia de Santa Elena.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Elaborar un circuito electrónico que permita adquisición y envío de información hacia un servidor de base de datos, y el control remoto de las luminarias.
- Determinar la clase de red lógica que se necesita para cubrir los diferentes sectores de luminarias en el cantón La Libertad.
- Diseñar la infraestructura para el montaje de los equipos de telecomunicaciones y poder realizar los enlaces necesarios básicos.
- Demostrar mediante un prototipo la operatividad técnica del sistema de red telemétrico para las luminarias de sodio de la provincia de Santa Elena haciendo uso de una aplicación Web.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

El sistema telemétrico debe hacer uso de una red local propia para no utilizar prestaciones de infraestructuras de telecomunicaciones ajenas.

El sistema electrónico enviará información constante en un período de tiempo previamente establecido sobre el estado de la luminaria a través de una red inalámbrica local hacia el servidor de base de datos.

El sistema de red telemétrico para las luminarias, permitirá agilizar el tiempo de asistencia técnica por parte de personal de la empresa, alargando la vida útil de los componentes eléctricos que conforman la luminaria. Además, permitirá controlar el encendido o apagado remoto de la lámpara, siempre y cuando ésta se encuentre en buen estado.

La red de comunicaciones debe permitir expansiones para futuras implementaciones.

Mediante la elaboración de un prototipo del sistema de red telemétrico se espera conseguir el accionamiento de la lámpara desde el servidor web conectado a la red local inalámbrica y que responda a la acción ejecutada. También se espera recibir en n (n=minutos establecidos) tiempos información del estado de las luminarias.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Santa Elena posee el sistema de alumbrado público tradicional, el cual consta de lámparas de sodio de alta presión para la iluminación de las vías principales y alternas, ya sea en ciudades, comunas, parroquias, barrios, etc., las cuales conforman el Sistema de Alumbrado Público General (SAPG). En la actualidad existen otras tecnologías como las luminarias LED, que contribuyen al ahorro energético y son de tecnología amigables para el medio ambiente, la provincia de Santa Elena aún no realiza la migración a esta tecnología, sin embargo de a poco se va han instalado en sectores céntricos.

Debido a la cifra numerosa de luminarias que actualmente se mantiene instalada para la iluminación de toda la provincia, la empresa eléctrica no tiene conocimiento exacto de su estado operativo, por tal motivo se pueden encontrar luminarias con estados irregulares en el funcionamiento, esto ocasiona que los ciudadanos peninsulares tengan una mala apreciación del servicio que ofrece la empresa de distribución en cuanto al mantenimiento del alumbrado público; mediante testimonios de los técnicos manifiestan que dicha empresa recibe en mayor

porcentaje reportes de lámparas que se encuentran en estado apagado por las noches, y las que están en estado encendidas en el día, su índice de reportes es menor, según los datos obtenidos de un informe de incidencias del sistema de luminaria por el departamento de luminaria de la empresa eléctrica, detallado en el anexo 1, se obtuvo como resultado que el índice de atención inmediata para el sistema de alumbrado público es menos del 30%, por esta razón se aprecia en las calles de la provincia lámparas encendidas a plena luz del día originando un consumo energético, en el anexo 2, mediante cálculo matemático se obtuvo un estimado de las pérdidas económicas que puede representar esta incidencia.

El sistema de Alumbrado Público existente para la iluminación mediante lámparas de vapor de sodio en la provincia de Santa Elena seguirá prevaleciendo por un largo tiempo, por lo tanto se debe optimizar estos recursos en bienestar de la sociedad, convirtiendo al sistema tradicional en una tecnología amigable para los habitantes.

Iluminar todos los rincones de la provincia de Santa Elena, es una acción que se la realiza para evitar inconvenientes tanto por seguridad como por estética, el promedio de consumo por lámpara necesario es 12 horas, pero si la lámpara sobrepasa ese promedio de horas se estaría ocasionando un consumo sin justificación, además resta el tiempo de vida útil de los componentes eléctricos que conforman la luminaria, proyectos que regulen este problema deben tener apoyos para implementación con el fin de fortalecer la seguridad de los habitantes y preservar el sistema de iluminación, basado en los Objetivos Del Buen Vivir número 3 y 11, que establecen “Mejorar la calidad de vida de la Población”, y “Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial tecnológica”.(GOBIERNO NACIONAL DEL ECUADOR, n.d.)

Por tales motivos se pretende dar solución a esta problemática diseñando un sistema de monitoreo y control de las luminarias, garantizando que sus visitantes no se lleven una mala imagen de la atención que se brinde al sistema de alumbrado público y sientan un confort del sistema de iluminación.

La realización de este proyecto tendrá un impacto favorable para la sociedad, ya que mantendrá debidamente las calles iluminadas por las noches para contrarrestar la delincuencia; además el sistema de Alumbrado Público se optimiza permitiendo ejecutar ordenes remotas para el encendido o apagado de la lámpara, se sabe en ciencia cierta que está ocurriendo con la luminaria debido al envío automático de la información hacia un servidor de base de datos para en caso de algún fallo ser asistido lo más pronto posible. En cuanto a los elementos eléctricos de la luminaria se a larga su tiempo de vida útil evitando mantenimientos y cambios con frecuencias. Ante la población se muestra una excelente imagen al mantenimiento efectivo del Sistema de Alumbrado Público General.

1.6 METODOLOGÍA

EXPLORATORIO:

Se consiguió información con personal técnico de la CNEL, referente al mantenimiento que se brinda a las luminarias con mal funcionamiento.

Se pidió información a la CNEL departamento proyecto GIS, para saber con exactitud la cantidad de luminarias instaladas en la provincia.

DESCRIPTIVO:

Se hizo una descripción general del estado del sistema actual de luminarias en la provincia de Santa Elena, mediante informes estadísticos facilitado por el departamento de luminarias de la CNEL, a fin de entender las causas principales de daños, mal funcionamiento y la falta de comunicación de usuarios de reportar problemas en luminarias.

Población, fuentes y técnicas de recolección de información

- **Población:** Se aplicó los métodos de recolección de información en el barrio Manabí del cantón La Libertad, perteneciente a la Provincia de Santa Elena.
- **Beneficiario Directo:** Como beneficiario directo tenemos a la Corporación Nacional Eléctrica Santa Elena (CNEL-Santa Elena).
- **Beneficiarios Indirectos:** Los beneficiarios indirectos: Habitantes de la provincia de Santa Elena, turistas que se sirven de la red de alumbrado público en época de vacaciones o fines de semanas.

Fuentes de investigación

- **Fuentes primarias:** Observación directa a una parte de las luminarias instaladas en la provincia de Santa Elena, cantón La Libertad.
- **Fuentes secundarias:** Consulta al departamento de luminarias sobre la atención que se brindan a los fallos que ocurre en el sistema de Alumbrado Público actual.

Técnicas de recolección de información.

- **Observación:** Recorrido al sistema de luminarias en las principales avenidas y zonas accesibles de la provincia de Santa Elena, cantón La Libertad.
- **Entrevista:** Pregunta verbal al administrador y al personal técnico que se encargan del mantenimiento de la red de luminarias, y a la ciudadanía.

CAPÍTULO II

PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 MARCO CONTEXTUAL

Santa Elena es una de las 24 provincias que conforma el Ecuador fundada el 7 de noviembre de 2007, posee una extensión territorial alrededor de 3762 km², limitada al norte por la provincia de Manabí, al sur y este por la provincia del Guayas, y al Oeste por el Océano Pacífico(DIRECCIÓN DE MÉTODOS ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN, 2014b), posee hermosas playas, lo cual es un atractivo turístico para el Ecuador y el mundo. Conocida como la provincia más joven y una de las más pequeñas del país, la provincia de Santa Elena está conformada de tres cantones, las cuales son Santa Elena, La Libertad y Salinas, cada una de ellas iluminadas constantemente por las noches por medio del sistema tradicional de alumbrado público, en su mayoría son lámparas de sodio de alta presión; según datos que descansan en la Corporación Nacional Eléctrica de Santa Elena existen alrededor de 26890 luminarias instaladas, en el anexo 3 se las detalla por cantón, y por capacidad.

El cantón La Libertad, se ubica geográficamente en la parte occidental de la provincia de Santa Elena, entre los cantones Salinas y Santa Elena, su extensión superficial es aproximadamente de 26 km², se encuentra en la zona 5 de planificación, cuenta con 1 parroquia, representa el 0.7% de la provincia de Santa Elena, tiene una población de 95942 habitantes divididos en 49.9% Mujeres y 50.1% Hombres, el cual denota el 31.1% respecto al total de la provincia, la población es 100% urbana(DIRECCIÓN DE MÉTODOS ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN, 2014a). La figura 1, muestra la ubicación geográfica del cantón La Libertad, con sus respectivos límites.

Norte: Desde el término de carretero que une la Represa Velasco Ibarra con el sitio Punta de Suche, en la Bahía de Santa Elena, por la línea Costa hacia el Este, hasta la desembocadura del Estero Murciélago. En la población de Ballenita.

Este: Del estero Murciélago, aguas arriba, hasta sus nacientes. De estas nacientes la línea imaginaria al Sur, hasta alcanzar la confluencia de los ríos Hondo y Pinargoti.

Sur: Desde la confluencia de los Ríos Hondo y Pinargoti, la línea latitudinal al Oeste, pasando por los campamentos mineros de San Francisco y Achallán, alcanza la bifurcación de los carreteros que conectan al sitio Punta de Suche, con Punta Carnero y el Sitio Punta de Suche con la Represa Velasco Ibarra.

Oeste: Desde este punto de bifurcación de los carreteros indicados, sigue por la carretera hacia el norte, hasta alcanzar el sitio Punta de Suche en la Bahía de Santa Elena.(WIKIPEDIA, 2015)

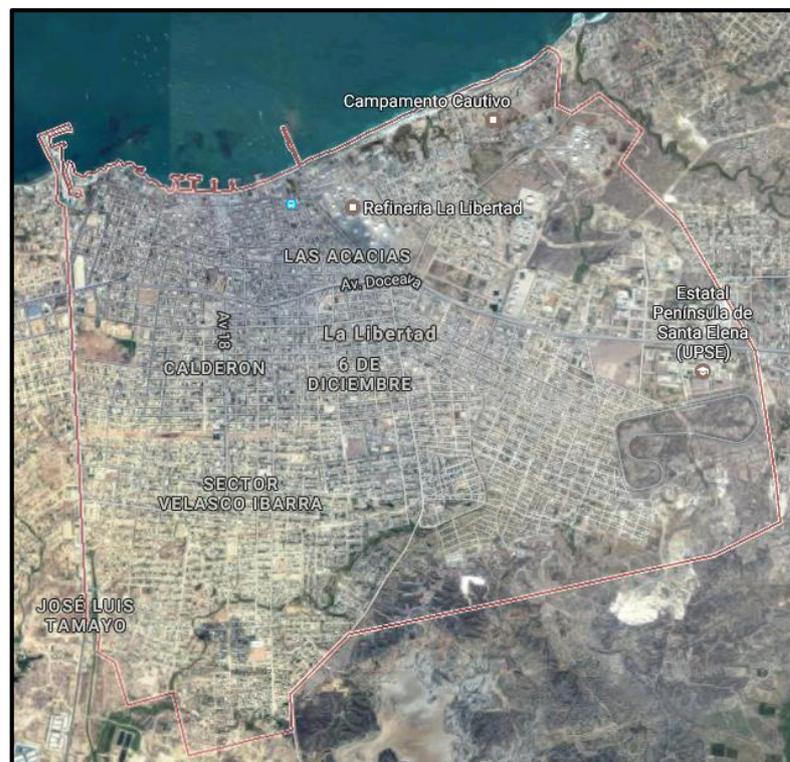


Figura 1: Ubicación geográfica del cantón La Libertad: Google Maps.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 LA ELECTRICIDAD.

La electricidad es una de las principales formas de energía que se consumen en el mundo y constituye parte integral de la vida de los seres humanos, de hecho, el 14% del consumo energético de los ecuatorianos es electricidad. Esto permite producir efectos luminosos, mecánicos, caloríficos, químicos y otros, presentes en todos los aspectos de la vida cotidiana como en los electrodomésticos, el transporte, la iluminación, la industria, por citar algunos (Constante, 2016).

La iluminación es un factor muy importante tanto en las zonas urbanas como también rurales, debido a que se reducen riesgos delincuenciales, sino se tiene un mantenimiento adecuado en los sistemas de iluminación, esto puede llegar a convertirse en una molestia para los habitantes y visitantes (López Arias, 2015).

El alumbrado público es el servicio público permanente en la iluminación de las vías, parques, y demás espacios de libre circulación públicos, el objetivo del sistema de alumbrado público es proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades de la ciudadanía. (CONECEL, 2006)

La Luminaria es el aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación. (Gonzalo Ezquerro, Gandolfo, Ramos, & Urraca, 2001).

En la figura 2, se muestra las partes de una luminaria que posee el sistema de alumbrado público.

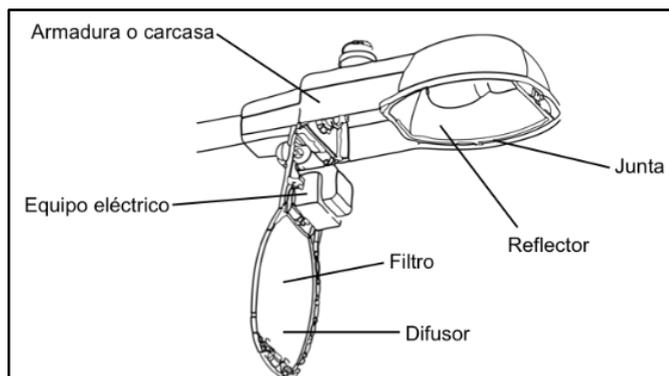


Figura 2: Partes de una luminaria: THOMAS & BETTS CORPORATION.

El equipo eléctrico de una luminaria está formada por balasto, condensador, arrancador, fusibles, portafusibles y lámparas. Las conexiones internas entre los elementos del conjunto eléctrico y óptico de la luminaria, se deben realizar a través de un concentrador de conexiones, el cual permita estructurar, organizar y agrupar el cableado interno de las luminarias(Forja Estilo, 2016), la figura 3, muestra las conexiones internas de los elementos de la luminaria.

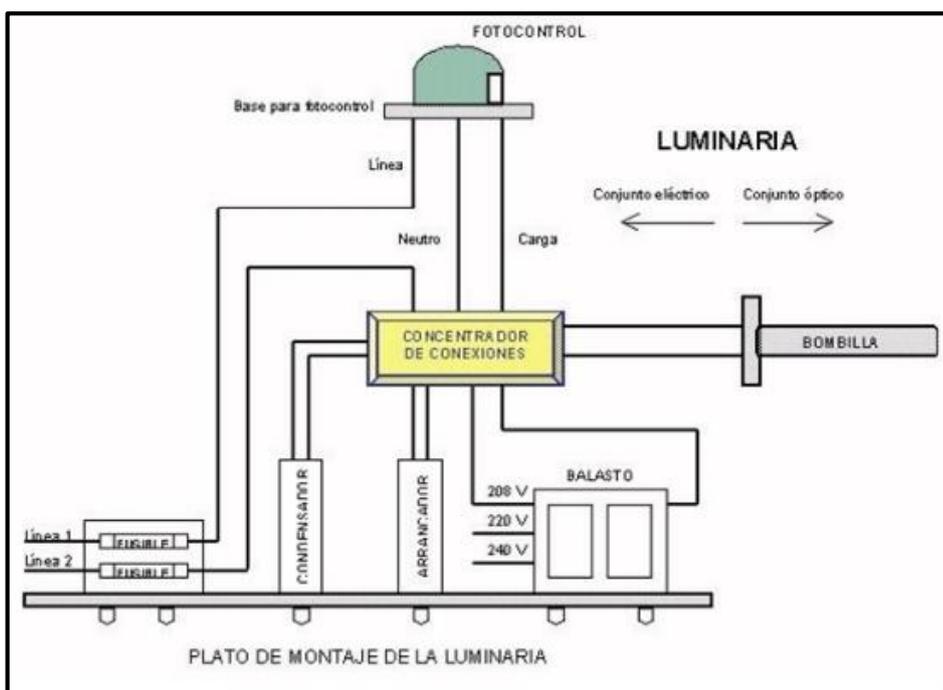


Figura 3: Esquema de conexiones internas de la luminaria: CODENSA S.A.

La fotocélula es el mecanismo que permite abrir o cerrar un circuito, encendiendo o apagando la lámpara, su funcionamiento depende de la intensidad de la luz solar que incide sobre él mismo. Son utilizadas comúnmente en sistema de alumbrado público(Rodríguez Compeán, 2005).

Las lámparas de sodio que exponen radiaciones que constituyen un espectro con bandas más anchas, la actividad luminosa y reproducción cromática son el punto débil de estas lámparas. Las capacidades más utilizadas en instalaciones para alumbrados públicos son 70W, 100W, 150W, 250W, 400W, etc.(OBRAMAT, n.d.).

2.2.2 REDES INALÁMBRICAS.

Es la comunicación que se realiza entre un transmisor y un receptor, sin necesidad de un medio físico, sino más bien utilizan ondas electromagnéticas. La red inalámbrica permite la comunicación de dispositivos que estén cerca o distantes, facilitando la comunicación sin necesidad de infraestructuras costosas, además en cuestión de mantenimiento no es muy relevante a diferencia de los medios guiados, lo que supone un comodidad y reducción de costos. La figura 4, detalla la categoría de las redes inalámbricas: Red de Área Personal Inalámbrica (WPAN), Red de Área Local Inalámbrica (WLAN), Red de Área Metropolitana Inalámbrica (WMAN), Red de Área Extendida Inalámbrica (WWAN).

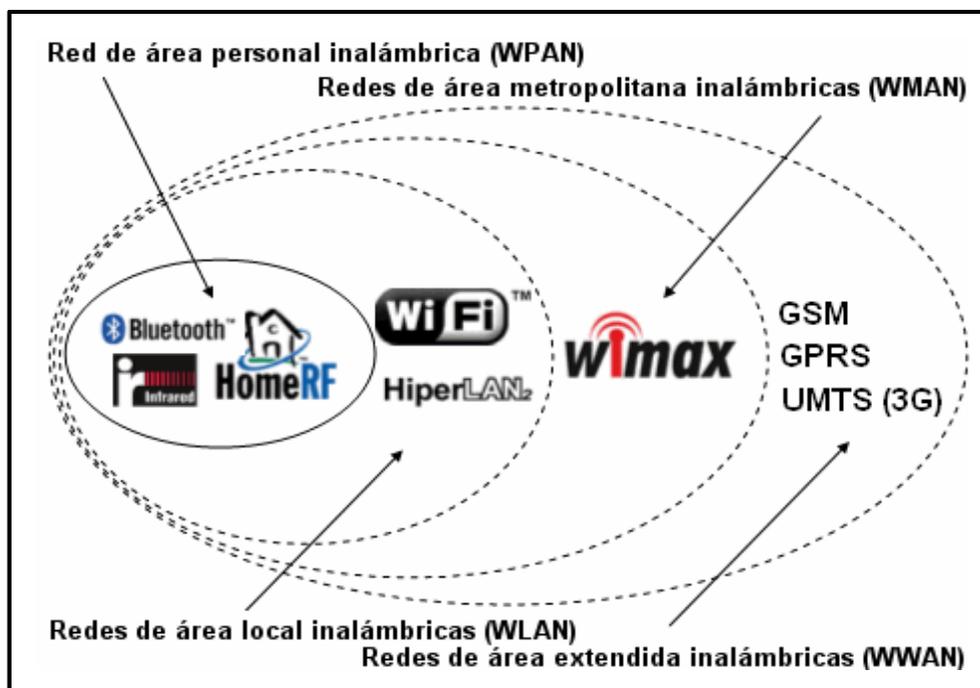


Figura 4: Categoría de Redes Inalámbricas: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>

Al igual que una red alámbrica tiene definida una topología, la cual esquematiza la distribución de la comunicación en forma lógica, es decir cómo se encuentran interconectados los equipos de comunicación inalámbricos, las cuales son IBSS, BSS y ESS.

IBSS (Independent Basic Service Set), es una Comunicación que se realiza de manera independiente sin intervención de Puntos de Accesos, llamada también Red Ad-Hoc, como se muestra en la figura 5.

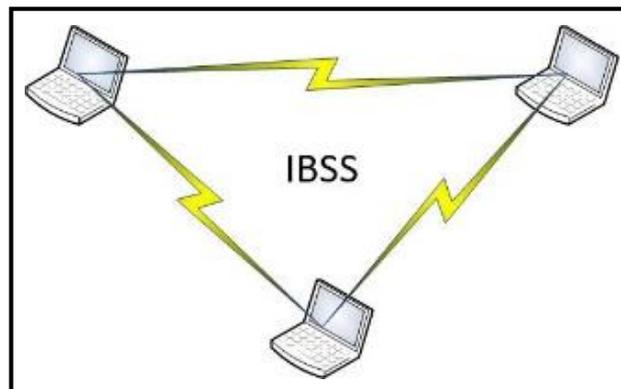


Figura 5: Topología Inalámbrica IBSS: Creado por Autor, desde software Microsoft Visio.

BSS (Basic Service Set) a diferencia de IBSS, utiliza un Punto de Acceso para comunicar a los demás Hosts dentro de su zona de cobertura, mejorando el alcance de la comunicación, tal como lo muestra la figura 6.

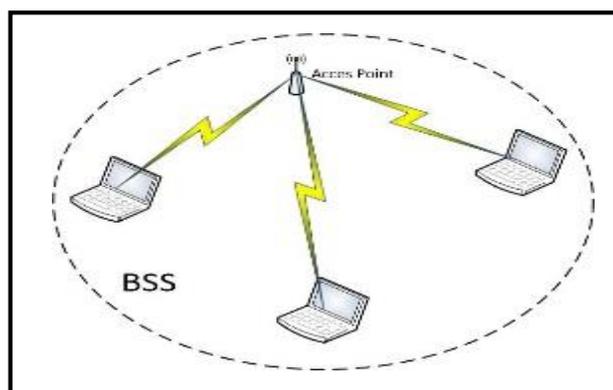


Figura 6: Topología Inalámbrica BSS: Creado por Autor, desde software Microsoft Visio.

ESS (Extended Service Set), es la unión de uno o más BSS, interconectados a través de un sistema distribución común, puede ser por un medio guiado o no guiado, en WLAN, o LAN, en la figura 7, se muestra la topología ESS.

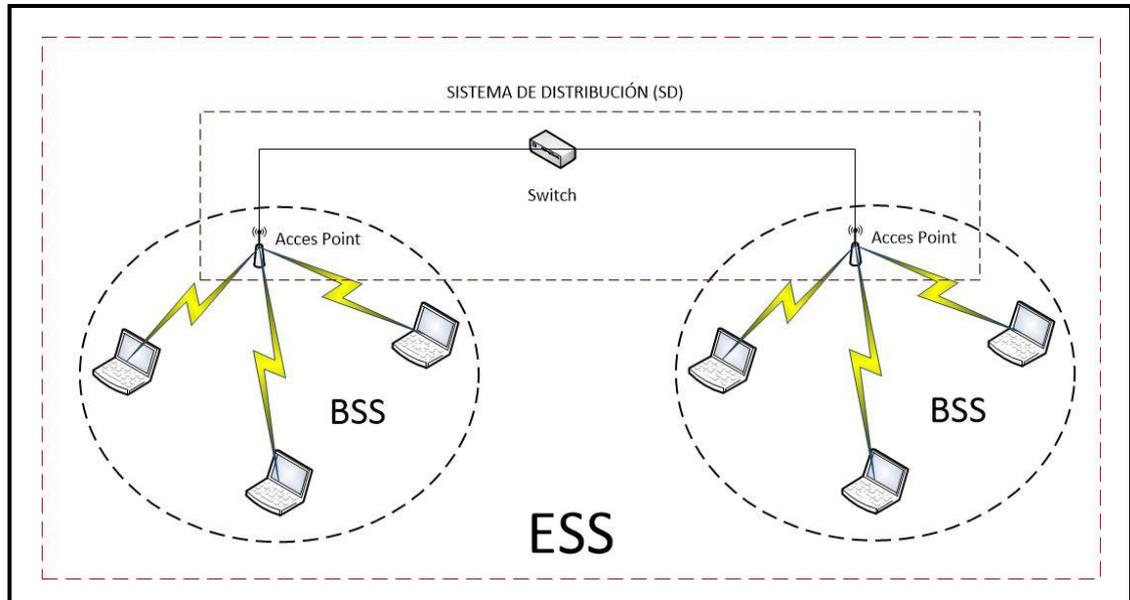


Figura 7: Topología Inalámbrica ESS: Creado por Autor, desde software Microsoft Visio.

2.2.3 TECNOLOGÍAS WI-FI.

Tecnología de comunicación inalámbrica WI-FI, utilizan ondas electromagnéticas que se transmiten a través de bandas de frecuencias libres, sus longitudes de ondas son cortas, utilizan potencia de transmisión muy baja, se le denomina WLAN o estándar IEEE 802.11.

Comúnmente WI-FI opera en la frecuencia 2.4Ghz, los equipos que transmiten a esta frecuencia son utilizados para distancias cortas, debido a su corto rango de cobertura, la zona de Fresnel es amplia, pero esta frecuencia se ve saturada por equipos caseros, sin embargo esto depende de las condiciones físicas en las que se encuentran. Los dispositivos que trabajan en la banda de frecuencia 2.4Ghz, se acogen a una división de la banda, 14 canales para ser exactos, los cuales van desde 2,412Mhz a 2,484Mhz, cada canal tiene un ancho de banda de 22Mhz, con una

separación de 5Mhz por canal. En la figura 8, podremos observar los canales en la banda 2.4Ghz, y también el solapamiento que existen entre canales.

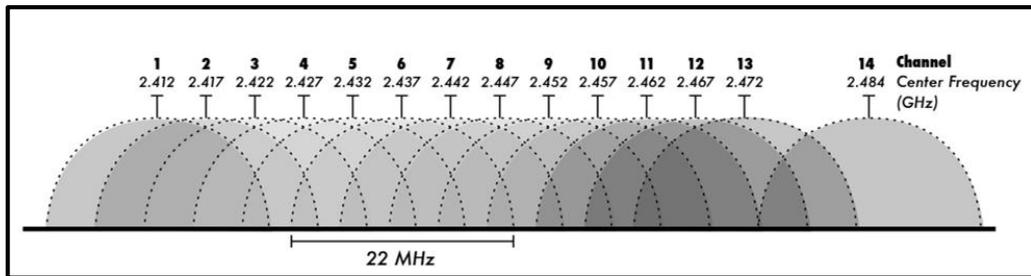


Figura 8: Banda de Frecuencias 2.4Ghz: WIRELESS NETWORK IN THE DEVELOPING WORLD.

Los equipos que operan en la banda de frecuencia 5Ghz son utilizados para comunicaciones de largas distancias, hasta unos 30km aproximadamente, su zona de Fresnel es más reducido que el de 2.4Ghz, por tal motivo, tiene menos interferencia al ruido de otros equipos. Pero la desventaja es que su atenuación con obstáculos es muy alta y requiere línea de vista para establecer una comunicación fiable. Los dispositivos que operan en frecuencia 5Ghz, se acogen a una división de la banda, los cuales van desde 5,170Mhz a 5,825Mhz, según La Infraestructura de Información Nacional sin Licencia (U-NII), los equipos de comunicación en 5Ghz, operan en las siguientes bandas, tal como lo describe la tabla 1:

BANDA	FRECUENCIA
U-NII-1	5.150-5.250Ghz
U-NII-2A	5.250-5.350Ghz
U-NII-2B	5.350-5.470Ghz
U-NII-2 Extended	5.470-5.725Ghz
U-NII-3	5.725-5.850Ghz
U-NII-4	5.850-5.925Ghz

Tabla 1: Bandas de Frecuencias 5Ghz: FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION.

2.2.4 ESTÁNDAR 802.11.

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), es una asociación mundial de ingenieros sin ánimos de lucro, con el único objetivo de estandarizar y

desarrollar áreas técnicas. Uno de sus estándares es el 802.11, enfocado en las WLAN.

El estándar 802.11 es el encargado de crear el nivel inferior la capa 1 y la capa 2, del modelo OSI, para los medios no guiados, es decir comunicación que utiliza ondas electromagnéticas para la transmisión y recepción de información. En la capa 1, denominada capa Física, se establecen tres niveles de codificación: DSSS (Acceso Múltiple por División de Códigos en Secuencia Directa), (FHSS.-Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia) e INFRARROJO (Variación de la intensidad un diodo láser o led). La capa 2, Enlace de Datos se encuentra compuesta por dos subcapas: LLC (Control de Enlace Lógico) y MAC (Control de Acceso al Medio).

El estándar IEEE 802.11, utiliza una velocidad para transmisión que va entre 1 a 2 Mbps, sin embargo se ha modificado para ofrecer mejoras en velocidad de transmisión, y más distancias de comunicación. Entre las modificaciones tenemos el estándar 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n.

802.11a se basa en su predecesor 802.11, pero a diferencia que se lo utiliza para comunicaciones inalámbricas en frecuencia 5Ghz, trabaja con OFDM (Multiplexación por división de Frecuencias Ortogonales) de 52 sub-portadoras, teóricamente puede llegar a una tasa máxima de transmisión de 54Mbps. (IEEE, 1999)

802.11b operan en frecuencias 2.4Ghz, alcanzando una máxima tasa de transmisión de 11Mbps, el método de acceso es DSSS igual al 802.11. En práctica se han realizados pruebas reales, con el protocolo TCP puede llegar hasta 5,9Mbps y con UDP 7,1Mbps. (IEEE, 1999).

802.11g es la evolución de 802.11b, emitida en junio de 2003, operando en misma banda, sin embargo incrementando su tasa teórica de transmisión a 54Mbps, Compatible con 802.11b porque utilizan las mismas frecuencias para su operación.

Existen equipos que emplean este estándar y que pueden llegar a transmitir hasta más de 50km. (IEEE, 2003).

802.11n, llegó con el fin de alcanzar una mayor tasa de transmisión logrando llegar hasta tasas de transmisiones de 600Mbps, consiguiendo ser más rápidas que los estándares habituales; además se implementó la tecnología MIMO (Múltiple Input Múltiple output). (IEEE, 2008).

2.2.5 PROTOCOLOS DE SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS Y CONTROL DE ACCESOS.

Las redes inalámbricas son de vital importancia para las comunicaciones de lugares remotos, eliminando esa barrera distancia para que se genere una comunicación; debido a que la comunicación se la realiza por ondas electromagnéticas no existe la garantía de que nadie pueda estar interceptando la información que se realiza entre el transmisor y receptor, es muy común que personas mal intencionadas quieran sustraer la información de los demás, afectando la seguridad de los datos, por tal motivo nacen protocolos de seguridad para cifrar la información, brindando la seguridad para la información, tales como WPA y WPA2.

Acceso Protegido WI-FI (WPA), forma parte del Estándar 802.11i. Establece los privilegios de acceso mediante un servidor de autenticación, el cual es el que identifica a los usuarios de la red. El vector de inicialización consta de 48bits, y para el control de integridad utiliza MIC (Message Integrity Code). Como mejora de WPA, aparece WPA2 (WI-FI Alliance, 2004). La operación de ambos protocolos de seguridad se realiza de dos modos: La autenticación, mediante códigos de seguridad EAP o PSK, y la encriptación, utiliza algoritmos como TKIP o AES (siendo AES, más seguro). Para ayuda de los protocolos de seguridad, se crea la técnica filtrados MAC, el cual aumenta la seguridad para el acceso de los usuarios de las redes inalámbricas, su función es permitir el ingreso al host que se encuentra en la lista de dirección física establecida manualmente.

2.2.6 ANTENAS DE TELECOMUNICACIONES.

Estos dispositivos denominados antenas, se utilizan para la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas a través del espectro electromagnético, existiendo de diferentes tipos, unas de mayor y otras de menor alcance. (José Huidobro, 2013).
Direccionales, Omnidireccionales y Sectoriales.

Las antenas direccionales, concentran su potencia en una dirección específica, y reduce las interferencias. En la figura 9, se observa que el patrón de radiación tiene un haz estrecho debido a que son muy directivas.

Las antenas omnidireccionales, proporcionan un patrón de radiación horizontal de 360 grados. Se utilizan cuando se necesita cobertura en todas direcciones (dentro del plano horizontal) desde la antena, la figura 10 detalla el patrón de radiación.

Las antenas sectoriales, poseen un haz más amplio que las direccionales, pero no más que las omnidireccionales, cuenta con más alcance que una omnidireccional pero menos que las direccionales, en la figura 11, se observa dicho patrón de radiación.

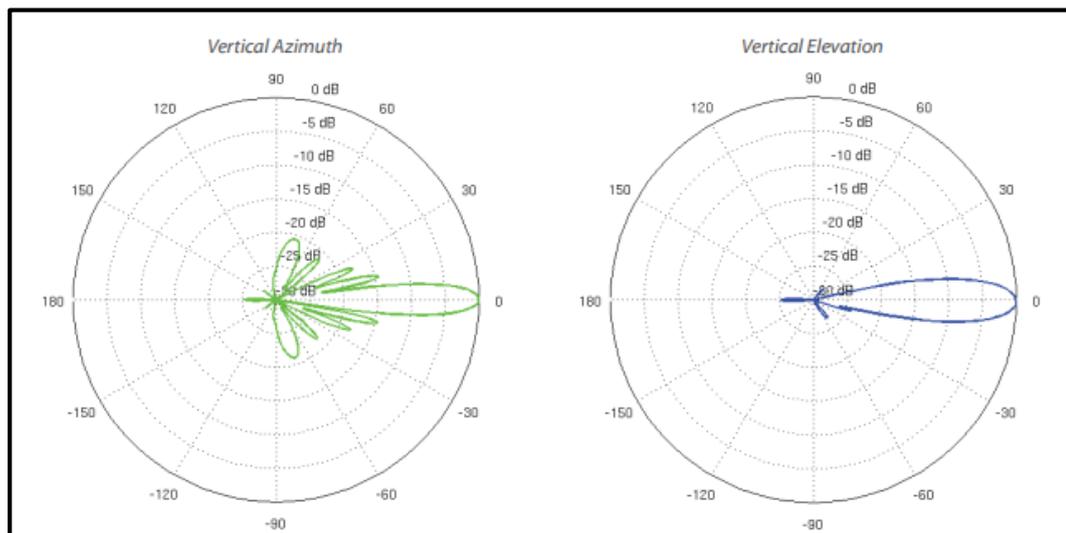


Figura 9: Patrón de radiación de una Antena Direccional:
www.ubnt.com/airmax/powerbeam

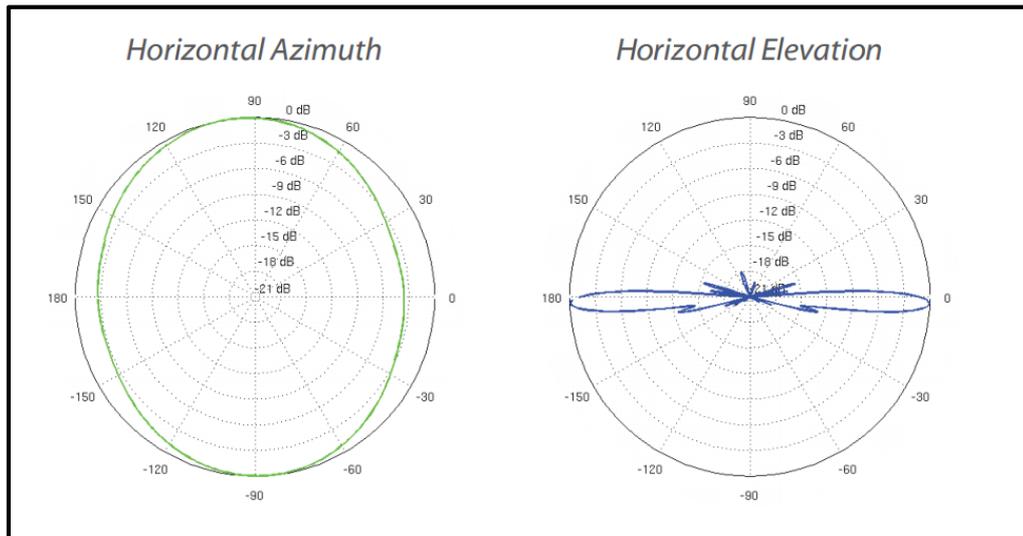


Figura 10: Patrón de radiación de una Antena Omnidireccional:
www.ubnt.com/airmax/airmax-omni-antenna

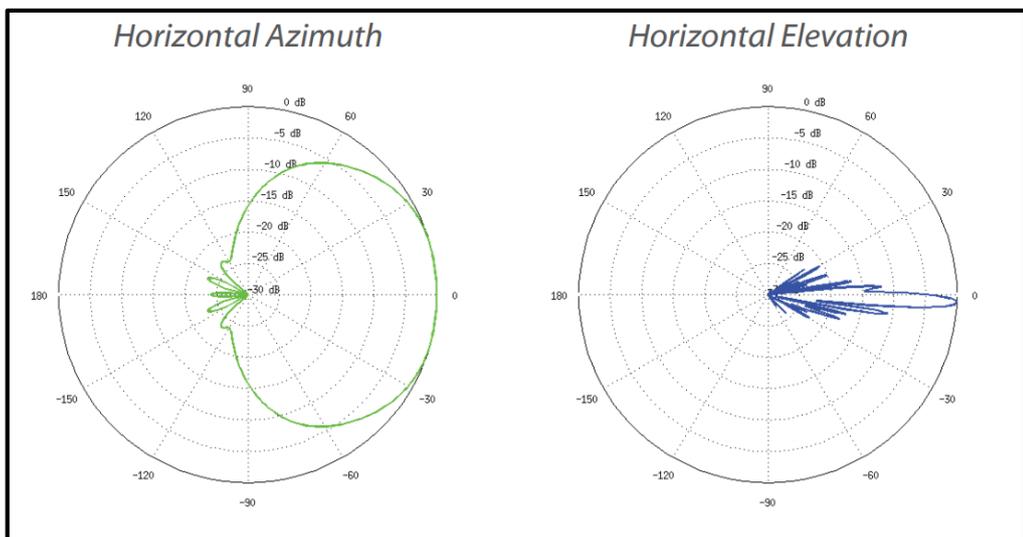


Figura 11: Patrón de Radiación de una Antena Sectorial:
www.ubnt.com/airmax/airmax-sector-antenna

2.2.7 TIPOS DE ENLACES.

Se denominan enlaces Punto a Punto, a la comunicación donde solo existe una vía para el intercambio de información, tal como se muestra en la figura 12.

Enlaces Punto a Multipunto, cuando existe una sola ubicación para distintas rutas de comunicación, tal como se observa en la figura 13.



Figura 12: Enlace Punto a Punto: Creado por Autor, desde software Microsoft Visio.

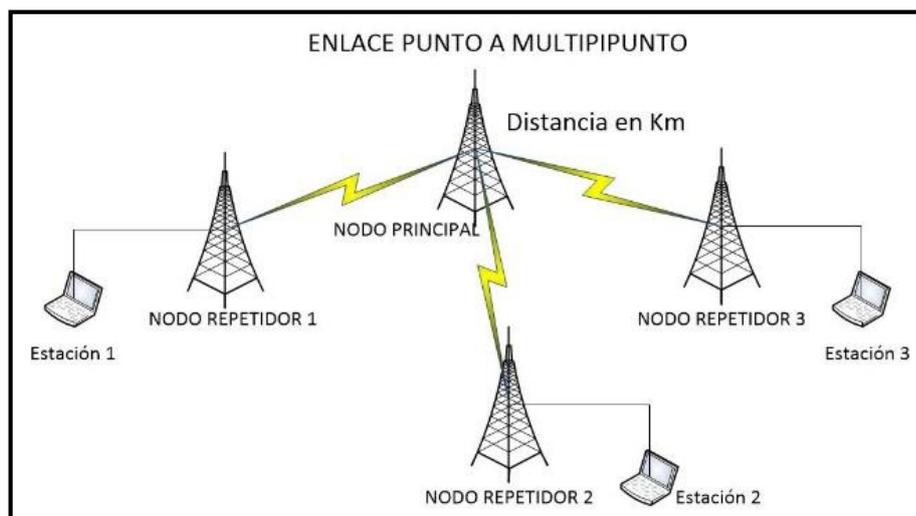


Figura 13: Enlaces Punto a Multipunto: Creado por Autor, desde software Microsoft Visio.

2.2.8 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.

Según la Arcotel “El espectro radioeléctrico constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial.” Mediante esta vía es posible ofrecer variedad de servicios de telecomunicaciones que tienen una importancia creciente para el desarrollo económico de un país. Según la Constitución del Ecuador, “El espectro radioeléctrico es considerado como un sector estratégico, por tanto, el Estado se reserva el derecho de su administración, regulación, control y gestión. Dentro de este contexto, La legislación de telecomunicaciones ecuatoriana lo define como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio público del Estado, inalienable e imprescriptible.”

2.3 MARCO TEÓRICO

En el año 2010, Los sistemas de Telegestión son considerados necesarios para la administración del Alumbrado Público, reduciendo la atención a fallas, permitiendo cumplir las exigencias de ahorro energético y con la calidad de servicio para la iluminación. Para poder implementarse deben cumplirse requerimientos previos.(Suárez Acevedo, 2010). Efectivamente sí, un sistema de Telegestión ha sido creado para reducir esos consumos innecesarios mediante la atención directa inmediata de manera remota, para reducir tantos gastos operativos como el impacto ambiental, además que eleva el nivel del lugar donde se implementa haciendo prevalecer la tecnología, ubicando al sitio como referentes en la aplicación de conjuntos de técnicas de la nueva era.

Después de 5 años, surgen proyectos a fin de incorporar la telegestión al sistema alumbrado público, es el caso de la tesis de grado de del autor Masaquiza Masaquiza Christian, con su tema “Análisis del sistema de alumbrado público, para la presentación de una propuesta de telegestión en los parques, Juan Montalvo y Pedro Fermín Cevallos de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, año 2015”, el cual se enfoca a la supervisión y el control remota de las lámparas de dichos parques(Masaquiza Masaquiza, 2015).

En el 2015, en un trabajo de titulación mediante una investigación exhaustiva se menciona que la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, ya utiliza la tecnología de telegestión para abonados finales en los sectores Vía a la Costa, Ceibos, Miraflores, Lago Capeira, Lago Fuerte, 5to Guayas, entre otras, con el fin de recolectar información del consumo y para posterior envío, también realizan cortes remotos del suministro de energía eléctrica, utilizando un tecnológico equipo de medición avanzada (AMI).(ARROYO PIZARRO, 2015).

En Ecuador el sistema convencional de alumbrado público se mantiene en su totalidad con Lámparas de Sodio de Alta Presión, pocas son las ciudades que implementan sistemas de telegestión. En el año 2015, la ciudad de Quito en ciertos

lugares céntricos ha realizado la implementación de estas nuevas tecnologías para la optimización de la iluminación y consumo energético. Este proyecto se basó en la instalación de circuitos controladores en cada lámpara, la que permite enviar información del estado de la lámpara y realizar el control de apagado o encendido.(SMARTLIVINGPLAT, 2015).

En Salinas, específicamente en el malecón existe instalado un proyecto piloto de telegestión, diseñado por el Ing. Daniel Flores, el cual hasta el día de hoy sigue operando, la tecnología implementada es mediante redes celulares GSM, su funcionamiento para accionamiento es grupal, y el envío de información funciona de igual forma.

Todos los trabajos de titulación en cuanto a sistemas de telegestión para alumbrado público, tienen en común la eficiencia energética, la atención inmediata, y la seguridad de los habitantes, esta propuesta tecnológica tiene la misma finalidad dirigido para la Provincia de Santa Elena.

2.4 COMPONENTES DE LA PROPUESTA (LÓGICOS Y FÍSICOS)

2.4.1 COMPONENTES FÍSICOS.

2.4.1.1 ARDUINO MEGA 2560

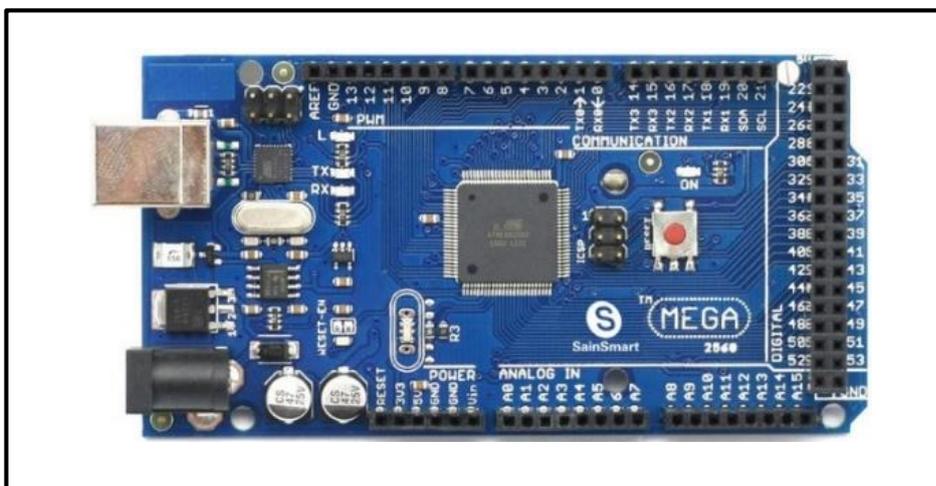


Figura 14: Arduino Mega2560: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>

El Arduino Mega2560 es una placa electrónica, compuesta por el microcontrolador ATmega2560, el cual en su distribución tiene 54 pines digitales, que pueden ser utilizados como entrada/salida. Consta de 16 entradas analógicas, 4UARTS, es decir 4 puertos series hardware, un oscilador de cristal de 16Mhz.

Microcontrolador	Atmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Digital pines I / O	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	Dieciséis
Corriente DC por Pin I / O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	256 KB de los cuales 8 KB utilizado por cargador de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Longitud	101.52 mm
Anchura	53,3 mm
Peso	37 g

Tabla 2: Especificaciones Técnicas MEGA 2560:
<https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>

El ATmega2560 posee una memoria flash de 256KB para almacenar el código, 8KB son utilizados en el arranque. Los pines digitales pueden proporcionar o recibir hasta 20mA, además poseen una resistencia pull-up entre 20-50 kohms. Los pines digitales para la utilización de los puertos Serie son: 0 (RX) y 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) y 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) y 16 (TX); Serie 3: 15 (RX) y 14 (TX). Se utiliza para recibir (RX) y transmitir datos en serie (TX) TTL. Consta de 16 entradas analógicas, con una resolución de 10 bits, es decir 1024 valores distintos, que van desde 0 a 5V.

2.4.1.2 SENSOR DE CORRIENTE PARA ARDUINO PIC ACS712

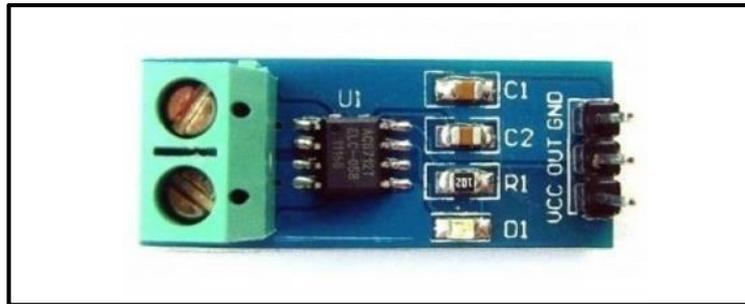


Figura 15: Sensor de Corriente ACS712: ALLEGRO MICROSYSTEMS, LCC

Este sensor trabaja por medio del efecto Hall, dando una solución económicamente viable a la realización de la propuesta para medir corriente alterna, ya que su función es transformar el campo magnético que pasa por un alambre de cobre que tiene interno el sensor a voltaje variable, el cual luego será tomado para su respectivo análisis en las placas controladoras, ya que su salida es digital. Existen 3 modelos que permiten medir hasta cargas de 30A, dependiendo del integrado, como lo muestra la siguiente tabla 3:

MODELO	CORRIENTE (A)	SENSIBILIDAD (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	±30	66

Tabla 3: Modelos de Sensor ACS712: ALLEGRO MICROSYSTEMS, LCC

De estos modelos para la propuesta se recomienda ACS712ELCTR-05B-T, debido a que la máxima corriente que llegaremos a medir puede ser aproximadamente 4A.

2.4.1.3 MÓDULO WI-FI ESP8266-01



Figura 16: Modulo WI-FI ESP8266-01: SPRESSIF SYSTEMS.

Este módulo contiene un SOC (System on Chip) integrado con la capa TCP/IP, que permite que cualquier microcontrolador se pueda conectar a su red WI-FI, trabaja en la frecuencia 2.4GHz, cada módulo viene pre-programado con firmware de comandos AT, para conectarlo al microcontrolador y simular las funciones de un Ethernet Shield. Su precio en el mercado es muy bajo, y su nivel de utilización para aplicaciones Internet of Things (IoT), es muy alta.

Características Técnicas:

- Protocolos soportados: 802.11 b/g/n
- WI-FI Direct (P2p), Soft Access Point
- Stack TCP/IP integrado
- PLL, reguladores y unidades de manejo de energía integrados
- Potencia de salida +19.5dBm en modo 802.11b, y ganancia antena 3dBi.
- Consumo en modo de baja energía: <10 uA
- Procesador integrado de 32 bits, puede ser utilizado como procesador de aplicaciones con puerto GPIO (0, 1)
- Voltaje de Alimentación 3.3v
- Voltaje de Operación 3.3v

De la familia del ESP existen varios que se muestran a continuación:

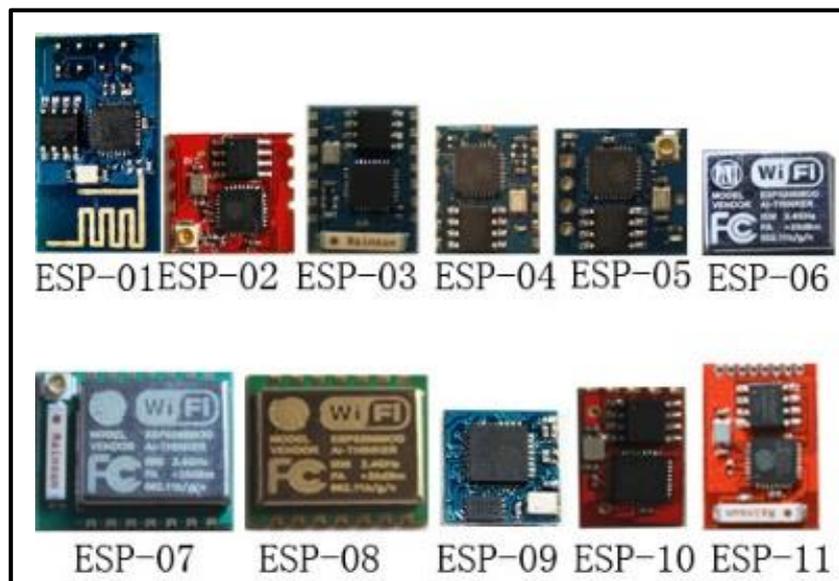


Figura 17: Familia ESP8266: ESPRESSIF SYSTEMS.

La diferencia entre todos los modelos son los pines GPIO, a partir de la serie ESP8266-02 poseen más de 2, las cuales pueden utilizarse directamente sin necesidad de una tarjeta microcontroladora, otra diferencia sería la capacidad de adaptar una antena externa para mayor ganancia, es decir más alcance.

Debido a que se desea integrar al microcontrolador en una red inalámbrica, con el fin de que envíe datos a un servidor, se escogió a este módulo como principal elemento para realizar esa intercomunicación por sus características principales como cliente/servidor. De todos los modelos que hay en el mercado el ESP8266-01 será suficiente para el proyecto, ya que no se hará uso de los pines GPIO, debido a que estará comandado por la tarjeta controladora.

2.4.1.4 RELÉ 5V A 10A

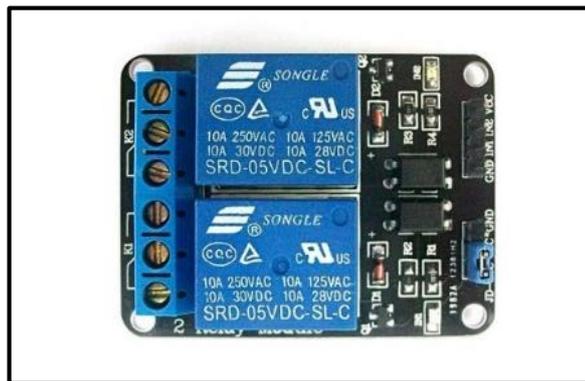


Figura 18: Módulo Relay 5V, 2 Canales: SONGLE RELAY.

Elemento electrónico que permite la conmutación de un estado a otro, permitiendo el paso de corriente alterna hasta 5A y voltajes AC de 110 hasta 220, internamente consta de una bobina la cual se activa aplicando voltajes a partir de 5v. Este módulo es indispensable para el proyecto, porque mediante sus terminales se conectarán los cables que van hacia la carga, para cerrar o abrir el circuito de ser el caso. Además este módulo contiene un optoaislador, dispositivo el cual funciona como interruptor activado mediante luz, con la finalidad de aislar el circuito electrónico con la parte de potencia.

2.4.1.5 RELÉ AC 115V



Figura 19: Relay AC de 115V: SIEMENS INDUSTRY, Inc.

Componente industrial que permite la conmutación entre cargas de corriente alterna, su frecuencia de operación está entre 50hz – 60hz, tiene 3 pines de salida.

La tabla 4, muestra las características técnicas del elemento:

Modelo	LZX:PT370615
Frecuencia mínima	50 hz
Frecuencia máxima	60 hz
Tipo de Voltaje	AC
Voltaje mínimo	115 V
Voltaje máximo	115 V
Contactos NC	0
Contactos NO	0
Contactos CO	3
Comportamiento Switch	Monoestable
Tipo de conexión eléctrica	Terminales tipo tornillo
Ancho	22.5 mm
Altura	28.0 mm
Profundidad	35.0 mm

Tabla 4: Especificaciones Técnicas Relay 115V: SIEMENS INDUSTRY, Inc.

2.4.1.6 RESISTENCIAS

Una resistencia eléctrica es el elemento electrónico que tiene la propiedad de oponerse al flujo de corriente, mientras mayor sea el valor de la resistencia menor el flujo de corriente, y mientras menor resistencia tenga habrá mayor paso de corriente, la capacidad de la resistencias se identifican por su código de colores.

2.4.1.7 EQUIPOS INALÁMBRICOS

Para esta propuesta tecnológica se pone en balanza dos Marcas reconocidas a nivel mundial como lo son Ubiquiti y Mikrotik, para el diseño de la red inalámbrica, una ventaja de estas marcas en cuanto a su utilización es que el coste es muy bajo comparado con marcas predominantes.

EQUIPOS INALÁMBRICOS 5GHZ

Las antenas en frecuencia 5Ghz, generalmente son utilizadas para enlaces de backbone, debido a la fuerte inmunidad que tienen para el ruido, además el enlace que se logra es confiable siempre y cuando exista Línea de Vista (LoS), se analizarán varias características de antenas que podrían cubrir la necesidad de comunicación entre nodos principales de la red inalámbrica para el monitoreo y control del alumbrado público en la Provincia de Santa Elena.

Los equipos de comunicación inalámbricos en frecuencia 5Ghz, que se detallan en el anexo 4, para esta propuesta tendrán un uso exclusivo en su implementación, teniendo como factor importante las distancias entre nodos, la velocidad de transmisión, entre otros. Considerando que la Provincia tiene una extensión muy grande, se diseñará una red en el cantón La Libertad, que servirá como muestra para replicar en los otros cantones. Para realizar este diseño se eligen los equipos de comunicación para los enlaces Punto a Punto, tomando como factor importante el estándar soportado, la frecuencia de operación, ganancia de la antena, potencia de salida, velocidad de transferencia, consumo máximo de energía, alcance, antena externa y precio, como se detalla en la tabla 5.

EQUIPOS INALÁMBRICOS 2.4GHZ

Los equipos inalámbricos en frecuencia 2.4Ghz, serán los encargados de permitir la conexión de los dispositivos finales, es decir serán los puntos de acceso, para

enviar los datos y poder realizar la acción de encender las lámparas y monitorear el SAPG. Para lo cual se hace mención a los posibles equipos de marcas como Ubiquiti y Mikrotik.

Los equipos de comunicación inalámbricos en frecuencia 2.4Ghz, que se detallan en el anexo 5, tienen características excelente, es decir cualquiera de estos se puede elegir para que cumplan el rol de enlaces Punto a Multipunto, en la tabla 6, se hará una comparación entre estos equipos para posterior elegir solamente uno, el cual formará parte del diseño de la red inalámbrica para el cantón La Libertad, por ello se analizará como principales requisitos el estándar soportado, la frecuencia de operación, ganancia de la antena, potencia de salida, velocidad de transferencia, consumo máximo de energía, alcance, antena externa y el precio.

2.4.1.8 ROUTERS

Mikrotik posee una gama de equipos enrutadores, muy económicos para implementación en la red de backbone, además que son excelentes equipos en el momento de operación, dependiendo de la necesidad en la interconexión de las diferentes redes se elige el equipo, a continuación se analizarán varias opciones que pueden ser de excelente elección para la propuesta tecnológica:

En el anexo 6, se detallan las especificaciones técnicas de routers Mikrotiks, de los cuales se analizará los siguientes requerimientos, tales como el procesador, frecuencia nominal, número de núcleos, nivel de licencia, memoria, tamaño de almacenamiento, sistema operativo, y el precio, con el fin de elegir el equipo que formara el núcleo de los nodos principales, tal como se muestra en la tabla 7.

DETALLES	NSM5	PBM5-400	SEXTANG	QRT	ROCKET-M5	BASEBOX-5
Imagen						
Marca	Ubiquiti	Ubiquiti	Mikrotik	Mikrotik	Ubiquiti	Mikrotik
Estándar	802.11a	802.11a	802.11a/n	802.11a/n	802.11a	802.11a/n
Interfaz de Red	10/100	1*0/100	10/100/100	10/100/1000	10/100	10/100/1000
Rangos de Frecuencias	5170-5875 Mhz 5725-5850 Mhz 5250-5850 Mhz	5150-5875 Mhz 5150-5250 Mhz 5250-5350 Mhz 5470-5725 Mhz 5725-5850 Mhz	5150-5875 Mhz	5150-5875 Mhz	5170 – 5875 Mhz 5725 – 5850 Mhz	USA 5170-5250MHz, 5725-5835MHz Internacional 5150MHz-5
Ganancia	14.6 - 16.1 dBi	25 dBi	18dBi	24dBi	0 dBi	0dBi
Potencia de salida	27 dBm	26 dBm	30dBm	30dBm	27 bBm	27dBm
Velocidad de transferencia	54Mbps	150+Mbps	150+Mbps	150+Mbps	150+Mbps	150+Mbps
Max. Consumo energía	8W	8W	11W	11W	8W	14W
Alcance	15km	25 km	20km revisar	25km revisar	0 km	0km
antena externa	No	Si	No	No	No	No
Tipo antena	Panel	Parabólica	Panel	Panel	Adaptable	Adaptable
Ángulo de apertura	43°	15°	60°	60°	Depende de la antena	Depende de la antena
precio	\$150	\$160	\$160	\$169	\$160	\$100

Tabla 5: Comparación especificaciones técnicas de los equipos recomendados Punto a Punto: Elaborado por Autor y referencia de fabricantes.

DETALLES	NSM2	SXT 2	ROCKET M2	BASEBOX 2
Imagen				
Marca	Ubiquiti	Mikrotik	Ubiquiti	Mikrotik
Estándar	802.11b/g/n	802.11a 802.11n 802.11g	802.11g 802.11n/airmax	802.11a 802.11n 802.11g
Interfaz de Red	10/100	10/100/1000	10/100	10/100/1000
Frecuencia de operación	2.4Ghz	2.4Ghz	2.4Ghz	2.4Ghz
Ganancia	10.4 - 11.2 dBi	10 dBi	No	0 dBi
Potencia de salida	27 dBm	30dBm	28 dBm	30 dBm
Velocidad de transferencia	150 Mbps	54Mbps	150Mbps	54Mbps
Max. Consumo energía	8W	11W	6.5W	14W
Alcance	13km	15km	0km	0km
antena externa	No	No	No	No
Tipo antena	Panel	Panel	Adaptable	Adaptable
Ángulo de apertura	60°	60°	Depende de Antena	Depende de Antena
Precio	\$150	\$90	\$160	\$100

Tabla 6: Comparación especificaciones técnicas de los equipos recomendados Punto a Multipunto: Elaborado por Autor y referencia de fabricantes.

DETALLES	RB750	RB750UP	RB750Gr3	RB750r2	RB850Gx2	CCR1016-12G
Imagen						
Marca	Mikrotik	Mikrotik	Mikrotik	Mikrotik	Mikrotik	Mikrotik
Puertos 10/100	5	5	0	5	0	0
Puertos 10/100/1000	0	0	5	0	5	12
CPU	AR7241	AR7241-AH1A-R	MT7621A	QCA9531	P1023NSN5CFB	TLR4-01680CG-12CE-A3a
Num. Núcleos	1	1	2	1	2	16
Frecuencia Nominal	400 Mhz	400 Mhz	880 Mhz	850 Mhz	533 Mhz	1.2Ghz
Nivel de Licencia	4	4	4	4	5	6
Max. Consumo Energía	No especifica	3W	5W	2W	8W	48W
Puerto Serial	No	No	No	Si	RS232	RS232
Memoria	32 MB	32 MB	256 MB	64 MB	512 MB	2GB
Tamaño de almac.	64 MB	No especifica	16 MB	16 MB	512 MB	512MB
Voltaje soportado	12V	8 – 30V	8 – 30V	6 – 30V	8 – 28 V	13 – 28V
Sistema Operativo	RouterOS	RouterOS	RouterOS	RouterOS	RouterOS	RouterOS v6 (64bits)
Precio	\$ 45	\$ 70	\$ 75	\$ 50	\$ 140	\$ 700

Tabla 7: Comparación de especificaciones técnicas de equipos recomendados para router: Elaborado por Autor y referencia de fabricantes.

2.4.1.9 SWITCH

El Switch en la propuesta se utilizará para conectar más elementos a la red, debido a que los puertos de los routers Mikrotik no serán suficientes, por lo cual no se necesitan que sean gestionables. La tabla 8, muestra las características técnicas de los equipos marca TpLink que se recomiendan.

DETALLES	TL-SF1008D	TPLINK TL-SF1016	TPLINK TL-SF1024
Imagen			
Dimensiones	134.5x79x22.5mm	440x180x44 mm	440x180x44 mm
Estándares	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3x, CSMA/CD	IEEE 802.3i, IEEE 802.3u, 802.3ab, IEEE 802.3x	IEEE 802.3i, IEEE 802.3u, 802.3ab, IEEE 802.3x
Interface	8 Puertos 10/100Mbps	16 10/100Mbps RJ45 Ports	24 10/100Mbps RJ45 Ports
Tabla de direcciones MAC	No Especifica	8K	8K
Capacidad de Switching	No Especifica	3.2Gbps	4.8Gbps
Velocidad de Reenvío de Paquetes	No Especifica	2.38Mbps	3.57Mbps
Certificación		FCC, CE, RoHS	FCC, CE, RoHS
Fuente de Alimentación	100-240VAC, 50/60Hz	100/240V AC, 50/60hz	100/240V AC, 50/60hz
Max. Consumo de Energía	2.2W (220V/50Hz)	2.23W(220V, 50hz)	3.3W(220V, 50hz)
Ahorro de Energía	Hasta 60%	Hasta 70%	Hasta 75%
Precio	\$20,00	\$60,00	\$85,00

Tabla 8: Características Técnicas Switch Tplink: www.tp-link.ec/products/biz-list-42.html?filterby=5005&page=1

2.4.1.10 CABLE DE RED

Para las conexiones alámbricas que habrá entre routers o switch hacia los equipos inalámbricos se utilizará un cable para exteriores, ya que este estará instalado en torres de comunicaciones a la intemperie, expuestos al sol, contaminación y más que todo el medio que existe en la Provincia está lleno de salinidad, se revisó

especificaciones técnicas entre el cable UTP (Unshielded Twisted Pair), STP(Shielded Twisted Pair) y FTP (Foiled Twisted Pair), quedando como idóneo el FTP. En la tabla 9, se muestra las características técnicas del cable FTP.

Foiled Twisted Pair (FTP)	
	
Velocidad	1000Mbps
Categoría	6
Material	Cobre solido pulido
Frecuencia	Hasta 250Mhz
Clase de comunicación	Full Duplex
Números de Pares	4
Diametro del conductor	0.585mm
Resistencia máxima	7.3ohm/100m
Recubrimiento	PVC
Máxima temperatura	75°C

Tabla 9: Características Técnicas Cable FTP: NEXXT SOLUTIONS INFRASTRUCTURE.

2.4.1.11 CONECTOR RJ45

Los conectores RJ45, se utilizan para interconectar los equipos de comunicación a través del medio guiado, para esta propuesta el FTP categoría 6, por lo cual se analiza sus características técnicas, como se muestra en la tabla 10.

RJ45	
	
Número de Pines	8
Enchapado de Contactos	Oro sobre Niquel
Plug	8P8C de 50 micrones
Color	Cristal transparente

Tabla 10: Características Técnicas Conector RJ45: AMPXL WIRE&CABLE MANUFACTURER.

2.4.1.12 TORRES DE COMUNICACIÓN

Para realizar enlaces inalámbricos es necesario una estructura que soporte los equipos de comunicación, para esta propuesta se utilizarán las torres tipo arriostrada, las cuales son elaboradas en base a varillas y tubos metálicos resistentes galvanizadas. El diseño de estas torres permiten trabajar con comodidad, una vez realizada la instalación, los equipos quedan fijos sin problemas de que cambien su dirección, la altura de la torre se establece por tramos, cada tramo tiene 3 metros. En la figura 20, se muestra una posible torre de comunicación que se utilizará en este proyecto:



Figura 20: Torre de Comunicación: SERVICE TECHNOLOGIES ENVIRONNEMENT GLOBAL.

2.4.1.13 CAJAS DE CONEXIÓN

Las cajas para la conexión de los equipos de comunicación están elaboradas en base a normativas IP (Ingress Protection), las cuales fijan el nivel de protección contra el polvo y la penetración de agua. Para la propuesta se hará uso de la caja que brinda protección completa contra contacto, protección con sedimentaciones de polvo en el interior y protege contra todos los chorros de aguas desde todas direcciones. (IP5, CEI 60529 Degrees of Protection). En la figura 21, se muestra la caja de conexión que se utilizará en la propuesta:



Figura 21: Caja para Conexión: <https://www.schneider-electric.es/es/product-range/2535-spacial-crn/>

2.4.2 COMPONENTES LÓGICOS

El sistema de telemétrico propuesto para el control y monitoreo del alumbrado público, hará uso de herramientas lógicas tales como software para la generación del códigos tanto en la parte electrónica como telecomunicaciones, además se hará uso de interfaces informáticas para la administración y el control de los equipos de comunicación, y servidor para almacenamiento.

2.4.2.1 WAMPSEVER

WampServer es un entorno para el desarrollo de aplicaciones Web, elaborada para la plataforma de Windows, consta del servidor web Apache, Open SSL, servidor phpmyadmin basado en MySQL, y lenguaje PHP para la programación. La administración para la base de datos es muy fácil, por tal motivo en esta propuesta se trabajara con este servidor, en la figura 22, se muestra la interfaz inicial de WampServer.

2.4.2.2 RADIO MOBILE

Radio Mobile es una plataforma informática gratuita que permite elaborar enlaces cercanos o distantes, para obtener cálculos teóricos, con fin de tener una perspectiva de la factibilidad técnica de la futura implementación, cuenta con diferentes tipos de antenas incorporadas en el programa, para que se configure y pueda realizar los

radioenlaces sin problemas, se puede trabajar en frecuencias comprendidas entre 20Mhz a 20Ghz. Se necesita mapas topográficos, los cuales se descargan directamente desde internet, a través del propio software. En la figura 23, se muestra la interfaz del programa.

2.4.2.3 WINBOX

Para la administración de los equipos de comunicación de marca Mikrotik que poseen el sistema operativo RouterOS se utilizará Winbox una herramienta muy eficaz, permite la configuración de los equipos, y permite ver el consumo en tiempo real, además saber los dispositivos que están conectados. En la figura 24, se muestra la interfaz del programa.

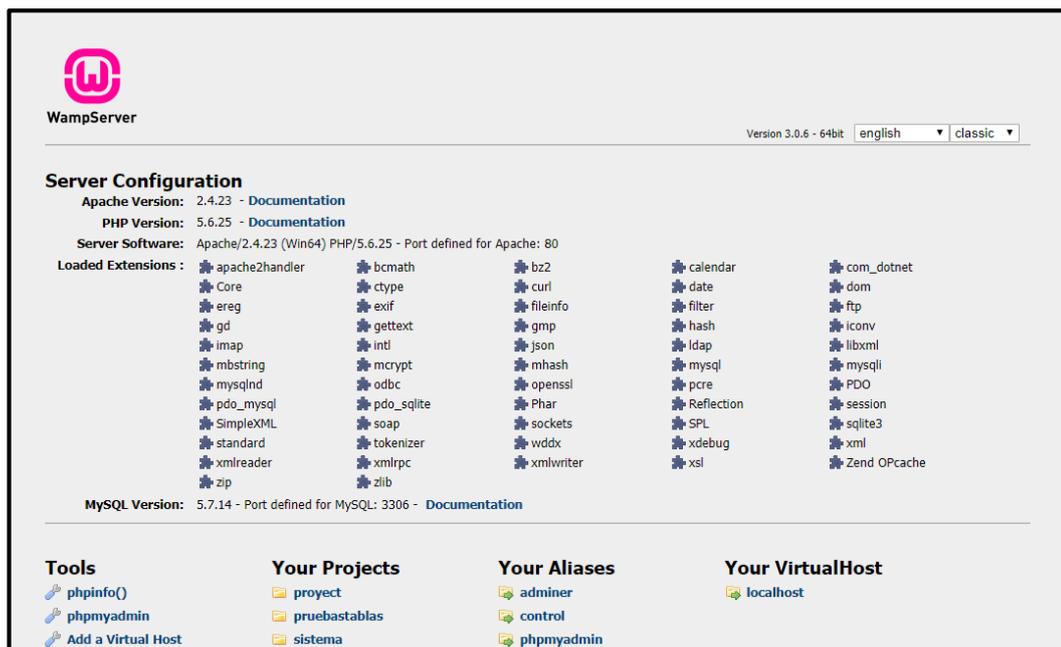


Figura 22: Interfaz del Servidor WampServer: Creado por Autor, referencia WampServer.

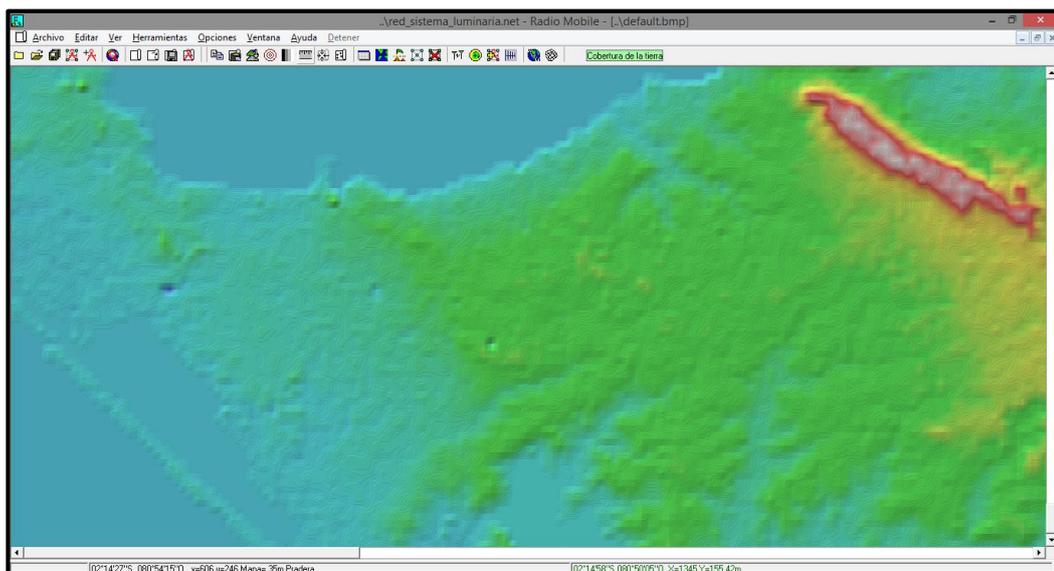


Figura 23: Interfaz del Programa Radio Mobile: Creado por Autor, referencia software Radio Mobile.

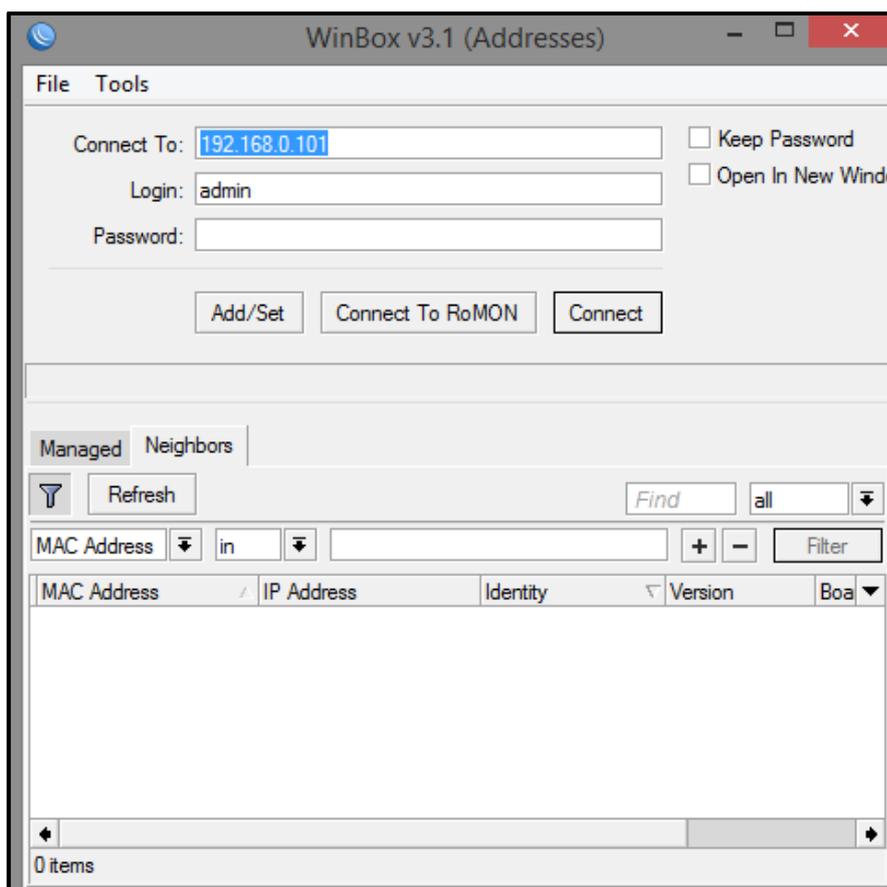


Figura 24: Interfaz del Programa Winbox: Creado por Autor, referencia software Winbox.

2.5 DISEÑO DE LA PROPUESTA (ESQUEMAS)

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LAS LUMINARIAS DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA

El sistema de Red Telemétrica para las luminarias de sodio, consta de las siguientes partes: Sistema Electrónico, Red de Telecomunicaciones, e Interfaz Hombre Máquina (HMI).

La figura 25, muestra el esquema del funcionamiento del sistema de red telemétrico para el alumbrado público de la provincia de Santa Elena:

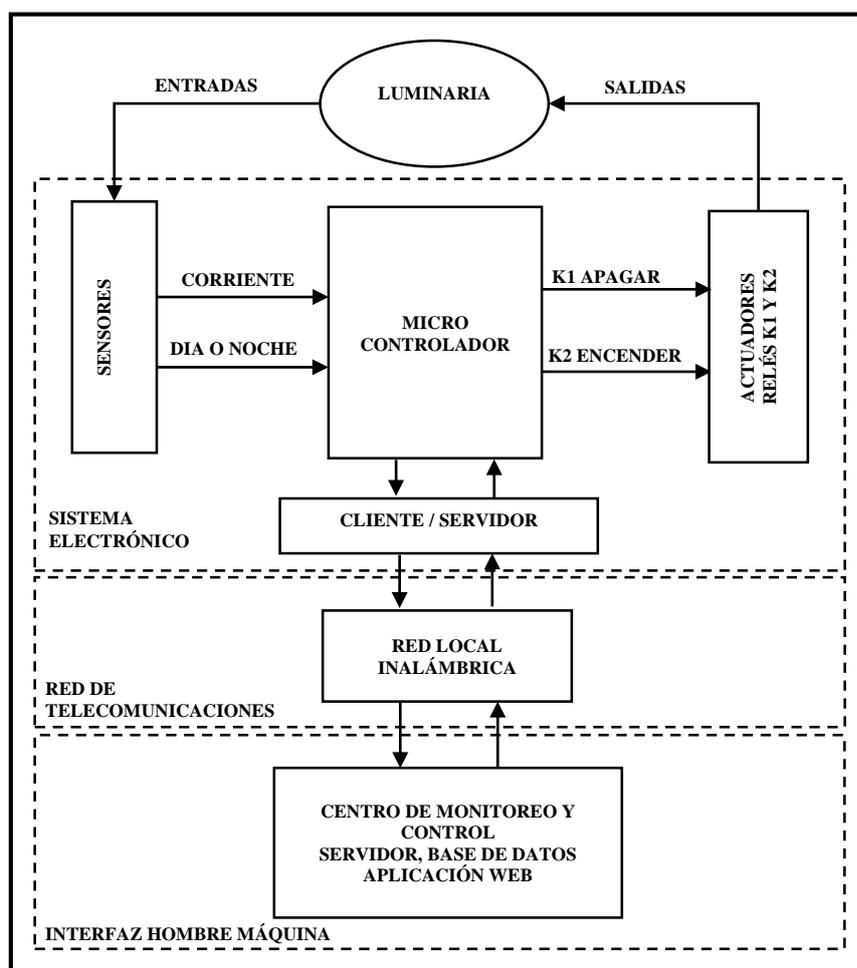


Figura 25: Esquema de Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público de la Provincia de Santa Elena: Creado por Autor.

2.5.1 SISTEMA ELECTRÓNICO

2.5.1.1 DISEÑO DE LA ECUACIÓN MATEMÁTICA PARA LA ADQUISICIÓN DE LA CORRIENTE.

Para el modelado de la ecuación matemática de la corriente que fluye por la lámpara se utiliza el sensor ACS712, dicho sensor y lámpara estarán conectados en serie. Cuando la lámpara se encuentra encendida circula una corriente por el alambre de cobre que posee el sensor de corriente generando un campo electromagnético, como se muestra en la figura 26.

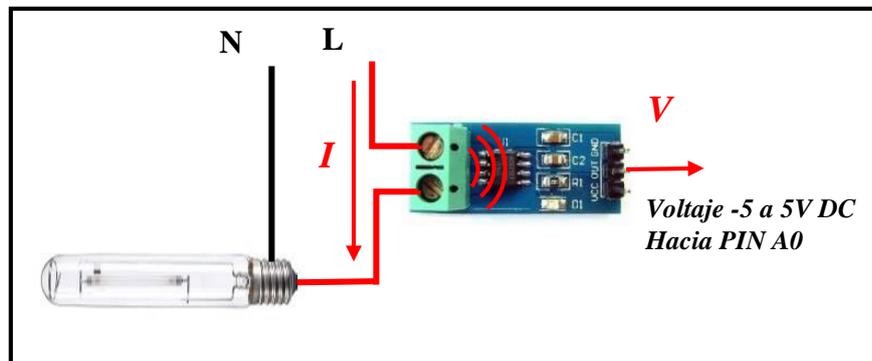


Figura 26: Adquisición de dato de Corriente mediante sensor ACS712: Creado por Autor.

La transducción de la señal analógica a digital determina si existe consumo por parte de la bombilla, para posteriormente analizarlo en el concentrador.

Este módulo de corriente se alimenta de 5V, pero solo entrega a través del pin Vout 2.5V cuando la corriente es igual 0A, y de allí se incrementa proporcionalmente hasta llegar a 5V, estas proporciones depende la sensibilidad, la misma que la establece el fabricante.

Su relación es lineal entre voltaje de salida y la corriente de la carga. Por lo tanto se trata de una ecuación lineal, como lo muestra la figura 27.

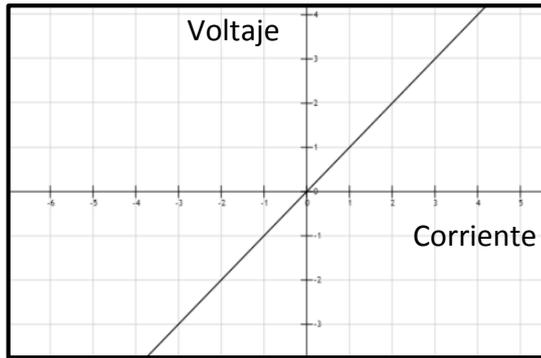


Figura 27: Gráfica de Relación lineal Voltaje vs. Corriente: Creado por Autor.

La figura 27, muestra una pendiente de valor uno, es decir la inclinación de la recta; para el caso del sensor la pendiente es igual a la sensibilidad que establece el fabricante, el ACS712ELCTR-05B-T tiene una sensibilidad de 185mV/A, en la figura 28, se muestra la inclinación en la gráfica Corriente vs. Voltaje.

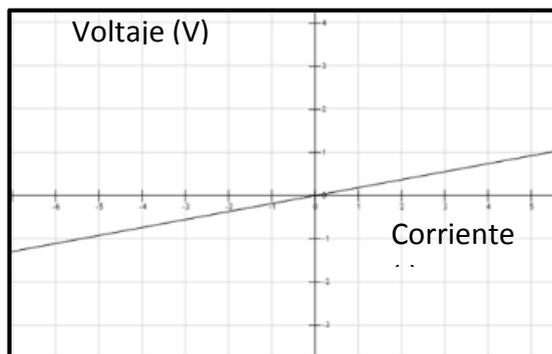


Figura 28: Gráfica de ACS712 con sensibilidad de 185mV/A: Creado por Autor.

El hecho que el voltaje es igual a 2.5V cuando la corriente es igual a 0, trata de una intersección en el eje voltaje, como lo muestra la figura 29.

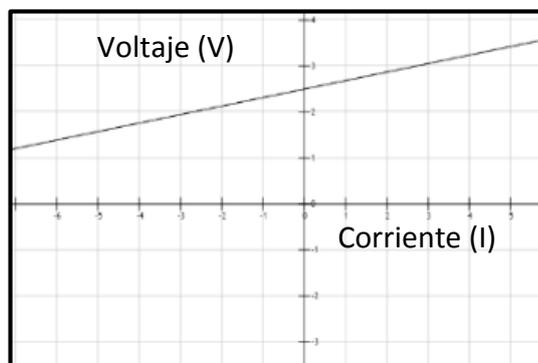


Figura 29: ACS712, cuando corriente es 0: Creado por Autor.

De acuerdo a esto se tiene que la corriente es directamente proporcional al voltaje, mientras más corriente más voltaje, para obtener la ecuación simplemente basta reemplazar los datos que establece el fabricante, la ecuación de la recta para el sensor es la siguiente:

$$V = mI + 2.5$$

Donde,

$V =$ Voltaje de salida

$m =$ sensibilidad = 0.185 V/A

$I =$ Corriente de la Carga

2.5 = Constante cuando la corriente = 0

Para obtener la corriente, se debe despejar en la ecuación I .

$$I = \frac{V - 2.5}{m}$$

Ya con la ecuación anterior se obtendría la corriente de la carga, para posteriormente calcular el consumo en KW, la misma que se utilizará en el código de programación, la figura 30, muestra la porción del código donde se utiliza esta ecuación.

```
Corriente = ((VoltajeSensor - 2.527) / sensibilidad);
```

Figura 30: Ecuación dentro del código para el cálculo de la corriente: Creado por autor, referencia software Arduino IDE

2.5.1.2 DISEÑO PARA LA ADQUISICIÓN DE LA ESTACIÓN DEL DÍA.

Se realiza una conexión serie entre el relé 115V AC y la fotocelda (Normalmente Abierto) con la finalidad de que el circuito electrónico a través del PIN D9 adquiera un dato digital que representa el estado del día en que se encuentra, procesado por el accionamiento del relé que está comandado automáticamente por este fotocontrol, cuando el sistema electrónico adquiere 0V identifica que es día y 5V si es de noche. Si la fotocelda es de tipo normalmente cerrado, la conexión de los terminales entre fotocelda y relé se debe invertir, así el funcionamiento del sistema no se ve afectado. La figura 31, detalla el diseño para la adquisición de la estación del día.

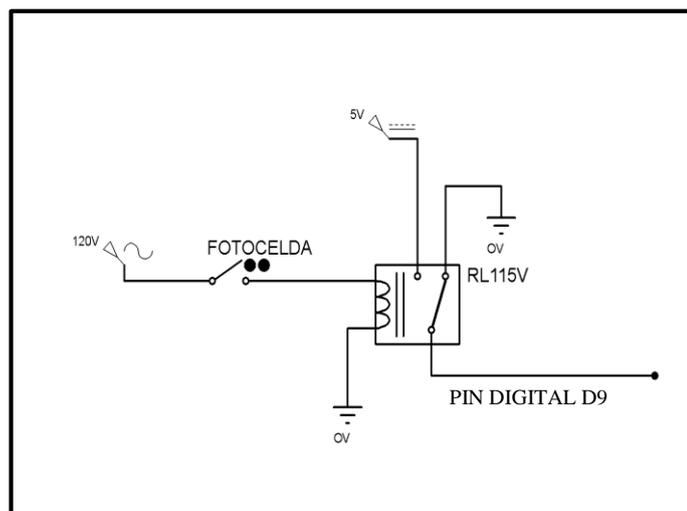


Figura 31: Diseño del Circuito para Adquisición de la Estación del Día: Creado por Autor, Software ISIS Proteus.

2.5.1.3 DISEÑO PARA EL ACCIONAMIENTO DE LA CARGA.

El encendido o apagado de la lámpara en las luminarias es controlado por la fotocelda, para el control remoto que se propone se anexan dos elementos actuadores (Relé K1 y Relé K2) al circuito eléctrico, obteniendo así tres interruptores, basado en el principio de funcionamiento de conexiones básicas eléctricas de accionamiento de una carga marcha y paro. El Relé K1 (controlado por PIN 7) estará conectado en serie con la fotocelda, y el relé K2 (controlado por PIN 6) estará conectado en paralelo con la fotocelda y el relé K1, con el fin de cumplir los siguientes requerimientos:

- El relé K1 en todo momento estará en el estado cerrado para que el fotocontrol actúe sin inconvenientes en el accionamiento de la carga.
- El relé K2 en todo momento estará en estado abierto.
- El relé K1 se debe activar para evitar el paso de corriente hacia la carga.
- EL relé K1 y K2 se debe activar para que la corriente fluya a través del relé K2 hacia la lámpara, con finalidad de aislar el fotocontrol del circuito.

En la figura 32, se muestra un esquema del circuito serie y paralelo que se anexa al funcionamiento de la fotocelda.

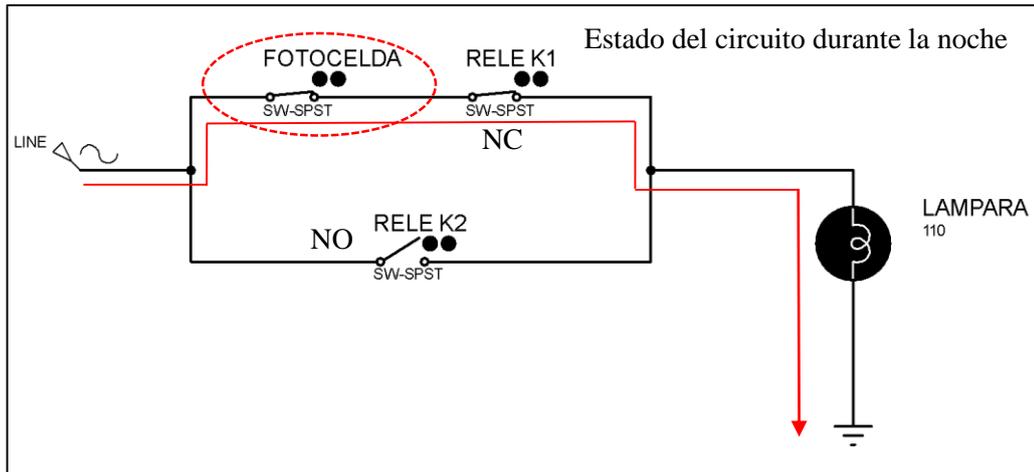


Figura 32: Diseño del Circuito para el Accionamiento de la Lámpara: Creado por Autor, Software ISIS Proteus.

2.5.1.4 DISEÑO DE COMUNICACIÓN SERIAL ENTRE ESP8266-01 Y MEGA2560.

En el sistema electrónico se establece una comunicación serial entre el módulo ESP8266-01 y la tarjeta controladora, con el objetivo de involucrar al microcontrolador a la red inalámbrica a través del módulo WI-FI, para realizar el envío de los datos y recepción de órdenes. La tarjeta Mega2560 cuenta con 4 puertos series, en este proyecto se utilizará el TX1 (PIN 18) y el RX1 (PIN 19), los cuales se conectaran con el único puerto serie del ESP8266-01 RX y TX respectivamente, el puerto serie estará configurado a una velocidad de 115200 baudios, para agilizar los tiempos de respuestas en el intercambio de información. La figura 33, muestra el esquema de conexión serie del módulo y la tarjeta controladora.

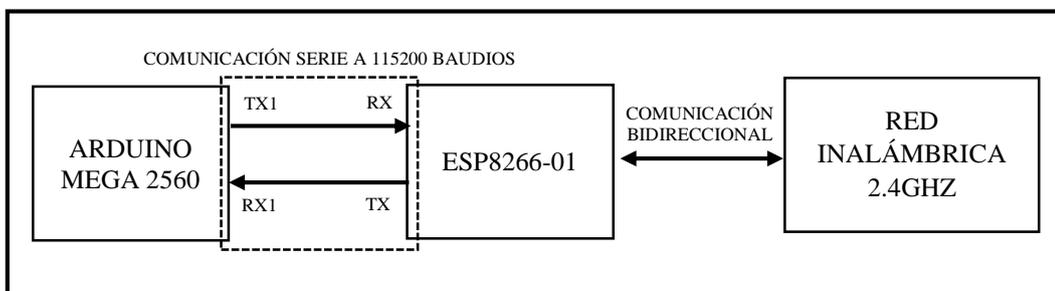


Figura 33: Esquema de Comunicación Serial del Mega2560 y ESP8266-01: Creado por Autor.

2.5.1.5 DISEÑO PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS.

Para transmitir los datos adquiridos y procesados por los componentes electrónicos se hará uso del módulo WI-FI ESP8266-01, el cual permite establecer una comunicación Cliente/Servidor con el servidor de base de datos local. Se utiliza esta configuración para el envío debido a sus características técnicas, ya que permite operar con el protocolo TCP/IP, abriendo una conexión a través de un dominio o una dirección IP y su respectivo puerto de comunicación establecido en el servidor. La figura 34, muestra el diagrama de comunicación del ESP8266-01 como cliente del Servidor.

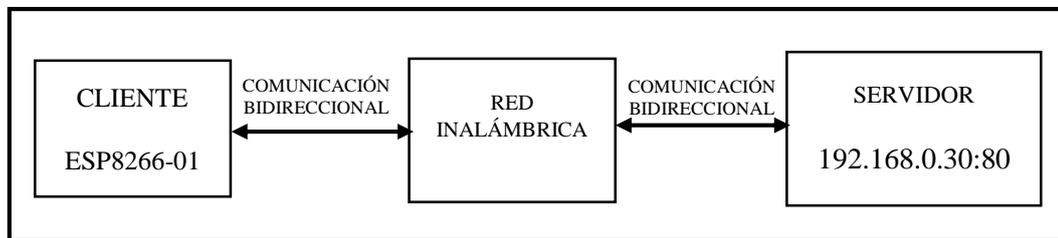


Figura 34: Esquema de Comunicación del ESP8266-01 como Cliente del Servidor: Creado por Autor.

2.5.1.6 DISEÑO PARA EL CONTROL REMOTO.

Para el control se establece una configuración inversa utilizado para el envío de los datos, ahora el ESP8266-01 operará como un mini servidor Web, y el cliente será quien este enviando una orden desde el centro de control, de igual forma se necesita fijar una IP y un puerto de comunicación en el mini servidor Web del módulo, tal como lo muestra la figura 35.

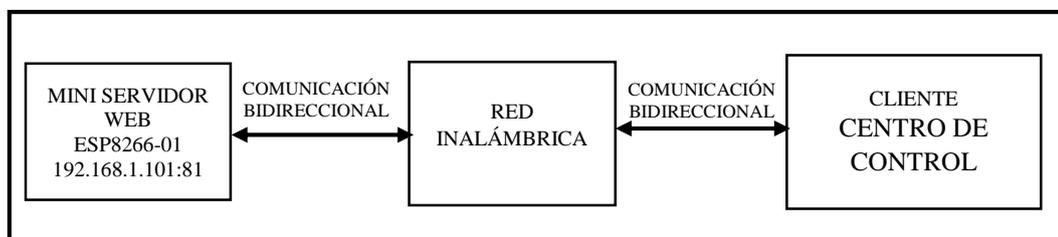


Figura 35: Esquema de Comunicación del ESP8266-01 como Mini Servidor Web: Creado por Autor.

2.5.1.7 DISEÑO REINICIO POR HARDWARE DEL MÓDULO WI-FI.

El reinicio por hardware del ESP8266-01, será comandado automáticamente a través de un pin digital (PIN 10) de la placa controladora, el cual se conectará al pin reset del módulo. Técnicamente el módulo opera a 3.3V y arduino entrega 5V, por tal razón se debe realizar dicha conexión mediante un divisor de voltaje que genere esa caída de voltaje. El cálculo de las resistencias se fundamenta en la ecuación del divisor de voltaje, de la siguiente manera:

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} * V_{in}$$

Para este caso se hace uso de una resistencia de 5kohms (R1) y una de 10kohms (R2). En la figura 36, se muestra el divisor de voltaje a implementar entre la placa controladora y el módulo WI-FI:

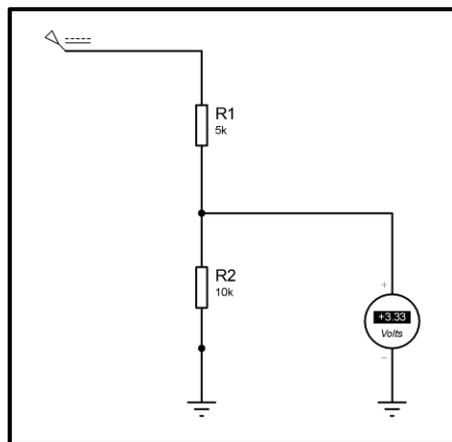


Figura 36: Divisor de Voltaje para Reset del ESP8266-01: Creado por Autor.

2.5.1.9 ESQUEMA ELÉCTRICO DEL CIRCUITO DE MONITOREO Y CONTROL.

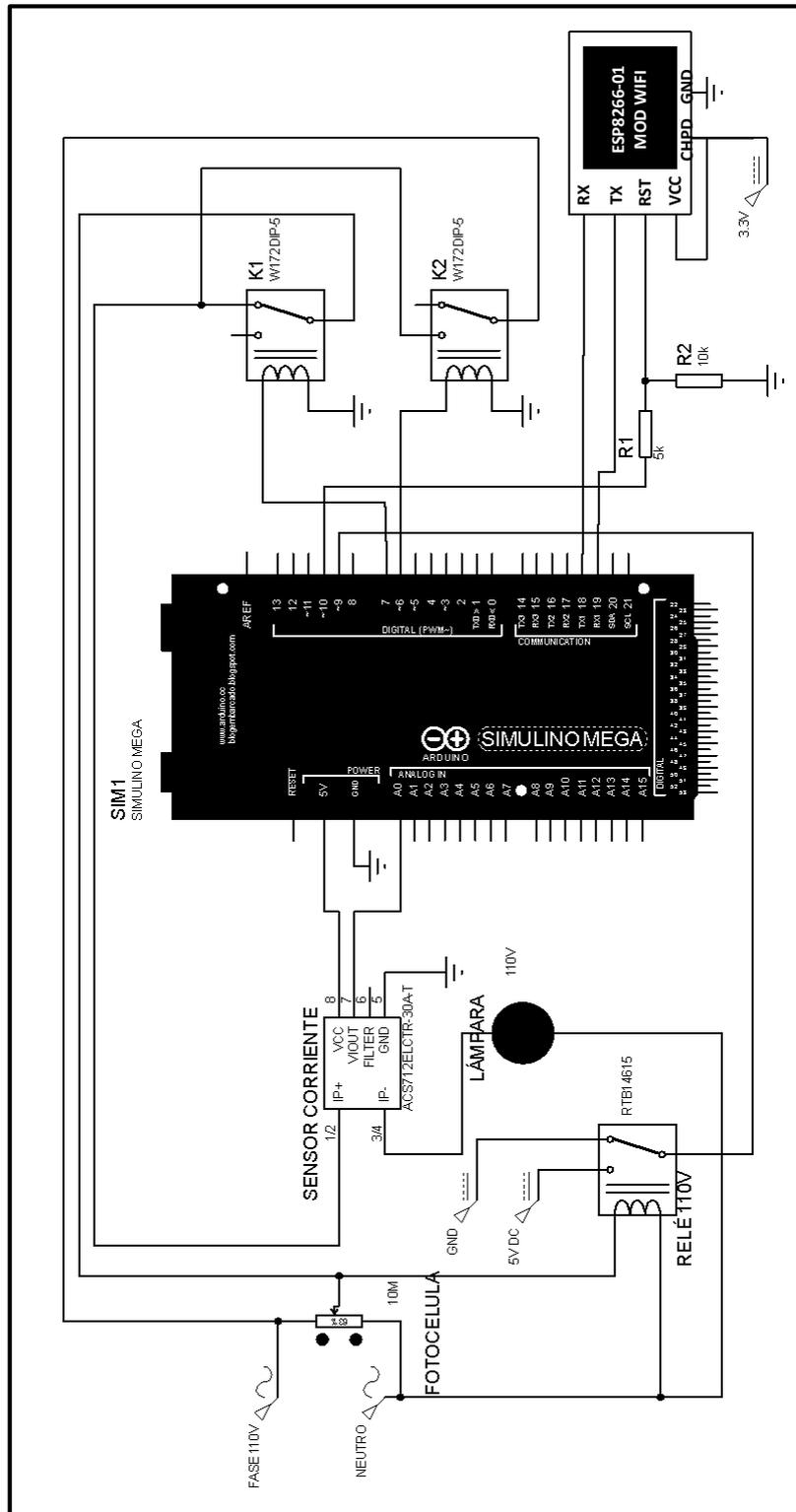


Figura 38: Diagrama Eléctrico del Circuito de Monitoreo y Control: Creado por Autor.

2.5.1.10 DIAGRAMAS DE FLUJOS DEL CIRCUITO MONITOREO Y CONTROL.

DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL CIRCUITO MONITOREO Y CONTROL.

En este bloque se condiciona una variable de tiempo, cuando esta sobrepase los 30 minutos ingresa a la condición por verdadero, y realiza el llamado de funciones en orden sucesivo, tanto para la adquisición y el envío de datos, posteriormente el vaciado del buffer del puerto serie. Luego se hace el llamado al arreglo Servidor que contiene los códigos AT, para crear un mini servidor web en el módulo ESP8266.

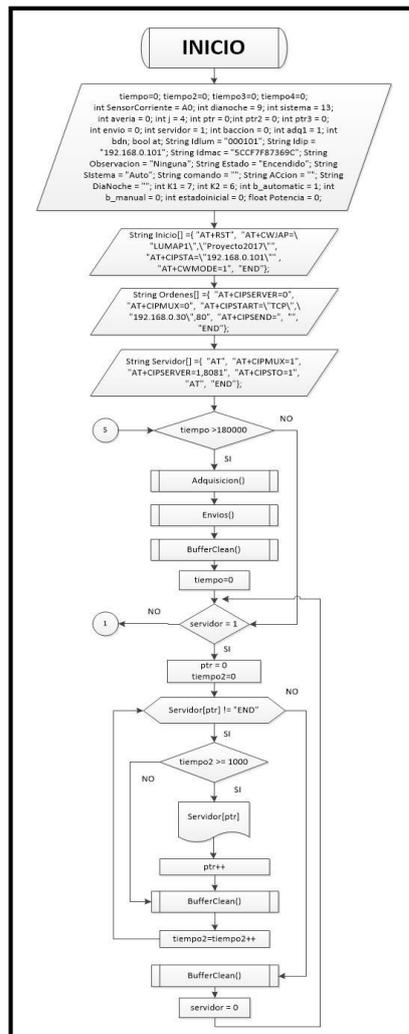


Figura 39: Diagrama de Flujo General del Circuito de Monitoreo y Control parte 1: Creado por Autor, referencia Software Visio.

En este pequeño bloque se da paso al llamado de la función adquisición para obtener los primeros datos del estado de la lámpara, si no se ejecuta este bloque no se pudiera ingresar al código general. Esta es la sección general del programa de adquisición y control, el cual se segmenta en dos partes, una es la automática y la otra es la parte manual. En este segmento de programación se ejecuta la parte automática, donde el programa va a estar adquiriendo datos cada 30 minutos, para comprobar el funcionamiento de la lámpara. Si no se presentara ninguna avería el segmento automático se ejecutara indefinidamente caso contrario se traslada a la condición manual.

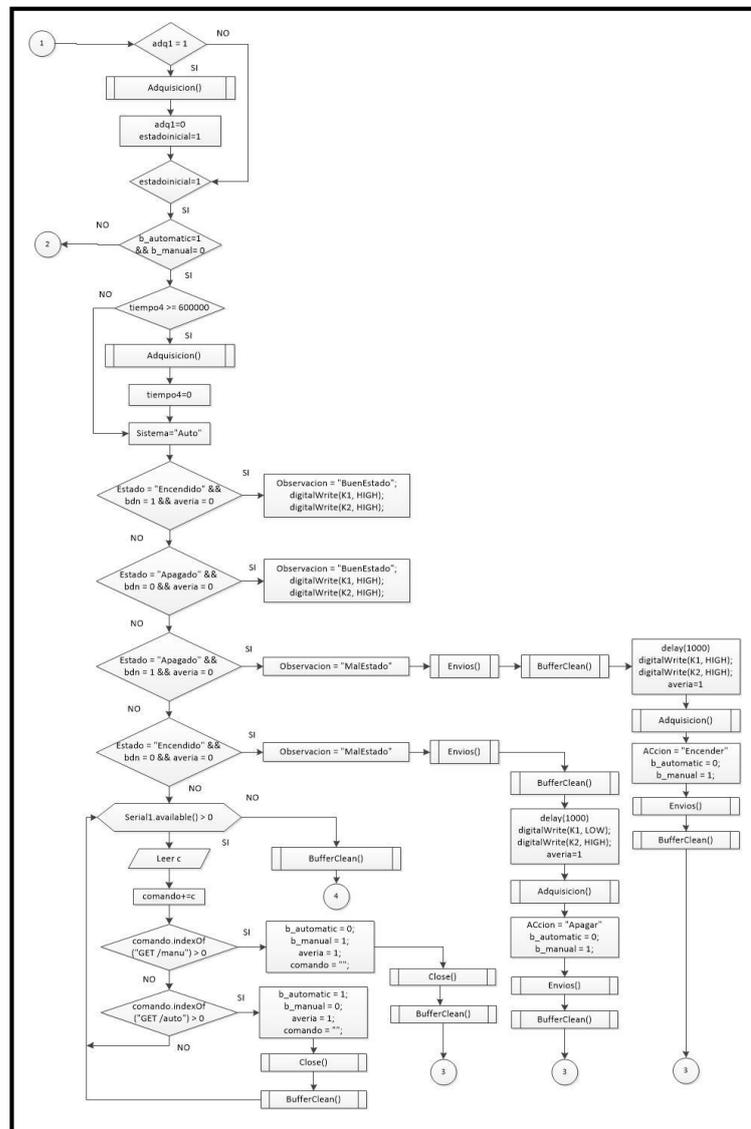


Figura 40: Diagrama de Flujo General del Circuito de Monitoreo y Control parte 2: Creado por Autor, referencia Software Visio.

Segmento que está a la espera de recibir una orden a través del puerto serial del arduino, sin órdenes el circuito electrónico no realiza ninguna acción.

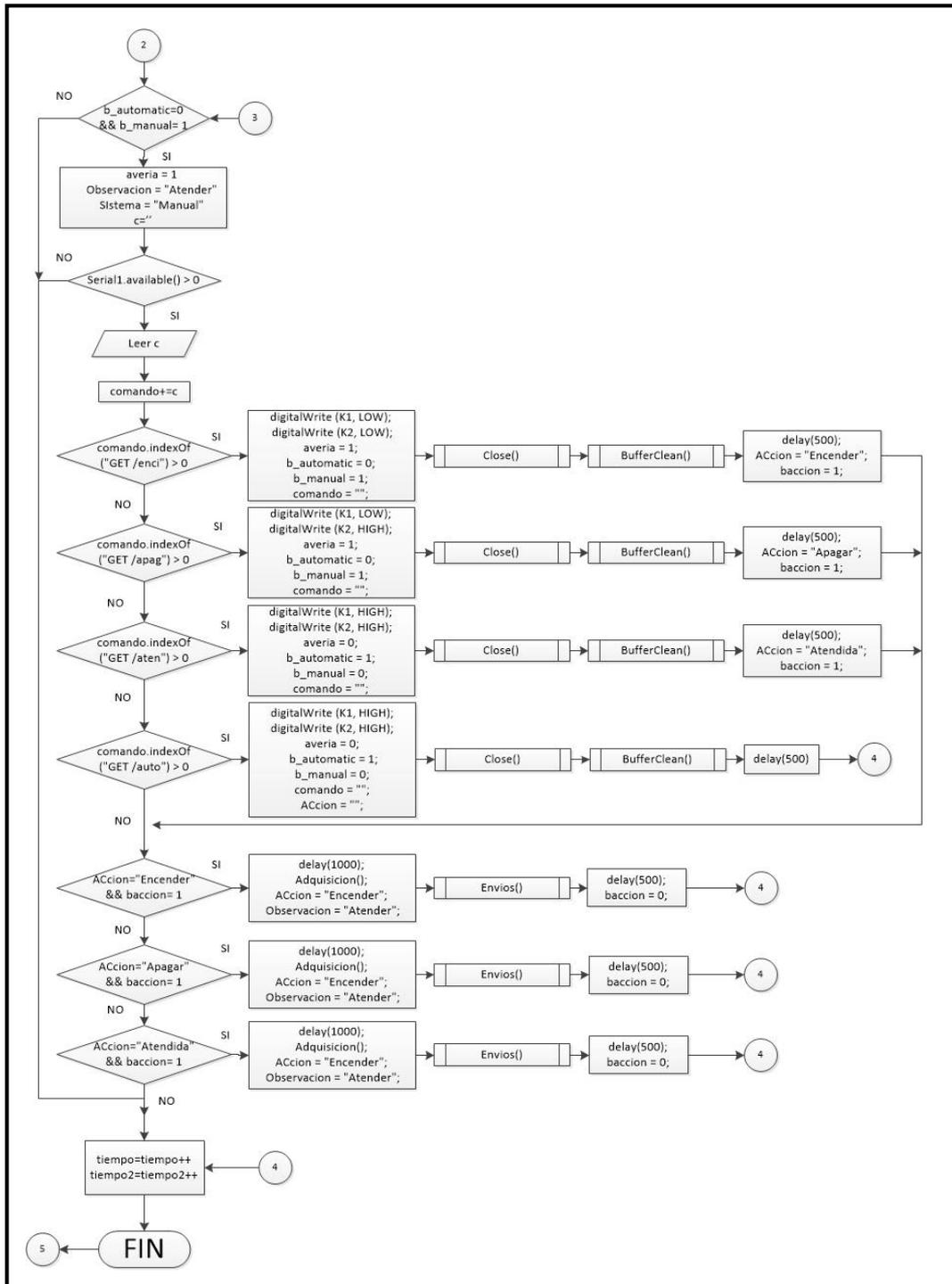


Figura 41: Diagrama de Flujo General del Circuito de Monitoreo y Control parte 3: Creado por Autor, referencia Software Visio.

DIAGRAMA DE FLUJO SUBPROCESO ADQUISICIÓN CIRCUITO MONITOREO Y CONTROL.

Este bloque representa la función que realiza la adquisición del estado de la fotocelda, la cual mediante entrada digital determina si es día o noche. También mediante llamado a una sub-función se realiza la adquisición de la corriente, para posterior determinar el consumo de la carga.

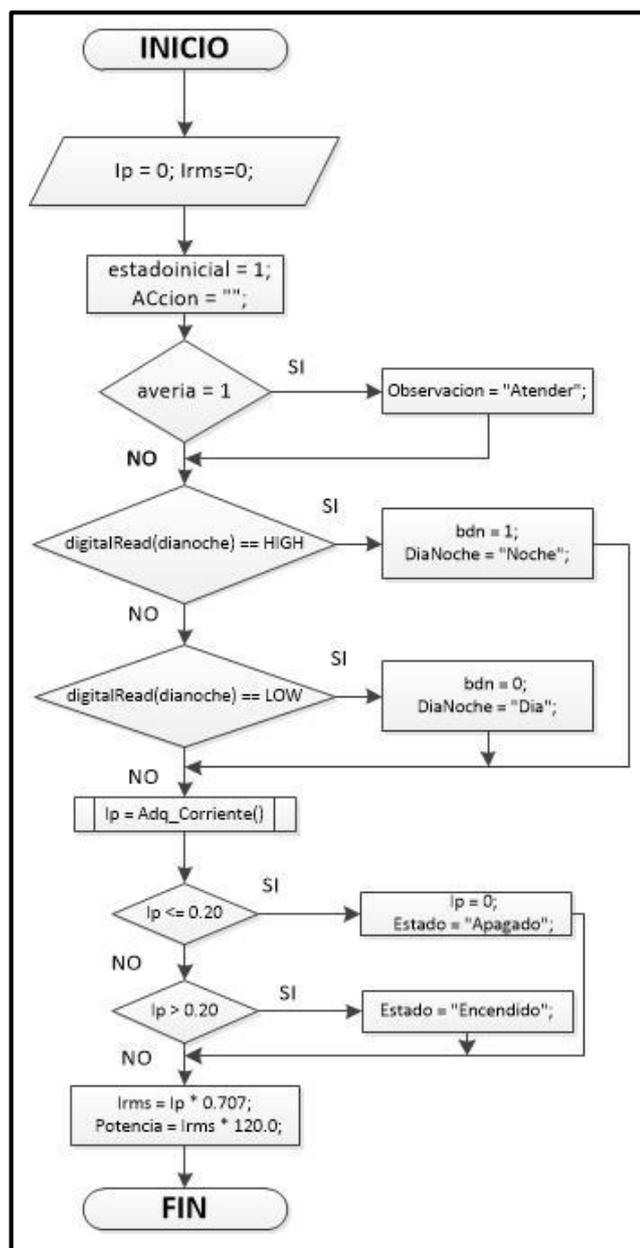


Figura 42: Diagrama de Flujo Adquisición del Circuito de Monitoreo y Control:
Creado por Autor.

DIAGRAMA DE FLUJO SUBPROCESO OBTENCIÓN CORRIENTE CIRCUITO MONITOREO Y CONTROL.

Este bloque representa la función que realiza la adquisición de la corriente alterna que cursa por la lámpara, para ello se adquiere datos analógicos a través del pin A0, mediante un bucle while se realizan mediciones durante 0.5 segundos, lo cual permite tener más precisión en las medidas. Para el cálculo de la corriente se utiliza la ecuación del sensor de corriente, teniendo en consideración la sensibilidad establecida por el fabricante.

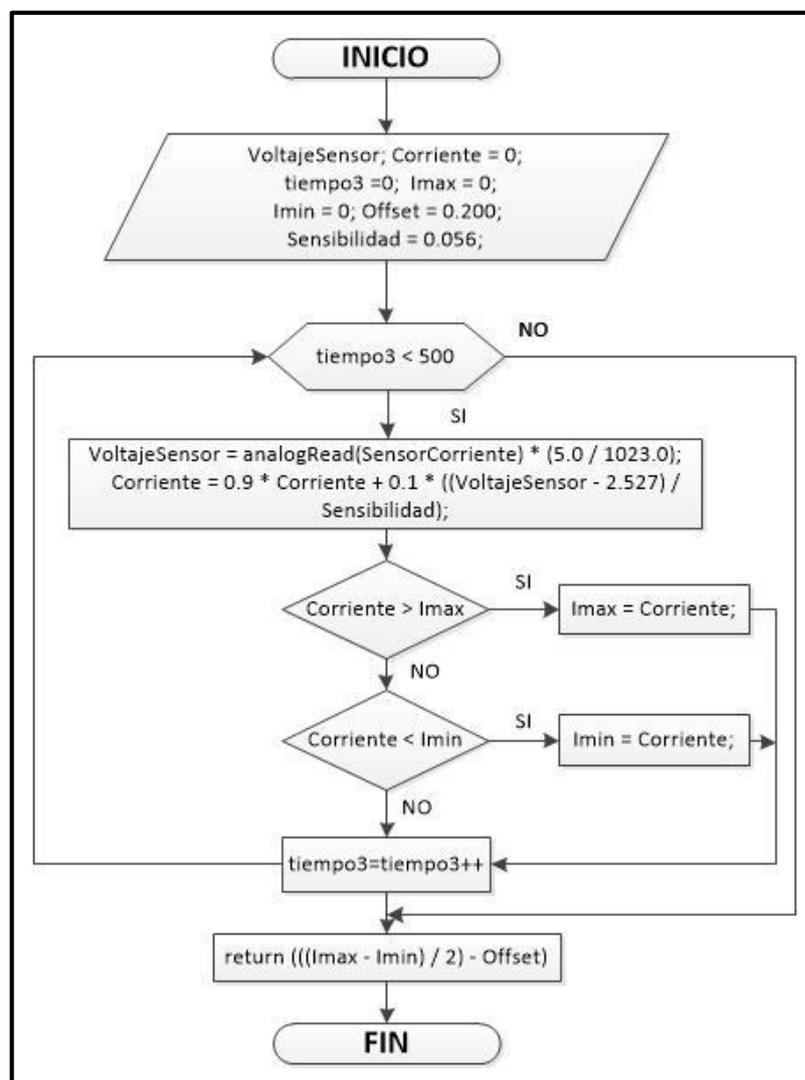


Figura 43: Diagrama de Flujo Obtención Corriente del Circuito de Monitoreo y Control: Creado por Autor.

DIAGRAMA DE FLUJO SUBPROCESO ENVÍOS CIRCUITO MONITOREO Y CONTROL.

Función que realiza el envío de los datos, para ello se utilizan comandos AT, es en esta función donde se deshabilita el servidor web creado en el ESP8266, para realizar la comunicación uno a uno con el servidor de base datos de la central.

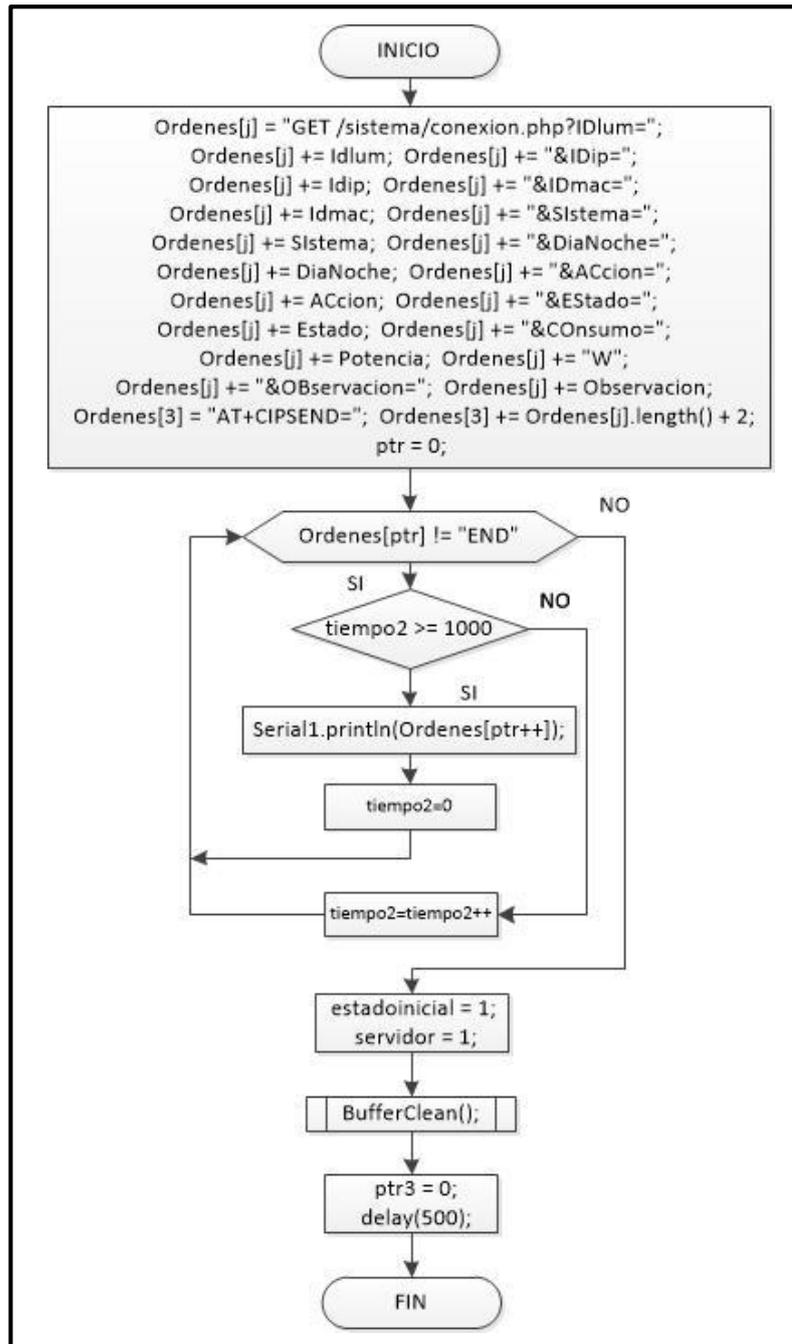


Figura 44: Diagrama de Flujo Envíos del Circuito de Monitoreo y Control:
Creado por Autor.

DIAGRAMA DE FLUJO SUBPROCESO BUFFER CLEAN CIRCUITO MONITOREO Y CONTROL.

Este bloque representa la función que realiza el vaciado del buffer del puerto serie, debido a la comunicación serial que existe entre el módulo WI-FI y el arduino cada vez que se recibe o envía un dato el buffer se llena y debe limpiarse.

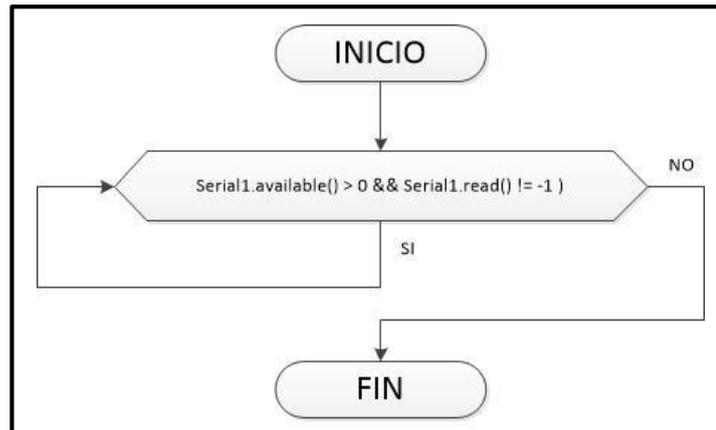


Figura 45: Diagrama de Flujo Limpiar Buffer del Puerto Serie de Circuito Monitoreo y Control: Creado por Autor.

DIAGRAMA DE FLUJO SUBPROCESO CLOSE CIRCUITO MONITOREO Y CONTROL.

Este bloque representa la función que establece el timeout de la actividad del servidor web, para que finalice la comunicación, en este caso es 1segundo.

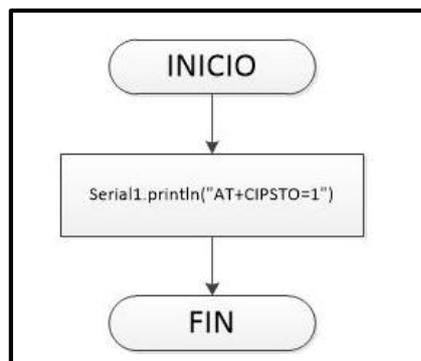


Figura 46: Diagrama de Flujo Cerrar Conexión del Servidor del Circuito de Monitoreo y Control: Creado por Autor.

2.5.2 RED DE TELECOMUNICACIONES

2.5.2.1 DISEÑO DE LA RED BACKBONE

La Red BackBone del cantón La Libertad, estará distribuida en 4 nodos principales, se detallaran de la siguiente manera:

La Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) regional Santa Elena, en su Subestación principal del Cantón La Libertad, actualmente tiene instalada una torre de tipo arriostrada de 30m de altura, se hará uso de esa infraestructura existente para fijar 3 equipos PowerBeam M5-400, que estarán apuntando hacia nodos remotos en diferentes direcciones. A Este nodo se le denominará en la red inalámbrica como nodo Master “SLUMCENTRAL”, su coordenada geográfica es -2.228021, -80.897065.

Se denominará Nodo Repetidor 1 “SLUM-NODO1”, al nodo que se ubicará en el barrio 11 de Diciembre del cantón La Libertad, su coordenada geográfica es -2.240854, -80.904189, aquí se debe levantar una torre de tipo arriostrada de 15m desde el suelo, para una perfecta línea de vista con “SLUMCENTRAL”, y se instalará un PowerBeam M5-400.

Se denominará Nodo Repetidor 2 “SLUM-NODO2”, al nodo que se ubicará en el centro del cantón La Libertad, en el edificio de sindicato de choferes de 30m de altura, su coordenada geográfica es -2.221589, -80.911828, aquí se debe levantar una torre de tipo arriostrada de 6m, para una perfecta línea de vista con “SLUMCENTRAL”, y se instalará un PowerBeam M5-400.

Se denominará Nodo Repetidor 3 “SLUM-NODO3”, al nodo que se ubicará en el barrio La Propicia del cantón La Libertad, su coordenada geográfica es -2.236603, -80.887395, aquí se debe levantar una torre de tipo arriostrada de 15m desde el suelo, para una perfecta línea de vista con “SLUMCENTRAL”, y se instalará un

PowerBeam M5-400. La figura 47, muestra la posible ubicación geográfica de los principales enlaces de la red inalámbrica de monitoreo y control.

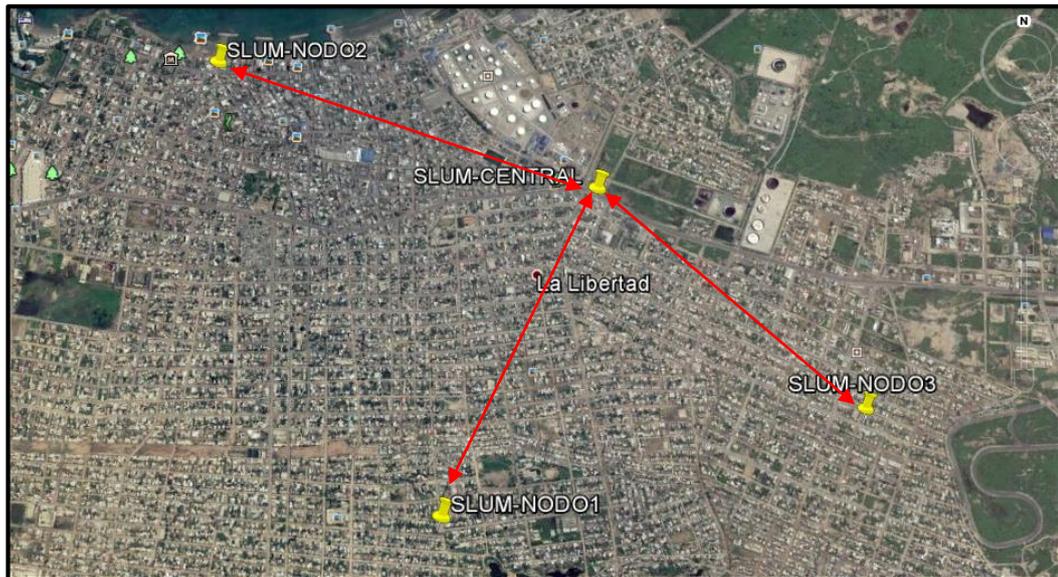


Figura 47: Ubicación geográfica de los nodos Principales de la red inalámbrica del Sistema de Monitoreo y Control: Software Google Earth.

De los nodos principales, se ramificaran nodos auxiliares a los que se denominaran SLUM-NODON-AUXN, donde N, puede ser un valor que va desde 1 hasta el número total de nodos auxiliares de cada nodo, por ejemplo si SLUM-NODO1, tiene 2 nodos auxiliares estos quedarán denominados como SLUM-NODO1-AUX1 y SLUM-NODO1-AUX2. En la figura 48, se muestra la Red Backbone Principal del Sistema Telemétrico de Alumbrado Público para el cantón La Libertad.

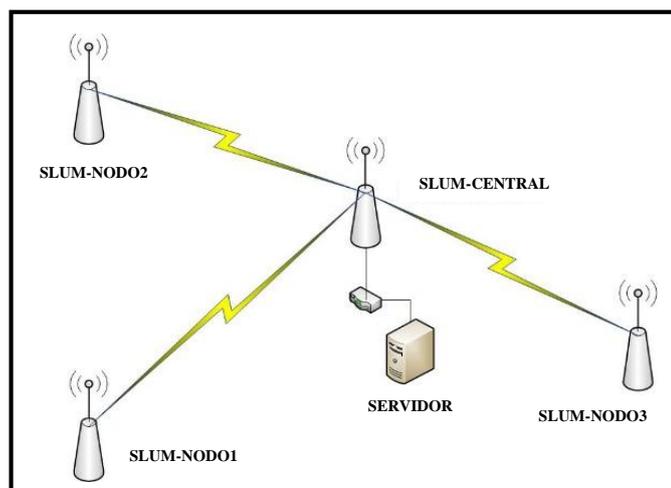


Figura 48: Red Backbone del Sistema Telemétrico de Alumbrado Público para el Cantón La Libertad: Creado por Autor, referencia Software Visio.

En la figura 49, se muestra la Red Backbone Principal del Sistema Telemétrico de Alumbrado Público para el cantón La Libertad con ramificaciones.

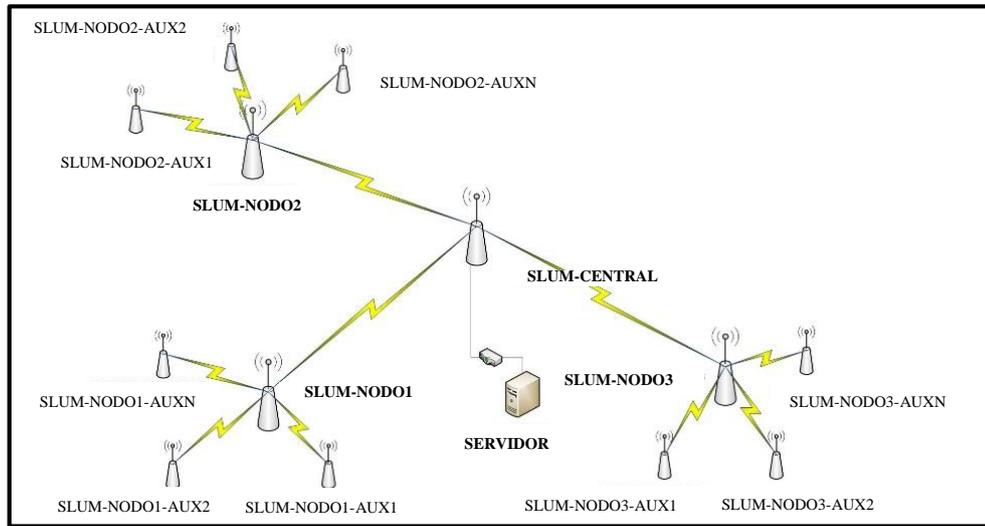


Figura 49: Red Backbone del Sistema Telemétrico de Alumbrado Público para el Cantón La Libertad con Nodos Auxiliares: Creado por Autor, referencia Software Visio.

2.5.2.2 DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA DE RED INALÁMBRICA

La topología que se utilizará en la propuesta de la red inalámbrica es un ESS, o véase también como una topología de red estrella, todo parte desde una BSS, entre la red Backbone, lo detallaremos en la figura 50 y 51:

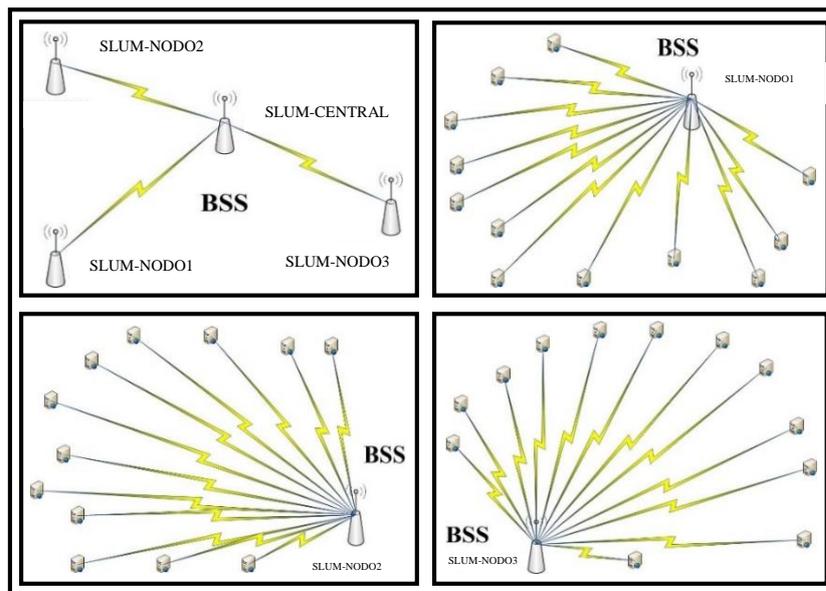


Figura 50: Topología BSS en Nodos Principales: Creado por Autor, referencia Software Visio.

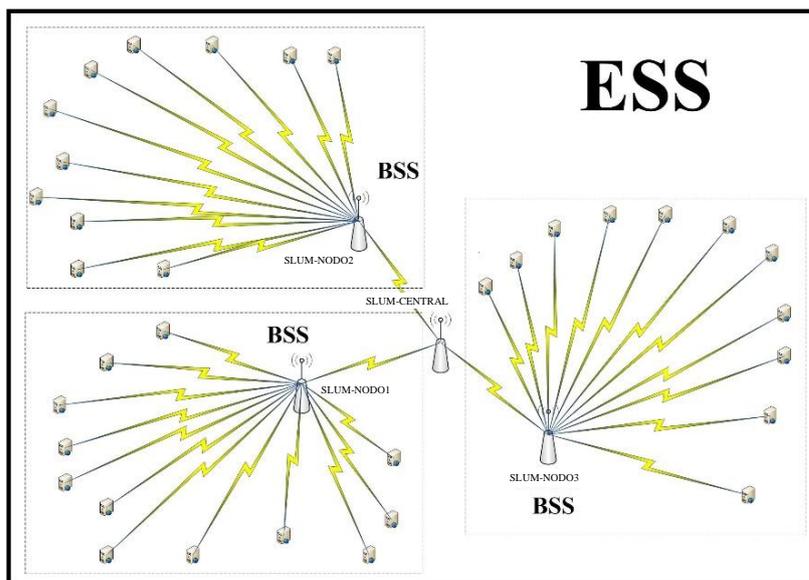


Figura 51: Topología ESS de la Red Inalámbrica para el Monitoreo y Control de Las Luminarias: Creado por Autor, referencia Software Visio.

Teniendo en consideración que los nodos principales tendrán ramificaciones en nodos auxiliares para extender la cobertura, originara una ESS mayor, o también la podríamos ver como una topología de red estrella extendida, en la figura 52, se muestra la topología de red estrella extendida:

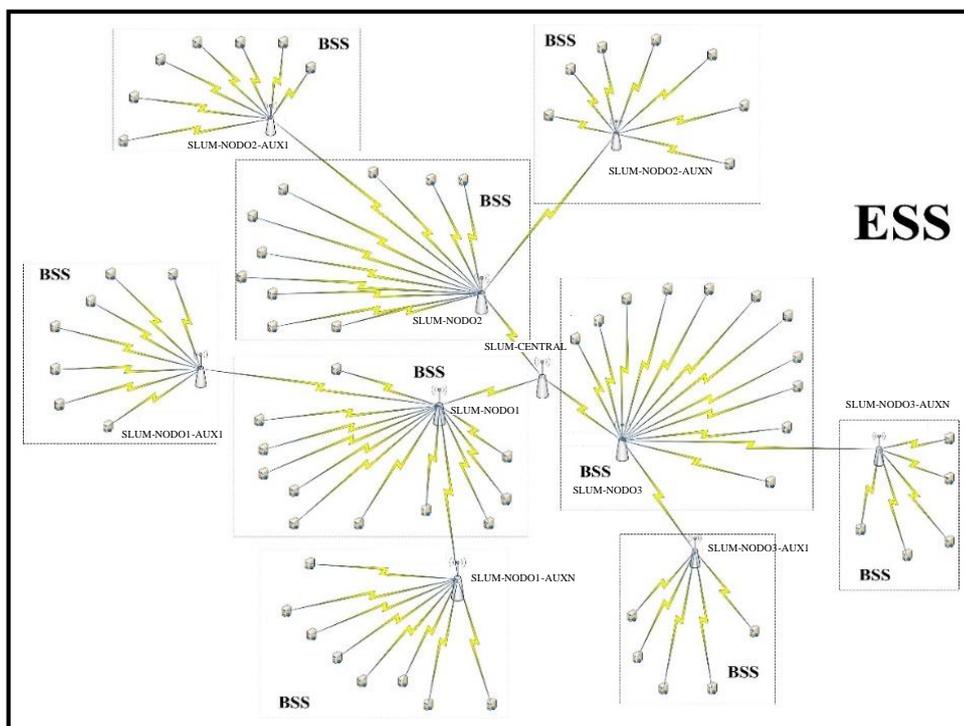


Figura 52: Topología Red Estrella Extendida de la Red Inalámbrica para el Monitoreo y Control de Las Luminarias: Creado por Autor, referencia Software Visio.

2.5.2.3 DISEÑO DE LOS ENLACES INALÁMBRICOS

Los enlaces inalámbricos que se establecerán en la propuesta es el Punto a Punto (PtP), el mismo se realizará entre nodos principales, y enlaces Punto a Multipunto (PtMP), se establecen para enlaces de los nodos auxiliares y los dispositivos finales que estarán en las luminarias.

ENLACES EN FRECUENCIA 5GHZ

Los equipos inalámbricos en frecuencia 5Ghz, para el diseño de la red inalámbrica del cantón la Libertad, quedarán establecido de la siguiente manera:

Para los enlaces Punto a Punto entre nodos principales se utilizará el equipo PowerBeam M5-400, de la marca Ubiquiti debido a que posee una antena parabólica de 26dBi de ganancia, con un ángulo de apertura de 15°, por lo que es considerada una antena bien directiva que permitirá realizar enlaces teóricamente a más de 20km, sin embargo en enlaces reales según datos técnicos de empresas proveedoras de internet, debido a las atenuaciones del medio su máximo alcance recomendado es de 12km. Este equipo por ser muy directivo es menos inmune al ruido que existe en el medio.

En cuanto a costo, PowerBeam M5-400, es totalmente económico, en comparación de un RocketM5 o BaseBox 5, que si bien es verdad están al mismo precio pero necesitan de una antena externa para su funcionamiento, lo cual aumenta el costo de implementación. La figura 53, muestra un enlace PtP.

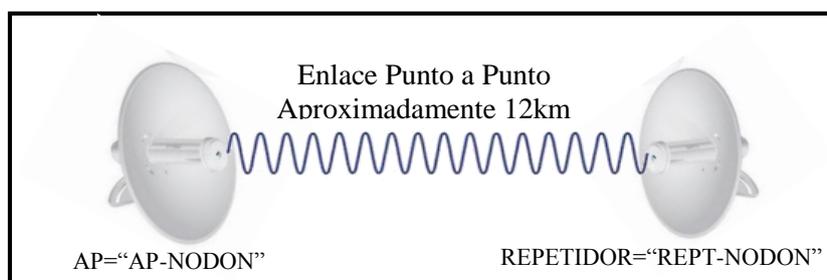


Figura 53: Enlace Punto a Punto entre equipos PowerBeam M5-400: Creado por Autor, referencia página oficial Ubiquiti.

Para los enlaces entre nodos principales y auxiliares se utilizará equipos NanoStation M5, debido a su ángulo de apertura que es de 43° , se eligió este equipo debido a su fácil instalación, evitando implementación de estructuras robustas de comunicación en nodos secundarios, los cuales serán ramificaciones para la red inalámbrica, con el fin extender la cobertura, estos nodos secundario podrán instalarse en los postes de hormigón de las estructuras eléctricas que tienen una medida aproximada de 12-14m. Su costo es aceptable para la función que desempeñará en la red inalámbrica. La figura 54, muestra un enlace PtMP.

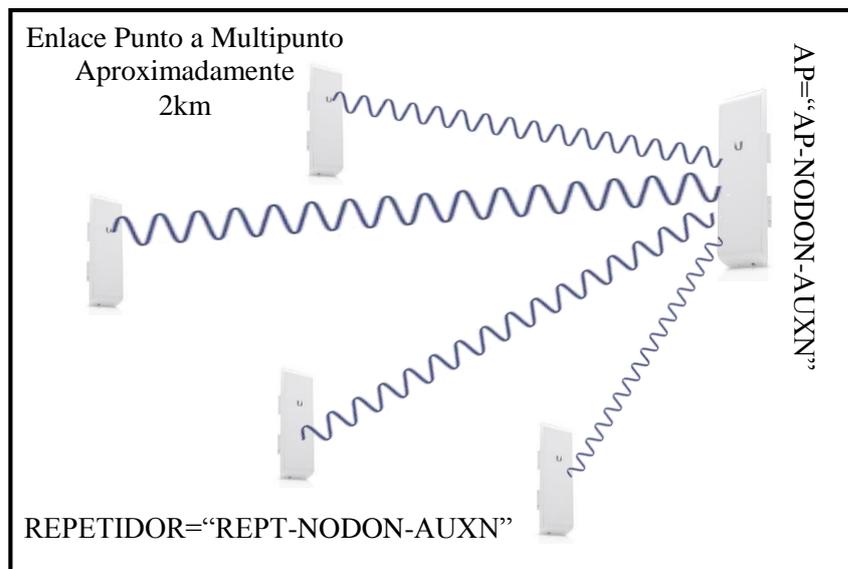


Figura 54: Enlace Punto a Multipunto entre equipos NanoStation M5-4001:
Creado por Autor, referencia página oficial Ubiquiti.

ENLACES EN FRECUENCIA 2.4GHZ

Los equipos en frecuencia 2.4GHz, para esta propuesta se los utiliza como Puntos de Acceso, para permitir el acceso a la red local de la tarjeta controladora arduino Mega2560 a través del módulo WI-FI ESP8266-01, que estarán instalados en cada luminaria. Por ello se eligió al equipo Mikrotik SXT2, para que cumpla ese rol. Este equipo es capaz de soportar 50 conexiones estables, con referencia en sus especificaciones técnicas, y basado recomendaciones de personal profesional en el área. Como estos equipos tienen un ángulo de apertura de aproximadamente 60° , se los ubicará de tal modo que cubran los 360° , y tienen una alcance en la práctica de

aproximadamente 2km, pero para la propuesta solo se requiere que estos equipos cubran 1km. La figura 55, muestra enlaces PtMP de las luminarias.

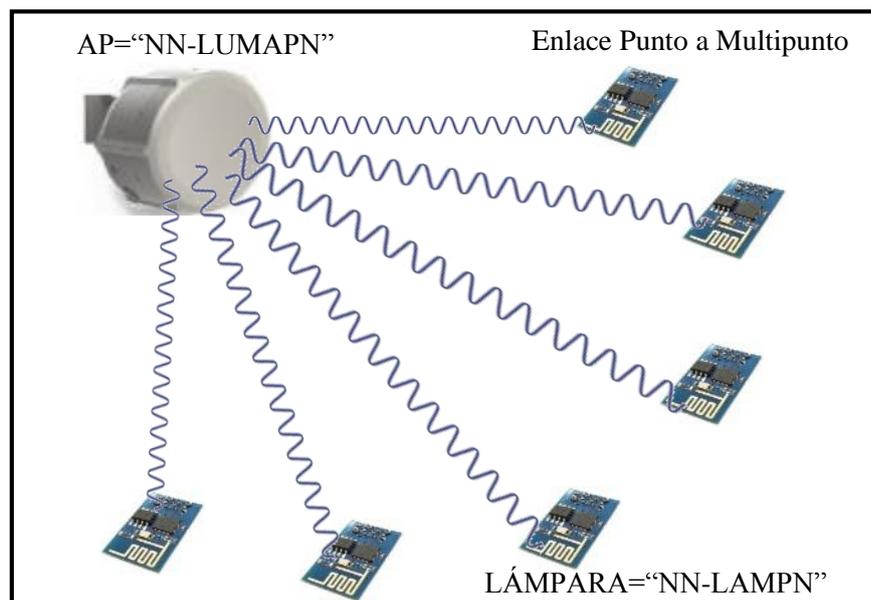


Figura 55: Enlace Punto a Multipunto entre SXT2 y ESP8266-01: Creado por Autor, referencia página oficial Mikrotik y ESP8266.

2.5.2.4 DISEÑO DE LA CONEXIÓN ROUTER Y SWITCH

El equipo RB850Gx2 estructura al nodo principal de la red inalámbrica "SLUM-CENTRAL" por poseer un CPU TLR4-01680CG-12CE-A3a, que opera a una frecuencia 533Mhz, con 2 núcleos independientes, a diferencia del CCR1016-12G que si bien es un excelente router de 16 núcleos con una frecuencia de trabajo de 1.2Ghz, para las necesidades de esta red es demasiado.

El RB850Gx2 con su memoria RAM de 512MB y su capacidad de almacenamiento de 512MB, estaría sin inconvenientes para el enrutamiento del tráfico de la red. Además cuenta con 5 interfaz gigabit, las cuales aportan en el rápido procesamiento del equipo. Y el precio es accesible para su implementación a diferencia de otros equipos costosos.

Los nodos secundarios "SLUM-NODON", serán estructurados por el equipo RB750Gr3, por poseer 2 núcleos para el proceso a una frecuencia de 880Mhz, con

una memoria aleatoria de 256 MB, su almacenamiento es 16 MB, con 5 interface gigabit, estas características son suficientes para direccionar el tráfico de la red hacia el nodo principal sin inconvenientes.

El diagrama básico de la red telemétrica muestra la implementación de estos router en la red inalámbrica.

En el nodo “SLUM-CENTRAL”, se utilizará 1 switch de 24 puertos, para los futuros enlaces, los cuales serían la expansión de la red inalámbrica del alumbrado público para los demás cantones de la Provincia de Santa Elena.

En los nodos “SLUM-NODON”, se instalará switch de 12 puertos para las conexiones de las Antenas que se utilizarán para conectar nodos auxiliares, y también los Puntos de Acceso para conectar los módulos WI-FI que estaran instalados en las luminarias. La figura 56, muestra la conexión entre un router Mikrotik y un switch Tplik.

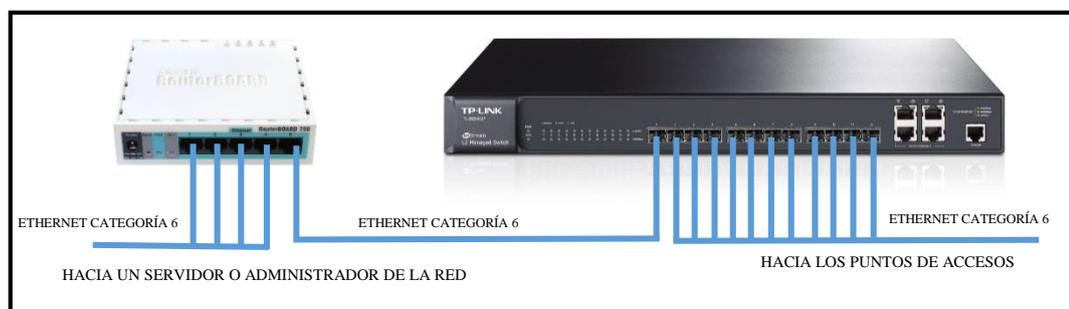


Figura 56: Estructura de un Nodo, conexión Router y Switch: Creado por Autor, referencia página oficial Mikrotik y Tp-link.

2.5.2.5 DIAGRAMA BÁSICO DE LA RED TELEMÉTRICA PARA ALUMBRADO PÚBLICO.

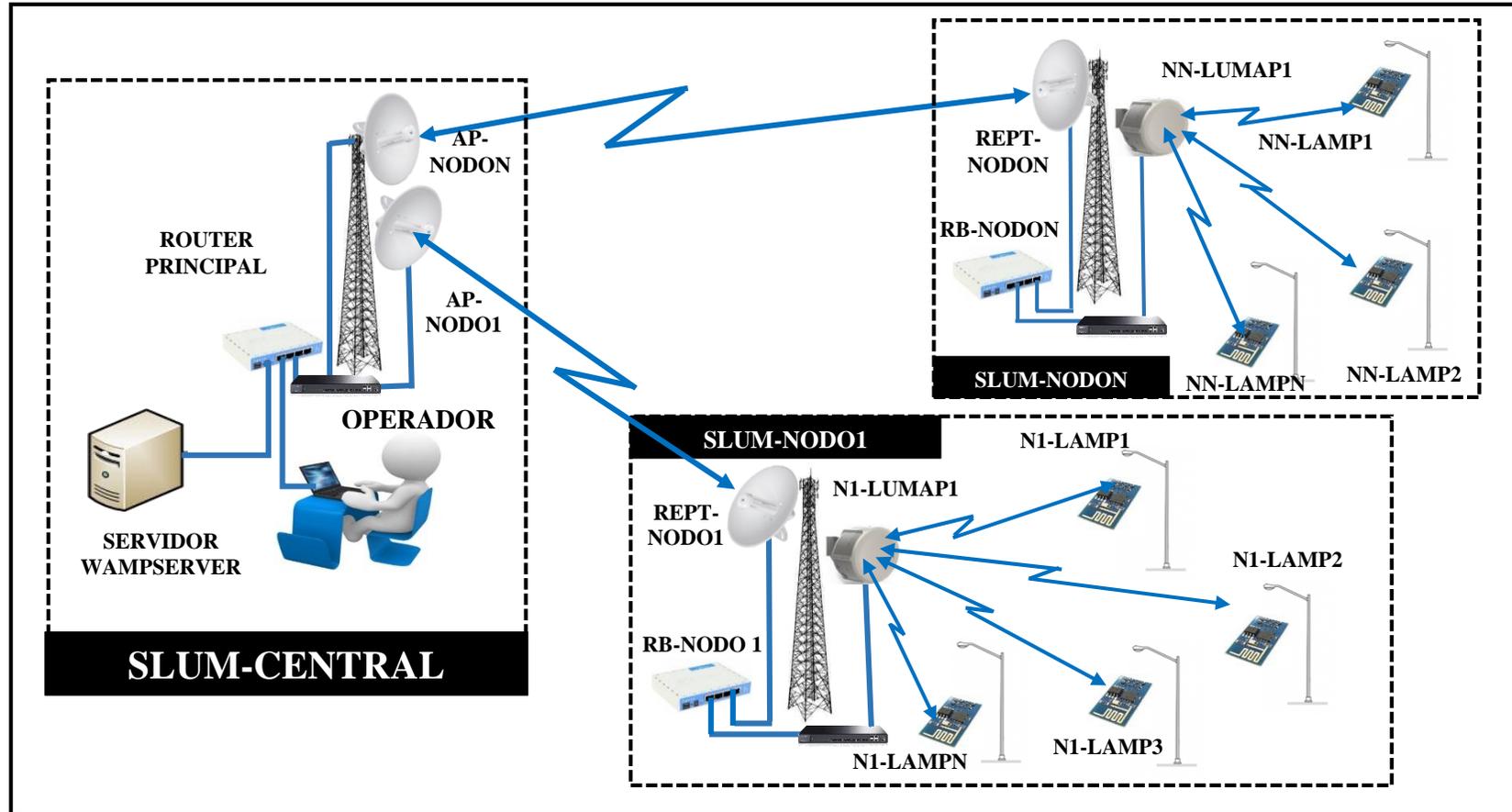


Figura 57: Diagrama Básico del Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público: Creado por Autor.

2.5.2.6 DISEÑO DEL DIRECCIONAMIENTO LÓGICO

El cantón La Libertad posee instaladas 5748 luminarias, debido a este gran número se trabajará con diferentes redes, con el fin de brindar seguridad, para evitar ralentizaciones, y tener una mejor administración del sistema.

Para la elección del tipo de red se consideró la distribución de las luminarias por barrios del cantón La Libertad, tal como consta en los registros del departamento GIS (Geographic Information System) de la CNEL-Santa Elena. La Libertad consta de 70 barrios, para nuestro estudio le llamaremos sectores y a esos sectores se ha reducido a 58, agrupando sectores con pocas luminarias a los sectores aledaños, el número máximo de luminarias que existe en un sector es 232, y el mínimo es 17, por tanto necesitaríamos una red que contengan alrededor de 254 IPs válidas, por este motivo se eligió la IP clase C, para cubrir los diferentes sectores de la ciudad. Esta clase de IP en sus tres primeros octetos identifica a la red, y el último octeto se lo utiliza para los diferentes host, para nuestro caso las luminarias. Una IP clase C, empieza desde el rango 192.0.0.0 hasta 223.255.255.255, esto nos permite trabajar hasta con 2.092.152 redes, cada una con 254 IPs válidas para hosts, con su respectiva mascara 255.255.255.0.

Para la propuesta tecnológica, se trabajara con el rango de IP 192.168.x.0 a 192.168.x.255, donde x es un valor numérico que va desde 0 a 255, es decir 254 redes válidas y 254 host válidos, debido a que la primera IP es reservada para la red general y la última dirección IP es reservada para el broadcast por defecto, es decir el sistema podrá hacer uso de 64.516 IPs validas, lo suficiente para cubrir toda la Provincia de Santa Elena de producirse futuras implementaciones, ya que el total de luminarias instaladas es de 26.890 según datos del departamento de luminaria CNEL-Santa Elena. Sin embargo para la ciudad La Libertad se hará uso de la red 192.168.0.0 hasta 192.168.67.0, con el fin de cubrir todas las luminarias de los 57 sectores definidos.

Los routers se establecen como la puerta de enlace (gateway) de cada red, la IP que se fija para cada uno de ellos es la primera IP válida, por ejemplo si estamos en la red 192.168.0.0 con mascara 255.255.255.0, la IP de la puerta de enlace es 192.168.0.1, y si estamos en la red 192.168.1.0 con mascara 255.255.255.0, la IP de la puerta de enlace es 192.168.1.1, y así con el resto de redes a menos que se realice un proceso de segmentación dentro de la misma IP, que para nuestro proyecto no será necesario.

Las primeras IPs de cada red quedan reservadas para los equipos de comunicaciones, los cuales serán los enlaces entre nodos o para los equipos Acces Point.

Para los enlaces entre nodo Master y los nodos repetidores se utiliza la red 192.168.0.0 con mascara 255.255.255.0, la primera IP se establece para el router, la segunda IP 192.168.0.2 le pertenece al equipo Acces Point, que se enlaza con un repetidor que tendrá la IP 192.168.0.3 para realizar el puente (Bridge 1) entre SLUM-CENTRAL y SLUM-NODO1, la unión de la red en el router se concluye con la IP 192.168.0.4, de tal forma se realiza el puente con las siguientes IPs para SLUM-CENTRAL y SLUM-NODO2 (Bridge 2), de igual manera SLUM-CENTRAL y SLUM-NODO3 (Bridge 3), esta será la red principal por lo tanto aquí es donde se aloja el servidor (WampServer), al cual se le reserva la IP 192.168.0.30, tal como se ve en la figura 58.

Esta red 192.168.0.0, permite la apertura a futuros enlaces para nodos repetidores, por sus restantes IPs válidas que sería alrededor de 244.

Para los enlaces de nodos auxiliares, se utiliza una red diferente la cual estará conectada al router de cada nodo repetidor para el direccionamiento respectivo. Por ejemplo para el enlace auxiliar de SLUM-NODO1 (recordamos que estos enlaces serán Punto a Multipunto con los equipos NSM5), quedan establecido por las siguientes direcciones IPs expuestas en la figura 59.

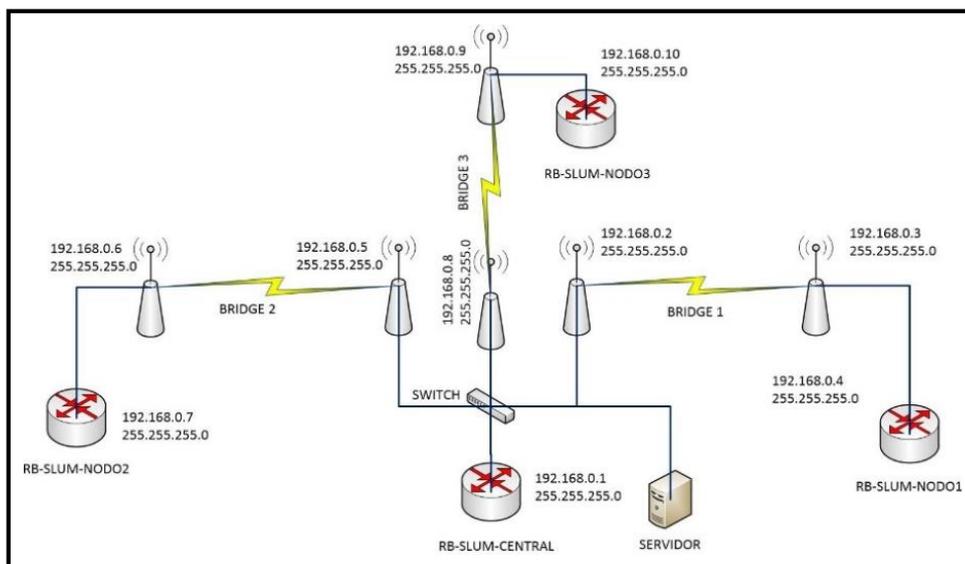


Figura 58: Direccionamiento IP entre Nodo Master y Nodos Repetidores: Creado por Autor.

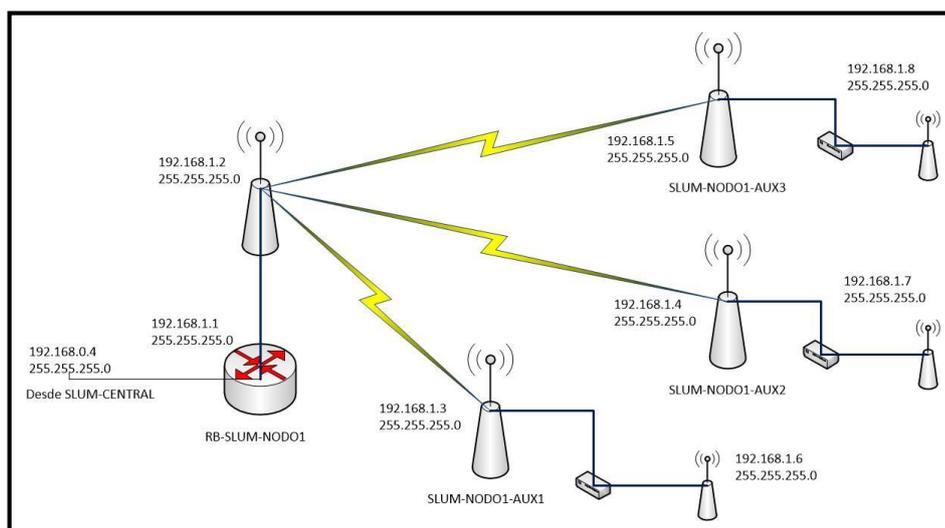


Figura 59: Direccionamiento IP entre Nodos Repetidores y sus Auxiliares: Creado por Autor.

Como se aprecia en la figura 59, los enlaces auxiliares terminan en switch, debido a esto la continuación para las IPs de los puntos de acceso encargados de enlazar las luminarias pertenecen a la misma red. El mismo diagrama de red quedará establecido para los enlaces de los otros nodos auxiliares, ya sea en el mismo nodo SLUM-NODO1, o en SLUM-NODO2 y SLUM-NODO3.

En cada nodo repetidor se instalarán puntos de acceso que permiten la comunicación del servidor con las luminarias, estos equipos tendrán diferentes

redes que se conectaran al router de su nodo respectivo, en ciertos casos 2, 3 ó 4 puntos de acceso pueden formar parte de una misma red, de ser requerido por la cantidad de luminarias que existan en el sector, en la figura 60, se muestra el diagrama de red de los puntos de accesos.

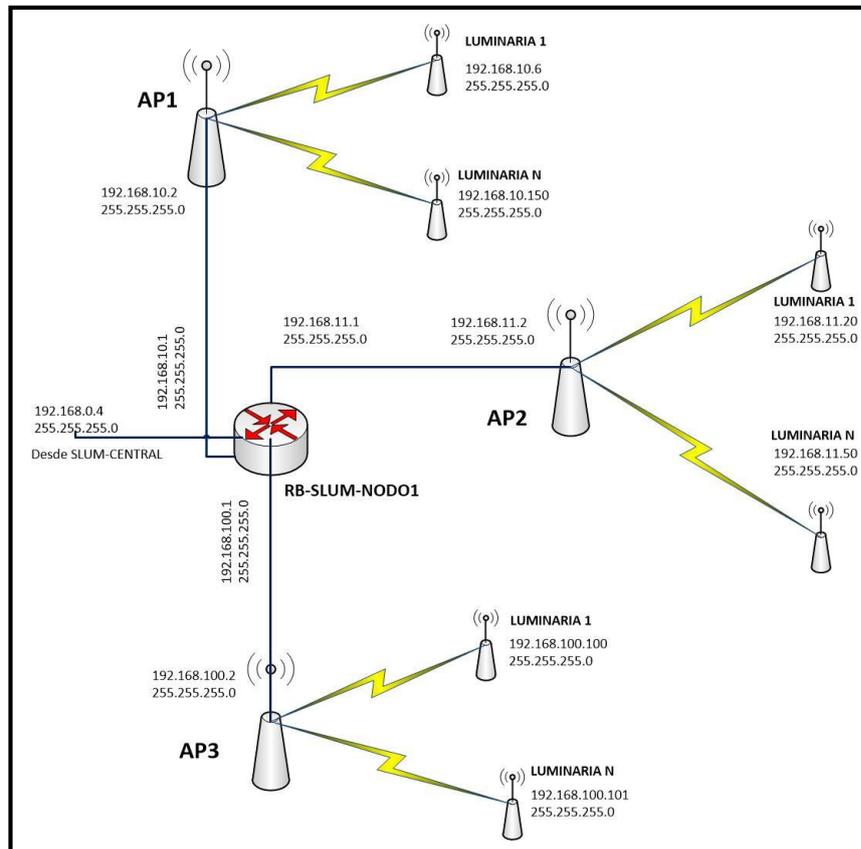


Figura 60: Direccionamiento IP para los Puntos de Accesos: Creado por Autor.

En la figura 60, se muestra el direccionamiento de IP para los puntos de accesos, en este caso para SLUM-NODO1, de la misma manera para los otros nodos, teniendo consideración que una red pertenece a un sector, y si el sector necesita dos equipos (puntos de accesos) o más, tendrán IP de la misma red.

En el anexo 8 se puede observar los diferentes grupos de luminarias que existen y cada una de ellas ya establecida con la red y el número de puntos de acceso que se necesita para cubrir el sector, además el número total de nodos auxiliares que se requiere para cubrir a la ciudad de La Libertad.

2.5.3 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA.

La aplicación es la que permite la interacción del sistema de red telemétrico para alumbrado público con el operador, desde aquí se ejecutan órdenes para el apagado o encendido de la información, además de visualizar el estado de las luminarias. La figura 61, muestra la propuesta interfaz de la aplicación del sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público.

SISTEMA DE TELEGESTIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO

MONITOREO

IDENTIFICACIÓN DE MONITOREO

IP	MAC	SISTEMA	ESTACION	ACCION	ESTADO	FECHA
1	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Auto	Dia	EnvAuto	Apagado 2017-08-22 13:32:25
2	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Manual	Noche	Encender	Encendido 2017-08-22 12:41:59
3	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Manual	Noche	Apagar	Apagado 2017-08-21 23:06:57
4	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Manual	Noche	Encender	Encendido 2017-08-21 23:05:44
5	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Manual	Noche	EnvAuto	Apagado 2017-08-18 16:17:48
6	192.168.0.102	SCCF7F02A600	Manual	Noche	EnvAuto	Apagado 2017-08-18 16:17:45
7	192.168.0.103	600194055F8C	Manual	Noche	EnvAuto	Apagado 2017-08-18 16:17:44
8	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Manual	Noche	Apagar	Apagado 2017-08-18 16:09:00

CONTROL

Control de alumbrado

IP Port:

Esoja acción:
Encender

Save

INFORME DE INCIDENCIAS LUMINARIAS

1	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Encendido	Atender	2017-08-22 12:41:59
2	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Apagado	Atender	2017-08-21 23:06:57
3	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Encendido	Atender	2017-08-21 23:05:44
4	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Apagado	Atender	2017-08-18 16:17:48
5	192.168.0.102	SCCF7F02A600	Apagado	Atender	2017-08-18 16:17:45
6	192.168.0.103	600194055F8C	Apagado	Atender	2017-08-18 16:17:44
7	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Apagado	Atender	2017-08-18 16:09:00
8	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Encendido	Atender	2017-08-18 16:08:26
9	192.168.0.101	SCCF7F87369C	Apagado	Atender	2017-08-18 16:02:48
10	192.168.0.102	SCCF7F02A600	Apagado	Atender	2017-08-18 16:02:45
11	192.168.0.103	600194055F8C	Apagado	Atender	2017-08-18 16:02:43

REPORTE

DATOS GENERALES Y REPORTES ESTADISTICOS

Sistema de Alumbrado Público General de la Provincia de Santa Elena.

Monitoreo General Gráfico Estadístico

Figura 61: Interfaz Aplicación para el Sistema de Red Telemétrico de Alumbrado Público: Creado por Autor.

La interfaz fue realizada en un servidor web mediante programación HTML, a esta se puede acceder a través de un navegador, de preferencia Mozilla FireFox. Para esta aplicación se utilizó el servidor web Apache de WampServer, programación php, javascripts y jquery-easyui.

2.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (TÉCNICA Y FINANCIERA)

2.6.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA.

2.6.1.1 SISTEMA ELECTRÓNICO

- El sistema electrónico se encuentra diseñado en base a componentes de hardware de código abierto, lo que permite un rediseño futuro, en fin de mejoras para la operación. Está elaborado para ser entendido por personal capacitado o aficionados para que pueda utilizarse como guía para otras posibles aplicaciones. La característica importante de este sistema son sus elementos, de fácil adquisición en el mercado mundial, es decir para los mantenimientos simplemente será cuestión de comprar y reemplazar, y seguirá operando como la primera vez.
- El microcontrolador seleccionado ATmega2560 de acuerdo a sus especificaciones técnicas permite el procesado de la información de calidad, aportando al sistema estabilidad y confiabilidad en el proceso.
- Este sistema apertura a la convergencia tecnológica para la interconexión con otras redes, a través de la gran nube, formando parte del Internet de las cosas (IoT, Internet of Things).
- Los elementos electrónicos utilizados en el proyecto son de tamaños reducido, lo que no cubriría un espacio considerable para su instalación, solo se necesitaría fijar a la estructura que sostiene a la luminaria, en su mayoría los postes de alumbrado público.
- La instalación de este sistema en los postes para estructuras eléctricas es totalmente posible, debido a la utilización de máquinas especiales que brindan estabilidad a la hora de la realización, llamados carros canastas.

2.6.1.2 RED DE COMUNICACIONES

- Los equipos de comunicaciones utilizados en el proyecto son económicos y reconocido en el mercado internacional, su adquisición es totalmente posible en bien de futuros mantenimientos, permiten la convergencia con otras marcas.
- Ubiquiti como Mikrotik, brindan actualizaciones de firmware totalmente gratis, lo cual es una ventaja para mantener los equipos que conforman la red totalmente operativa.
- Las especificaciones técnicas de los equipos de telecomunicaciones seleccionados de frecuencia de trabajo 5Ghz hacen posible la trasmisión y recepción en enlaces alrededor de 12km.
- Mediante la utilización de la plataforma informática Radio Mobile se simulo los enlaces, el cual mediante el análisis de la topografía determinó que los puntos establecidos para la instalación de los nodos propuestos son totalmente factibles, ya que cuenta con perfecta línea de vista, y la primera zona de fresnel no es obstruida. La tabla 11, detalla la información de los principales enlaces que se establecieron para los nodos principales.

Nodo Master	Nodo Repetidor	Tipo de enlace	Ubicación	Coordenada	Distancias	Altura de Torre	Nivel Rx
SLUM-CENTRAL	SLUM-NODO1	PtP	Empresa Eléctrica – B. 11 Diciembre	(-2.228021, -80.897065), (-2.240854, -80.904189)	1,65 km	25m y 15m	-43,2 dBm
SLUM-CENTRAL	SLUM-NODO1	PtP	Empresa Eléctrica-Centro	(-2.228021, -80.897065), (-2.221589, -80.911828)	1,87 km	25m y 15m	-41,3 dBm
SLUM-CENTRAL	SLUM-NODO1	PtP	Empresa Eléctrica-Propicia	(-2.228021, -80.897065), (-2.236603, -80.887395)	1,53 km	25m y 15m	-41 ,6 dBm

Tabla 11: Datos de los principales enlaces de la red inalámbrica del Sistema de Monitoreo y Control: Creado por Autor.

2.6.2 FACTIBILIDAD FINANCIERA

2.6.2.1 PRESUPUESTO FINANCIERO SISTEMA ELECTRÓNICO

El presupuesto del sistema electrónico para la adquisición y el envío de información del estado de las luminarias y el control de las mismas, por unidad de la ciudad de La Libertad, esta detallado en la tabla 12.

SISTEMA ELECTRÓNICO			
ELEMENTOS	CANTIDAD	PU	VT
AT MEGA 2560	1	\$ 21,50	\$ 21,50
ESP8266	1	\$ 6,50	\$ 6,50
SENSOR ACS715 30A	1	\$ 12,00	\$ 12,00
RELAY 2 CANALES	1	\$ 6,00	\$ 6,00
FUENTE 5V-3,3V	1	\$ 5,00	\$ 5,00
RELAY 115V	1	\$ 10,00	\$ 10,00
CARGADOR DE 9V 2A	1	\$ 9,00	\$ 9,00
CARGADOR DE 5V 2A	1	\$ 5,00	\$ 5,00
CAJA CONTENEDORA	1	\$ 7,00	\$ 7,00
OTROS	1	\$ 10,00	\$ 10,00
TOTAL			\$ 92,00

Tabla 12: Presupuesto Financiero del Sistema Electrónico para cada Luminaria:
Creado por Autor.

El elemento Otros del presupuesto, son todos los elementos restantes como cables eléctricos de conexión entre sistema electrónico y lámpara o fotocelda. También representa a los cables de conexiones interna del sistema electrónico, tornillos, etc.

Los valores de cada elemento son internos del país al por mayor, pero en mercados internacionales el precio reduciría radicalmente a precio de mayorista.

2.6.2.2 PRESUPUESTO FINANCIERO RED DE TELECOMUNICACIONES.

El sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público de la ciudad La Libertad, propone en su estructura Backbone la implementación de torres de comunicaciones, para los nodos repetidores SLUM-NODO1, SLUM-NODO2, SLUM-NODO3 de altura de 15 metros cada una, y para el nodo master SLUM-CENTRAL, la

utilización de una estructura ya existente en la Central de la CNEL-Santa Elena, también la expansión de la red a través de nodos auxiliares que se instalaran en los postes de alumbrado público mediante bases metálicas, en el anexo 10 se muestra una vista preliminar de la posible estructura. Por lo cual en las siguientes tablas se detallarán el costo para cada nodo.

NODO MASTER: SLUM-CENTRAL			
ELEMENTOS	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
ROUTER	1	\$ 140,00	\$ 140,00
SWICTH 24 PUERTOS	1	\$ 85,00	\$ 85,00
POWERBEAM M5-400	3	\$ 160,00	\$ 480,00
SXT-2	5	\$ 90,00	\$ 450,00
NST M5	2	\$ 150,00	\$ 300,00
SERVIDOR	1	\$ 500,00	\$ 500,00
TOTAL			\$ 1.955,00

Tabla 13: Presupuesto Financiero para el Nodo Master: Creado por Autor

NODO REPETIDOR: SLUM-NODO1			
ELEMENTOS	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
ROUTER	1	\$ 75,00	\$ 75,00
SWICTH 16	1	\$ 60,00	\$ 60,00
POWERBEAM M5-400	1	\$ 160,00	\$ 160,00
SXT-2	6	\$ 90,00	\$ 540,00
NST M5	2	\$ 150,00	\$ 300,00
TORRE	15m	\$ 30,00	\$ 450,00
CAJA CONTENEDORA	1	\$ 50,00	\$ 50,00
TOTAL			\$ 1.635,00

Tabla 14: Presupuesto Financiero para el Nodo Repetidor 1: Creado por Autor.

NODO REPETIDOR: SLUM-NODO2			
ELEMENTOS	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
ROUTER	1	\$ 75,00	\$ 75,00
SWICTH 16	1	\$ 60,00	\$ 60,00
POWERBEAM M5-400	1	\$ 160,00	\$ 160,00
SXT-2	3	\$ 90,00	\$ 270,00
NST M5	2	\$ 150,00	\$ 300,00
TORRE	15m	\$ 30,00	\$ 450,00
CAJA CONTENEDORA	1	\$ 50,00	\$ 50,00
TOTAL			\$ 1.365,00

Tabla 15: Presupuesto Financiero para el Nodo Repetidor 2: Creado por Autor.

NODO REPETIDOR: SLUM-NODO3			
ELEMENTOS	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
ROUTER	1	\$ 75,00	\$ 75,00
SWICHTH 16	1	\$ 60,00	\$ 60,00
POWERBEAM M5-400	1	\$ 160,00	\$ 160,00
SXT-2	6	\$ 90,00	\$ 540,00
NST M5	2	\$ 150,00	\$ 300,00
TORRE	15m	\$ 30,00	\$ 450,00
CAJA CONTENEDORA	1	\$ 50,00	\$ 50,00
TOTAL			\$ 1.635,00

Tabla 16: Presupuesto Financiero para el Nodo Repetidor 3: Creado por Autor

NODOS AUXILIARES			
ELEMENTOS	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
SWICHTH 8	46	\$ 20,00	\$ 920,00
SXT-2	109	\$ 90,00	\$ 9.810,00
NST M5	46	\$ 150,00	\$ 6.900,00
BASE	46	\$ 50,00	\$ 2.300,00
CAJA	46	\$ 10,00	\$ 460,00
TOTAL			\$ 20.390,00

Tabla 17: Presupuesto Financiero para los Nodos Auxiliares: Creado por Autor.

En el anexo 11, se detalla los elementos de los nodos auxiliares, es decir cuántos equipos acces point se necesitan para cada sector. Los valores de los equipos fueron tomados en base a las los registros en las páginas web de los proveedores nacionales de equipos de comunicación de marca Ubiquiti, Mikrotik y T-plink, los cuales están sujetos a variaciones a los impuestos arancelarios del Ecuador.

OTROS MATERIALES			
ELEMENTOS	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
CAJA DE CABLES CAT 5E QPCOM 300M	2	\$ 120,00	\$ 240,00
FUNDA CONECTORES RJ45 (X100)	3	\$ 10,00	\$ 30,00
FUNDAS AMARRAS PLASTICAS	3	\$ 9,00	\$ 27,00
OTROS(TORNILLOS, TUERCAS, ETC)	200	\$ 1,00	\$ 200,00
TOTAL			\$ 497,00

Tabla 18: Presupuesto Financiero Otros Materiales: Creado por Autor.

El elemento Otros de la tabla de otros materiales, estima el uso de materiales extras como tornillos, tuercas, alambres, etc.

2.6.2.3 PRESUPUESTO TOTAL DEL SISTEMA DE RED TELEMÉTRICO PARA ALUMBRADO PÚBLICO.

DETALLES	CANTIDAD	PU	TOTAL
SLUM-CENTRAL	1	\$ 1.955,00	\$ 1.955,00
SLUM-NODO1	1	\$ 1.585,00	\$ 1.585,00
SLUM-NODO2	1	\$ 1.315,00	\$ 1.315,00
SLUM-NODO3	1	\$ 1.585,00	\$ 1.585,00
NODOS AUXILIARES	1	\$ 20.390,00	\$ 20.390,00
OTROS MATERIALES	1	\$ 497,00	\$ 497,00
SISTEMA ELECTRONICO	5748	\$ 92,00	\$ 528.816,00
TOTAL SISTEMA			\$ 556.293,00

Tabla 19: Presupuesto Financiero Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público: Creado por Autor.

2.6.2.4 PRESUPUESTO DE OPERACIÓN.

PRESUPUESTO DE OPERACIÓN					
DETALLES	NIVEL REQUERIDO	CANTIDAD	MESES	PU	VALOR TOTAL
Director de Obra	INGENIERO	1	8	\$ 2.500,00	\$ 20.000,00
Supervisor de Obra	INGENIERO	3	8	\$ 1.500,00	\$ 36.000,00
Cuadrilla(X3)	TÉCNICOS	3	8	\$ 1.500,00	\$ 36.000,00
Rubro Varios	NINGUNA	1	8	\$ 4.791,00	\$ 38.328,00
TOTAL					\$ 130.328,00

Tabla 20: Presupuesto Financiero de Operación para el Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público: Creado por Autor.

El presupuesto para el sueldo del personal técnico, está basado en el salario de trabajadores de Empresas contratistas de CNEL-Santa Elena del presente año, los rubros varios se refieren a la movilización, horas extras y almuerzos.

2.6.2.5 PRESUPUESTO TOTAL PARA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE RED TELEMÉTRICO PARA ALUMBRADO PÚBLICO EN LA CIUDAD DE LA LIBERTAD.

DETALLE	TOTAL
SISTEMA DE RED TELEMÉTRICO	\$ 556.293,00
PRESUPUESTO DE OPERACIÓN	\$ 130.328,00
TOTAL PARA IMPLEMENTACIÓN	\$ 686.621,00

Tabla 21: Presupuesto Total para la Implementación del Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público de La Libertad: Creado por Autor.

2.6.2.6 TASA INTERNA DE RETORNO.

La inversión para la realización del Sistema de Red Telemétrico para Alumbrado Público en el cantón La Libertad, es de \$686.621,00, por tal motivo se realizará un estudio para la recuperación económica del proyecto. Para ello se establece el análisis en un período de 3 años basado en el tiempo de vida útil acelerado de los equipos que conforman un sistema telemétrico (componentes electrónicos, equipos de comunicación, etc.), especificaciones técnicas de los fabricantes y experiencias de técnicos en el área. Además se supone una pérdida media del total de las incidencias mensuales ocurridas en la empresa eléctrica CNEL-Santa Elena como se detalla en el anexo 1, y se considera un proyecto aprobado por desarrollarse el cual es reemplazar las luminarias de capacidad de 100W y 150W por 250W. La tabla 22, muestra los cálculos supuestos de pérdidas mensuales en un año.

CÁLCULOS DE PÉRDIDAS EN EL SAPG DE LA CIUDAD LA LIBERTAD							
CAPACIDAD (W)	CANTIDAD	12H INNECESARIAS KWH	COSTO KWH	PÉRDIDAS POR DÍA \$	CANTIDAD DAÑADAS MENSUAL	DIAS	TOTAL
250	5598	3	\$ 0,11	\$ 0,33	300	30	\$ 2,970.00
400	150	4,8	\$ 0,11	\$ 0,53	40	30	\$ 633,60
TOTAL PÉRDIDA MENSUAL							\$ 3,603.60
TOTAL DE SUPUESTO DE PÉRDIDA ECONÓMICA EN ALUMBRADO PÚBLICO ANUAL EN LA CIUDAD DE LA LIBERTAD							\$ 43,243.20

Tabla 22: Supuesto de Pérdidas Mensuales en el SAPG en la ciudad de La Libertad: Creado por Autor.

Debido al análisis del proyecto a 3 años, se establecen rubros anuales dedicados para el mantenimiento preventivo del sistema de red telemétrico, ver la tabla 23:

MANTENIMIENTO OPERATIVO ANUAL DEL SISTEMA DE RED			
RECURSO HUMANO	CANT	PU	TOTAL
TÉCNICOS	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
TOTAL MENSUAL			\$ 1.000,00
TOTAL ANUAL			\$ 12.000,00

Tabla 23: Egresos para el Mantenimiento Preventivo de la Red Telemétrica: Creado por Autor.

Para los ingresos netos de nuestro proyecto se toman en consideración el financiamiento que efectúa la empresa de distribución para la identificación de incidencias en el sistema de alumbrado público, esto es mediante inspección en el campo diurno y nocturno, tal como lo muestra la tabla 24.

MANTENIMIENTO OPERATIVO ANUAL DE LAS LUMINARIAS DE SODIO			
DESCRIPCIÓN	CANT	PU	TOTAL
TÉCNICOS	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
ALQUILER CAMIONETA	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
COSTOS INDIRECTOS	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
TOTAL MENSUAL			\$ 4.000,00
TOTAL ANUAL			\$ 48.000,00

Tabla 24: Rubros dedicados al Reconocimiento de Incidencias en el Sistema de Alumbrado Público actual: Creado por Autor.

Además de la identificación del problema, las lámparas necesitan el mantenimiento adecuado y corrección a fallos, por tal motivo sería otro rubro considerado como ingreso en el proyecto, tal como lo muestra la tabla 25.

MANTENIMIENTO LUMINARIAS DE SODIO DAÑADAS ANUALES			
RECURSO HUMANO	CANT	PU	TOTAL
REPARACIÓN	150	\$ 20,00	\$ 3.000,00
REPUESTO MÍNIMO	340	\$ 50,00	\$ 17.000,00
TOTAL MENSUAL			\$ 20.000,00
TOTAL ANUAL			\$ 240.000,00

Tabla 25: Mantenimiento de Luminarias de Sodio: Creado por Autor.

En la tabla 26, se muestra los posibles egresos e ingresos anuales en base a las tablas 23, 24, y 25, que se presentarán en el estimado para la recuperación de la inversión a 3 años.

EGRESOS E INGRESOS PRESUPUESTADO PARA EL PROYECTO TELEMÉTRICO		
DESCRIPCIÓN	EGRESOS	INGRESOS
Total De Supuesto De Pérdida Económica En Alumbrado Público Al 30% Anual En La Ciudad De La Libertad	\$ 0,00	\$ 43.243,20
Mantenimiento Operativo Anual Del Sistema Actual	\$ 0,00	\$ 48.000,00
Mantenimiento Luminarias Dañadas Anuales Del Sistema Actual	\$ 0,00	\$ 240.000,00
Mantenimiento Operativo Anual Del Sistema De Red A 5 Años	\$ 12.000,00	\$ 0,00
TOTAL	\$ 12.000,00	\$ 331.243,20

Tabla 26: Posibles Egresos e Ingresos en la realización del Proyecto Telemétrico.: Creado por Autor.

Para el cálculo de la TIR (Tasa Interna de Retorno), se toman en cuenta los posibles egresos e ingresos anuales detallados en la tabla 26, para el año inicial se tendrá como inversión el costo de adquisición de equipos, que es de \$ 556.293 y la inversión para implementación de \$63,164. A partir del primer año implementado el proyecto los costos de mantenimiento serán \$30,000 anuales. Los ingresos anuales se basan en convertir las pérdidas estimadas y el costo de mantenimiento del sistema actual de alumbrado público del cantón La Libertad en ahorros, como se detalló en la tabla 22 y 25. Se toma en consideración la tasa de descuento para proyectos de inversión para el año 2017 establecida por SENPLADES (Secretaría Nacional De Planificación y Desarrollo), la cual es 12%. Después del análisis del flujo de efectivos en un período de 3 años obtendremos que el proyecto financieramente es factible porque la TIR calculada está por encima de la Tasa de Descuento para Proyectos de Inversión, tal como detalla la tabla 27.

TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO			
TIEMPO	INGRESO	EGRESO	NETO
AÑO 0	\$ -	\$ 619.457,00	\$ -619.457,00
AÑO 1	\$ 331.243,20	\$ 12.000,00	\$ 319.243,20
AÑO 2	\$ 331.243,20	\$ 12.000,00	\$ 319.243,20
AÑO 3	\$ 331.243,20	\$ 12.000,00	\$ 319.243,20
TIR			18,681%

Tabla 27: Cálculo de la Tasa Interna de Retorno del Proyecto: Creado por Autor, referencia Hoja de Cálculo Microsoft Excel.

IMPACTO SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

En el análisis de la TIR el proyecto recupera la inversión, sin embargo hay que recalcar el impacto para la sociedad: la implementación de este proyecto será totalmente beneficioso, ya que se mantendrán calles correctamente iluminadas, sitios de distracción con su respectiva iluminación, entre otras, gracias a la pronta identificación de fallos en el Sistema de Alumbrado Público.

2.7 RESULTADOS

Al iniciar el sistema electrónico entra en un bucle infinito, el cual adquiere información del estado de la lámpara y de la fotocelda, este sistema se encuentra dividido en dos secciones, la parte automática y manual, siempre iniciará en la condición automática. El sistema cada 30 minutos adquiere la información del estado de la lámpara, inmediatamente la envía a un servidor de base de datos local a través de la red inalámbrica, en la cadena que se envía consta la identificación de la lámpara, IP y MAC del dispositivo inalámbrico, el estado del día en que se encuentra, el estado del sistema si es manual o automático, el estado de la lámpara si es encendido o apagado, consumo de corriente, consumo de potencia, y una observación general, este proceso lo realiza indefinidamente.

Cuando el sistema se encuentra en la parte automática siempre está a la espera de recibir una orden para pasarse al segmento manual de así ser requerido o si está en el segmento manual simplemente está a la espera de recibir una orden remota desde el centro de control, para ejecutar acciones en las salidas conectadas a los actuadores (relé K1 y K2), ya sea encender o apagar la lámpara, o simplemente retornar a la parte automática.

A continuación se realizarán experimentos que intervienen en la ejecución del sistema a fin de obtener resultados.

2.7.1 ADQUISICIÓN DE CORRIENTE.

Objetivo: Adquirir una señal analógica y convertirla en digital a través del Transductor de Corriente ACS712 para determinar mediante programación el valor de corriente de la carga (lámpara) y calcular el consumo de potencia.

Criterio De Éxito: Se adquiere el valor de la corriente mediante el campo magnético que se produce cuando circulan electrones por la bobina de cobre que

contiene el sensor. De no circular corriente no se produce campo magnético. El sensor conectado a la placa controladora envía un voltaje de 0 a 5V DC, los cuales se relacionan a la resolución de la tarjeta controladora (10bits).

Experimento: Se establecen experimentos para la adquisición de corriente, para ello se conecta un cable entre la lámpara y las borneras del sensor, además se realizan las conexiones de alimentación del ACS712 con la placa arduino tal como se mostró en la figura 37.

Para las pruebas se utilizó una bombilla incandescente de 100W. Se realizó la adquisición de 15 lecturas de corriente cada 0.5 segundos con el bombillo apagado obteniendo valores de corriente entre 0.072 – 0.082 A, a continuación se procedió a encenderlo para adquirir 15 lecturas más en el mismo intervalo de tiempo, y se obtuvieron valores de corrientes entre 1.142 y 1.16 A, como resultado del proceso se tiene un ruido que genera un valor aproximado a 0.09 respecto a la corriente 0A, el cual puede ser controlado a través de programación haciendo que valores menores de 0.1A se conviertan en corrientes nulas para el sistema, la tabla 28, muestra los resultados del experimento con los respectivos cálculos de corriente Irms y Potencia:

N°	Bombilla Apagada			Bombilla Encendida		
	Ipico(A)	Irms(A)	Potencia(W)	IPico(A)	Irms(A)	Potencia(W)
1	0,078	0,055	6,58	1,154	0,816	97,92
2	0,077	0,055	6,6	1,144	0,809	97,07
3	0,074	0,053	6,3	1,149	0,813	97,5
4	0,077	0,055	6,54	1,16	0,82	98,43
5	0,077	0,055	6,57	1,147	0,811	97,34
6	0,073	0,051	6,16	1,145	0,81	97,16
7	0,078	0,055	6,62	1,15	0,813	97,58
8	0,074	0,052	6,25	1,144	0,809	97,07
9	0,072	0,051	6,13	1,145	0,809	97,11
10	0,082	0,058	7	1,144	0,809	97,08
11	0,076	0,054	6,46	1,142	0,808	96,9
12	0,074	0,052	6,28	1,146	0,81	97,23
13	0,077	0,055	6,55	1,158	0,819	98,23
14	0,077	0,054	6,49	1,152	0,815	97,75
15	0,074	0,053	6,31	1,154	0,816	97,94

Tabla 28: Resultado del experimento para obtención de la corriente: Creado por Autor.

El segmento de código de programación para que el microcontrolador pueda realizar la adquisición de corriente a través de una de sus entradas analógicas y calcular la potencia se muestra en la figura 62.

```
float Ip = Adq_Corriente();
Irms = Ip * 0.707; //Intensidad RMS = Ipico/(2^1/2)
Potencia = Irms * 120.0; // P=IV watts
}

float Adq_Corriente()
{
float VoltajeSensor;
float Corriente = 0;
long tiempo3 = millis();
float Imax = 0;
float Imin = 0;
float Offset = 0.200;
float Sensibilidad = 0.054;

while (millis() - tiempo3 < 500)
{
VoltajeSensor = analogRead(SensorCorriente) * (5.0 / 1023.0);
Corriente = 0.9 * Corriente + 0.1 * ((VoltajeSensor - 2.527) / Sensibilidad);
if (Corriente > Imax)Imax = Corriente;
if (Corriente < Imin)Imin = Corriente;
}
return (((Imax - Imin) / 2) - Offset);
}
```

Figura 62: Segmento de Código que realiza la adquisición de Corriente y el cálculo de Potencia: Software IDE Arduino.

2.7.2 ADQUISICIÓN DEL ESTADO DE LA LUMINARIA.

Objetivo: Determinar mediante entradas de señales digitales la estación del día en que se encuentra la luminaria y el estado de la lámpara (encendida o apagada).

Criterio de Éxito: El microcontrolador cumple a cabalidad las condiciones establecidas en la programación y determina que la lámpara se encuentra encendida o apagada. El circuito electrónico identifica si es día o noche mediante el accionar de la fotocelda para almacenar en una variable.

Experimento: Para obtener el estado del bombillo se tiene en consideración la corriente adquirida, ya que depende de si existe consumo de corriente o no para que

el sistema determine si está encendido o apagado, valga recalcar que no se consideran corrientes negativas. Mediante la conmutación de un relé de 115V AC que se conecta directamente a la salida de la fotocelda se ingresará un voltaje alto o bajo al microcontrolador, el cual a través de una condición establecida determina si es día o noche. Debido a que la fotocelda se comporta como un interruptor, tiene dos estados, primero se simula la noche aislando a la fotocelda de la luz, entonces el relé conmuta y deja pasar un voltaje de 5V DC al microcontrolador, cuando se le aplica directamente luz el circuito de la fotocelda se abre, el relé conmuta y pone a tierra la entrada digital de arduino. En el monitor serie del IDE de Arduino se obtuvieron los resultados de la adquisición del Estado del bombillo y la Estación del Día, como se observa en la figura 63.

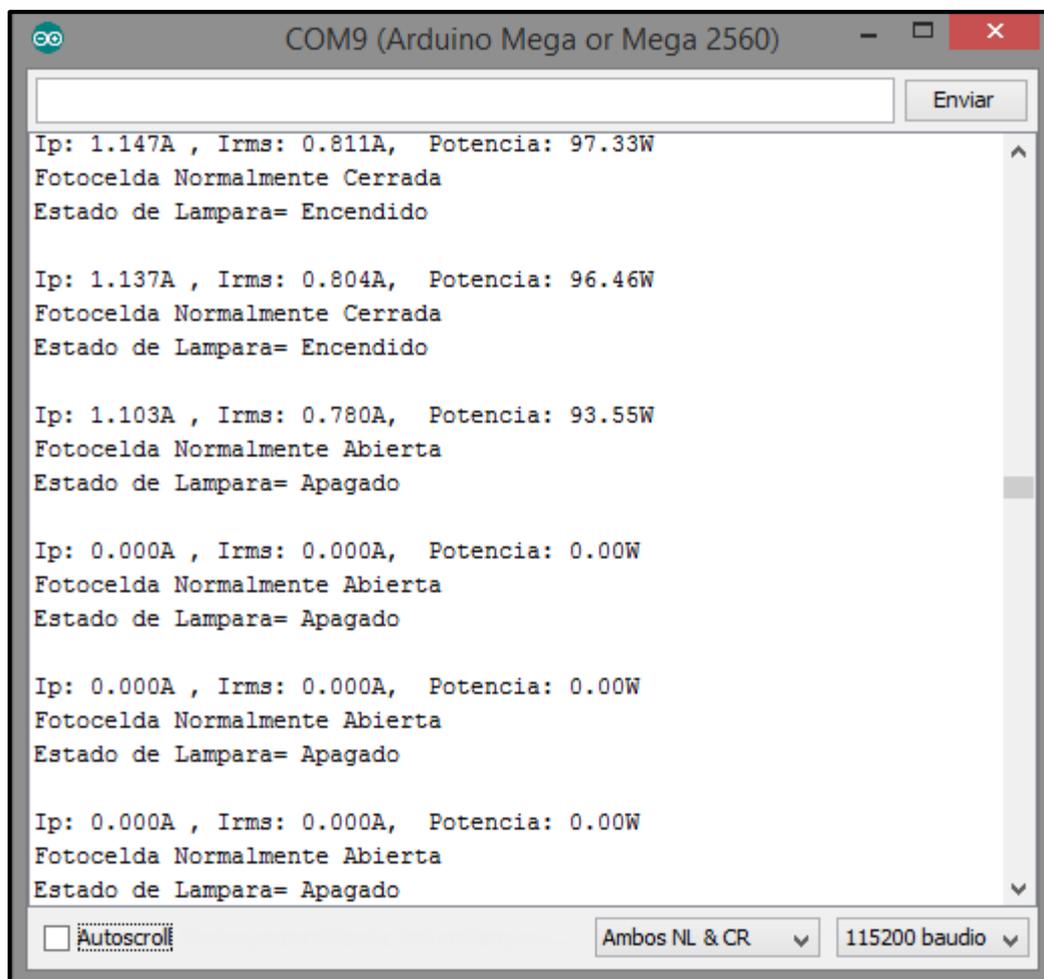


Figura 63: Experimento de Adquisición del Estado de la Luminaria: Software IDE Arduino

El segmento de código para realizar las asignaciones a las variables del estado de la luminaria, filtrado de corrientes negativas, y asignación de la estación del día está condicionado tal como se observa en la figura 64.

```
if (digitalRead(dianoche) == HIGH)
{
    bdn = 1;
    Serial.println("Fotocelda Normalmente Cerrada");
    DiaNoche = "Noche";
}
else if (digitalRead(dianoche) == LOW)
{
    bdn = 0;
    DiaNoche = "Dia";
    Serial.println("Fotocelda Normalmente Abierta");
}

float Ip = Adq_Corriente();
if (Ip <= 0.1)
{
    Ip = 0;
    Estado = "Apagado";
    Serial.println("Estado de Lampara= Apagado");
}

if (Ip > 0.1)
{
    Estado = "Encendido";
    Serial.println("Estado de Lampara= Encendido");
}
```

Figura 64: Segmento de Código que realiza la adquisición del Estado de la Luminaria y la Estación del Día: Software IDE Arduino

2.7.3 ENVÍO DE LOS DATOS ADQUIRIDOS Y PROCESADOS AL SERVIDOR DE BASE DE DATOS A TRAVÉS DE LA RED INALÁMBRICA.

Objetivo: Enviar los datos adquiridos y procesados, a través del módulo WI-FI ESP8266-01 hacia el servidor de Base de Datos.

Criterio de Éxito: El módulo WI-FI realiza una comunicación como cliente del servidor. Se envía una cadena string por medio de la red inalámbrica la cual se almacena sin inconvenientes en la base de datos.

Experimento: Para el experimento se realizaron varios procesos, primero se conecta el módulo WI-FI con el arduino tal como se vio en la figura 37, luego se utilizan los comandos AT en fin de comprobar el funcionamiento del módulo, buscar una red inalámbrica, enlazar a la red inalámbrica, establecer una dirección IP estática, establecer el modo Station, abrir una conexión única con el servidor de base de datos, y el envío de la cadena String que contiene la petición para almacenamiento de los datos en el servidor de base de datos. La tabla 29, contiene los comandos y respuestas a cada acción enviadas al módulo y la figura 65 muestra los resultados almacenados en la BD.

ACCIÓN	COMANDOS	RESPUESTA
Comprobar Módulo	AT	OK
Buscar Punto De Acceso	AT+CWLAP	+CWLAP: (3, "LUMAP1",-50,"2D:5F:35:2C:3F:5A",1) OK
Conectar Al Punto De Acceso	AT+CWLAP="LUMPAP1","Proyecto201"	OK
Establecer Ip	AT+CIPSTA="192.168.0.101"	OK
Configurar Modo Station	AT+CWMODE=1	OK
Deshabilitar Servidor	AT+CIPSERVER=0	OK
Deshabilitar Múltiples Conexiones	AT+CIPMUX=0	OK
Conectar Al Servidor	AT+CIPSTART="TCP","192.168.0.30",80	OK ALREADY CONNECT 0, CONNECT
Preparar Cadena	AT+CIPSEND=0,172	>
Enviar Cadena	>GET /sistema/conexion.php?IDlum=00100&IDip=192.168.0.101&IDmac=5CCF7F87369C&Sistema=Auto&DiaNoche=Dia&ACcion=EnvAuto &EStado=Apagado&COrriente=0&COsumo=0&OBServacion=BuenEstado	SEND OK 0, CLOSE

Tabla 29: Comandos AT enviados al Módulo WI-FI a través del puerto serie de Arduino para almacenamiento en la Base de Datos: Creado por Autor.

Mostrando filas 250 - 255 (total de 256, La consulta tardó 0.0016 segundos.)

SELECT * FROM `estadolum`

Datos adquiridos y almacenados exitosamente en la BD

Perfilando [Editar en línea] [Editar] [Explicar SQL] [Crear]

<< < 11 > > Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas:

+ Opciones

IDlum	IDip	IDmac	Sistema	DiaNoche	ACcion	EStado	COrriente	COnsumo	OBservacion	FechaHora
000101	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Manual	Noche	Apagar	Apagado	0.00A	0.00W	Atender	2017-06-16 04:56:28
000102	192.168.0.102	5CCF7F02A600	Manual	Noche	Apagar	Apagado	0.00A	0.00W	Atender	2017-06-16 04:56:41
000103	192.168.0.103	600194055F8C	Manual	Noche	Apagar	Apagado	0.00A	0.00W	Atender	2017-06-16 04:56:57
00100	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Auto	Dia	SinAccion		0.00A	0.00W	BuenEstado"	2017-07-19 13:41:07
00100	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Auto	Dia	SinAccion		0.00A	0.00W	BuenEstado	2017-07-19 13:41:34
00100	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Auto	Dia	SinAccion	Apagado	0.00A	0.00W	BuenEstado	2017-07-19 13:42:46

Figura 65: Datos Almacenados en la BD exitosamente del experimento: Servidor WampServer.

El segmento de programación que envía los datos adquiridos y procesados cada período de tiempo establecido (minutos) hacia el servidor de base datos se muestra en la figura 66.

```

void Envios()
{
    Serial.println("Inicio envios");

    Ordenes[j] = "GET /sistema/conexion.php?IDlum=";
    Ordenes[j] += Idlum;
    Ordenes[j] += "&IDip=";
    Ordenes[j] += Idip;
    Ordenes[j] += "&IDmac=";
    Ordenes[j] += Idmac;
    Ordenes[j] += "&Sistema=";
    Ordenes[j] += SIstema;
    Ordenes[j] += "&DiaNoche=";
    Ordenes[j] += DiaNoche;
    Ordenes[j] += "&ACcion=";
    Ordenes[j] += ACcion;
    Ordenes[j] += "&EStado=";
    Ordenes[j] += Estado;
    Ordenes[j] += "&COrriente=";
    Ordenes[j] += Irms;
    Ordenes[j] += "A";
    Ordenes[j] += "&COnsumo=";
    Ordenes[j] += Potencia;
    Ordenes[j] += "W";
    Ordenes[j] += "&OBservacion=";
    Ordenes[j] += Observacion;
    Ordenes[3] = "AT+CIPSEND=";
    Ordenes[3] += Ordenes[j].length() + 2;

    Serial.println(Ordenes[0]);
    Serial.println(Ordenes[1]);
    Serial.println(Ordenes[2]);
    Serial.println(Ordenes[3]);
    Serial.println(Ordenes[4]);
    ptr = 0;

    while (Ordenes[ptr] != "END")
    {
        tactual2 = millis();
        tiempo2 = tactual2 - tanterior2;
        //ESP.println("AT");
        if (tiempo2 >= 1000) //500000 equiva
        {
            tanterior2 = tactual2;
            Serial1.println(Ordenes[ptr++]);
            Serial.println(ptr);
            Serial1.flush();
            while (Serial1.available())
            {
                char x = Serial1.read();
                Serial.print(x);
            }
        }
    }
}

```

Figura 66: Segmento de Código que envía los datos al servidor: Software IDE Arduino.

2.7.4 ACCIONAMIENTO DE LA LÁMPARA DESDE EL SERVIDOR.

Objetivo: Tele-operar el encendido o apagado de la lámpara a través de la red inalámbrica mediante un mini servidor web.

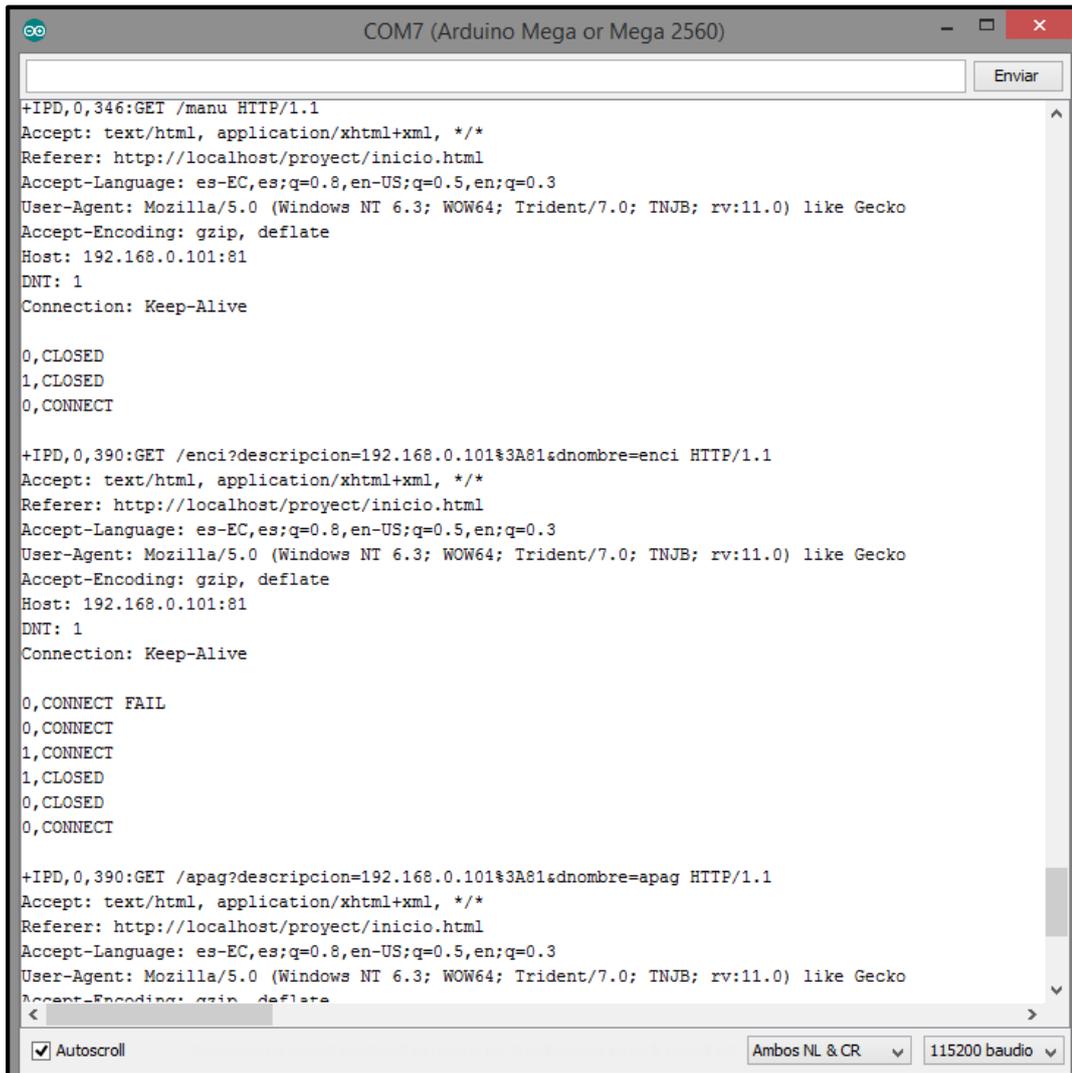
Criterios: El módulo WI-FI opera exitosamente como un servidor web, permitiendo múltiples conexiones de clientes web. Se realiza exitosamente el encendido o apagado de la lámpara, con tiempos de respuesta muy rápidos, enviando al servidor de base de datos la acción que se ejecutó.

Experimentos: El primer experimento que se realizó fue configurar al módulo WIFI mediante códigos AT para que opere como un mini servidor web, la tabla 30 detalla los comandos y las respuestas del módulo.

ACCIÓN	COMANDOS	RESPUESTA
ACTIVAR MÚLTIPLES CONEXIONES	AT+CIPMUX	OK
HABILITAR EL SERVIDOR	AT+CIPSERVER=1,81	OK
ESTABLECER UN TIEMPO DE CONEXIÓN	AT+CIPSTO=1	OK

Tabla 30: Respuesta al Experimento de creación de un Servidor Web en el Módulo WI-FI: Creado por Autor.

Para la continuación del experimento se hizo uso de un navegador (Google Chrome, Mozilla, Internet Explorer, etc.) se envió códigos HTML a la dirección y puerto de comunicación del mini servidor web, encaminados por el router, se utilizó la dirección IP acompañada de la orden: 192.168.0.101:81/manu (manu en la programación html tiene el id de manual), es decir el sistema electrónico se encontraba en la sección automática, pero el microcontrolador a través del puerto serie recibió esta petición, lo cual ocasionó dirigirse al segmento manual a la espera de nuevas órdenes. Una vez cambiado de modo automático a manual, se envía 192.168.0.101:81/enci (enci en la programación html tiene el id de encender), para que el sistema realice el encendido del bombillo, y para apagarlo se envía 192.168.0.101:81/apag (apag en la programación html tiene el id de apagar). La figura 67, muestra los resultados obtenidos de enviar las órdenes desde el navegador web al microcontrolador a través de la red inalámbrica.



```
COM7 (Arduino Mega or Mega 2560)
+IPD,0,346:GET /manu HTTP/1.1
Accept: text/html, application/xhtml+xml, */*
Referer: http://localhost/proyect/inicio.html
Accept-Language: es-EC,es;q=0.8,en-US;q=0.5,en;q=0.3
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 6.3; WOW64; Trident/7.0; TNJB; rv:11.0) like Gecko
Accept-Encoding: gzip, deflate
Host: 192.168.0.101:81
DNT: 1
Connection: Keep-Alive

0,CLOSED
1,CLOSED
0,CONNECT

+IPD,0,390:GET /enci?descripcion=192.168.0.101%3A81&dnombre=enci HTTP/1.1
Accept: text/html, application/xhtml+xml, */*
Referer: http://localhost/proyect/inicio.html
Accept-Language: es-EC,es;q=0.8,en-US;q=0.5,en;q=0.3
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 6.3; WOW64; Trident/7.0; TNJB; rv:11.0) like Gecko
Accept-Encoding: gzip, deflate
Host: 192.168.0.101:81
DNT: 1
Connection: Keep-Alive

0,CONNECT FAIL
0,CONNECT
1,CONNECT
1,CLOSED
0,CLOSED
0,CONNECT

+IPD,0,390:GET /apag?descripcion=192.168.0.101%3A81&dnombre=apag HTTP/1.1
Accept: text/html, application/xhtml+xml, */*
Referer: http://localhost/proyect/inicio.html
Accept-Language: es-EC,es;q=0.8,en-US;q=0.5,en;q=0.3
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 6.3; WOW64; Trident/7.0; TNJB; rv:11.0) like Gecko
Accept-Encoding: gzip, deflate
```

Figura 67: Respuestas al Experimento de enviar ordenes desde un navegador al mini Servidor Web: Software IDE Arduino.

En la figura 68, se muestra las respuestas del microcontrolador a las acciones que se enviaron a ejecutar desde el navegador web, almacenadas inmediatamente en la base de datos.

IDlum	IDip	IDmac	Sistema	DiaNoche	ACcion	EEstado	COrriente	COnsumo	OBServacion	FechaHora
000101	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Manual	Noche	Apagar	Apagado	0.00A	0.00W	Atender	2017-06-16 04:56:28
000102	192.168.0.102	5CCF7F02A600	Manual	Noche	Apagar	Apagado	0.00A	0.00W	Atender	2017-06-16 04:56:41
000103	192.168.0.103	600194055F8C	Manual	Noche	Apagar	Apagado	0.00A	0.00W	Atender	2017-06-16 04:56:57
00100	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Auto	Dia	SinAccion		0.00A	0.00W	BuenEstado	2017-07-19 13:41:07
00100	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Auto	Dia	SinAccion		0.00A	0.00W	BuenEstado	2017-07-19 13:41:34
00100	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Auto	Dia	SinAccion	Apagado	0.00A	0.00W	BuenEstado	2017-07-19 13:42:46
000101	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Auto	Noche	EnvAuto	Apagado	0.00A	0.00W	MalEstado	2017-07-22 16:14:55
000101	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Auto	Noche	Encender	Apagado	0.00A	0.00W	Atender	2017-07-22 16:15:01
000101	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Manual	Noche	EnvAuto	Encendido	3.13A	375.96W	Atender	2017-07-22 16:29:50
000101	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Auto	Noche	AManual	Encendido	0.81A	97.73W	Atender	2017-07-22 16:33:32
000101	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Manual	Noche	Apagar	Apagado	0.00A	0.00W	Atender	2017-07-22 16:34:16
000101	192.168.0.101	5CCF7F87369C	Manual	Noche	Encender	Encendido	0.83A	99.19W	Atender	2017-07-22 16:34:52

Figura 68: Respuestas de las Instrucciones enviadas desde el Navegador Web, almacenadas en la BD: Software WampServer.

El segmento de programación que está a la espera de recibir órdenes para el accionamiento de la lámpara o cambio de estado de sistema se muestra en la figura 69.

```

if ((b_automatic == 0) && (b_manual == 1))
{
  averia = 1;
  Observacion = "Atender";
  Sistema = "Manual";
  if (Serial1.available() > 0)
  {
    char c = Serial1.read() ;
    Serial.print(c);
    comando += c;

    if (comando.indexOf("GET /enci") > 0)
    {
      Serial.println("Encender Lampara");
      digitalWrite (K1, LOW);
      digitalWrite (K2, LOW);
      averia = 1;
      b_automatic = 0;
      b_manual = 1;
      comando = "";
      Close();
      BufferClean();
      delay(500);
      ACcion = "Encender";
      baccion = 1;
    }

    if (comando.indexOf("GET /apag") > 0)
    {
      Serial.println("Apagar Lampara");
      digitalWrite (K1, LOW);
      digitalWrite (K2, HIGH);
      averia = 1;
      b_automatic = 0;
      b_manual = 1;
      comando = "";
      Close();
      BufferClean();
      delay(500);
      ACcion = "Apagar";
      baccion = 1;
    }

    if (comando.indexOf("GET /aten") > 0)
    {
      Serial.println("Lampara atendida");
      digitalWrite (K1, HIGH);
      digitalWrite (K2, HIGH);
      averia = 0;
      b_automatic = 1;
      b_manual = 0;
      comando = "";
      Close();
      BufferClean();
      delay(500);
      ACcion = "Atendida";
      baccion = 1;
    }

    if (comando.indexOf("GET /auto") > 0)
    {
      Serial.println("Modo Auto");
      digitalWrite (K1, HIGH);
      digitalWrite (K2, HIGH);
      averia = 0;
      b_automatic = 1;
      b_manual = 0;
      comando = "";
      ACcion = "";
      Close();
      BufferClean();
      delay(500);
    }
  }
}

```

Figura 69: Segmento de Código que está a la espera de una orden remota: Software IDE Arduino.


```

tactual5 = millis();
tiempo5 = tactual5 - tanterior5; //inicio 19:53 -- 20:08
if (tiempo5 >= 30000) //50000 equivale a 50seg en pruebas
{
  tanterior5 = tactual5;
  while (true)
  {
    Serial.println("Comprobando funcionamiento de ESP8266");
    Serial1.println("AT");
    Serial1.flush();
    if (Serial1.find("OK"))
    {
      Serial.println("Modulo Operativo");
      delay(1000);
      digitalWrite (RST, HIGH);
      break;
    }
    else
    {
      Serial.println("Problemas Reiniciando Modulo");
      digitalWrite (RST, LOW);
      delay(1000);
      digitalWrite (RST, HIGH);
      break;
    }
  }
}
}

```

Figura 71: Segmento de Código que realiza el reinicio por hardware del Módulo ESP8266-01: Software IDE Arduino.

2.7.6 DIRECCIONAMIENTO IP EN LOS ROUTERS Y ACCES POINTS.

Objetivo: Establecer el direccionamiento lógico hacia el servidor, asignando direcciones IP fijas en los equipos de comunicaciones, para almacenar la información en la base de datos y tele-operar las luminarias desde un navegador web.

Criterio: Se configuran exitosamente los equipos de comunicación, respondiendo con tiempos relativamente bajos para el intercambio de información a través de la red inalámbrica.

Experimento: Para nuestro experimento tomaremos 4 equipos de Marca Mikrotik RouterBoard Modelo hAP Lite, los cuales funcionarán como router principal, Acces Point del Nodo Principal, Repetidor del Nodo1, y Acces Point para los módulos WI-FI (Luminarias), cada uno de ellos denominados

RB_SLUMCENTRAL, AP_NODO1, REPT_NODO1, N1_LUMAPI respectivamente. Además se trabajará con la red 192.168.0.0/25, mascara 255.255.255.128 y broadcast 192.168.0.127.

2.7.7.1 CONFIGURACIÓN DEL RB_SLUMCENTRAL.

Para el experimento de comunicación a este equipo se le asigna el rol de principal, y se le establece la dirección IP 192.168.0.1 que será la puerta de enlace para el direccionamiento hacia el servidor. La figura 72, muestra la asignación de la red en la interface ether1.

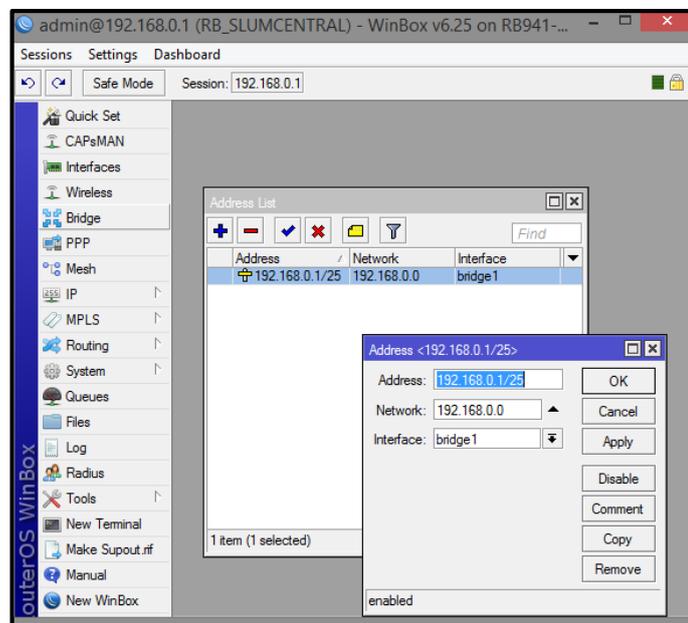


Figura 72: Configuración de la Red en RB_SLUMCENTRAL: Software Winbox.

2.7.7.2 CONFIGURACIÓN DEL AP_NODO1.

A este equipo se lo utilizará en el experimento como un Acces Point de la red principal por poseer una tarjeta inalámbrica capaz de permitir realizar un enlace punto a punto, se le asigna la dirección IP 192.168.0.2/25, además se realiza una configuración bridge entre la tarjeta inalámbrica y la interface ether1 para que los enlaces remotos formen parte de la misma red. La figura 73, muestra la configuración bridge y la dirección IP establecida en el AP_NODO1:

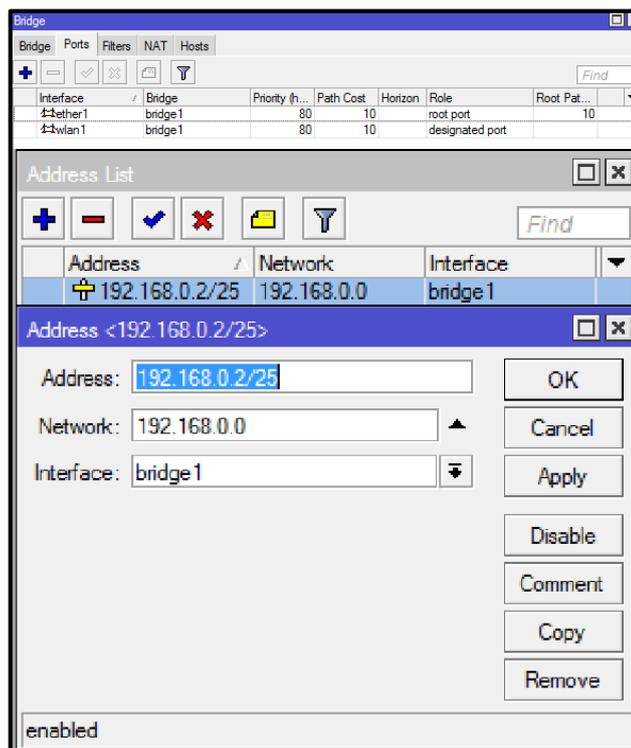


Figura 73: Configuración de las Interfaces del AP_NODO1: Software Winbox.

Para que opere como Punto de Acceso se habilita la tarjeta inalámbrica y se configura los parámetros SSID, password, protocolo de seguridad, la frecuencia, el modo que opera, protocolo, etc., la figura 74, muestra la configuración del AP_NODO1.

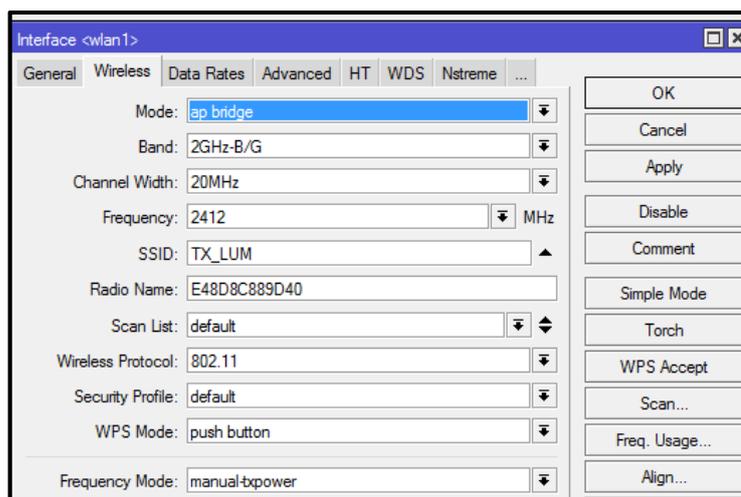


Figura 74: Configuración de la tarjeta inalámbrica de AP_NODO1: Software Winbox.

2.7.7.3 CONFIGURACIÓN DEL REPT_NODO1.

En el experimento REPT_NODO1 se configura de tal forma que estará en modo bridge para ser el repetidor del AP_NODO1. A este se le asigna la dirección IP 192.168.0.3/25, al igual que el Acces Point se considera crear una configuración bridge entre la ether1 y la tarjeta inalámbrica para que en el enlace siga formando parte de la red, tal como lo muestra la figura 75.

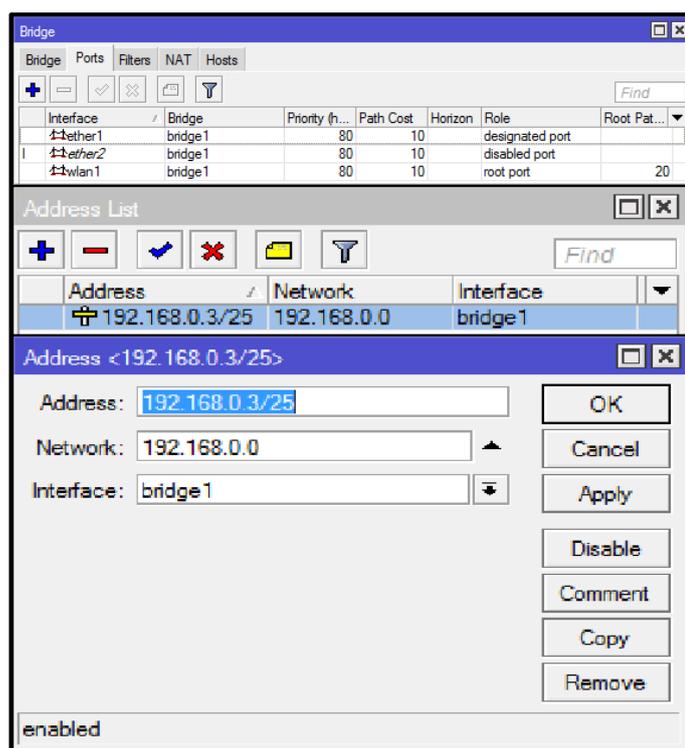


Figura 75: Configuración de las Interfaces del REPT_NODO1: Software Winbox.

Para enlazar REPT_NODO1 con AP_NODO1 se debe configurar con los mismos parámetros que se le asignó al punto de acceso. La figura 76, muestra la configuración de la tarjeta inalámbrica del REPT_NODO1.

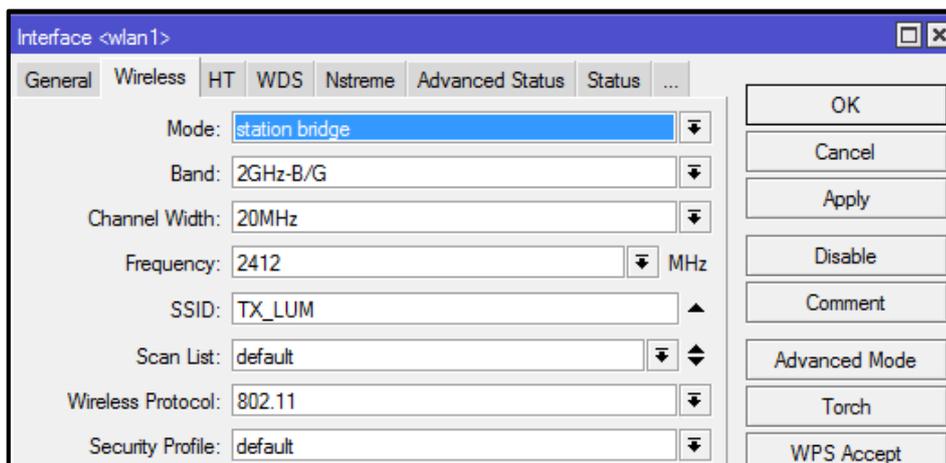


Figura 76: Configuración de la tarjeta inalámbrica de REPT_NODO1: Software Winbox.

2.7.7.4 CONFIGURACIÓN DEL N1_LUMAPI1.

El N1_LUMAPI1, en este experimento se encargará de permitir el acceso de los dispositivos inalámbricos instalados en las luminarias, para ello el equipo se configuro en modo bridge, de igual manera entre la ether1 y la tarjeta inalámbrica se establece un puente, la dirección que se asigna es 192.168.0.4/25. La figura 84, muestra la configuración del bridge y la red que se le establece.

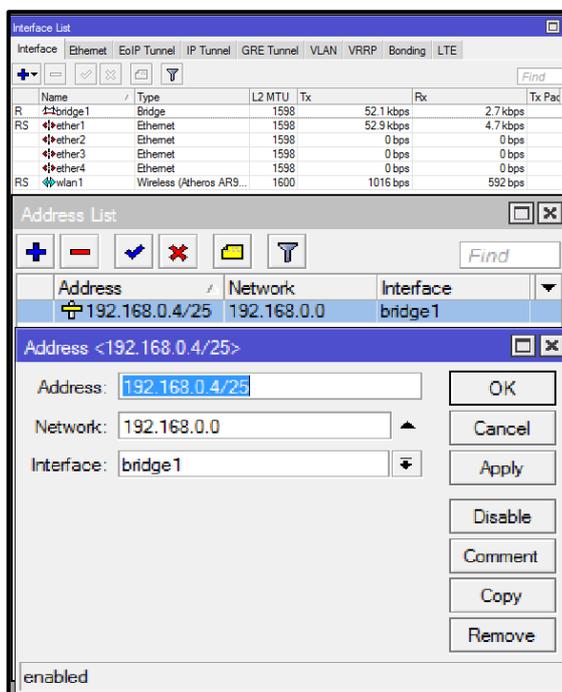


Figura 77: Configuración de las Interfaces del N1_LUMAPI1: Software Winbox.

Para que los dispositivos inalámbricos se enlacen se debe establecer un SSID, la contraseña, el protocolo de seguridad, el protocolo de transmisión que en este caso es 802.11. En la figura 78, se muestra la configuración básica para que se enlace un equipo en frecuencia 2.4Ghz en N1_LUMAP1.

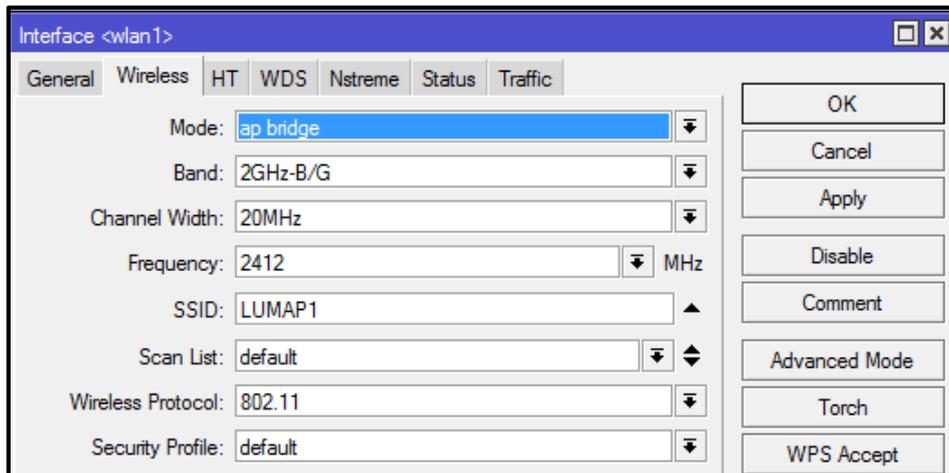


Figura 78: Configuración de la tarjeta inalámbrica de N1_LUMAP1: Software Winbox.

2.7.7.5 CONEXIÓN ENTRE DISPOSITIVOS.

Una vez configurados los equipos de comunicación, se realizan las conexiones entre dispositivos tanto alámbricas como inalámbricas. La figura 79, muestra la conexión de los dispositivos para las pruebas de comunicación del experimento.

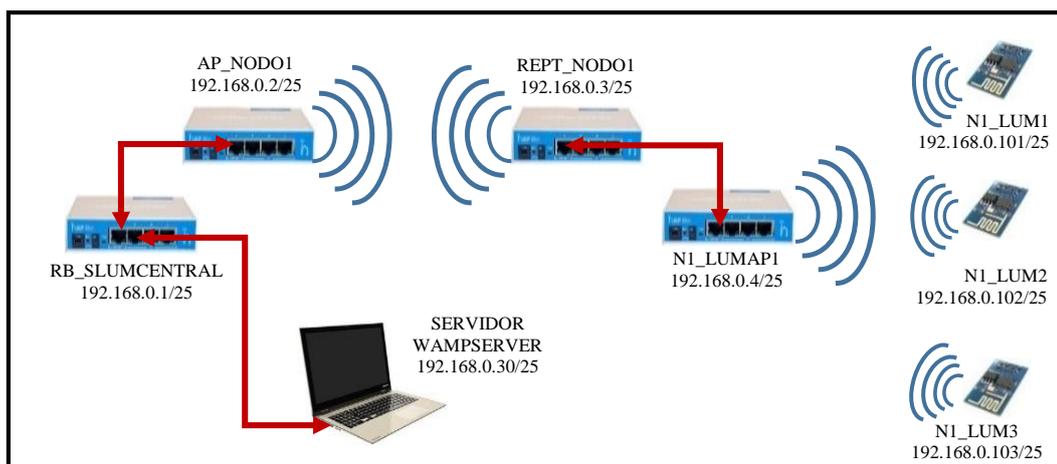


Figura 79: Conexión de equipos utilizados para el experimento de comunicación: Creado por Autor.

En la figura 80, se puede observar que el equipo RB_SLUMCENTRAL en la lista de conexiones mantiene la dirección IP 192.168.0.30, la misma que le pertenece al servidor de Base de Datos.

	IP Address	MAC Address	Interface
D	192.168.0.3	E4:8D:8C:88:A6:00	bridge1
D	192.168.0.30	E4:8D:8C:88:A6:00	bridge1

Figura 80: Listado ARP del equipo RB_SLUMCENTRAL: Creado por Autor.

El enlace entre AP_NODO1 y REPT_NODO1 se realizó sin inconvenientes, lo cual se lo pudo constatar en la pestaña “Registration” de cada equipo, tal como se muestra en la figura 81.

Session: 192.168.0.2

Radio Name	MAC Address	Interface	Uptime	AP	W...	Last Activit...	Tx/Rx Signal ...	Tx Rate	Rx Rate
E48D8C8...	E4:8D:8C:88:A6:00	wlan1	04:55:21	no	no	0.780	-71/-74	54Mbps	48Mbps

Session: 192.168.0.3

Radio Name	MAC Address	Interface	Uptime	AP	W...	Last Activit...	Tx/Rx Signal ...	Tx Rate	Rx Rate
E48D8C889D40	E4:8D:8C:88:9D:40	wlan1	04:55:47	yes	no	0.000	-70/-72	48Mbps	48Mbps

Figura 81: Calidad del enlace obtenido entre AP_NODO1 y REPT_NODO1: Software Winbox.

Finalmente se ingresa al equipo AP1_NODO1, y se verifica que el módulo WI-FI, se encuentra enlazado, como lo muestra la figura 82.

Radio Name	MAC Address	Interface	Uptime	AP	W...	Last Activit...	Tx/Rx Signal ...	Tx Rate	Rx Rate
	5C:CF:7F:87:36:9C	wlan1	04:56:32	no	no	0.010	-65	48Mbps	48Mbps
	60:01:94:05:5F:8C	wlan1	00:59:32	no	no	0.860	-63	54Mbps	54Mbps
	5C:CF:7F:02:A6:00	wlan1	00:52:47	no	no	13.520	-55	54Mbps	48Mbps

Figura 82: Verificación de equipos enlazados en AP1_NODO1: Software Winbox.

2.7.7.6 PRUEBAS DE COMUNICACIÓN DESDE EL RB_SLUMCENTRAL.

Para confirmar que los equipos se encuentran comunicados se realizan pruebas de emisión de ondas denominados “ping” a cada dirección establecida 192.168.0.2, 192.168.0.3 y 192.168.0.4, también a los módulos WI-FI ESP8266-01 192.168.0.101, 192.168.0.102, 192.168.0.103 y al servidor de base de datos 192.168.0.30. La figura 90, muestra las pruebas de comunicación realizadas a cada dirección desde el router principal RB_SLUMCENTRAL:

```
[admin@RB_SLUMCENTRAL] > ping 192.168.0.2
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME STATUS
0 192.168.0.2                          56 64 0ms
1 192.168.0.2                          56 64 0ms
2 192.168.0.2                          56 64 0ms
3 192.168.0.2                          56 64 0ms
4 192.168.0.2                          56 64 0ms
*
[admin@RB_SLUMCENTRAL] >> ping 192.168.0.3
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME STATUS
0 192.168.0.3                          56 64 0ms
1 192.168.0.3                          56 64 0ms
2 192.168.0.3                          56 64 0ms
3 192.168.0.3                          56 64 0ms
4 192.168.0.3                          56 64 0ms
[admin@RB_SLUMCENTRAL] >> ping 192.168.0.4
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME STATUS
0 192.168.0.4                          56 64 0ms
1 192.168.0.4                          56 64 0ms
2 192.168.0.4                          56 64 0ms
3 192.168.0.4                          56 64 0ms
4 192.168.0.4                          56 64 0ms
[admin@RB_SLUMCENTRAL] >> ping 192.168.0.30
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME STATUS
0 192.168.0.30                         56 128 1ms
1 192.168.0.30                         56 128 1ms
2 192.168.0.30                         56 128 1ms
3 192.168.0.30                         56 128 1ms
4 192.168.0.30                         56 128 0ms
[admin@RB_SLUMCENTRAL] >> ping 192.168.0.101
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME STATUS
0 192.168.0.101                        56 255 108ms
1 192.168.0.101                        56 255 2ms
2 192.168.0.101                        56 255 1ms
3 192.168.0.101                        56 255 1ms
4 192.168.0.101                        56 255 1ms
[admin@RB_SLUMCENTRAL] >> ping 192.168.0.102
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME STATUS
0 192.168.0.102                        56 255 3ms
1 192.168.0.102                        56 255 1ms
2 192.168.0.102                        56 255 1ms
3 192.168.0.102                        56 255 1ms
4 192.168.0.102                        56 255 1ms
[admin@RB_SLUMCENTRAL] >> ping 192.168.0.103
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME STATUS
0 192.168.0.103                        56 255 1ms
1 192.168.0.103                        56 255 2ms
2 192.168.0.103                        56 255 1ms
3 192.168.0.103                        56 255 22ms
4 192.168.0.103                        56 255 1ms
```

Figura 83: Pruebas de Ping realizadas a las direcciones de los equipos de la Subred desde RB_SLUM-CENTRAL 192.168.0.1: Software Winbox.

Los resultados después de realizar el ping a cada dirección demostraron que el experimento fue un éxito total en condiciones ideales, para este experimento cada equipo se encontraba a 20m de separación.

CONCLUSIONES

- Se realizaron mediciones de corriente desde el sistema electrónico cada 0.5 segundos durante 10 minutos, obteniendo como resultado una diferencia de 0.02A con respecto a un multímetro digital. Además se adquirió un dato digital en función del accionamiento de la fotocelda, y el sistema determinó en qué estación del día se encontraba.
- Se propone una red clase C para cada sector de luminarias, por lo tanto la red telemétrica posee una escalabilidad lo suficientemente apta para cubrir toda la provincia.
- Se propone una base metálica con un tubo galvanizado de 6m para los nodos auxiliares instalada en los postes de alumbrado público, de altura mínima 9m, por lo tanto la altura máxima para los enlaces de estos nodos sería aproximadamente 14m de ser necesario, debido a que 1m se utilizará para fijación, obteniendo como resultado según un análisis realizado en la plataforma informática Radio Mobile una perfecta línea de vista con los nodos principales.
- Los resultados obtenidos de los experimentos realizados con el prototipo fueron satisfactorios, ya que de cada 10 datos adquiridos y procesados por el sistema electrónico y enviados a través de la red inalámbrica 9 fueron almacenados en la base de datos sin inconvenientes y el otro se lo recibió pero con una retransmisión realizada por parte del módulo ESP8266-01, lo cual determina que el sistema de red telemétrico tiene un 90% de efectividad en la adquisición, envío y almacenamiento de la información.
- Se realizó las pruebas en el prototipo para el encendido y apagado de la lámpara, enviando ordenes desde una aplicación web, obteniendo como resultado que de cada 10 ejecuciones para encender o apagar 8 se realizaron en un tiempo relativamente rápido y 2 se realizaron con un pequeño retardo, pero todas las acciones fueron exitosas.

RECOMENDACIONES

- El funcionamiento constante del sistema electrónico genera un calentamiento de sus elementos, más en el módulo WI-FI, por lo tanto se recomienda adaptarle paralelo a su instalación un mini ventilador de 5V o un disipador de calor.
- La sensibilidad establecida por el fabricante del sensor ACS712 utilizada en la ecuación matemática no siempre concuerda para los valores de corriente que se estén recolectando, se recomienda calibrar cada transductor de corriente para una mejor precisión en las lecturas.
- A pesar de que se elaboró una aplicación web para la visualización de los datos y el envío de órdenes hacia la luminaria, no es una interfaz amigable para el usuario, por tal motivo se recomienda que sea elaborada por ingenieros informáticos.
- Se recomienda que este proyecto sea tomado como base para un futuro estudio en la corrección e identificación de fallos automáticos en las luminarias, originando un proyecto multidisciplinario donde intervendrán tanto el área electrónica, telecomunicaciones e informática.
- Por seguridad se recomienda segmentar las redes al mínimo de hosts válidos que tiene cada sector de luminaria y realizar un amarre de IP con cada MAC de los componentes WI-FI.
- Ubiquiti y Mikrotik actualizan constantemente sus servidores para brindar nuevas actualizaciones, se recomienda actualizar periódicamente el firmware de los equipos.
- Se debe dar mantenimiento a las estructuras de telecomunicaciones cada 2 años, respecto a conectores, rompe vientos, amarras plásticas, abrazaderas metálicas, fierros, etc.
- Se recomienda instalar la base metálica con el tubo de 6m de los nodos auxiliares en postes de alumbrado público sin que se choquen con líneas aéreas eléctricas desnudas, además se recomienda brindarle la altura necesaria para una perfecta línea de vista con los nodos principales.
- Este sistema de red telemétrico puede dirigirse hacia otras áreas como las lecturas y control de la energía eléctrica en los hogares.

- El ESP8266-01 es la versión más básica de los módulos WI-FI, posee una antena de ganancia de 3dBi, lo suficiente para enlazarse a los Puntos de Accesos, sin embargo existen otras versiones mejoradas como el ESP8266-02, ESP8266-05, ESP8266-07, entre otras, a los cuales se les puede realizar adaptaciones de antenas externas de mayor ganancia mediante conectores coaxiales SMA, por tal motivo se recomienda hacer uso de estos módulos en ambientes donde la potencia de recepción (vista desde el AP) sea muy baja.

BIBLIOGRAFÍA

- ARROYO PIZARRO, J. F. (2015). *Implementación de un sistema de Tele gestión en la Empresa Eléctrica pública de Guayaquil*. UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL. Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3129/1/T-UCSG-POS-MTEL-32.pdf>
- CONECCEL. (2006). REGULACIÓN No. CONELEC 005/14, 1–6. Retrieved from http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/Regulación-No.-CONELEC-005_14-Prestación-APG_.pdf
- Constante, J. (2016, June 29). ¿Cómo se genera la energía eléctrica en Ecuador? *EL TELÉGRAFO*, p. 1. Retrieved from <http://tinyurl.com/hrhtc85>
- DIRECCIÓN DE MÉTODOS ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN. (2014a). *INDICADORES LA LIBERTAD*. Ecuador. Retrieved from http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal_SNI_2014/FICHAS_F/2402_LA_LIBERTAD_SANTA_ELENA.pdf
- DIRECCIÓN DE MÉTODOS ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN. (2014b). *INDICADORES SANTA ELENA*. Ecuador. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/santa_elena.pdf
- ENCALADA ESPINOZA, O. J. (2012). *PLAN PILOTO DE TELEGESTIÓN PARA EL CONTROL DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA LA VÍA CUENCA – DESCANSO*. UNIVERSIDAD DE CUENCA. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/704/1/te335.pdf>
- Forja Estilo. (2016). LUMINARIA ALUMBRADO PÚBLICO: COMPONENTES Y TIPOS. Retrieved from <http://www.forjasestilo.es/noticias/entry/luminaria-alumbrado-publico-componentes-y-tipos>
- GOBIERNO NACIONAL DEL ECUADOR. (n.d.). OBJETIVOS DEL BUEN VIVIR. Retrieved from <http://www.buenvivir.gob.ec/>
- Gonzalo Ezquerro, D., Gandolfo, M., Ramos, A., & Urraca, J. I. (2001). *GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN*,

- ALUMBRADO PÚBLICO. *Publicaciones Técnicas IDAE*, 77–81. Retrieved from
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_GT_EE_iluminacion_Alumbrado_Publico_9a40dc27.pdf
- Latorre, B. G. (n.d.). CONTAMINACIÓN LUMÍNICA, 3–6. Retrieved from
<http://ing.unne.edu.ar/imate/jornadasint/pub/t5.pdf>
- López Arias, S. (2015). *ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO*. UNAL. Retrieved from
<http://www.bdigital.unal.edu.co/48843/1/1053814558.2015.pdf>
- Masaquiza Masaquiza, C. (2015). *Análisis del sistema de alumbrado público, para la presentación de una propuesta de telegestión en los parques, Juan Montalvo y Pedro Fermín Cevallos de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, año 2015*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5736>
- OBRAMAT. (n.d.). Lámparas de Sodio. Retrieved from
<http://www.obramat.com.ve/034.pdf>
- Rodriguez Compeán, M. (2005). *SENSORES Y TRANSDUCTORES ELÉCTRICOS*, 3. Retrieved from
<http://compean.mx.tripod.com/Archivos/Fotoceldas.htm>
- SMARTLIVINGPLAT. (2015). *ISDE – SISTEMA DE TELEGESTIÓN PARA LA AVENIDA AMAZONAS DE LA CIUDAD DE QUITO (ECUADOR)*. Retrieved from <http://smartlivingplat.com/isde-sistema-de-telegestion-para-la-avenida-amazonas-de-la-ciudad-de-quito-ecuador/>
- Suárez Acevedo, J. A. (2010). *Marco Teórico de la Telegestión del servicio de Alumbrado Público*. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from Telegestión, Alumbrado%0APúblico.
- Tama, A. (2012, December). *La Revolución del Alumbrado Público*. 2012, 17–19. Retrieved from
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/25739>
- WIKIPEDIA. (2015). *La Libertad (Santa Elena)*. Retrieved from
[https://es.wikipedia.org/wiki/La_Libertad_\(Ecuador\)#L.C3.ADmites](https://es.wikipedia.org/wiki/La_Libertad_(Ecuador)#L.C3.ADmites)

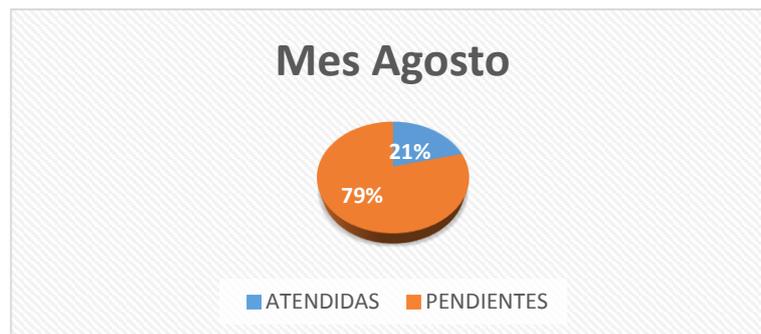
ANEXOS

Anexo 1: REPORTE ESTADÍSTICOS DE INCIDENCIAS EN LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO 2016.

La Corporación Nacional Eléctrica mediante la gestión del centro de control se mantiene en total recolección de fallos tanto en interrupciones del servicio eléctrico como en el de alumbrado público, los cuales son denominados trámites una vez que son reportados al centro de control. En los últimos meses del año 2016 se reportaron incidencias del alumbrado público, en la siguientes tablas se detallan la cantidad diaria que han sido atendido y las que quedan pendientes.

FECHA	CANT	ATENDIDOS	PENDIENTES
01/08/2016	14	9	5
02/08/2016	24	0	24
03/08/2016	0	0	0
04/08/2016	18	10	8
05/08/2016	13	8	5
06/08/2016	4	0	4
07/08/2016	3	0	3
08/08/2016	14	0	14
09/08/2016	10	0	10
10/08/2016	31	21	10
11/08/2016	0	0	0
12/08/2016	11	1	10
13/08/2016	6	5	1
14/08/2016	0	0	0
15/08/2016	13	7	6
16/08/2016	13	7	6
17/08/2016	20	0	20
18/08/2016	8	0	8
19/08/2016	14	0	14
20/08/2016	4	0	4
21/08/2016	1	0	1
22/08/2016	15	0	15
23/08/2016	20	0	20
24/08/2016	17	0	17
25/08/2016	16	0	16
26/08/2016	12	0	12
27/08/2016	2	0	2
28/08/2016	3	0	3
29/08/2016	11	0	11
30/08/2016	21	0	21
31/08/2016	9	5	4
	INCIDENCIAS	ATENDIDAS	PENDIENTES
TOTAL	347	73	274

Anexo 1: Incidencia En Alumbrados Públicos Registrados, Agosto 2016.: Departamento de Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.

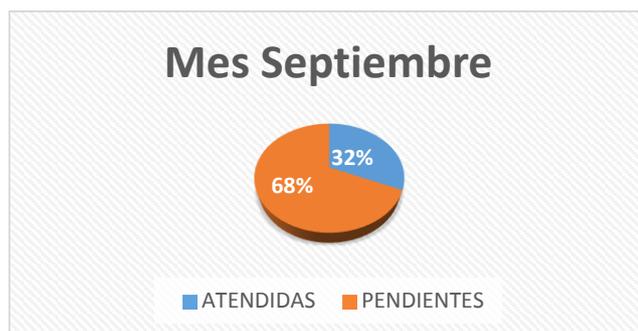


Anexo 1: Diagrama Estadístico Incidencia en AP, Agosto 2016: Departamento de Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.

En el mes de agosto solo se lograron atender inmediatamente un 21% de todos los trámites reportados, y el restante 79% logró ser atendido pero no al instante.

FECHA	CANT	ATENDIDOS	PENDIENTES
01/09/2016	10	0	10
02/09/2016	11	8	3
03/09/2016	5	0	5
04/09/2016	1	0	1
05/09/2016	17	0	17
06/09/2016	28	16	12
07/09/2016	0	0	0
08/09/2016	14	0	14
09/09/2016	12	0	12
10/09/2016	3	2	1
11/09/2016	0	0	0
12/09/2016	0	0	0
13/09/2016	17	0	17
14/09/2016	15	9	6
15/09/2016	16	0	16
16/09/2016	3	0	3
17/09/2016	0	0	0
18/09/2016	2	0	2
19/09/2016	17	11	6
20/09/2016	15	1	14
21/09/2016	19	0	19
22/09/2016	19	0	19
23/09/2016	12	12	0
24/09/2016	3	0	3
25/09/2016	4	0	4
26/09/2016	13	13	0
27/09/2016	20	20	0
28/09/2016	12	7	5
29/09/2016	16	0	16
30/09/2016	10	0	10
	INCIDENCIAS	ATENDIDAS	PENDIENTES
TOTAL	314	99	215

Anexo 1: Diagrama Estadístico Incidencia en AP, Septiembre 2016: Departamento de Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.



Anexo 1: Diagrama Estadístico Incidencia en AP, Septiembre 2016: Departamento de Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.

En el mes de septiembre solo se lograron atender inmediatamente un 32% de todas los trámites reportados, y el restante 68% logró ser atendido pero no al instante.

FECHA	CANT	ATENDIDOS	PENDIENTES
01/10/2016	6	0	6
02/10/2016	10	0	10
03/10/2016	21	14	7
04/10/2016	13	0	13
05/10/2016	21	0	21
06/10/2016	11	0	11
07/10/2016	12	5	7
08/10/2016	6	0	6
09/10/2016	13	13	0
10/10/2016	2	0	2
11/10/2016	15	4	11
12/10/2016	12	0	12
13/10/2016	21	16	5
14/10/2016	14	0	14
15/10/2016	11	0	11
16/10/2016	4	0	4
17/10/2016	32	19	13
18/10/2016	11	1	10
19/10/2016	5	5	0
20/10/2016	0	0	0
21/10/2016	16	0	16
22/10/2016	5	0	5
23/10/2016	2	0	2
24/10/2016	20	0	20
25/10/2016	20	0	20
26/10/2016	17	0	17
27/10/2016	7	0	7
28/10/2016	14	0	14
29/10/2016	4	0	4
30/10/2016	2	0	2
31/10/2016	14	1	13
	INCIDENCIAS	ATENDIDAS	PENDIENTES
TOTAL	361	78	283

Anexo 1: Incidencia En Alumbrados Públicos Registrados, Octubre 2016: Departamento de Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.



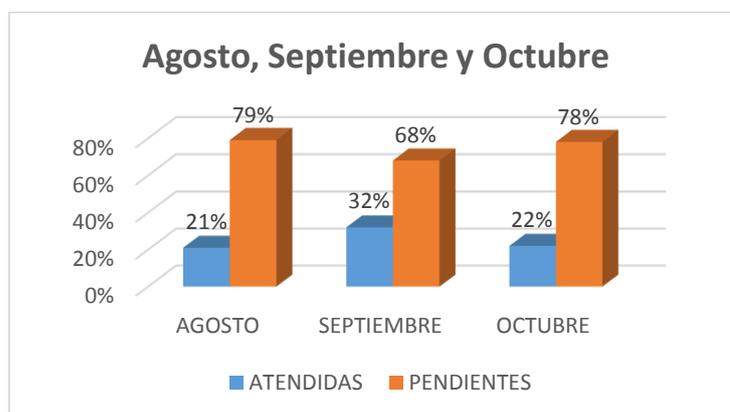
Anexo 1: Diagrama Estadístico Incidencia en AP, Septiembre 2016: Departamento de Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.

Resultados:

Haciendo un análisis de la atención brindada al alumbrado público de los tres meses agosto, septiembre y octubre del 2016 se puede apreciar que al menos el 32% ha sido atendido inmediatamente, y el resto ha quedado pendiente, lo cual muestra la falta de asistencia inmediata a las luminarias.

MES	ATENDIDAS	PENDIENTES
AGOSTO	21%	79%
SEPTIEMBRE	32%	68%
OCTUBRE	22%	78%

Anexo 1: Incidencias en AP, Agosto, Septiembre y Octubre 2016
Fuente: Departamento de Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.

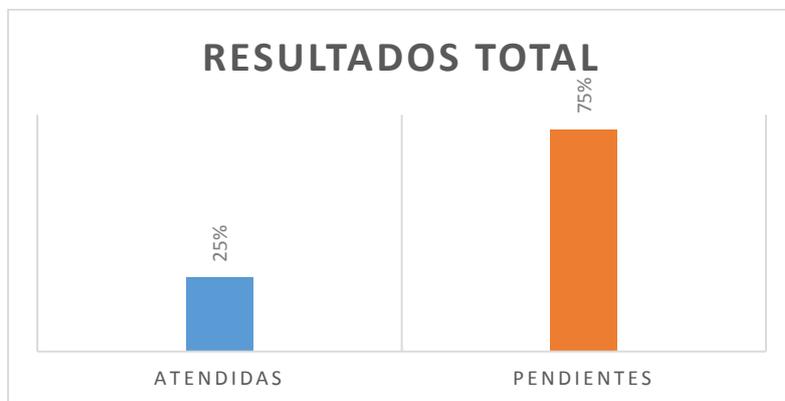


Anexo 1: Diagrama Estadístico Agosto, Septiembre, Octubre 2016: Departamento de Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.

Como resultado final se obtuvo que la efectividad para atención inmediata es al menos el 25%, y que la atención prolongada es superior en un 75%.

TOTAL	ATENDIDAS	PENDIENTES
	25%	75%

Anexo 1: Incidencias en AP, Atendidas vs. Pendientes: Departamento de Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.



Anexo 1: Diagrama Estadístico de Incidencias en AP, Atendidas vs. Pendientes: Departamento de Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.

Anexo 2: PÉRDIDAS ECONÓMICAS DEBIDO AL CONSUMO INNECESARIO.

Debido a la falta de atención inmediata en las luminarias se ocasiona un consumo innecesario cuando se mantienen prendidas en el día, en la siguiente tabla se hace un estimado de las pérdidas económicas que se generarían si las luminarias permanecen encendidas en horas innecesarias, basada en las siguientes ecuaciones para el cálculo.

$$1) \text{ total } \frac{kw}{h} = (Potencia(W) * horas de uso * días)/1000$$

$$2) \$Valor \frac{kw}{h} = total \frac{kw}{h} * costo \frac{kw}{h}$$

Potencia (W)	horas Innecesarias(h)	días	total kw/h mes	Costo Kw/h (\$)	valor kw/h mes
100	12	30	36	\$ 0,11	\$ 3,96
150	12	30	54	\$ 0,11	\$ 5,94
250	12	30	90	\$ 0,11	\$ 9,90
400	12	30	144	\$ 0,11	\$ 15,84

Anexo 2: Cálculos Del Consumo Innecesarios En Dólar Mensual Por Luminaria: Creado Por Autor.

Seguimiento a lámparas que estuvieron encendidas en el día.

Se hizo seguimiento a 4 lámparas en la ciudad La Libertad en mal funcionamiento (encendidas en el día), de capacidad 150W, el Kw/h está en aproximadamente \$ 0.11, las lámparas se mantuvieron encendidas 45 días, haciendo el análisis para las 12 horas de encendido innecesario.

Cantidad	Potencia (W)	horas Innecesarias(h)	días	total kw/h mes	Costo Kw/h (\$)	valor kw/h mes
4	150	12	45	81	\$ 0,11	\$ 8,91

Anexo 2: Cálculos Del Consumo Innecesarios En Dólar Mensual Por 4 Luminaria de 150W: Creado por Autor.

Se obtuvo una pérdida económica alrededor de \$ 8,91 por las 4 lámparas, sabiendo que en la provincia de Santa Elena posee 26890 luminarias instaladas, suponiendo que tan sólo 500 de éstas de capacidad de 150W pasen encendidas 12 horas innecesarias en 30 días tendríamos una pérdida estimada alrededor de \$2.970,00.

Anexo 3: CANTIDAD DE LUMINARIAS EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA.

La provincia de Santa Elena posee hasta la actualidad instalada 26.890 luminarias para el ornato, la seguridad, y movilidad de sus habitantes y visitantes, de las cuales se detallan en la siguiente tabla por cantón y capacidades.

CANTÓN	CAPACIDAD				TOTAL GENERAL
	100W	150W	250W	400W	
LA LIBERTAD	2.044	2.623	931	150	5.748
SALINAS	3.496	2.263	1.585	53	7.397
SANTA ELENA	5.611	4.833	3.143	158	13.745
TOTAL GENERAL	11.151	9.719	5.659	361	26.890

Anexo 3: Cantidad de Luminarias por Capacidad: Información detalla por Departamento de Alumbrado Público, CNEL-Santa Elena.

Anexo 4: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE FRECUENCIA 5 GHZ

NANOSTATION M5

El NanoStation M5, es un equipo propietario de Ubiquiti, el cual consta de una antena incorporada de ganancia de 16.1dbi, opera en frecuencia 5Ghz, con una potencia de salida de 27dBm.

NSM5	
	
Dimensiones	294x31x80 mm
Ancho	400 g
Fuente de alimentación	24V, 0.5A
Max. Consumo energía	8W
Frecuencia de Operación	Worldwide 5170-5875Mhz, USA 5725-5850Mhz, USA DFS 5250-5850Mhz
Ganancia	14.6 – 16.1 dBi
Interface de Red	(2) 10/100 Ethernet Port
Especificaciones del procesador	Atheros MIPS 74Kc, 560Mhz
Memoria	64MB DDR2, 8MB flash
Max. VSWR	1.6:1
Tamaños de canales	5/8/10/20/30/40 Mhz
Polarización	Lineal Dual
Temperatura de operación	-30 a 75°C
Humedad de operación	5 to 95%
Potencia de Salida	27 dBm
Estándar	802.11a – 802.11a/airMax
Ángulo de apertura	43°
Alcance	15km teóricos
Velocidad de transmisión	45Mbps
Sistema Operativo	airOS
Precio	\$ 150

Anexo 4: Característica técnicas de NanoStation M5:
https://dl.ubnt.com/datasheets/nanostationm/nsm_ds_web.pdf

POWERBEAM M5

Este equipo de comunicación es de marca Ubiquiti, para el rango de frecuencia de 5Ghz existen 3 modelos, los cuales son POWERBEAM M5-300, POWERBEAM M5-400, POWERBEAM M5-620, la diferencia es el alcance que puedan tener, debido a sus altas ganancias, y a la tasa de transmisión que pueden soportar.

POWERBEAM M5-400

Este equipo es una excelente opción si se desea realizar enlaces de aproximadamente 20km, debido a poseer 25dbi de ganancia, además de ser muy directiva con una potencia de salida de 26dbm.

PBE-M5 – 400	
	
Dimensiones	420x420x275 mm
Ancho	1.753kg
Fuente de alimentación	24V, 0.5A, POE Gigabit
Max. Consumo energía	8W
Frecuencia de Operación	Worldwide, U-NII-1, U-NII-2A, U-NII-2C, U-NII-3
Ganancia	25 dBi
Interface de Red	10/100/1000 Ethernet Port
Especificaciones del procesador	Atheros MIPS 74Kc, 560Mhz
Memoria	64MB DDR2, 8MB flash
Max. VSWR	1.5:1
Tamaños de canales	5/8/10/20/30/40 Mhz
Polarización	Lineal Dual
Temperatura de operación	-40 a 70°C
Humedad de operación	5 to 95%
Potencia de Salida	26 dBm
Estándar	802.11a – 802.11a/airMax
Ángulo de apertura	15°
Alcance	25km teóricos
Velocidad de transmisión	150Mbps
Sistema Operativo	airOS
Precio	\$ 160

Anexo 4: Característica técnicas de PowerBeam M5-400:
https://dl.ubnt.com/datasheets/powerbeam/PowerBeam_DS.pdf

El PowerBeam M5 en todos sus modelos posee parecidas características, sin embargo en la siguiente tabla se destacan sus principales diferencias:

CARACTERÍSTICAS	PBE-M5 300	PBE-M5 400	PBE-M5 620
Ganancia de Antena	22 dBi	25 dBi	29 dBi
Reflector Dish	300mm	400mm	620mm
Troughput	150+Mbps	150+Mbps	150+Mbps
Interfaz de red	10/100	10/100/1000	10/100/1000
Alcance	20+km	25+km	30+km
Precio	\$100	\$ 160	\$250

Anexo 4: Característica técnicas de PowerBeam M5-400:
https://dl.ubnt.com/datasheets/powerbeam/PowerBeam_DS.pdf

Anexo 5: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE EQUIPOS INALÁMBRICOS DE FRECUENCIA 2,4GHZ.

NANOSTATION M2

Equipo propietario de Ubiquiti, trabaja en frecuencia 2.4Ghz, posee una antena incorporada de 11dBi, con una potencia de salida de 28dBm, un modelo muy fácil de instalar, a continuación se detalla las características técnicas.

NSM2	
	
Dimensiones	294x31x80 mm
Ancho	400 g
Fuente de alimentación	24V, 0.5 ^a
Max. Consumo energía	8W
Frecuencia de Operación	2412-2462
Ganancia	10.4 – 11.2 dBi
Interface de Red	(2) 10/100 Ethernet Port
Especificaciones del procesador	Atheros MIPS 24Kc, 400Mhz
Memoria	32MB 5 DRAM, 8MB flash
Max. VSWR	1.6:1
Tamaños de canales	5/8/10/20/30/40 Mhz
Polarización	Lineal Dual
Temperatura de operación	-30 a 75°C
Humedad de operación	5 to 95%
Potencia de Salida	27 dBm
Velocidad de transferencia	154Mbps
Estándar	802.11g – airMax
Alcance	13km teóricos
Ángulo de apertura	60°
Sistema Operativo	AirOS
Precio	\$ 150

Anexo 5: Características técnicas de Equipo NanoStation M2:
https://dl.ubnt.com/datasheets/nanostationm/nsm_ds_web.pdf

SXT 2

Equipo propietario de Mikrotik, el cual se utiliza como un punto de acceso en la frecuencia 2.4Ghz, posee un alcance de 60 grados 2x2 MIMO con su antena de 10dBi. A continuación se detallan sus especificaciones técnicas.

RBSXTG-2HnDr2	
	
Dimensiones	140x140x56 mm
Nivel de licencia	4
Fuente de alimentación	8 – 30V
Max. Consumo energía	11W
Frecuencia de Operación	2400Mhz
Ganancia	10 dBi
Interface de Red	10/100/1000 Ethernet Port
Especificaciones del procesador	AR9344
Memoria	64 MB
Tamaño de Almacenamiento	16 MB
Tamaños de canales	5/8/10/20/30/40 Mhz
Temperatura de operación	-30 a 80°C
Estándar	802.11a – 802.11n – 802.11g - nv2
Ángulo de apertura	60°
Sistema Operativo	RouterOS
Precio	\$ 90

Anexo 5: Características Técnicas de Equipo SXT 2: <https://mikrotik.com/product/RBSXTG-2HnDr2>

Anexo 6: ROUTERS MIKROTIKS

hEX

El hEX es un router que consta de puertos Ethernet Gigabit, trabaja con doble núcleo a 880Mhz, y tiene una RAM de 256MB. a continuación se detalla las características técnicas.

RB750Gr3	
	
Puertos Ethernet 10/100/1000	5
CPU	MT7621A
Dimensiones	113x89x28 mm
Número de Núcleos	2
Frecuencia nominal CPU	880 Mhz
Nivel de Licencia	4
Max. Consumo de energía	5W
Numero de puertos USB	1
POE in	Si
POE out	Si
Conector de Alimentación	1
Memoria	256 MB
Tamaño de almacenamiento	16 MB
Voltaje Soportado	8 – 30 V
Temperatura ambiente	-30C a 60C
Sistema Operativo	RouterOS
Precio	\$ 75

Anexo 6: Características Técnicas hEX: <https://routerboard.com/RB750Gr3>

RB850Gx2

Este poderoso router posee 5 puertos Gigabit, e incorpora 2 núcleos al proceso, a una frecuencia de trabajo de 533 MHZ, su licencia de operatividad es de nivel 5, lo que le permite tener varias funciones que un router de nivel 4. a continuación se detalla las características técnicas.

RB850Gx2

Puertos Ethernet 10/100/1000	5
Arquitectura	PowerPC
CPU	P1023NSN5CFB
Dimensiones	90x115 mm
Número de Núcleos	2
Frecuencia nominal CPU	533 Mhz
Nivel de Licencia	5
Max. Consumo de energía	8W
Tarjeta de memoria	microSD
POE in	Si
Conector de Alimentación	2
Puerto Serial	RS232
Memoria	512 MB
Tamaño de almacenamiento	512 MB
Tipo de almacenamiento	NAND
Voltaje Soportado	8 – 28 V
Temperatura ambiente	-60C a 70C
Sistema Operativo	RouterOS
Precio	\$ 140

Anexo 6: Características Técnicas RB850Gx2: <https://routerboard.com/RB850Gx2>

Anexo 7: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

DECLARACIÓN DE LIBRERÍAS A UTILIZAR Y VARIABLES GLOBALES.	
<pre>int SensorCorriente = A0; int dianoche = 9; int sistema = 13; int K1 = 7; int K2 = 6;</pre>	<i>Asignación de los pines a variables.</i>
<pre>int reinicio = 1; int AT = 1; int averia = 0; int envio = 0; int servidor = 1; int baccion = 0; int adq1 = 1; int bdn; bool at; int b_automatic = 1; int b_manual = 0; int estadoinicial = 0;</pre>	<i>Variables utilizadas como bandera.</i>
<pre>int ValorSensor_Aux = 0; int averia = 0;</pre>	<i>Variable para la adquisición de entrada analógica.</i>
<pre>int j = 4; String Idlum = "000101"; String Idip = "192.168.0.101"; String Idmac = "5CCF7F87369C";</pre>	<i>Constantes en el proceso.</i>
<pre>String Observacion = "Ninguna"; String Estado = "Encendido"; String SIstema = "Auto"; String comando = ""; String ACCion = ""; String DiaNoche = ""; float Irms=0; float Potencia = 0; unsigned long tactual = 0; unsigned long tanterior = 0; unsigned long tiempo = 0; unsigned long tactual2 = 0; unsigned long tanterior2 = 0; unsigned long tiempo2 = 0; unsigned long tactual4 = 0; unsigned long tanterior4 = 0; unsigned long tiempo4 = 0; unsigned long tactual5 = 0; unsigned long tanterior5 = 0; unsigned long tiempo5 = 0;</pre>	<i>Variables Globales en el proceso.</i>
<pre>String Inicio[] = { "AT+RST", "AT+CWJAP=\\"LUMAPI\\",\\"Proyecto2017\\""; "AT+CIPSTA=\\"192.168.0.101\\""; "AT+CWMODE=1", "END"}; String Ordenes[] = {"AT+CIPSERVER=0", "AT+CIPMUX=0", AT+CIPSTART=\\"TCP\\",\\"192.168.0.30\\",80", "AT+CIPSEND=", "", "END"}; String Servidor[] = {"AT",</pre>	<i>Arreglos que almacenan comandos AT.</i>

<pre>"AT+CIPMUX=1", "AT+CIPSERVER=1,81", "AT+CIPSTO=1", "AT", "END");</pre>	
DECLARACIÓN DE LA COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS, PINES DE ENTRADA Y SALIDA.	
<pre>void setup() { Serial1.begin(115200); Serial.begin(115200);</pre>	<p>Inicializa la comunicación Serial entre Arduino y Módulo ESP8266 (Serial1), Arduino y PC (Serial).</p>
<pre>pinMode(dianoche, INPUT); pinMode(SensorCorriente, INPUT); pinMode(RST, OUTPUT); pinMode(K1, OUTPUT); pinMode(K2, OUTPUT);</pre>	<p>Declaración de los pines entrada/salida.</p>
<pre>digitalWrite (K1, HIGH); digitalWrite (K2, HIGH); digitalWrite (dianoche, HIGH); digitalWrite (RST, HIGH);</pre>	<p>Inicializa valores a las salidas.</p>
<pre>Serial.println("EMPEZANDO...."); while (Inicio[ptr2] != "END") { Serial1.println(Inicio[ptr2++]); Serial1.flush(); } Serial.println("ESP8266 Esta Listo"); BufferClean(); }</pre>	<p>Iniciar Módulo ESP8266-01, mediante ejecución de comandos AT.</p>
PROGRAMA GENERAL QUE SE EJECUTA EN UN BUCLE INFINITO	
<pre>void loop () { tactual5 = millis(); tiempo5 = tactual5 - tanterior5; if (tiempo5 >= 30000) { tanterior5 = tactual5; while (true) { Serial.println("Comprobando funcionamiento de ESP8266"); Serial1.println("AT"); Serial1.flush(); if (Serial1.find("OK")) { Serial.println("Modulo Operativo"); delay(1000); digitalWrite (RST, HIGH); break; } } else { Serial.println("Problemas Reiniciando Modulo"); digitalWrite (RST, LOW); delay(1000); digitalWrite (RST, HIGH); break; } } }</pre>	<p>Este bloque permite mediante la función millis(), realizar esperas de 5 minutos para comprobar si el módulo WI-FI se encuentra operativo. Si en la condición if el valor retorna falso, entonces mediante el pin digital D10, preestablecida como salida se manda a reiniciar el módulo poniéndole un nivel bajo, seguidamente se retorna al nivel alto, simulando la acción de un pulsador.</p>
<pre>tactual = millis(); tiempo = tactual - tanterior; if (tiempo >= 1800000) { tanterior = tactual; Adquisicion(); Envios(); BufferClean();</pre>	<p>En este bloque de programación se inicia otra variable millis(), cuando esta variable sobrepase los 30 minutos ingresa a la condición if por verdadero, y realiza el llamado de funciones en orden sucesivo, tanto para la adquisición de datos, el envío</p>

<pre> } </pre>	<p>de los mismos y el vaciado del buffer del puerto serie.</p>
<pre> if (servidor == 1) { ptr = 0; while (Servidor[ptr] != "END") { tactual2 = millis(); tiempo2 = tactual2 - tanterior2; if (tiempo2 >= 1000) { tanterior2 = tactual2; Serial1.println(Servidor[ptr++]); Serial.println(Servidor[ptr]); Serial1.flush(); while (Serial1.available()) { char x = Serial1.read(); Serial.print(x); } } BufferClean(); } BufferClean(); servidor = 0; } </pre>	<p>Mediante este bloque se hace el llamado al arreglo Servidor que mantiene los códigos AT, para crear un servidor web en el módulo ESP8266. La variable servidor inicia en uno, pero una vez ingresado se cambia ha estado 1, para evitar que se ejecute otra vez este bloque.</p>
<pre> if (adq1 == 1) { Adquisicion(); estadoinicial = 1; adq1 = 0; } </pre>	<p>En este pequeño bloque se da paso al llamado de la función adquisición para obtener los primeros datos del estado de la lámpara, y si no se ejecuta este bloque no se pudiera ingresar al código general. Una vez ingresado aquí no se ejecuta más en el proceso.</p>
<pre> if (estadoinicial == 1) { if ((b_automatic == 1) && (b_manual == 0)) { tactual4 = millis(); tiempo4 = tactual4 - tanterior4; if (tiempo4 >= 30000) { tanterior4 = tactual4; Adquisicion(); } SIstema = "Auto"; //Serial.println("Sistema auto"); if (((Estado == "Encendido") && (bdn == 1)) && (averia == 0)) { Observacion = "BuenEstado"; digitalWrite(K1, HIGH); digitalWrite(K2, HIGH); //Serial.println(Observacion); } if (((Estado == "Apagado") && (bdn == 0)) && (averia == 0)) { Observacion = "BuenEstado"; digitalWrite(K1, HIGH); digitalWrite(K2, HIGH); //Serial.println(Observacion); } } </pre>	<p>Esta es la sección general del programa de adquisición y control, el cual se segmenta en dos partes, una es la automática y la otra es la manual. En este segmento de programación se ejecuta la parte automática. El programa va a estar adquiriendo datos cada 5 minutos, para comprobar el funcionamiento de la lámpara, mediante condiciones if, de no tener un funcionamiento correcto, el sistema automáticamente apagará o encenderá la lámpara a través de salidas que comandan a relés, a continuación hace el llamado a funciones para que realicen una nueva adquisición y envío de esa información a un servidor de base de datos. Después de esto el programa ya no estará en el segmento automático, sino en el manual, debido al cambio del estado de las banderas establecidas en las condiciones. Si no se presentan ninguna avería con la lámpara el segmento automático se ejecutara indefinidamente a la espera de recibir del módulo WI-FI por medio del puerto serie una orden para cambiarse a manual de ser requerido por el operador a cargo en central.</p>

```

if(((Estado == "Apagado") && (bdn == 1)) && (averia
== 0))
{

Observacion = "MalEstado";
Envios();
BufferClean();
delay(1000);
digitalWrite(K1, LOW);
digitalWrite(K2, LOW);
averia = 1;
Adquisicion();
ACcion = "Encender";
Envios();
BufferClean();
b_automatic = 0;
b_manual = 1;
}
if(((Estado == "Encendido") && (bdn == 0)) && (averia
== 0))
{
Observacion = "MalEstado";
Envios();
BufferClean();
digitalWrite(K1, LOW);
digitalWrite(K2, HIGH);
averia = 1;
Adquisicion();
ACcion = "Apagar";
Envios();
BufferClean();
b_automatic = 0;
b_manual = 1;
}
while (Serial1.available() > 0 )
{
char c = Serial1.read() ;
comando += c;
Serial.print(c);
if (comando.indexOf("GET /manu") > 0)
{
Serial.println("A Sistema Manual");
b_automatic = 0;
b_manual = 1;
averia = 1;
comando = "";
Close();
BufferClean();
delay(500);
ACcion = "AManual";
baccion = 1;
}

if (comando.indexOf("GET /auto") > 0)
{
digitalWrite (K1, HIGH);
digitalWrite (K2, HIGH);
b_automatic = 1;
b_manual = 0;
averia = 0;
comando = "";
Close();
BufferClean();
delay(500);
}
}

```

<pre> } } BufferClean(); if (ACcion == "AManual" && baccion == 1) { b_automatic = 0; b_manual = 1; delay(1000); Adquisicion(); ACcion = "AManual"; Observacion = "Atender"; Envios(); delay(500); baccion = 0; } } </pre>	
<pre> if ((b_automatic == 0) && (b_manual == 1)) { averia = 1; Observacion = "Atender"; Sistema = "Manual"; if (Serial1.available() > 0) { char c = Serial1.read(); Serial.print(c); comando += c; if (comando.indexOf("GET /enci") > 0) { Serial.println("Encender Lampara"); digitalWrite (K1, LOW); digitalWrite (K2, LOW); averia = 1; b_automatic = 0; b_manual = 1; comando = ""; Close(); BufferClean(); delay(500); ACcion = "Encender"; baccion = 1; } } if (comando.indexOf("GET /apag") > 0) { Serial.println("Apagar Lampara"); digitalWrite (K1, LOW); digitalWrite (K2, HIGH); averia = 1; b_automatic = 0; b_manual = 1; comando = ""; Close(); BufferClean(); delay(500); ACcion = "Apagar"; baccion = 1; } } if (comando.indexOf("GET /aten") > 0) { Serial.println("Lampara atendida"); digitalWrite (K1, HIGH); digitalWrite (K2, HIGH); averia = 0; b_automatic = 1; b_manual = 0; } } </pre>	<p><i>Segmento Manual, que está a la espera de recibir una orden a través del puerto serial del arduino, sin órdenes el circuito electrónico no realiza ninguna acción. Las órdenes la recepta el ESP8266-01, a través de la red inalámbrica, la misma que la emite un operador a través del servidor, el cual se comunica al módulo por medio del puerto 81, creado en el módulo WI-FI al iniciar el programa.</i></p> <p><i>Se tiene que tener en consideración que cada 30 minutos el servidor web creado en el módulo se deshabilita para realizar el envío de la información del estado general de la luminaria, con el objetivo de realizar una comunicación de uno a uno, garantizando la confiabilidad de los datos, este proceso tarda alrededor de 20 segundos, y posteriormente se habilitará otra vez el servidor web.</i></p> <p><i>Después de que se realiza la atención por parte de los técnicos de planta externa, el operador envía la información "Atendida", automáticamente el circuito electrónico pasa al segmento manual, y el sistema retoma su estado inicial.</i></p>

<pre> comando = ""; Close(); BufferClean(); delay(500); ACcion = "Atendida"; baccion = 1; } if (comando.indexOf("GET /auto") > 0) { Serial.println("Modo Auto"); digitalWrite (K1, HIGH); digitalWrite (K2, HIGH); averia = 0; b_automatic = 1; b_manual = 0; comando = ""; ACcion = ""; Close(); BufferClean(); delay(500); } if (ACcion == "Encender" && baccion == 1) { delay(1000); Adquisicion(); ACcion = "Encender"; Observacion = "Atender"; Envios(); delay(500); baccion = 0; } if (ACcion == "Apagar" && baccion == 1) { delay(1000); Adquisicion(); ACcion = "Apagar"; Observacion = "Atender"; Envios(); delay(500); baccion = 0; } if (ACcion == "Atendida" && baccion == 1) { delay(1000); Adquisicion(); ACcion = "Atendida"; Observacion = "BuenEstado"; Envios(); delay(500); baccion = 0; } } } } } } } } } } </pre>	
FUNCIÓN QUE REALIZA LA ADQUISICIÓN Y EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.	
<pre> void Adquisicion() { Serial.println("Inicio Adquisicion"); estadoinicial = 1; ACcion = "EnvAuto"; if (averia == 1) { Observacion = "Atender"; } } </pre>	<p><i>Este bloque representa la función que realiza la adquisición del estado de la fotocelda, la cual mediante entrada digital determina si es día o noche. Mediante un llamado a una sub-función se realiza la adquisición de la corriente, si la corriente es mayor a cero a la variable "Estado", se le asigna encendido, caso</i></p>

<pre> if (digitalRead(dianoche) == HIGH) { bdn = 1; DiaNoche = "Noche"; } else if (digitalRead(dianoche) == LOW) { bdn = 0; DiaNoche = "Dia"; } float Ip = Adq_Corriente(); if (Ip <= 0.20) { Ip = 0; Estado = "Apagado"; } if (Ip > 0.20) { Estado = "Encendido"; } Irms = Ip * 0.707; Potencia = Irms * 120.0; } </pre>	<p>contrario apagado, con esto se determina si la lámpara se encuentra en funcionamiento o no.</p> <p>Finalmente se realizan el cálculo de potencia, lo cual determinará el consumo de la carga.</p> <p>Debido a que las asignaciones se realizan a variables globales retornan al programa general para su respectivo envío.</p>
FUNCIÓN QUE REALIZA LA ADQUISICIÓN Y EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.	
<pre> float Adq_Corriente() { float VoltajeSensor; float Corriente = 0; long tiempo3 = millis(); float Imax = 0; float Imin = 0; float Offset = 0.200; while (millis() - tiempo3 < 500) { VoltajeSensor = analogRead(SensorCorriente) * (5.0 / 1023.0); Corriente = 0.9 * Corriente + 0.1 * ((VoltajeSensor - 2.527) / Sensibilidad); if (Corriente > Imax) Imax = Corriente; if (Corriente < Imin) Imin = Corriente; } return (((Imax - Imin) / 2) - Offset); } </pre>	<p>Este bloque representa la función que realiza la adquisición de la corriente alterna que cursa por la lámpara, para ello se adquiere datos analógicos a través del pin A0, mediante un bucle while se realizan mediciones durante 0.5 segundos, la cual permite tener más precisión en las medidas. Para el cálculo de la corriente se utiliza la ecuación del sensor de corriente, teniendo en consideración la sensibilidad del transductor.</p> <p>Finalmente la función retorna el valor de la corriente pico, para posterior encontrar la corriente Irms.</p>
FUNCIÓN QUE REALIZA EL ENVÍO DE LOS DATOS A TRAVÉS DE LA RED INÁLAMBRICA 2.4GHZ HACIA SERVIDOR BASE DE DATOS.	
<pre> void Envios() { Serial.println("Inicio envios"); Ordenes[j] = "GET /sistema/conexion.php?IDlum="; Ordenes[j] += Idlum; Ordenes[j] += "&IDip="; Ordenes[j] += Idip; Ordenes[j] += "&IDmac="; Ordenes[j] += Idmac; Ordenes[j] += "&Sistema="; Ordenes[j] += S1stema; Ordenes[j] += "DiaNoche="; Ordenes[j] += DiaNoche; Ordenes[j] += "&ACcion="; Ordenes[j] += ACcion; Ordenes[j] += "&Estado="; Ordenes[j] += Estado; Ordenes[j] += "&Corriente="; Ordenes[j] += Irms; } </pre>	<p>Función que realiza el envío de los datos, para ello se utilizan comandos AT, es en esta función donde se deshabilita el servidor web creado en el ESP8266, para realizar la comunicación uno a uno con el servidor de base datos de la central. Primero se debe crear la cadena para el envío, la cual contiene la petición php que se realiza al servidor de base de datos. Las otras variables se van concatenando al arreglo "Ordenes[]" en la posición j, para este caso j=4. Las mismas variables cambian su tamaño durante el proceso del programa, por lo tanto para realizar el envío respectivo se debe saber el tamaño real de la cadena, por lo cual se hace uso de una función especial, al resultado se le suma dos por el salto de línea.</p>

<pre> Ordenes[j] += "A"; Ordenes[j] += "&COnsumo="; Ordenes[j] += Potencia; Ordenes[j] += "W"; Ordenes[j] += "&OBservacion="; Ordenes[j] += Observacion; Ordenes[3] = "AT+CIPSEND="; Ordenes[3] += Ordenes[j].length() + 2; ptr = 0; while (Ordenes[ptr] != "END") { tactual2 = millis(); tiempo2 = tactual2 - tanterior2; if (tiempo2 >= 1000) { tanterior2 = tactual2; Serial1.println(Ordenes[ptr++]); Serial.println(ptr); Serial1.flush(); while (Serial1.available()) { char x = Serial1.read(); Serial.print(x); } } } estadoinicial = 1; servidor = 1; BufferClean(); ptr3 = 0; delay(500); Serial.println("enviando.."); } </pre>	<p>Finalmente se ejecuta los comandos AT del arreglo "Ordenes", y se finaliza el proceso de envío automáticamente.</p> <p>A la bandera servidor se le establece en 1, para que al salir ingrese a una condición del programa general y habilite de nuevo el servidor web en el puerto 81.</p>
FUNCIÓN QUE REALIZA EL VACIADO DEL BUFFER DEL PUERTO SERIE.	
<pre> void BufferClean() { while (Serial1.available() > 0 && Serial1.read() != -1) { Serial.println("vacando buffer"); }; } </pre>	<p>Este bloque representa la función que realiza el vaciado del buffer del puerto serie, debido a la comunicación serial que existe entre el módulo WI-FI y el arduino cada vez que se recibe o envía un dato el buffer se llena y debe limpiarse.</p>
FUNCIÓN QUE DEFINE EL TIMEOUT DEL SERVIDOR WEB ESP8266.	
<pre> void Close() { Serial1.println("AT+CIPSTO=1"); } </pre>	<p>Este bloque representa la función que establece el timeout de la actividad del servidor web, para que finalice la comunicación, en este caso es 1segundo.</p>

Anexo 7: Programa para el Sistema Electrónico de la Red Telemétrica: Creado por Autor.

Anexo 8: SECTORES DE LA CIUDAD LA LIBERTAD CON SU RED RESPECTIVA.

SECTORES DE LA CIUDAD LA LIBERTAD CON SU RESPECTIVA RED						
NODO MASTER						
N°	SECTORES	NODO	RED	N LUM	N ACCES POINT	NODOS AUX
1	LAS ACACIAS	SLUM-CENTRAL	192.168.11.0	92	2	0
2	SIMON BOLIVAR	SLUM-CENTRAL	192.168.12.0	104	2	1
3	LA ESPERANZA	SLUM-CENTRAL	192.168.13.0	164	4	1
4	6 DE DICIEMBRE	SLUM-CENTRAL	192.168.14.0	176	4	1
5	PTO NUEVO Y LA CARIOCA	SLUM-CENTRAL	192.168.15.0	232	5	1
6	FRANCIS RODRIGUEZ	SLUM-CENTRAL	192.168.16.0	28	1	1
7	PREVISORA	SLUM-CENTRAL	192.168.17.0	32	1	0
8	JOSE TAMARIZ	SLUM-CENTRAL	192.168.18.0	64	2	0
9	GRAL ENRIQUEZ 1	SLUM-CENTRAL	192.168.19.0	228	5	1
10	25 DE SEPTIEMBRE	SLUM-CENTRAL	192.168.20.0	172	4	1
11	7 DE SEPTIEMBRE	SLUM-CENTRAL	192.168.21.0	56	1	1
12	LAS COLINAS Y PETROINDUSTRIAL	SLUM-CENTRAL	192.168.22.0	62	2	1
TOTAL SLUM-CENTRAL				1410	33	9
NODO REPETIDOR 1						
13	ABDON CALDERON	SLUM-NODO1	192.168.23.0	220	5	1
14	MANABI	SLUM-NODO1	192.168.24.0	224	5	1
15	EUGENIO ESPEJO	SLUM-NODO1	192.168.25.0	148	3	1
16	UNE	SLUM-NODO1	192.168.26.0	76	2	1
17	EL PARAISO	SLUM-NODO1	192.168.27.0	108	2	1
18	VIRGEN DEL CARMEN	SLUM-NODO1	192.168.28.0	192	4	1
19	JAIME ROLDOS	SLUM-NODO1	192.168.29.0	220	5	1
20	24 DE MAYO Y BELLAVISTA	SLUM-NODO1	192.168.30.0	92	2	1
21	5 DE JUNIO	SLUM-NODO1	192.168.31.0	116	2	0
22	CDLA 11 DE DICIEMBRE	SLUM-NODO1	192.168.32.0	60	1	0
23	SAN VICENTE	SLUM-NODO1	192.168.33.0	124	3	0
24	JAIME NEBOT	SLUM-NODO1	192.168.34.0	120	3	1
25	LA UNION	SLUM-NODO1	192.168.35.0	48	1	1
26	NUEVA ESPERANZA	SLUM-NODO1	192.168.36.0	60	1	1
27	SAN RAYMUNDO	SLUM-NODO1	192.168.37.0	66	2	1
28	SINAI	SLUM-NODO1	192.168.38.0	36	1	1
29	SUR SUINLI Y SUINLI	SLUM-NODO1	192.168.39.0	51	1	1
30	LOS GIRASOLES	SLUM-NODO1	192.168.40.0	33	1	1
31	COSTA AZUL	SLUM-NODO1	192.168.41.0	27	1	1
32	SAN SEBASTIAN	SLUM-NODO1	192.168.42.0	102	2	1
TOTAL NODO REPETIDOR 1				2123	47	17

NODO REPETIDOR 2						
33	MIRADOR COSTA DE ORO	SLUM-NODO2	192.168.43.0	52	1	1
34	10 DE AGOSTO	SLUM-NODO2	192.168.44.0	148	3	1
35	11 DE DICIEMBRE	SLUM-NODO2	192.168.45.0	36	1	0
36	25 DE DICIEMBRE	SLUM-NODO2	192.168.46.0	17	1	0
37	ROCAFUERTE	SLUM-NODO2	192.168.47.0	160	3	1
38	PUERTO RICO	SLUM-NODO2	192.168.48.0	32	1	1
39	MARISCAL SUCRE	SLUM-NODO2	192.168.49.0	96	2	1
40	LIBERTAD	SLUM-NODO2	192.168.50.0	92	2	1
41	12 DE OCTUBRE	SLUM-NODO2	192.168.51.0	32	1	1
42	J.F.KENNEDY	SLUM-NODO2	192.168.52.0	48	1	0
43	ELOY ALFARO	SLUM-NODO2	192.168.53.0	56	1	1
44	SAN FRANCISCO	SLUM-NODO2	192.168.54.0	152	3	1
45	28 DE MAYO	SLUM-NODO2	192.168.55.0	172	3	1
46	IESS	SLUM-NODO2	192.168.56.0	120	3	1
TOTAL NODO REPETIDOR 2				1213	26	11
NODO REPETIDOR 3						
47	GRAL ENRIQUEZ 2	SLUM-NODO3	192.168.57.0	228	5	1
48	24 DE JUNIO	SLUM-NODO3	192.168.58.0	32	1	1
49	LA PROPICIA	SLUM-NODO3	192.168.59.0	123	3	0
50	CORDILLERA CONDOR	SLUM-NODO3	192.168.60.0	63	2	1
51	ERNESTO GONZALEZ	SLUM-NODO3	192.168.61.0	81	2	1
52	6 DE ENERO	SLUM-NODO3	192.168.62.0	27	1	1
53	ZONA INDUSTRIAL 1	SLUM-NODO3	192.168.63.0	156	3	1
54	ZONA INDUSTRIAL 2	SLUM-NODO3	192.168.64.0	156	3	0
55	BRISAS	SLUM-NODO3	192.168.65.0	34	1	1
56	LAS PALMERAS	SLUM-NODO3	192.168.66.0	54	1	1
57	FICUS	SLUM-NODO3	192.168.67.0	48	1	1
TOTAL NODO REPETIDOR 3				1002	23	9
TOTAL				5748	129	46

Anexo 8: Redes del Sistema Telemétrico para Alumbrado Público: Creado por Autor, referencia departamento Alumbrado Público CNEL-Santa Elena.

Anexo 9: FORMULARIO PHP PARA PETICIÓN, INGRESO DE DATOS EN LA BD.

```
<?php
    $server="localhost";
    $user="root";
    $pass="";
    $db="sistema";

    $conexion=mysqli_connect($server,$user,$pass,$db)
        or die ("Error al conectar a la base datos".mysqli_error());

    $IDlum = $_GET['IDlum'];
    $IDip = $_GET['IDip'];
    $IDmac = $_GET['IDmac'];
    $SIstema = $_GET['SIstema'];
    $DiaNoche= $_GET['DiaNoche'];
    $ACcion= $_GET['ACcion'];
    $EStado = $_GET['EStado'];
    $COrriente = $_GET['COrriente'];
    $CONsumo = $_GET['CONsumo'];
    $OBServacion = $_GET['OBServacion'];

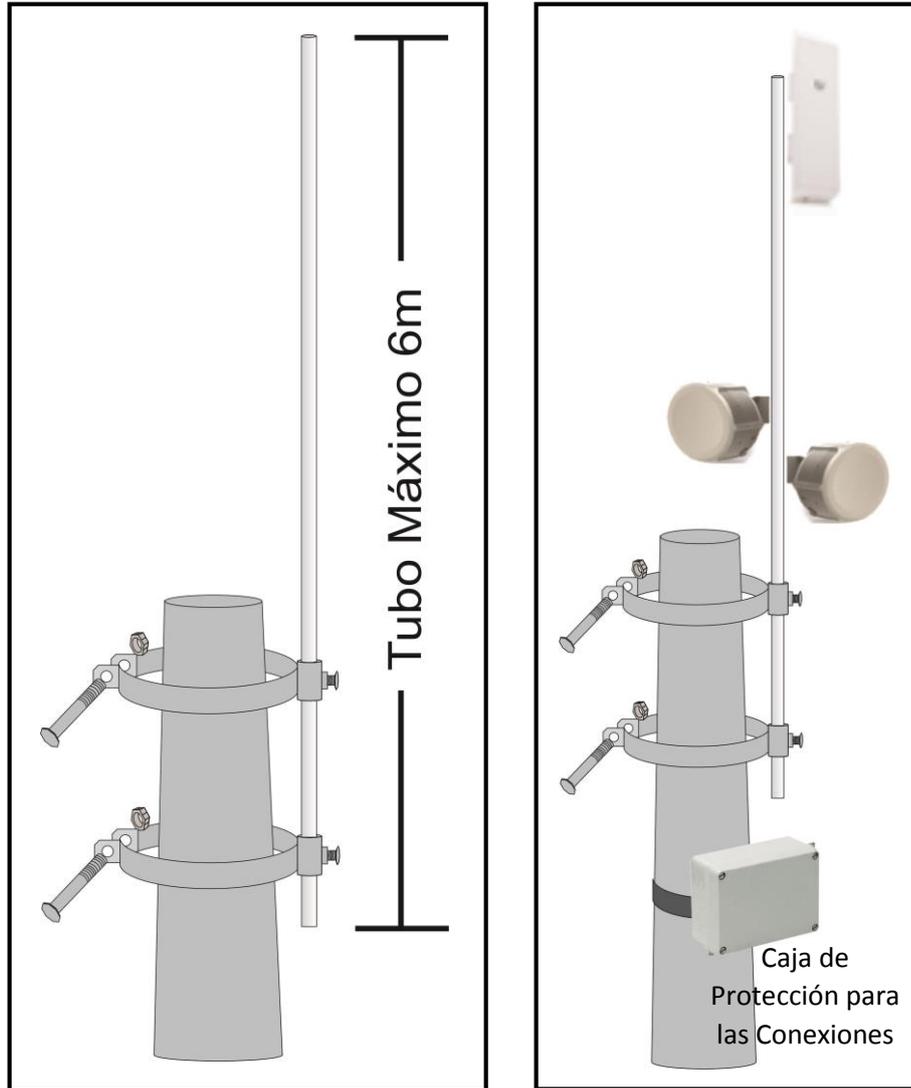
    $insertar = "INSERT into estadolum
    (IDlum,IDip,IDmac,SIstema,DiaNoche,ACcion,EStado,COrriente,CONsumo,OBS
    ervacion) values
    ('$IDlum','$IDip','$IDmac','$SIstema','$DiaNoche','$ACcion','$EStado','$COrrient
    e','$CONsumo','$OBServacion') ";

    $resultados = mysqli_query($conexion, $insertar);
    echo "se han enviado los datos\n".mysqli_connect_error();
    mysqli_close($conexion);
    echo "se cerro la conexion\n".mysqli_connect_error();
?>
```

Anexo 10: BASES METÁLICAS PARA LOS NODOS AUXILIARES QUE ESTARÁN UBICADAS EN LOS POSTES DE ALUMBRADO PÚBLICO.



Anexo 10: Elementos de las Bases Metálicas Para las Extensiones de Los Nodos Principales en los Postes de Alumbrado: Creado por Autor.



Anexo 10: Vista Preliminar de las Bases Metálicas Para las Extensiones de Los Nodos Principales en los Postes de Alumbrado Público: Creado por Autor.

Anexo 11: ELEMENTOS DE LOS NODOS AUXILIARES POR SECTOR.

ELEMENTOS DE LOS NODOS AUXILIARES						
NODOS AUXILIARES SECTOR		NST M5	SWITCH 8	SXT-2	BASE	CAJA
SLUM-CENTRAL	SIMON BOLIVAR	1	1	2	1	1
	LA ESPERANZA	1	1	4	1	1
	6 DE DICIEMBRE	1	1	4	1	1
	PTO NUEVO Y LA CARIOCA	1	1	5	1	1
	FRANCIS RODRIGUEZ	1	1	1	1	1
	GRAL ENRIQUEZ 1	1	1	5	1	1
	25 DE SEPTIEMBRE	1	1	4	1	1
	7 DE SEPTIEMBRE	1	1	1	1	1
	LAS COLINAS Y PETROINDUSTRIAL	1	1	2	1	1
SLUM-NODO1	ABDON CALDERON	1	1	5	1	1
	MANABI	1	1	5	1	1
	EUGENIO ESPEJO	1	1	3	1	1
	UNE	1	1	2	1	1
	EL PARAISO	1	1	2	1	1
	VIRGEN DEL CARMEN	1	1	4	1	1
	JAIME ROLDOS	1	1	5	1	1
	24 DE MAYO Y BELLAVISTA	1	1	2	1	1
	JAIME NEBOT	1	1	3	1	1
	LA UNION	1	1	1	1	1
	NUEVA ESPERANZA	1	1	1	1	1
	SAN RAYMUNDO	1	1	2	1	1
	SINAI	1	1	1	1	1
	SUR SUINLI Y SUINLI	1	1	1	1	1
	LOS GIRASOLES	1	1	1	1	1
	COSTA AZUL	1	1	1	1	1
	SAN SEBASTIAN	1	1	2	1	1
SLUM-NODO2	MIRADOR COSTA DE ORO	1	1	1	1	1
	10 DE AGOSTO	1	1	3	1	1
	ROCAFUERTE	1	1	3	1	1
	PUERTO RICO	1	1	1	1	1
	MARISCAL SUCRE	1	1	2	1	1
	LIBERTAD	1	1	2	1	1
	12 DE OCTUBRE	1	1	1	1	1
	ELOY ALFARO	1	1	1	1	1
	SAN FRANCISCO	1	1	3	1	1
	28 DE MAYO	1	1	3	1	1
	IESS	1	1	3	1	1
SLUM-NODO3	GRAL ENRIQUEZ 2	1	1	5	1	1
	24 DE JUNIO	1	1	1	1	1
	CORDILLERA CONDOR	1	1	2	1	1
	ERNESTO GONZALEZ	1	1	2	1	1
	6 DE ENERO	1	1	1	1	1
	ZONA INDUSTRIAL 1	1	1	3	1	1
	BRISAS	1	1	1	1	1
	LAS PALMERAS	1	1	1	1	1
	FICUS	1	1	1	1	1
	TOTAL	46	46	109	46	46

Anexo 11: Detalle de Elementos para los nodos Auxiliares: Creado por Autor.

**Anexo 12: SOLICITUD INFORMACIÓN DIRIGIDA A LA
CORPORACIÓN NACIONAL ELÉCTRICA SANTA ELENA.**



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Creación: Ley No. 110 R.O No. 366 (Suplemento) 1998-07-22
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Oficio No. DET-141-2017

La Libertad, 12 de Junio del 2017

Ingeniero
Edwin Montenegro Parrales, M. Sc.
ADMINISTRADOR DE CNEL EP SANTA ELENA
En su despacho.-

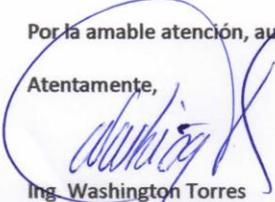
De mi consideración:

Con el presente saludo a usted y a la vez comunico que el egresado NAVAS RAMÍREZ PAÚL ANDRÉS ha presentado su proyecto de tesis con el tema **“SISTEMA DE RED TELEMÉTRICO DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”**.

Concedor de su apoyo al desarrollo del campo educativo, solicito de la manera más comedida como esté a su alcance se proporcione la información requerida para el tema del proyecto en mención.

Por la amable atención, auguro éxitos en sus funciones, y manifiesto mis agradecimientos.

Atentamente,


Ing. Washington Torres
DIRECCIÓN
ESUELA DE ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES
DIRECTOR CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



c.c.: Archivo

WT/Corina.

pool-september@hotmail.com
0492159802.



Anexo 13: CERTIFICADO DEL SISTEMA DE COINCIDENCIA URKUND.

URKUND

Documento [PropuestaTecnologica paul navas para urkund 1.docx](#) (D29809236)
Presentado 2017-07-28 15:15 (-05:00)
Presentado por BUSTOS GAIBOR SAMUEL BALDOMERO (sbustos@upse.edu.ec)
Recibido sbustos.upse@analysis.arkund.com
Mensaje Revision Documento Propuesta Tecnologica [Mostrar el mensaje completo](#)
2% de estas 40 paginas, se componen de texto presente en 9 fuentes.