



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA  
PARA EL CONTROL DE REGULADORES DE TRÁNSITO  
PROGRAMABLES AUTOSUSTENTABLES, MEDIANTE EL USO  
DE MÓDULOS XBEE PRO Y PANELES SOLARES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**AUTOR: LUIS STEVEN CÓRDOVA MARTILLO**

**TUTOR: ING. LUIS NEIRA CLEMENTE, MSc.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Luis Steven Córdova Martillo con cédula de identidad N° 092344145-5 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, abril del 2022

Atentamente,



---

Luis Steven Córdova Martillo

C.I. 092344145-5

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Luis Steven Córdova Martillo con documento de identificación No. 092344145-5, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño e implementación de una red inalámbrica para el control de reguladores de tránsito programables autosustentables, mediante el uso de módulos XBee pro y paneles solares”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, abril del 2022

Atentamente,



\_\_\_\_\_

Luis Steven Córdova Martillo

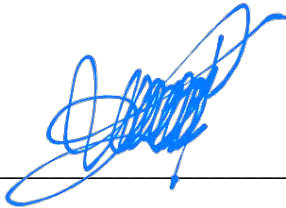
C.I. 092344145-5

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Ing. Luis Neira Clemente con documento de identificación N° 090913658-2, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL CONTROL DE REGULADORES DE TRÁNSITO PROGRAMABLES AUTOSUSTENTABLES, MEDIANTE EL USO DE MÓDULOS XBEE PRO Y PANELES SOLARES, realizado por Luis Steven Córdova Martillo con documento de identificación N° 092344145-5, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, abril del 2022

Atentamente,



---

Ing. Luis Neira Clemente, Msc

C.I. 090913658-2

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecerle a dios por haber permitido llegar hasta aquí, haberme brindado sabiduría y fortaleza para poder estudiar una de las carreras más importante e innovadoras del momento.

Agradezco infinitamente a mis padres por todos sus esfuerzos y por el inmenso apoyo brindado para que yo pueda estudiar y ser un gran profesional, gracias por guiarme en todas las etapas de mi vida. Son mi mayor motivo de querer seguir adelante. Siempre están listo para brindarme su ayuda sin importar el momento o situación que se presente, sin duda todos mis logros son gracias a ellos y sin su apoyo no hubiera sido posible, quiero darles mi más sincero agradecimiento a ellos.

A la Universidad Politécnica Salesiana por haberme brindado todas las oportunidades de formarme profesionalmente.

A mis docentes, MSc. Luis Neira Clemente, MSc. Luis Silvio Córdova Rivadeneira, MSc Orlando Barcia, gracias a sus enseñanzas he podido superar con éxito este recorrido que pronto culminara. Agradezco a mis verdaderos amigos, Ing Luis Orejuela, Julio Romero, Samantha Soto, Ingrid Matamoros, Daniela Valdez, Daniel Chichande, Anthony Córdova, Franklin Montee, Juan Palacios, Paul Rojas, Jorge Hallon, Zully Peñafiel Arévalo, que me dieron su apoyo y fidelidad en momentos difíciles.

Luis Steven Córdova Martillo

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, le dedico este proyecto a Dios por brindarme salud y fuerzas para poder superar cada obstáculo.

En segundo lugar, me gustaría dedicar este proyecto a mi familia.

Para mis padres Ing. Luis Córdova y Blga. Cristina Martillo, por su comprensión y apoyo en la parte moral y económica. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores y principios, y todo ello con mucho amor y sin pedir nada a cambio.

Para mi Hermana Jocelyne Córdova, que ha estado siempre presente y mucho mas cuando la he necesitado.

Para mi amigo Luis Orejuela el cual considero como parte de mi familia y también un gran maestro. Siempre dispuesto a ayudarme.

Luis Steven Córdova Martillo

## Índice General

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
Índice de Figuras .....	VIII
Índice de Tablas .....	X
Resumen .....	XI
Abstract .....	XII
Introducción .....	1
Capítulo 1: Planteamiento del Problema .....	2
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Delimitación.....	2
1.3.1. Delimitación Temporal.....	2
1.3.2. Delimitación Espacial.....	3
1.3.3. Delimitación Académica .....	3
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo General .....	3
1.4.2. Objetivos Específicos .....	3
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Metodología de Investigación .....	4
Capítulo 2: Marco Teórico .....	5
2.1. Estado del Arte .....	5
2.2. Reguladores de tránsito .....	2
2.2. Módulos de SemafORIZACIÓN leds.....	6
2.3. Módulos XBee PRO.....	9
2.4. Paneles fotovoltaicos.....	11
2.5. Regulador de carga de Voltaje .....	11
2.6. Inversor de Carga .....	12

2.7. Puente Rectificador .....	13
2.8. Triac .....	15
2.9. Optoacoplador 4N25 .....	16
2.10. Diodo Zener.....	17
Capítulo 3: Diseño y Construcción de Módulos.....	19
3. Construcción.....	19
3.1. Descripción al equipo.....	19
3.2. Diseño del circuito esquemático.....	20
3.3. Diseño de las tarjetas PCB .....	23
3.4. Algoritmo de control .....	25
3.5. Diseño de la estructura plástica.....	28
3.6. Dimensionamiento del sistema eléctrico .....	28
Capítulo 4: Presentación y Discusión de Resultados .....	38
4. Presentación de resultados.....	38
4.1. Resultados varios de módulos. ....	38
4.2. Discusión de resultados .....	42
Cronograma.....	44
Presupuesto.....	46
Conclusiones .....	47
Recomendaciones.....	48
Bibliografía.....	49
Anexos.....	51
1. Normas INEN.....	51
2. Codificación de módulo transmisor.....	53
3. Codificación de módulo receptor .....	61
4. Configuración de módulos XBee .....	65

## Índice de Figuras

Fig. 1.- Creación y envío de trama de datos.....	5
Fig. 2.- Regulador de voltaje.....	5
Fig. 3.- Tarjeta de funcionamiento .....	1



Fig. 4.- Tarjeta de Diseño con dispositivos.....	1
Fig. 5.- Prueba de funcionamiento XBee .....	2
Fig. 6.- Controlador LC2.....	3
Fig. 7.- Controlador LC3.....	5
Fig. 8.- Semáforos Leds .....	7
Fig. 9.- Instalación de semáforos .....	8
Fig. 10.- XBee Pro.....	10
Fig. 11.- Tipos de Antenas .....	11
Fig. 12.- Funcionamiento de un regulador de carga.....	12
Fig. 13.- Inversor de Carga.....	13
Fig. 14.- Puente rectificador de diodos .....	14
Fig. 15.- Funcionamiento de un puente rectificador de Diodos .....	14
Fig. 16.- Gráficas de Ondas de Puente Rectificador de Diodos .....	15
Fig. 17.- Simbología y encapsulado de Triac.....	16
Fig. 18.- Estructura esquemática de Optoacoplador 4N25.....	17
Fig. 19.- Simbología y Encapsulado Diodo Zener .....	18
Fig. 20.- Circuito Esquemático de Tarjeta Transmisora .....	21
Fig. 21.- Circuito Esquemático de Tarjeta Receptora .....	22
Fig. 22.- PCB transmisor.....	23
Fig. 23.- PCB Receptor .....	24
Fig. 24.- Flujograma de circuito transmisor.....	26
Fig. 25.- Flujograma de circuito receptor.....	27
Fig. 26.- Sistema Fotovoltaico Opción 1.....	30
Fig. 27.- Diagrama de intersección de semaforización Opción 1 .....	31
Fig. 28.- Sistema Fotovoltaico Opción 2.....	33
Fig. 29.- Diagrama de Intersección de semaforización Opción 2 .....	34
Fig. 30.- Sistema Fotovoltaico Opción 3.....	36
Fig. 31.- Diagrama de intersección de semaforización Opción 3 .....	37
Fig. 32.- Flujograma de funcionamiento del proyecto parte 1 .....	38
Fig. 33.- Flujograma de funcionamiento del proyecto parte 2 .....	39

Fig. 34.- Prueba de funcionamiento 1 .....	40
Fig. 35.- Prueba de Funcionamiento 2 .....	41
Fig. 36.- Prueba de Funcionamiento 3 .....	41
Fig. 37.- Resultado del Proyecto Técnico .....	43
Fig. 38.- Cronograma de trabajo Inicio .....	44
Fig. 39.- Cronograma de trabajo proceso Final.....	45
Fig. 40.- Configuración del software XCTU módulo XBee transmisor .....	65
Fig. 41.- Configuración del Firmware de módulo transmisor.....	65
Fig. 42.- Firmware las direcciones altas y bajas .....	66
Fig. 43.- Configuración el módulo XBee receptor.....	66
Fig. 44.- Configuración del Firmware módulo XBee receptor .....	67
Fig. 45.- Verificación de canal Enabled [1]. .....	67
Fig. 46.- Firmware de equipos a comunicar.....	68

## **Índice de Tablas**

Tabla 1.- Tabla de Cargas Opción 1.....	28
Tabla 2.- Tabla de Cargas de Sección Extendida Opción 1 .....	29
Tabla 3.- Tabla de Cargas Opción 2.....	31
Tabla 4.- Tabla de Cargas de Sección Extendida Opción 1 y 2 .....	32
Tabla 5.- Tabla de Cargas Opción 3.....	34
Tabla 6.- Tabla de Cargas de Sección Extendida Opción 1 y 2 .....	35
Tabla 7.- Presupuesto .....	46

## Resumen

Año	Estudiantes	Tutor de Proyecto de Titulación	Proyecto de Titulación
2022	Luis Steven Córdova Martillo	Ing. Luis Neira Clemente, MSc.	Diseño e implementación de una red inalámbrica para el control de reguladores de tránsito programables, mediante el uso de módulos XBee pro y paneles solares.

El presente trabajo de titulación se busca el diseño un semáforo inteligente inalámbrico que pueda ser conectado a un controlador de tránsito vehicular, con las características de comunicación eficiente y autosustentable a través de los paneles solares, logrando tener un equipo nuevo e innovador dentro de los sistemas semafóricos convencionales, en donde se pueda satisfacer las necesidades de algunos aspectos relacionados con la semaforización, respetando sobre todo normas básicas establecidas para el tránsito vehicular en nuestro país. Para la realización del proyecto se utiliza como elemento fundamental un microcontrolador, el cual realiza tareas de adquisición, procesamiento y orden de envío de datos obtenidos de las salidas del regulador de tránsito correspondiente a cada uno de los semáforos los cuales funcionan en la intersección. Para la transmisión y recepción de datos inalámbricos correspondiente a las fases semafóricas, se utiliza módulos XBee Pro que son dispositivos de fácil acceso y que cuentan con una excelente aceptación por parte de la industria y de diseñadores (módulos que han sido probados en diversas situaciones por los expertos y que han salido éxitos en sus pruebas), los cuales los utilizan para realizar proyectos con señales inalámbricas, y además de garantizar la confiabilidad y seguridad ante una pérdida mínima de los datos. Cabe resaltar que el equipo cuenta con un sistema de alimentación híbrido, capaz de energizarse con la red eléctrica o de un sistema autosustentable como paneles solares, reguladores de carga, baterías e inversores que garantiza que los semáforos siempre permanezcan encendidos, incluso si hubiese algún apagón por varias horas (protección ante cualquier posible situación que se presente).

**Palabras Claves:** XBee Pro, Semáforo, comunicación inalámbrica, Transmisor, Receptor, Regulador de tránsito, Normas INEN, Protecciones.

## Abstract

Year	Students	Degree Project Tutor	Technical Degree Project
2021	Luis Steven Córdova Martillo	Eng. Luis Neira Clemente, MSc.	Design and implementation of a wireless network for the control of programmable traffic regulators, using XBee pro modules and solar panels

The present degree work seeks the design of a wireless intelligent traffic light that can be connected to a vehicle traffic controller, with the characteristics of efficient and self-sustaining communication through solar panels, achieving a new and innovative equipment within conventional traffic light systems, where the needs of some aspects related to traffic lights can be met, respecting above all basic rules established for vehicular traffic in our country. For the realization of the project, a microcontroller is used as a fundamental element, which performs tasks of acquisition, processing and sending order of data obtained from the exits of the traffic regulator corresponding to each of the traffic lights which operate at the intersection. For the transmission and reception of wireless data corresponding to the traffic light phases, XBee Pro modules are used that are easily accessible devices and that have an excellent acceptance by the industry and designers (modules that have been tested in various situations by experts and that have been successful in their tests), which use them to carry out projects with wireless signals, and in addition to guaranteeing reliability and security against minimal data loss. It should be noted that the equipment has a hybrid power system, capable of being energized with the electricity grid or a self-sustaining system such as solar panels, charge regulators, batteries and inverters that guarantees that the traffic lights always remain on, even if there is a blackout for several hours (protection against any possible situation that arises).

**Keywords:** XBee Pro, Traffic light, wireless communication, Transmitter, Receiver, Traffic regulator, INEN standards, Protections.

## Introducción

En la actualidad en el país existen muchos sistemas semafóricos o reguladores de tráfico, que pueden ser instalados de dos tipos (aéreos o subterráneos) de ambas formas su instalación requiere de un cableado para la activación de lámparas semafóricas y el suministro eléctrico para su funcionamiento, en donde si se requiere realizar una instalación aérea se debe tomar en cuenta los factores de la contaminación visual o falta de visibilidad por los cables, también el peligro en vías de transporte pesado o maquinaria pesada los que contienen un gran volumen, lo cual muchas veces no calculan su tamaño y tienden a romper (halar) los cables, no solo produciendo daños a los equipos sino que pueden producir accidentes con consecuencias lamentables.

En cambio, sí se requiere hacer una instalación subterránea debemos tener previsto romper calles y dar paso a tuberías que interconecten los diferentes puntos de la intersección a semaforizar, en donde algunos de los factores que pueden dañar el trabajo realizado son el cortocircuito por roedores dentro de las cajas de paso de las tuberías, la humedad, la inundación de la ciudad, trabajos de excavación por obras en la vía y otras más.

El siguiente proyecto da otra alternativa para solucionar los problemas de las instalaciones convencionales de equipos semafóricos, diseñando e implementando una red inalámbrica para el control de reguladores de tránsito programables autosustentables, utilizando paneles solares para la suministro de alimentación de las mismas y módulos XBee de manera que nuestra red sea más segura y fiable ya que estos utilizan los protocolos inalámbricos más comprometedores y de mayor desarrollo en los últimos años, que es el estándar IEEE 802.15.4 o también llamado "Zigbee". Dependiendo de la antena que utilicen, estos módulos pueden llegar a un alcance de varios kilómetros lo suficiente para activar las lámparas semafóricas de dicha intersección.

Esto produce un menor coste operativo, menor consumo eléctrico por motivo de que trabaja con energía sustentable y amigable con el medio ambiente, sin necesidad de preocuparse por los cortes energéticos o alguna situación que se presente con la energía ya que nuestro sistema no depende de redes eléctricas.

# **Capítulo 1: Planteamiento del Problema**

## **1. Planteamiento del Problema**

### **1.1. Antecedentes**

En la actualidad, los sistemas semafóricos funcionan de manera cableada entre el regulador de tránsito y las lámparas led que se encuentran en la intersección a controlar. En muchas ocasiones se necesita semaforizar intersecciones en donde no se encuentra líneas eléctricas disponibles, ya sea porque se trata de una intersección rural o intersecciones urbanas regeneradas en donde todo el cableado eléctrico se encuentra soterrado y no se ha previsto el paso de cables que interconecten todo el sistema. Es por ello que se ve en la necesidad de desarrollar una red de radio frecuencia que sea lo suficientemente segura con los protocolos establecidos por normas ecuatorianas.

### **1.2. Justificación**

Mediante el desarrollo de este sistema se pretende dar solución a problemas de semaforización de diferentes intersecciones que carecen de una acometida de energía eléctrica (situación que se presenta de forma continua) y a problemas de conectividad entre semáforos vehiculares y peatonales con controladores de diferentes marcas y modelos existentes en el mercado. Siendo esto un modelo de solución innovador a nivel nacional e internacional, utilizando protocolos establecidos por normas de semaforización. Con este proyecto se busca la innovación y lo novedoso en el mercado para que pueda cubrir cada una de las necesidades que se presentan a diario con la semaforización.

### **1.3. Delimitación**

#### **1.3.1. Delimitación Temporal**

El proyecto se diseña y desarrolla en la ciudad de Guayaquil también conocida como la Perla del Pacífico del país Ecuador en el periodo académico 2021-2022.

### **1.3.2. Delimitación Espacial**

El proyecto se desarrolla en el área de innovación de la empresa CORMAR ELECTRONICS dedicada por años a la semaforización en varios cantones del Ecuador.

### **1.3.3. Delimitación Académica**

A través de esta implementación se prevé dar información a los estudiantes de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil sobre el diseño de redes inalámbricas mediante el uso de microcontroladores y módulos XBee.

## **1.4. Objetivos**

A continuación, se presentan los objetivos de este trabajo de titulación, los cuales se determinaron para la investigación de una problemática y que a su vez busca comprobar cada uno de ellos como parte fundamental y experimentación de este proceso.

### **1.4.1. Objetivo General**

Diseñar e implementar una red inalámbrica para el control de reguladores de tránsito programables autosustentables, mediante el uso de módulos XBee pro y paneles solares.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Investigar las normas INEN de semaforización para el diseño de la red inalámbrica a realizarse en el siguiente proyecto de Titulación.
- Diseñar una tarjeta electrónica de interface que conecte el controlador de tránsito y el módulo inalámbrico XBee.
- Diseñar una tarjeta electrónica de interface que conecte el módulo XBee con los semáforos.

- Realizar la programación de los microcontroladores que van en cada tarjeta de interfase para el control de la red inalámbrica.
- Dimensionar los elementos del sistema fotovoltaicos para el correcto funcionamiento del proyecto.
- Realizar pruebas finales de funcionamiento

### **1.5. Hipótesis**

Con el desarrollo e implementación de aquellos módulos de red, se prevé poder lograr que intersecciones sin un previo estudio o en vías rurales que no tengan paso de cables para la activación de lámparas led y suministro de energía, puedan funcionar de la mejor manera. En caso de llegar a obtener los resultados esperados, el proyecto sería una vía factible para las intersecciones en las cuales sea el caso.

### **1.6. Metodología de Investigación**

La metodología para utilizarse en este proyecto serán las siguientes:

El método experimental, porque en el diseño de la red inalámbrica ayudará a desarrollar el funcionamiento del proyecto a través de la prueba y error hasta quedar completamente funcionando.

Método Investigación de campo, porque esto permitirá revisar los datos en tiempo real para el desarrollo de un sistema inteligente y autónomo de semaforización.



## Capítulo 2: Marco Teórico

### 2. Desarrollo metodológico

#### 2.1. Estado del Arte

(Luis Fernando Fernández Cruz,2017) En el proyecto técnico denominado **Diseño e implementación de una red de sensores para el monitoreo de variables Climáticas en un invernadero de Orquídeas** del Ingeniero Electrónico Luis Fernando Fernández expresa que a nivel mundial, existen 300.000 especies de orquídeas en la fauna natural las cuales se exportan a países como Francia, Alemania, Estados Unidos y Japón y en donde su exportación e inversión aumenta es en los países de América del Sur gracias a la variedad de especies de orquídeas en especial países como Perú, Colombia y Ecuador. Debido a que su biodiversidad climática y suelo fértil le es favorable. Existen una variedad de sistemas de monitorización de invernaderos, algunos optan por comunicación 232, 485 y CAN, sin embargo, su transmisión de datos y comunicación en conjunto con otros dispositivos se realiza mediante una red cableada, lo que limita en ciertas áreas su cobertura. Una solución que utiliza tecnología zigbee para envíos de datos y tecnología LabVIEW para interfaz gráfica, estos sistemas tienen las ventajas de bajo costo de hardware, bajo consumo de energético, ancho de banda con los mejores protocolos de seguridad. Los módulos de transmisión, de recepción y de procesamiento de datos son diseñados con elementos o dispositivos de bajo costo o con el uso de softwares gratuitos.

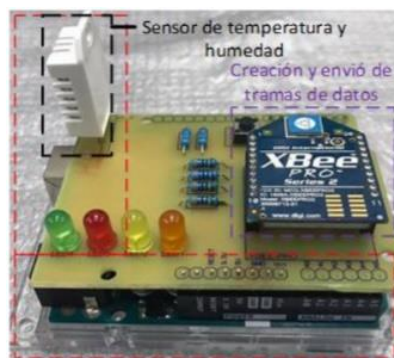


Fig. 1.- Creación y envío de trama de datos



Fig. 2.- Regulador de voltaje

(Esteban Santiago Reinoso Pérez, 2008) En el trabajo de titulación denominado **Diseño e implementación de un prototipo para una red de domótica y seguridad para un hogar utilizando el estándar IEEE 802.15.4 ZIGBEE** del Ingeniero Esteban Santiago detalla que en la actualidad, ha habido importantes avances en la tecnología domótica por cable, pero es difícil encontrar un trabajo que utilice el concepto Zigbee. En comparación con la tecnología cableada, esto ayuda a ensamblar los mismos productos y también ayuda a ahorrar tiempo y dinero, lo que es muy tedioso. Con estos detalles en mente, se determina una solución práctica y sencilla para diseñar y construir prototipos que permitan realizar pruebas de conexión y control de elementos simples y comunes en el hogar tales como bombillas incandescentes y enchufes, así como leer la temperatura ambiente de cualquier habitación en para manejar estas variables. ZigBee es un estándar viable para la automatización del hogar porque cumple con una buena conectividad, como el envío y recepción de datos dentro de un rango máximo de 30 metros en una casa.



Fig. 3.- Tarjeta de funcionamiento

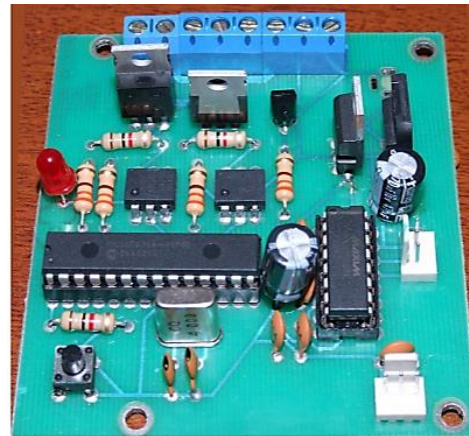


Fig. 4.- Tarjeta de Diseño con dispositivos

(Carlos Saavedra Arancibia, Dennis Ordoñez Riofrio, Ing. Boris Ramos, 2015 ) Este proyecto denominado **Diseño e Implementación de una Red de Sensores Inalámbricos para el Monitoreo de Temperatura Corporal** por los Ingenieros Carlos Saavedra, Dennis Ordoñez, Boris Ramos introduce en la toma de temperatura a pacientes hospitalizados. La principal solución fue crear una cuadrícula entre los nodos del sensor de temperatura y una interfaz gráfica de usuario en la cual se chequea y muestra la temperatura de las medidas corporales del paciente. Usando un sensor de temperatura LM35, Opams,

un módulo de transmisión inalámbrica XBee, así como un microcontrolador, un sensor de temperatura, un rectificador y un nodo del sensor, se puede monitorear la temperatura corporal y mostrar en una pantalla de computadora a través del software de desarrollo LabVIEW. Programa XCTU bajo "DIGI" Proporciona los materiales necesarios para divisar la red establecida y el nivel de potencia recibido en cada nodo sensor.



*Fig. 5.- Prueba de funcionamiento XBee*

## 2.2. Reguladores de tránsito

Es un dispositivo diseñado específicamente para controlar un conjunto de semáforos que se encuentran situados en una intersección o cruce de vehículos en vías públicas/privadas.

Existen varios tipos de reguladores de tránsito a nivel mundial, situación similar sucede en nuestra ciudad es por ese motivo que el presente proyectó está diseñado para poder trabajar con la mayoría de los sistemas semafóricos actuales.

El proyecto es implementado sobre los siguientes controladores que se detallan a continuación:

- **Controlador lógico programable LC2**

Este controlador está compuesto con los siguientes elementos:

- ✓ Microcontrolador de gama alta.

- ✓ Display de Cristal Líquido LCD-20x4.
- ✓ Teclado numérico 3 x 4.
- ✓ 1 Conector para entrada y salida de sincronismo.
- ✓ 1 Conector para señales de entrada (Pulsadores).
- ✓ Programación de hasta 2 planes de trabajo.
- ✓ Programación de flasheo.
- ✓ Reloj interno de precisión para control de tiempos.
- ✓ Posibilidad de programación inclusive de semáforos peatonales.
- ✓ Conectores desmontables para reemplazo de tarjeta electrónica.
- ✓ Todas las Salidas son de relé de estado sólido.
- ✓ Leds indicadores de estados de fases semafóricas.
- ✓ Corriente de salida para fase de fuerza: de hasta 1 Amp. por salida.



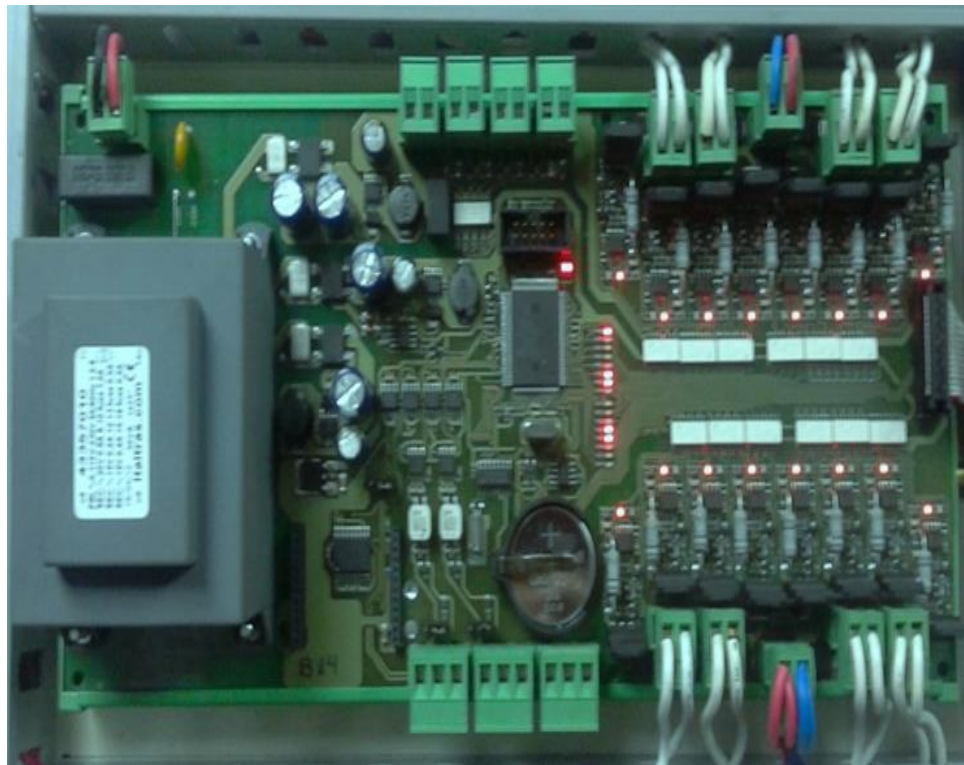
*Fig. 6.- Controlador LC2  
Fuente: Autor*

- **Controlador lógico programable LC3**

En esta sección se visualiza las características principales de dicho controlador LC3:

- El control CSP-LC3, integra la tecnología más avanzada y su funcionamiento está basado en la tecnología de microcontroladores de 16 bits, además de contar con un diseño de alta eficiencia de energía.
- Interconectividad entre controladores de similares características mediante los puertos de comunicación RS232, Ethernet, WI-FI y CAM.
- Con opción de visualización de eventos en tiempo real desde una central de gestión y monitoreo.
- Detecta hasta 4 entradas de demanda (Pulsadores Peatonales, Video Detección, Sensores Magnéticos, Sensores Ópticos).
- Controla hasta 5 diferentes fases sin módulo de expansión. (3 salidas por fase)
- Controla hasta 5 diferentes fases adicionales con cada módulo de expansión.
- Admite hasta 3 módulos de expansión.
- Cada salida esta electrónicamente protegida contra circuitos en su línea hacia la lámpara semafórica.
- Capacidad de hasta 9 diferentes planes, más un plan nocturno (parpadeo o flasheo nocturno).
- Hasta 28 intervalos de tiempos diferentes por ciclo.
- Planes programables de Lunes a Viernes, Sábados, Domingos y meses del año.
- Programación mediante un software gráfico en plataforma Windows, de fácil operación.
- Tarjetas montadas en un sistema práctico que facilita el mantenimiento.
- Recubrimiento anticorrosivo en las tarjetas.
- Conectores removibles para rápido cambio de tarjetas.
- Componentes de alto rango de temperatura; tecnología “Through Hole”.
- Circuitos integrados de tecnología de montaje superficial.

- Indicadores LED para monitoreo de funcionamiento de cada salida de lámpara semafórica.
- Fuente de poder regulada a 15 y 20 VCD con entrada de 110 - 230 VCA.
- Fusibles con entradas y salidas de corriente.
- Breaker de protección principal.
- Regulador UPS para energía de respaldo momentáneo en caso del corte del suministro eléctrico principal.
- Gabinete metálico de alta resistencia a la corrosión con pintura al horno y chapa de seguridad de 3 puntos.



*Fig. 7.- Controlador LC3  
Fuente: Autor*

La empresa CORMAR S.A. presenta las siguientes características para la comercialización del regulador de tránsito CSP-LC3

- ✓ Voltaje de alimentación 110/220 VAC
- ✓ Tarjeta electrónica con dispositivos microelectrónicos



- ✓ Control de 16 salidas programables de mínimo 1.5 A
- ✓ Posibilidad de expansión de hasta 64 salidas
- ✓ Programación de secuencias desde el sitio mediante puerto serie/USB
- ✓ Programación de secuencias remotamente vía Ethernet
- ✓ Dirección IP para cada equipo.
- ✓ BUS CAN para conectividad entre controladores
- ✓ Conector para comunicación RS232
- ✓ Chequeo remoto de fallas de cortocircuito y circuito abierto de cada una de las salidas.
- ✓ Protección electrónica automática de corto circuitos para todas las salidas.
- ✓ Posibilidad de conexión entre equipos, formando una red de equipos.
- ✓ Disponibilidad de conexión inalámbrica entre equipos mediante accesorio Wireless.
- ✓ Programación de hasta 10 planes de trabajo y 250 fases de trabajo.
- ✓ Programación de flasheo.
- ✓ Reloj interno de precisión para control de tiempos.
- ✓ Calendario semanal para control de diferentes ciclos.
- ✓ Batería de respaldo para reloj y calendario.
- ✓ Diferentes modos de funcionamiento: Maestro, Esclavo, Remoto, Solo.
- ✓ Posibilidad de programación inclusive de semáforos peatonales.
- ✓ Conectores desmontables para reemplazo de tarjeta electrónica.
- ✓ Indicadores LED para cada salida de luces.

## **2.2. Módulos de Semaforización leds**

Semáforo modular de LED con un diseño clásico y gran viabilidad. Producido en material de policarbonato, con un focal de 100, 200 y 300 mm.

- Función mediante luces leds
- Mayor ahorro energético de hasta 75 % (leds)
- Focal de diámetro 200mm, 300mm.

- Diseño estándar para entornos urbanos.
- Visera de material policarbonato.
- Bajo peso y muy resistente a medios externos.
- Fácil de instalación y mínimo mantenimiento.
- Alta luminosidad para una mejor visualización.
- Amigable con el medio ambiente.
- 5 años de Garantía



*Fig. 8.- Semáforos Leds  
Fuente: Autor*

El cuerpo del semáforo es fabricado en policarbonato moldeado por inyección, de color amarillo incorporado de duración permanente, resistencia estabilizada al calor y a rayos ultravioleta.

El cuerpo del semáforo vehicular está compuesto por 3 secciones modulares independientes desmontables. Cada sección modular tiene las siguientes medidas:

- Sección modular de 8" de diámetro:
  - Es de 10,0" de alto por 10,0" de ancho, por 5,0" de profundidad.
- Sección modular de 12" de diámetro:



- Es de 13,5" de alto por 13,5" de ancho, por 6,0" de profundidad



*Fig. 9.- Instalación de semáforos  
Fuente: Autor*

- La sección modular central cuenta con un terminal de conexión rápida de 5 puntos.
- Cada sección modular en la parte superior e inferior cuenta con un agujero de 2,0" de diámetro con superficie dentada compatible con el accesorio de sujeción.
- Cada sección modular cuenta con una puerta fabricada en policarbonato moldeado por inyección de color amarillo incorporado de duración permanente, resistencia estabilizada al calor y a rayos ultravioleta.

- Las puertas son de una sola pieza con un sello en la cara interna de neopreno para evitar el paso de polvo y humedad al interior según la norma IP65.

### **2.3. Módulos XBee PRO**

(MCI Electronics, 2019) Los módulos XBEE PRO es una solución integrada que nos permite la interconexión y comunicación entre dispositivos para manejar aplicaciones de alto tráfico de datos. Estos módulos para ser más seguros y que su funcionamiento sea de manera organizada se acogen al protocolo de red nombrado IEEE 802.15.4 para crear redes POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto), redes PEER-TO-PEER (punto a punto) y mesh (redes malladas).

Trabajan dentro de la frecuencia de 2.4 GHz, por lo general son soldados sobre una placa y existe pocas diferencias entre un modelo Pro y regular, la diferencia es en cuanto a hardware del Pro es un poco más largo y cuenta con un mayor alcance (1,6Km line de vista), por ende, a mayor distancia el equipo tendrá un mayor consumo de energía. Por lo que debemos tener en cuenta a la hora de tomar una decisión, cual equipo cubre nuestra distancia requerida, sin importar si se trabaja con diferentes modelos ya que todos los módulos XBee son compatibles y pueden mezclarse dentro de una misma red.

- **Características más resaltantes:**
  - Es compatible con otros ZigBee.
  - 15 pines I/O de propósito general.
  - Bajo consumo de corriente (1uA en modo sleep)
- **Especificaciones:**
  - Frecuencia de trabajo: 2.4 GHz
  - Velocidad de datos (máx.): 250.000b/s
  - Técnica de modulación: DSSS
  - Rango de alcance: Hasta 3200 metros
  - Sensibilidad de operación: -101 dBm

- Voltaje de la fuente de trabajo: 2.7 V ~ 3.6 V
- Intensidad de Corriente: 35 mA
- Intensidad Corriente Transmisión es aproximadamente de 120 mA
- Interfaz de comunicación es la SPI, UART
- Memoria flash de 32 kB y Memoria RAM de 2 kB
- El encapsulado es tipo Through Hole
- Rango de Temperatura varía entre los -40°C y los 85°C



*Fig. 10.- XBee Pro*

### **Tipos de antena**

- **Chip de antena:** Considerado un chip pequeño el cual actúa como antena y es rápido, sencillo y económico.
- **Cable de antena (antena de bandera):** este es un tipo de cable pequeño que sobresale.
- **Antena u.FL:** Este tiene un pequeño conector que sirve para enlazar la antena. Esto es ideal si tiene su dispositivo en el interior de la caja y desea una antena lista para usar.
- **Antena RPSMA:** un conector de dimensiones más grande para conectar la antena. Este accesorio es ideal si tiene su dispositivo dentro de la caja y desea sacar la antena al exterior, dando una mejor vista entre dispositivos.

- **Antena de rastreo:** Conocida como antena de PCB, está hecha de rastros en el PCB mismo. Su rendimiento es similar al de una antena de cable.

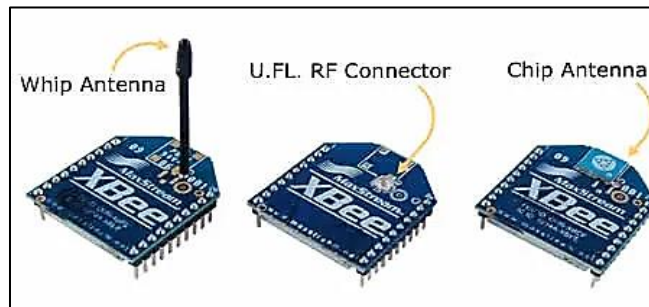


Fig. 11.- Tipos de Antenas

## 2.4. Paneles fotovoltaicos

Los paneles solares son dispositivos que se beneficia de la energía solar para generar calor o electricidad. Los paneles solares ópticos incluyen celdas interconectadas entre ellas, llamadas células ópticas, que convierte de radiación solar a la electricidad.

## 2.5. Regulador de carga de Voltaje

Un regulador de carga es un dispositivo electrónico que tiene como funcionalidad controlar el estado de carga de las baterías, es decir protegen las baterías para que estas trabajen de forma óptima y así poder prolongar su vida útil. El regulador de carga solar siempre se instala entre un sistema fotovoltaico y la batería de almacenamiento, y se encarga de distribuir el flujo de energía entre ambos elementos. Este control de la transición energética se hace posible controlando los parámetros de magnitud (I) y tensión (v) durante el tiempo que dura cada carga.

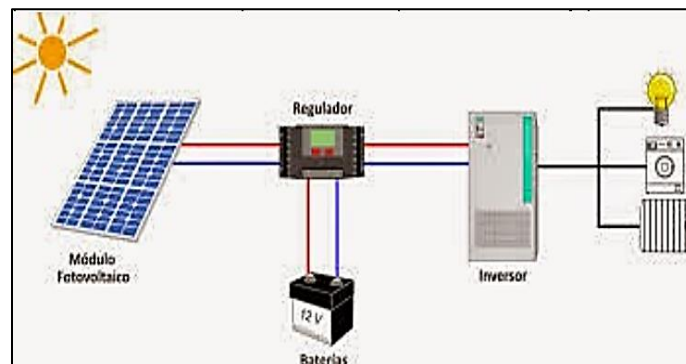
### Característica del controlador de carga

El controlador está configurado para la batería conectada y aplicará el algoritmo apropiado para maximizar la vida útil de la batería. El también protege la batería de posibles sobrecargas y sobretensiones, compensando la mayor tensión del campo fotoeléctrico para

que la batería no se malogre con respecto a su función en un momento dado. Según el fabricante, el regulador puede complementarse con una pantalla externa.

## **Tipos de reguladores de carga**

El regulador de carga distribuye y controla la cantidad de energía que fluye, y que se necesitan entre la batería y los paneles solares. Existen dos tipos: controladores de carga PWM y MPPT, esto se visualiza en la figura 12.



*Fig. 12.- Funcionamiento de un regulador de carga*

## **2.6. Inversor de Carga**

El inversor fotovoltaico es un dispositivo que convierte la energía en corriente continua generada de un sistema fotovoltaico en corriente alterna, de la forma que electrodomésticos y otros productos eléctricos puedan ser utilizados de normal, como se visualiza en la figura 13.

Existen varios inversores:

- Inversores senoidales: Para realizar el correcto funcionamiento de una instalación eléctrica en el hogar, es recomendable siempre elegir un inversor senoidal de onda pura, ya que se adapta mejor a los dispositivos electrónicos domésticos. utilizar corriente alterna.

- Inversor Sinusoidal modificada: Los inversores de onda senoidal modificada es un equipo intermedio entre el inversor de onda sinusoidal y el inversor de onda cuadrada, siendo más sofisticado que un inversor de onda cuadrada, pero inferior a un inversor de onda sinusoidal ya que su onda es parecida pero no llega a serlo, por lo que la corriente no tendrá las mismas propiedades ni se podrán usar en las mismas aplicaciones que uno de onda sinusoidal pura.
- Inversor de Onda cuadrada: Estos inversores sirven para alimentación de cargas de tipo resistivas y capacitivas, pero al ser usado en cargas inductivas existen la posibilidad de la generación de ruido. Por último, los inversores de onda cuadrada son aptos para todo tipo de cargas porque reproducen fielmente la onda sinusoidal equivalente a la onda eléctrica de nuestros hogares.



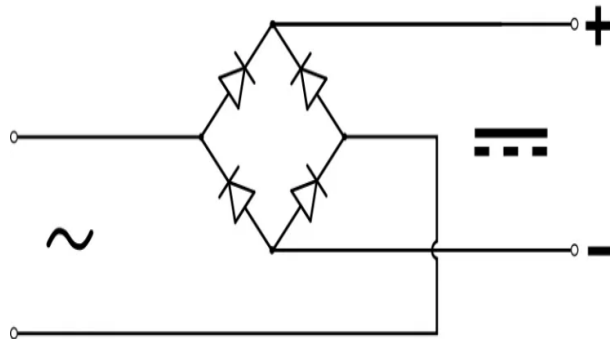
Fig. 13.- Inversor de Carga

## 2.7. Puente Rectificador

(Curiosoando, 2019) Un puente de Graetz o también conocido como Puente Rectificador de Diodos, es un elemento o dispositivo electrónico que tiene en su interior cuatro diodos rectificadores ubicados de tal forma que permite el paso de la corriente en un solo sentido con lo cual, se procede a la rectificación de la señal alterna a una señal continua es decir con una polaridad fija positiva y negativa tal como se visualiza en la figura 14.

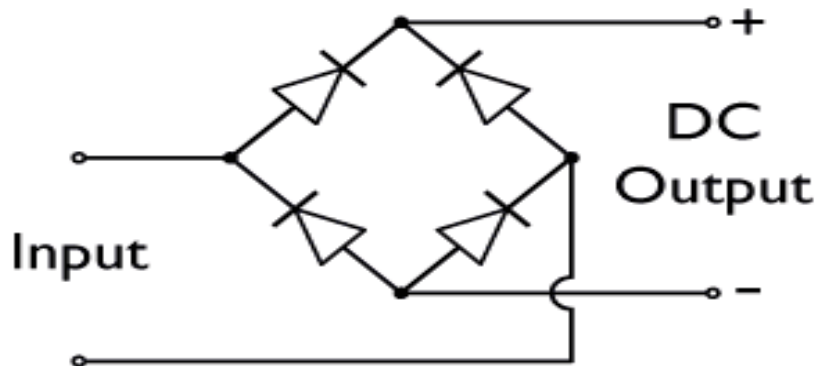
Existen varios tipos de encapsulado para los puentes rectificadores ya sean estos de montaje superficial o de tipo tradicional Through Hole, los cuales son elegidos por el diseñador

dependiendo de las características de la onda a rectificar, tales como: corriente, voltaje de conducción y voltaje de no conducción.



*Fig. 14.- Puente rectificador de diodos*

En esta configuración, la polaridad positiva y la negativa siempre son desviadas a los mismos diodos de salida. En la siguiente imagen se aprecia el efecto. La corriente de entrada alterna de polaridad positiva y negativa, pero la polaridad de salida es continua (véase en figura 15):

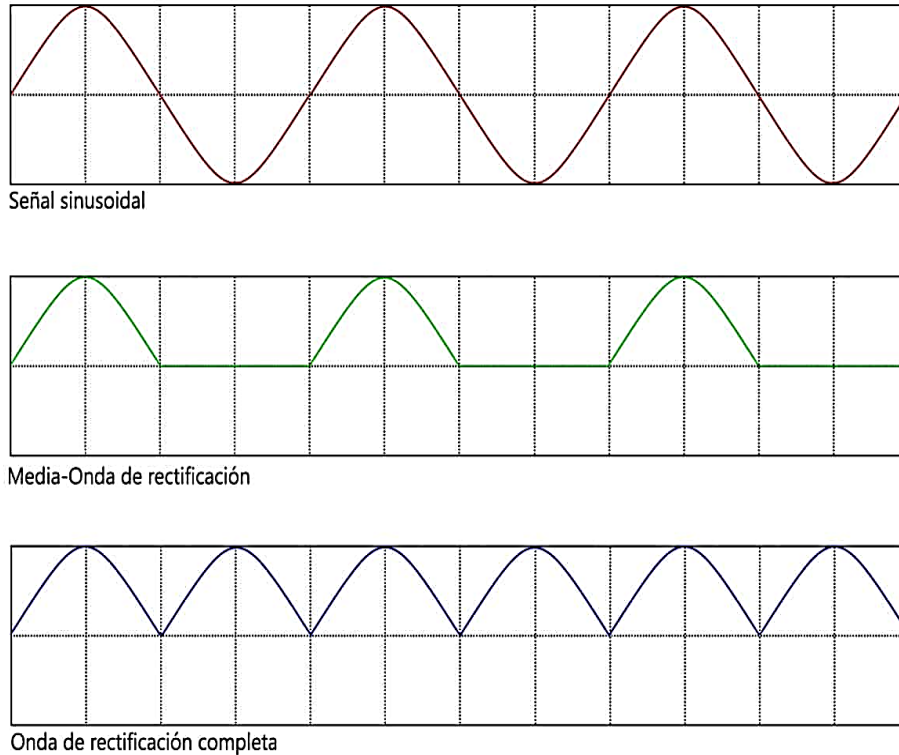


*Fig. 15.- Funcionamiento de un puente rectificador de Diodos*

La señal eléctrica de la salida es generada en forma de pulsos que forman la llamada media onda de rectificación.

Antes de utilizar la corriente que ha pasado por el proceso de rectificación es necesario estabilizarla en un valor pico para que así su señal en DC sea completa, mediante el uso

capacitores. En conclusión, la señal es introducida en un amplificador antes de dejar el puente rectificador de diodos, sus gráficas se visualizan en la figura 16.



*Fig. 16.- Gráficas de Ondas de Puente Rectificador de Diodos*

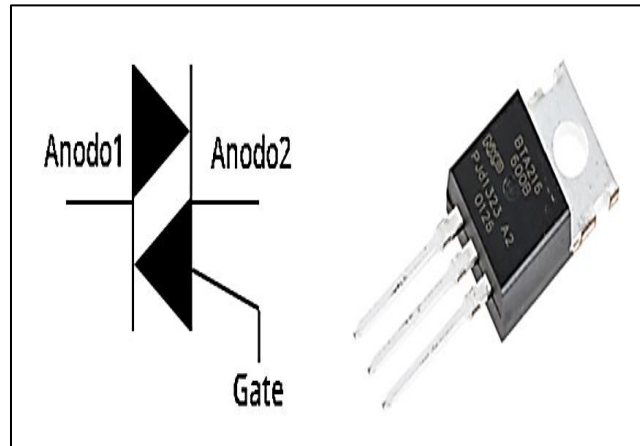
## 2.8. Triac

(Ingeniería Mecafenix, s.f.) El Triac (Triodo Para Corriente Alterna) es un componente o dispositivo electrónico que se controla por medio de la corriente y el cual realiza la función de un interruptor, similar a un transistor, pero con la diferencia de que lo hace con corriente alterna.

Al referirnos del funcionamiento de este componente no es complejo en la comprensión ni en su uso, ya que cuenta con tres pines de los cuales dos son ánodos y una es la puerta o mejor conocida en inglés como gate. En los extremos de los ánodos se coloca la corriente alterna junto con la carga que se desea controlar, ya sea un motor, una lampara, un módulo led, un contacto, etc. Puede usarse en cualquier carga que funcione con corriente alterna, por



consiguiente, al colocar una corriente dentro en la terminal gate este se activa para actuar como un interruptor cerrado el circuito, en cambio para desactivarlo solo se deberá quitar la corriente del terminal gate.



*Fig. 17.- Simbología y encapsulado de Triac*

## 2.9. Optoacoplador 4N25

Este es uno de los tipos de optoacoplador más pequeños de propósito general, ideal para aislar ruidos provenientes de dos fases de un mismo circuito. El principal uso es como un interruptor. El 4N25 integra un LED IR y una fotorresistencia NPN (es impulsado por corriente positiva polarizada en la base), también tiene un solo canal de salida como se visualiza en la figura 18.

Entre las especificaciones de un Optoacoplador de serie 4N2 se tiene:

- Numero de modelo: 4N25
- Encapsulamiento: DIP-6
- Numero de terminales: 6
- Canales: 1
- Entrada: Tipo DC
- Salida: Tipo Transistor
- Tipo de montaje: Through Hole
- Voltajes permitidos:

- VR: 6V
- VCEO: 30V
- VCBO: 70V
- VECO: 7V
- Corriente IF permitida: 60mA
- Potencia en la que trabaja PD: 150mV
- Nombre de cada uno de los Pines:
  - Ánodo
  - Cátodo
  - NC
  - Emisor
  - Colector
  - Base

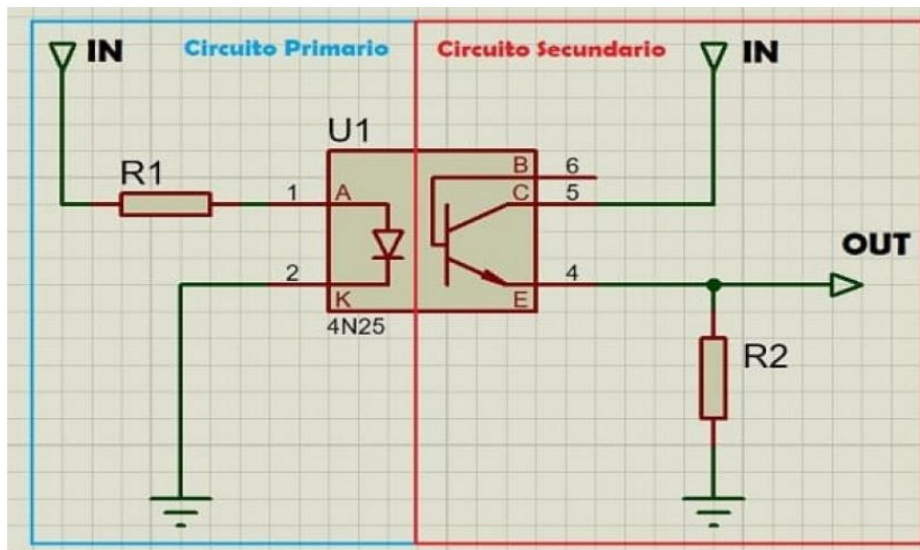
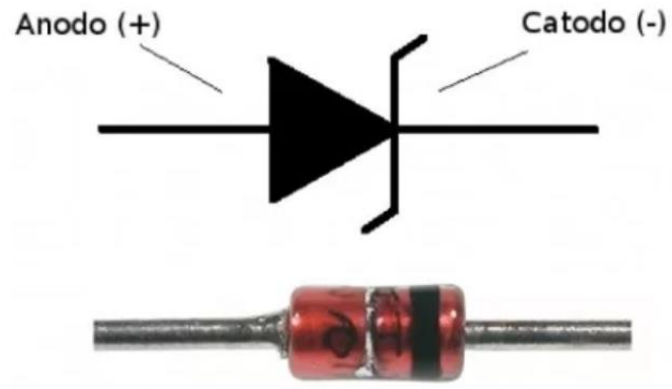


Fig. 18.- Estructura esquemática de Optoacoplador 4N25

## 2.10. Diodo Zener

El diodo Zener es un componente que permite la conducción inversa, cuando este es polarizado inversamente y luego alcanzado un determinado voltaje, llamado voltaje de tensión Zener. La

tensión en los terminales del diodo Zener no cambiara y permanecerá constante, aunque aumente o varíe el voltaje de suministro. Se representa en la figura 19.



*Fig. 19.- Simbología y Encapsulado Diodo Zener*

## **Capítulo 3: Diseño y Construcción de Módulos**

En este capítulo se procederá a realizar la creación de los módulos de transmisión y recepción, desde el diseño, modelación, implementación y las pruebas correspondientes para la homologación de dichos objetivos específicos.

### **3. Construcción**

#### **3.1.Descripción al equipo**

En el presente proyecto se diseñará una tarjeta MAESTRA y una tarjeta ESCLAVA las cuales se definen en el transcurso del proyecto como receptor y transmisor. La tarjeta Máster es la cual recibe el estatus de un controlador de tránsito de cualquier marca, esto es realizado con las debidas protecciones de acoplamiento para no causar daños al equipo controlador, esta información es recibida y direccionada a cada uno de los dispositivos Esclavos que están conectados a los semáforos que se encuentren involucrados en esa intersección a través de una red inalámbrica realizada por los módulos XBee.

Existe una tarjeta Esclavo por cada semáforo que esté en la intersección. Cada Esclavo recibe del Master la información pertinente de cómo debe de encenderse dicho semáforo, si esta información no es recibida por el Esclavo por múltiples razones como por falta de cobertura, mal tiempo, averías en general, etc., el Esclavo no devuelve una confirmación de dato recibido, por lo que el Master volverá a intentar la comunicación nuevamente por un determinado número de veces, si ya no hay respuesta de confirmación, el Master envía a los demás Esclavos la orden de ponerse en flasheo, y el equipo que no recibió la información calcula que el tiempo de refresco ha excedido y entra por su propia cuenta también en modo flasheo, garantizando de esta manera que no se produzcan accidentes por alguna situación anómala.

Cabe resaltar que todo el proyecto será energizado con un sistema fotovoltaico diseñado para su continuo funcionamiento durante todo el día. Para realizar las pruebas de correcto

funcionamiento, se utilizarán controladores de tránsito de varias marcas y modelos, así como semáforos LED de 8" vehiculares, prestados por la empresa CORMAR ELECTRONICS.

### **3.2.Diseño del circuito esquemático**

#### **3.2.1. Circuito esquemático del módulo Transmisor**

Los circuitos esquemáticos de las tarjetas Maestra (conocido como módulo transmisor) y Esclavo (conocido como módulo receptor) están elaborados con la herramienta Proteus, la cual permite simular de una manera muy confiable, el correcto funcionamiento de cada una de ellas.

El circuito Maestro tiene varias etapas en su diseño, la primera corresponde al ingreso de 120 en voltaje alterno provenientes del Regulador de tránsito el cual sirve para alimentar a cada una de sus salidas(Rojo, Amarillo y Verde), este voltaje es rectificado a través de un puente de diodos, luego de esto el valor de voltaje es reducido y filtrado mediante un divisor de voltaje con dos resistencias de medio valor y un condensador polarizado, en donde el nivel de rizado en la señal que entra a la base de un transistor NPN , y trabaja en zona de corte o saturación dependiendo del encendido o apagado de la luminaria.

La salida de este transistor (colector), es el ingreso del circuito optoacoplador que tiene como función principal el aislamiento de las señales de entrada de 120VAC, entregando al Microcontrolador voltajes permitidos que varían entre 0v a 5v según sea el caso. A continuación, en la figura 20 se muestra el circuito descrito y que es duplicado 12 veces para detectar cada uno de los tres estados de los cuatro semáforos que controla el Regulador de tránsito.

La siguiente etapa del módulo Maestro es la que corresponde al microcontrolador con sus respectivos LED indicadores de status (4 en total), el cristal de cuarzo de 4MHz para proporcionar las señales de reloj para el microcontrolador, un banco de switch de 4 entradas para configurar la cantidad de esclavos que estarán presentes en el sistema, y por último un socket para conectar el módulo inalámbrico que transmitirá la información correspondiente a cada uno de los esclavos.

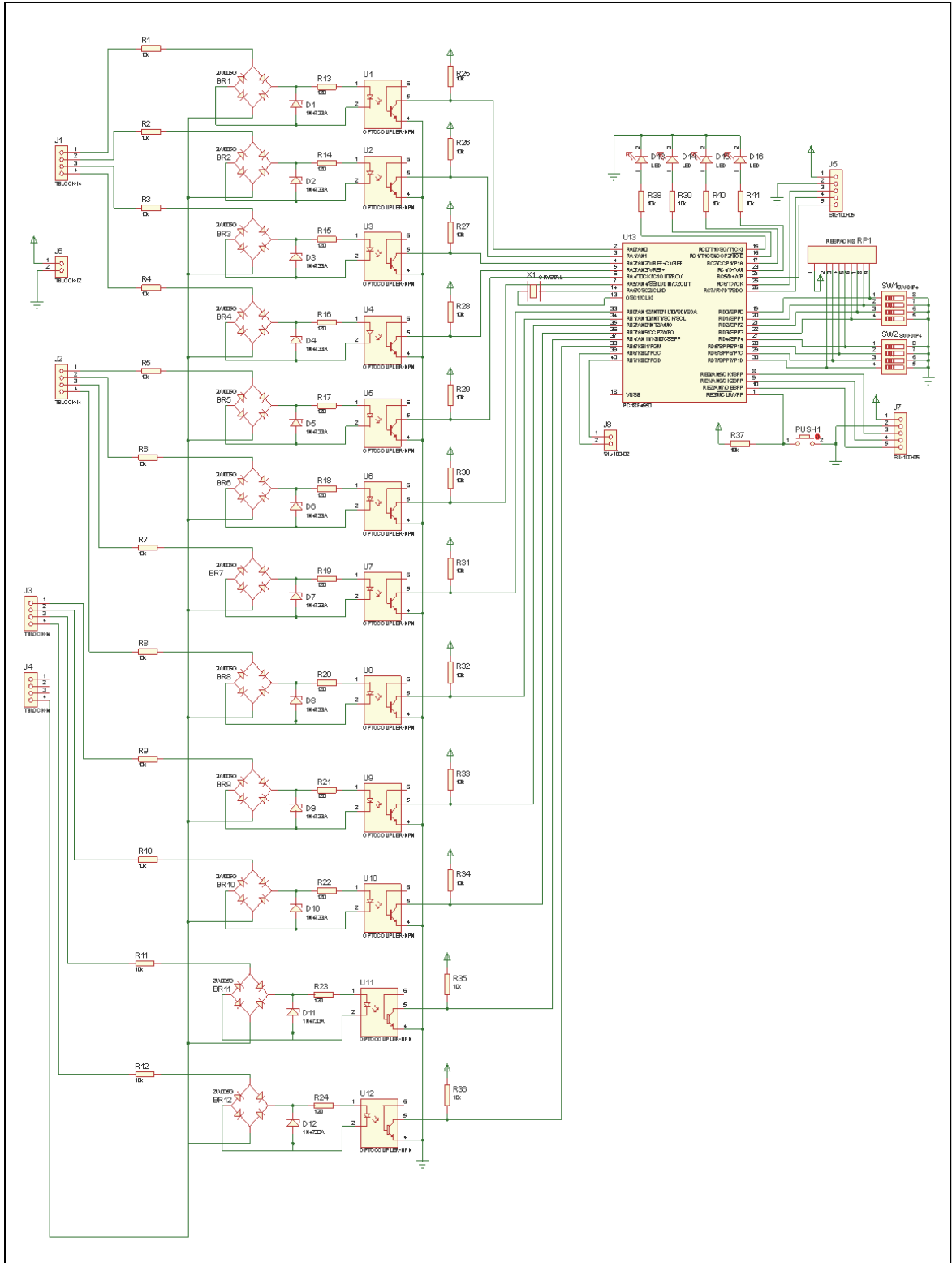


Fig. 20.- Circuito Esquemático de Tarjeta Transmisora  
Fuente: Autor

### 3.2.2. Circuito esquemático del módulo Receptor

En la figura 21, se puede apreciar el circuito esquemático de la tarjeta receptora, la cual consta de un módulo XBee que recibe los datos inalámbricos de la transmisora y los envía al microcontrolador el cual procesa y valida, en donde se observa módulos de interfase de salida que reciben señales de 5v provenientes del micro para activar a los módulos led de los semáforos de la intersección. Existe un switch para asignar una identificación a la tarjeta en el caso de que se utilicen más de receptora a la vez.

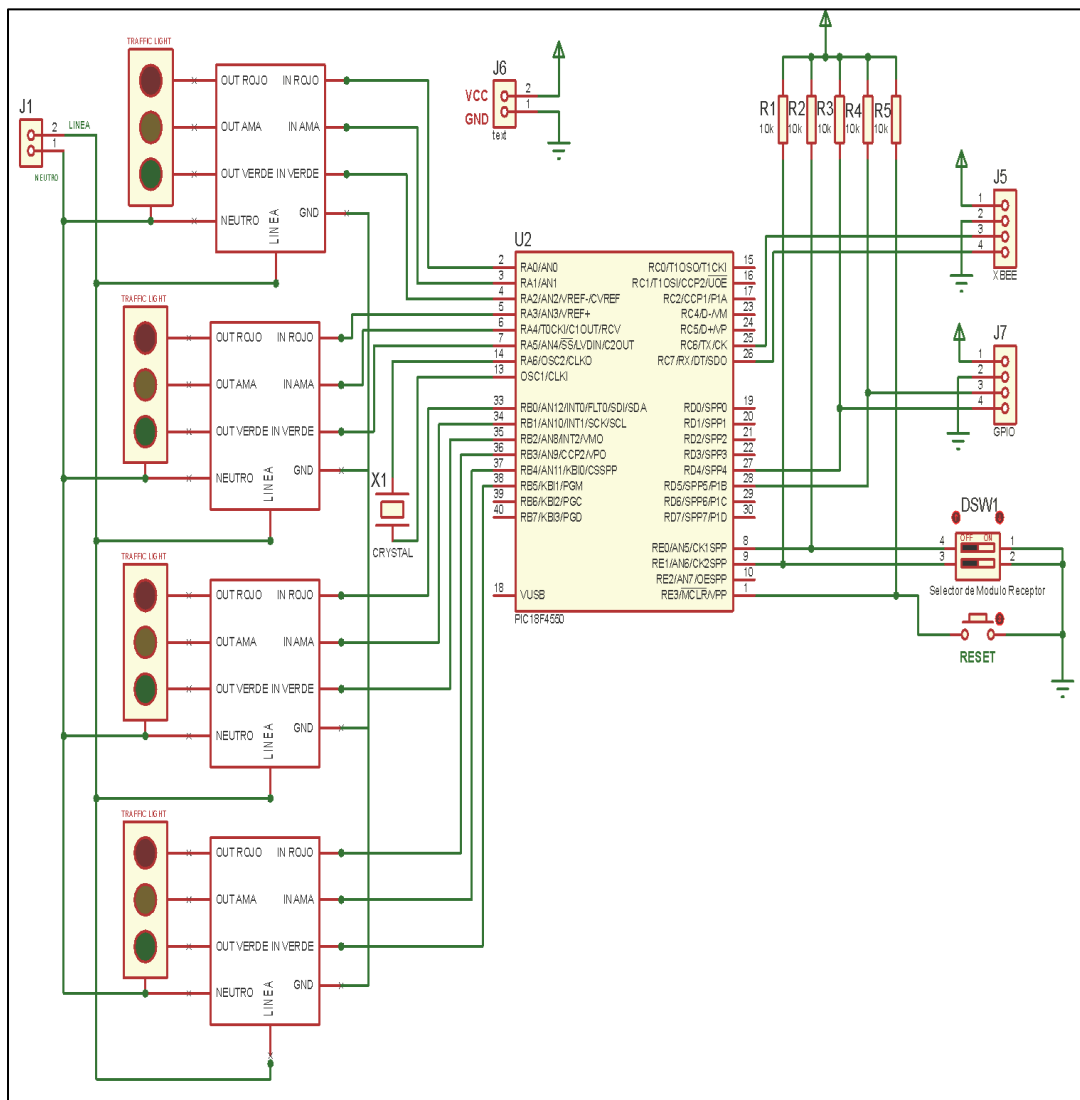


Fig. 21.- Circuito Esquemático de Tarjeta Receptora  
Fuente: Autor

### 3.3. Diseño de las tarjetas PCB

El diseño de todas las tarjetas PCB utilizadas en el presente proyecto fue creado en el software ares del programa Proteus, debido a que los circuitos esquemáticos fueron realizados y previamente simulados en el Isis de Proteus, siendo de esta manera lo más lógico y conveniente tener todo el proyecto en un solo programa en el cual se aplicando los conocimientos de asignaturas como Sistemas Microprocesados y Teoría del Diseño.

#### 3.3.1. Diseño del layout del circuito Transmisor

En la figura 22 se puede apreciar el diseño de la tarjeta módulo transmisora, la cual fue elaborada mediante el software Proteus, el cual brinda todas las herramientas y las librerías de elementos para la elaboración de nuestra tarjeta transmisora. Cabe mencionar que este software permite realizar dibujos de pistas con varias capas o niveles, lo que permitió un ahorro de tiempo y espacios de pistas en la elaboración de nuestra tarjeta transmisora.

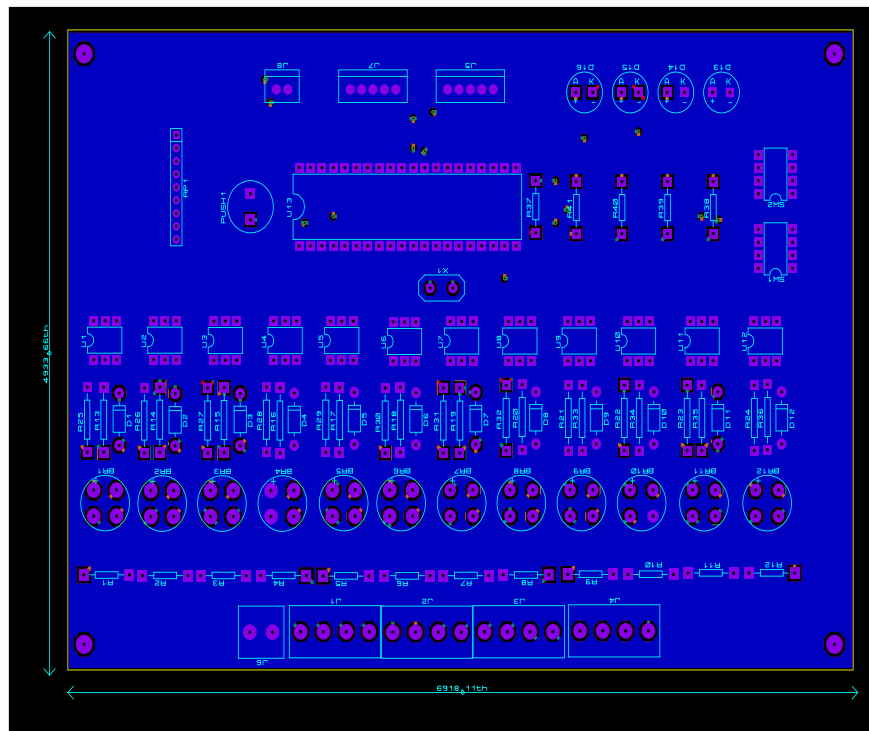


Fig. 22.- PCB transmisor  
Fuente: Autor



### 3.3.2. Diseño del layout del circuito Receptor

En la figura 23, se puede apreciar el diseño de la tarjeta del módulo transmisor, la cual fue elaborada en el software de Proteus. Esta tarjeta fue creada doble capa, cobertura antisolder, huecos metalizados para una mejor soldadura y también con packs y las líneas conductoras reforzadas debido a que a través de estos pasaran altas corrientes.

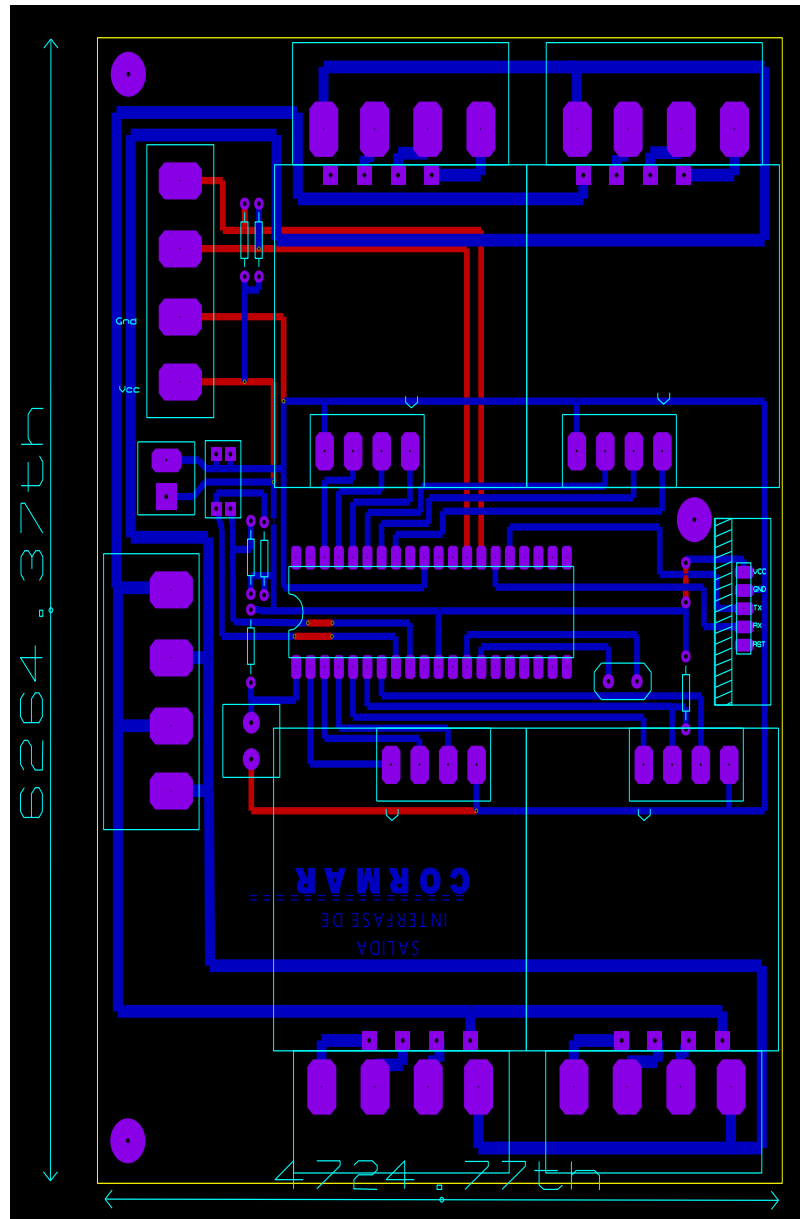


Fig. 23.- PCB Receptor  
Fuente: Autor

### **3.4.Algoritmo de control**

#### **3.4.1. Algoritmo del circuito Transmisor**

Como podemos ver en la figura 24, en el primer estado TB1 se declara variables, funciones y puertos, en el siguiente estado TB2 se arranca el sistema y se activa un indicador led intermitente de color azul indicando en qué etapa del proceso está, luego en el estado llamadoTB3 se obtiene el valor del dipswitch de 4 servicios para el flasheo preventivo. En el estado TB4 envía al receptor datos de flasheo preventivo y se activan dos indicadores led intermitente, azul y amarillo.

En el estado TB5 se obtiene el valor del dipswitch de 4 bit que es el encargado de indicar cuál es la secuencia de inicio (SI), luego en S1 pregunta si es igual la secuencia de inicio con los PTOA y PTOB (el verde o los verdes de entrada). De ser falso regreso al estado TB4 y de ser verdadero avanza al estado TB6 el cual establece las luces de los semáforos todo rojo por 3 segundos y se visualiza por medio de la activación de indicadores leds intermitentes, azul y rojo.

El estado TB7 obtiene todos los datos completos de los puertos PTOA y PTOB. En S2 se validan los datos de los puertos PTOA y PTOB, los cuales deben estar completos y activado una sola salida del controlador por fase. De ser falso regresa al estado TB7 y de ser verdadero sigue al estado TB8 el cual envía los datos de fases al módulo transmisor y activa el indicador intermitente color amarillo.

En el estado TB9 el receptor devuelve los datos de fases y activa el led indicador intermitente color verde. En S3 se pregunta si los datos de fases devueltos por el receptor son válidos, si son verdaderos se encera un contador de error y se vuelve al estado TB7, de ser falso en S4 se realiza otra pregunta ( $CE \geq 10$ ) si es falso se regresa al estado TB7 y si es verdadero continua al estado TB12 donde envía datos inalámbricos de flasheo por error y se activa los indicadores led intermitente amarillo y rojo. Luego en el estado TB13 se obtiene datos inalámbricos del receptor.

En el bloque de decisión S5 se pregunta si Datos es diferente de 0, si es verdadero se encera el contador de error y va al estado TB7. De ser falso se dirige al estado TB12 y se mantiene en un bucle de no darse verdadero a la pregunta S5.

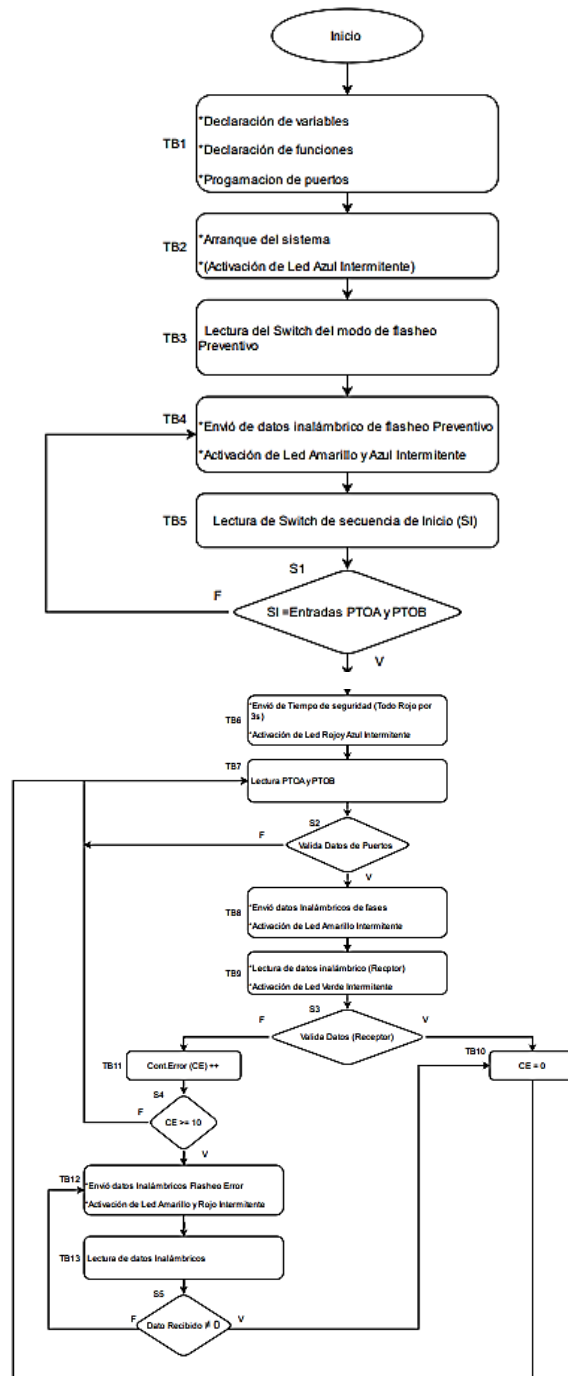


Fig. 24.- Flujograma de circuito transmisor  
Fuente: Autor

### 3.4.2. Algoritmo del circuito Receptor

Como se visualiza en la figura 25, el primer estado TB1 declara variables, funciones y puertos. Siguiendo estado TB2 arranca el sistema y activa salidas de todas las fases del receptor en color rojo preventivo. En el estado TB3 encera el contador de error, luego sigue al estado TB4 y obtiene datos inalámbricos del transmisor. En S1 valida datos obtenidos del transmisor, si es verdadero envía datos a las respectivas fases y encera el contador de error. Si en cambio es falso incrementa un contador, luego pregunta al estado S2 ( $CE > 10$ ), de ser falso regreso al estado TB4 y si es verdadero avanza al estado TB6 donde se activa el Led rojo Intermitente.

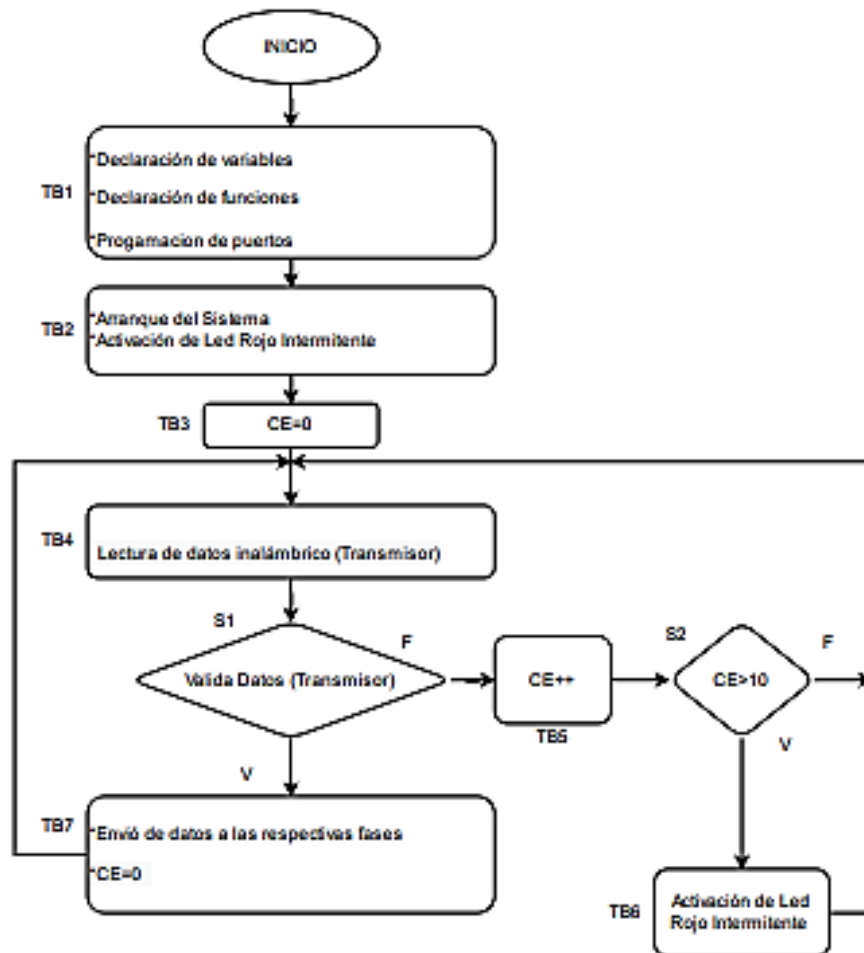


Fig. 25.- Flujograma de circuito receptor  
Fuente: Autor

### 3.5. Diseño de la estructura plástica

Para la visualización estética del proyecto, se ha decidido utilizar dos tipos de cajas:

- Un gabinete metálico: Para proteger al circuito receptor de la lluvia, el polvo y la humedad, se optó por adquirir un gabinete metálico de 60x40x20cm con protección ip65 y seguridad antihurto, ya que este circuito será ubicado en un poste lejano al controlador.
- Una caja plástica: Como esta tarjeta va dentro del controlador que ya tiene un gabinete metálico se optó por diseñar una estructura plástica de 20x17cm en el software TinkerCad para su posterior impresión en una impresora 3d con cama para diseños de tamaño máximo A4, utilizando un material PBC color gris.

### 3.6. Dimensionamiento del sistema eléctrico

El dimensionamiento del sistema eléctrico se ha dividido en tres opciones de acuerdo con las intersecciones que se presentan y en donde se visualiza la carga de cada uno de los módulos más el del panel solar:

#### Opción 1

Cálculos de carga

Sección Principal

Tabla 1.- Tabla de Cargas Opción 1

Componentes	Cantidad	Carga
Controlador	1	100 mA
Modulo Inalámbrico	1	60 mA
Semáforo Principal (3/300 mm)	2	84 mA
Semáforo Secundario (3/200 mm)	1	28 mA
Semáforo Peatonal	1	70 mA
Total, de Carga		342 mA

Consumo  $\rightarrow$  342 mA

Factor de respaldo  $\rightarrow$  40% de su consumo real

Consumo total  $\rightarrow$   $342 + (40\%) = 485 \text{ mA} \approx 500 \text{ mA}$

Utilizando una batería de 17Ah/h tendríamos una autonomía de:

500 mA  $\rightarrow$  1h

17 Ah  $\rightarrow$  X

$$X = 17\text{Ah} / 0,5\text{A} = 34 \text{ h}$$

Es decir que un día y 10h, lo cual es muy recomendable para alimentar a nuestros equipos en días nublados en los cuales los paneles solares no puedan transformar la energía fotovoltaica en energía eléctrica.

### Sección extendida 1

Tabla 2.- Tabla de Cargas de Sección Extendida Opción 1

Componentes	Cantidad	Carga
Modulo Inalámbrico	1	25 mA
Semáforo Principal (3/300 mm)	2	84 mA
Semáforo Secundario (3/200 mm)	1	28 mA
Semáforo Peatonal	3	210 mA
Total, de Carga		347 mA

Consumo  $\rightarrow$  347 mA

Factor de respaldo  $\rightarrow$  40% de su consumo real

Consumo total  $\rightarrow$   $347 + (40\%) = 486 \text{ mA} \approx 500 \text{ mA}$

Utilizando una batería de 17Ah/h tendríamos una autonomía de:

500 mA  $\rightarrow$  1h

17 Ah  $\rightarrow$  X

$$X = 17\text{Ah} / 0,5\text{A} = 34 \text{ h}$$

Es decir que un día y 10h, lo cual es muy recomendable para alimentar a nuestros equipos en días nublados en los cuales los paneles solares no puedan transformar la energía fotovoltaica en energía eléctrica.

### Cálculo del Panel Sección Principal

$$V= 12v; I= 17,2A$$

$$Pot= V*I$$

$$Pot= 12V*17,2A =206W$$

Se recomienda usar un panel de 200W

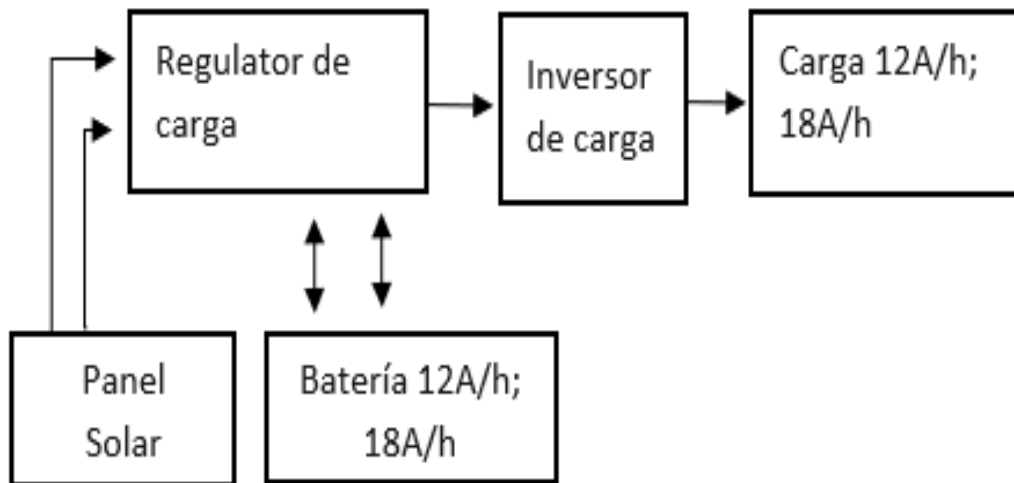


Fig. 26.- Sistema Fotovoltaico Opción 1  
Fuente: Autor

### Cálculo del Panel Sección extendida 1

$$V= 12v; I= 17,2A$$

$$Pot= V*I$$

$$Pot= 12V*17,2A =206 W$$

Se recomienda usar un panel de 250W

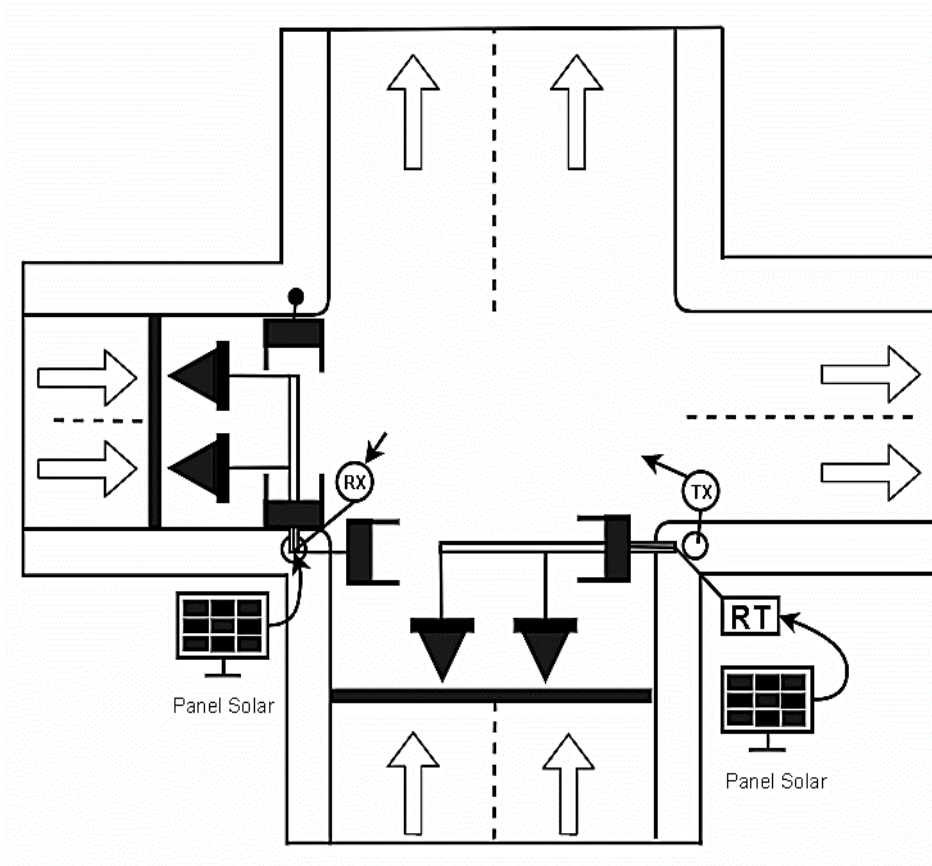


Fig. 27.- Diagrama de intersección de semaforización Opción 1  
Fuente: Autor

## Opción 2

Cálculos de carga

Sección Principal

Tabla 3.- Tabla de Cargas Opción 2

Componentes	Cantidad	Carga
Controlador	1	100 mA
Modulo Inalámbrico	1	60 mA
Semáforo Principal (3/300 mm)	2	84 mA
Semáforo Secundario (3/200 mm)	1	28 mA
Semáforo Peatonal	2	140mA
Total, de Carga		412 mA



Consumo → 412 mA  
 Factor de respaldo → 40% de su consumo real  
 Consumo total →  $412 + (40\%) = 577 \text{ mA} \approx 600 \text{ mA}$

Utilizando una batería de 17Ah tendríamos una autonomía de:

$$600 \text{ mA} \rightarrow 1 \text{ h}$$

$$17 \text{ Ah} \rightarrow X$$

$$X = 17 \text{ Ah} / 0,6 \text{ A} = 28 \text{ h}$$

Es decir, un día y 4 horas, lo cual es recomendable para alimentar a nuestros equipos en días nublados en los cuales los paneles solares no puedan transformar la energía fotovoltaica en energía eléctrica.

### Sección extendida 1 y 2

Tabla 4.- Tabla de Cargas de Sección Extendida Opción 1 y 2

Componentes	Cantidad	Carga
Modulo Inalámbrico	1	25 mA
Semáforo Principal (3/300 mm)	1	42 mA
Semáforo Secundario (3/200 mm)	1	28 mA
Semáforo Peatonal	1	70 mA
Total, de Carga		165mA

Consumo → 165 mA  
 Factor de respaldo → 40% de su consumo real  
 Consumo total →  $165 + (40\%) = 231 \text{ mA} \approx 250 \text{ mA}$

Utilizando una batería de 12Ah tendríamos una autonomía de:

$$250 \text{ mA} \rightarrow 1 \text{ h}$$

$$12 \text{ Ah} \rightarrow X$$

$$X = 12 \text{ Ah} / 0,25 \text{ A} = 48 \text{ h}$$

Es decir, dos días lo cual es recomendable para alimentar a nuestros equipos en días nublados en los cuales los paneles solares no puedan transformar la energía fotovoltaica en energía eléctrica.

### Cálculo del Panel Sección Principal

$$V= 12v; I= 17,2A$$

$$Pot= V*I$$

$$Pot= 12V*17,2A =206 W$$

Se recomienda usar un panel de 250W

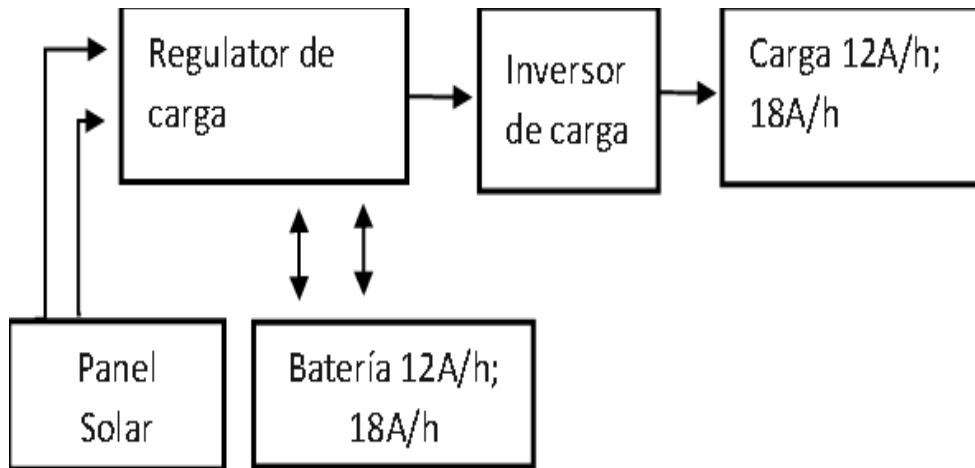


Fig. 28.- Sistema Fotovoltaico Opción 2  
Fuente: Autor

### Cálculo del Panel Sección extendida 1 y 2

$$V= 12v; I= 12A$$

$$Pot= V*I$$

$$Pot= 12V*12A =144W$$

Se recomienda usar un panel de 150W

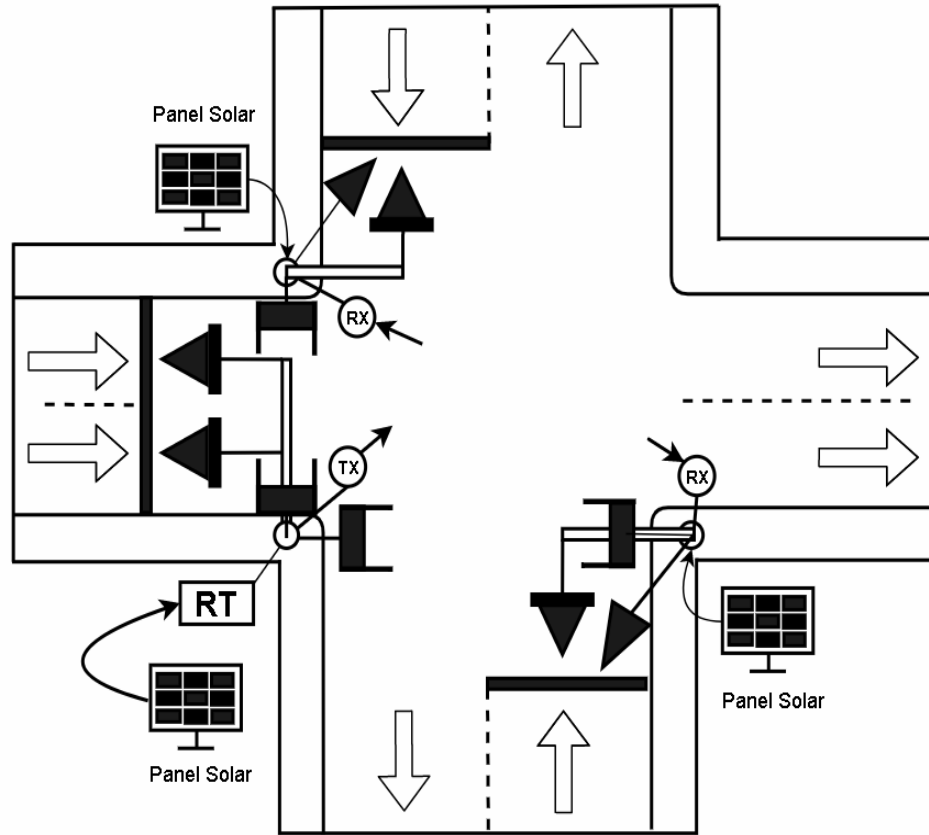


Fig. 29.- Diagrama de Intersección de semaforización Opción 2  
Fuente: Autor

### Opción 3

Cálculos de carga

Sección Principal

Tabla 5.- Tabla de Cargas Opción 3

Componentes	Cantidad	Carga
Controlador	1	100 mA
Modulo Inalámbrico	1	60 mA
Semáforo Principal (3/300 mm)	1	42 mA
Semáforo Secundario (3/200 mm)	1	28 mA
Semáforo Peatonal	2	140 mA
<b>Total, de Carga</b>		<b>370 mA</b>

Consumo → 370 mA

Factor de respaldo → 40% de su consumo real

Consumo total →  $370 + (40\%) = 518 \text{ mA} \approx 550 \text{ mA}$

Utilizando una batería de 12Ah/h tendríamos una autonomía de:

550 mA → 1h

17 Ah → X

$X = 17 \text{ Ah} / 0,55 \text{ A} = 30 \text{ h}$

Es decir, 1 día 6 horas, lo cual es recomendable para alimentar a nuestros equipos en días nublados en los cuales los paneles solares no puedan transformar la energía fotovoltaica en energía eléctrica.

### Sección extendida 1 y 2

Tabla 6.- Tabla de Cargas de Sección Extendida Opción 1 y 2

Componentes	Cantidad	Carga
Módulo Inalámbrico	1	25mA
Semáforo Principal (3/300 mm)	1	42mA
Semáforo Secundario (3/200 mm)	1	28mA
Semáforo Peatonal	1	70 mA
<b>Total, de Carga</b>		<b>165 mA</b>

Consumo → 165 mA

Factor de respaldo → 40% de su consumo real

Consumo total →  $165 + (40\%) = 231 \text{ mA} \approx 250 \text{ mA}$

Utilizando una batería de 12Ah/h tendríamos una autonomía de:

250 mA → 1h

12 Ah → X

$X = 12 \text{ Ah} / 0,25 \text{ A} = 48 \text{ h}$

Es decir, dos días, lo cual es recomendable para alimentar a nuestros equipos en días nublados en los cuales los paneles solares no puedan transformar la energía fotovoltaica en energía eléctrica.

### Cálculo del Panel Sección Principal

$$V= 12v; I= 17,2A$$

$$Pot= V*I$$

$$Pot= 12V*17,2A =206 W$$

Se recomienda usar un panel de 250W

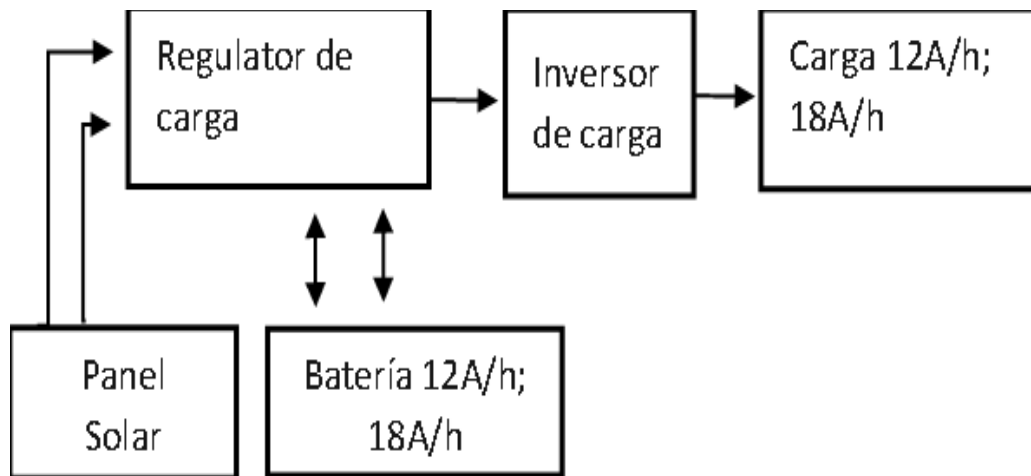


Fig. 30.- Sistema Fotovoltaico Opción 3  
Fuente: Autor

### Cálculo del Panel Sección extendida 1 y 2

$$V= 12v; I= 12A$$

$$Pot= V*I$$

$$Pot= 12V*12A =144W$$

Se recomienda usar un panel de 150W

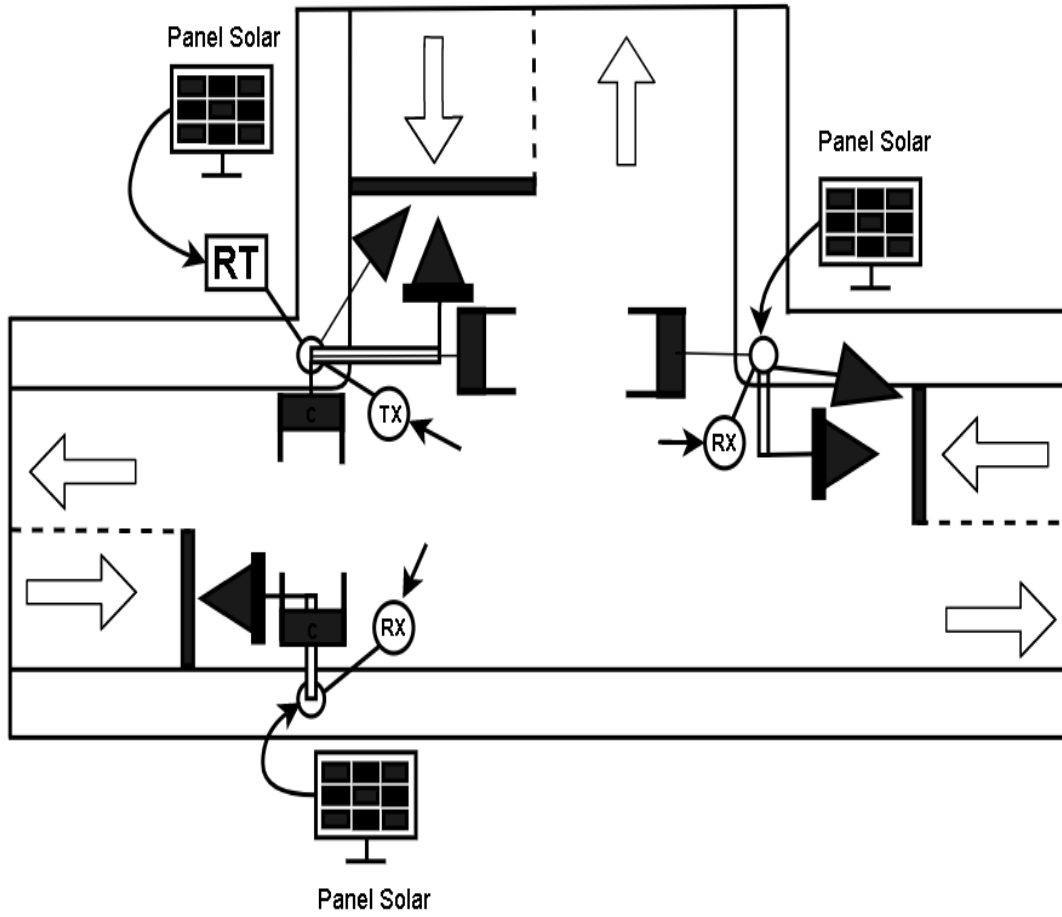


Fig. 31.- Diagrama de intersección de semaforización Opción 3  
Fuente: Autor

## Capítulo 4: Presentación y Discusión de Resultados

### 4. Presentación de resultados

Este capítulo presenta los resultados obtenidos del trabajo de titulación, demostrando los aspectos que se cumplen en el capítulo 1. Es por ello, que se presenta los resultados en base a la estructura, implementación y las pruebas de experimentación del sistema.

#### 4.1. Resultados varios de módulos.

##### 4.1.1. Resultados de estructura

El proyecto establece que de acuerdo con el diseño de la tarjeta transmisora y la tarjeta receptora se puede controlar el estatus en cualquier marca, esto se debe a las debidas protecciones de acoplamiento para no causar daños al equipo, la información es recibida y direccionada a cada uno de los dispositivos que están conectados a los semáforos que se encuentren involucrados en esa intersección a través de una red inalámbrica realizada por los módulos XBee y esta información pertinente debe encender el semáforo, si esta información no es recibida por múltiples razones simplemente no devuelve una confirmación de dato recibido, por lo que vuelve a intentar la comunicación nuevamente por un determinado número de veces, si ya no hay respuesta de confirmación.

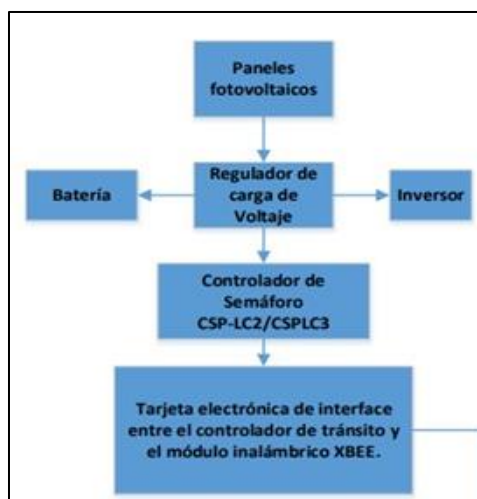


Fig. 32.- Flujograma de funcionamiento del proyecto parte 1  
Fuente: Autor

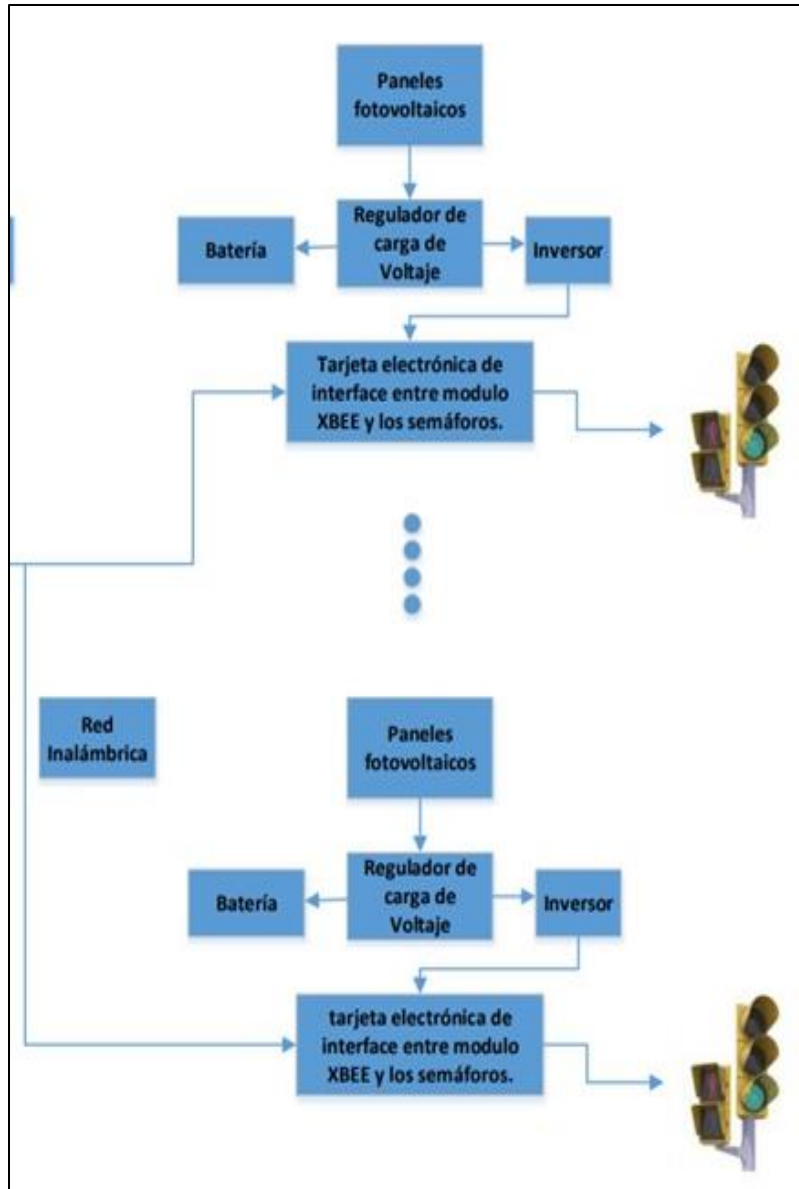


Fig. 33.- Flujo de funcionamiento del proyecto parte 2  
Fuente: Autor

#### 4.1.2. Resultados de Implementación

La implementación del sistema sirve de gran ayuda para la verificación del funcionamiento correcto de los XBee con los controladores diseñados a los semáforos. Por ello se realizan diagramas de flujos en la cual permite una mejor comprensión del funcionamiento correcto, gracias a este prototipo de módulos adicionales el sistema de semaforización de la empresa



CORMAR S.A. se beneficia con la misma calidad y con menor tiempo en la instalación y comunicación por motivo de uso de agentes o dispositivos inteligentes.

#### 4.1.3. Resultados de pruebas de experimentación

En esta sección se muestra los resultados que se obtuvieron en las pruebas experimentales que se realizaron entre los módulos implementados con el diseño de la empresa CORMAR, lo cual se tiene:

- Una eficiencia del 98% de efectividad en el envío de datos.
- Existe un retraso mínimo de un segundo, lo cual no permite tener una eficiencia del 100% en donde este retraso no afecta al funcionamiento del sistema.
- La conexión inalámbrica permite que se supere la distancia por cable y que la comunicación sea eficiente.



Fig. 34.- Prueba de funcionamiento 1

Fuente: Autor



*Fig. 35.- Prueba de Funcionamiento 2*  
*Fuente: Autor*



*Fig. 36.- Prueba de Funcionamiento 3*  
*Fuente: Autor*

## **4.2. Discusión de resultados**

En esta sección se muestra los resultados que se obtuvieron sobre las funciones y características del trabajo de investigación, en donde se plantea como objetivo la verificación de la obtención de una solución a una problemática detallada en el capítulo 1, en la cual se comprueba si la hipótesis planteada se estableció o no.

### **4.2.1. Cumplimiento de funciones del sistema**

El sistema cumple con la función de establecer comunicación estable entre los agentes inteligentes y los semáforos, con la ayuda de un receptor y un transmisor que contienen XBee Pro en el cual se puede comprobar lo siguiente:

- El módulo transmisor establece la conexión para enviar la configuración al receptor para su funcionamiento.
- El módulo receptor recibe dicha conexión y hace funcionar a los semáforos de acuerdo con la configuración recibida.
- Los datos enviados a distancia de más de 20 metros fueron eficaces.
- El sistema logra cumplir con las expectativas que se tiene.

### **4.2.2. Cumplimiento de objetivos**

Se analiza los objetivos planteados, verificando si se cumplen en el funcionamiento del trabajo de titulación. Analizando el objetivo general, se establece que se puede diseñar e implementar una red inalámbrica para el control de reguladores de tránsito programables autosustentables, mediante el uso de módulos XBee pro y paneles solares, obteniendo los resultados deseados. En el caso de los objetivos específicos, cada uno de ellos permitió el avance del proyecto técnico dando como resultado mejoras y mostrando futuras posibilidades de prosperidades en los equipos utilizados.





*Fig. 37.- Resultado del Proyecto Técnico*  
*Fuente: Autor*

## Cronograma

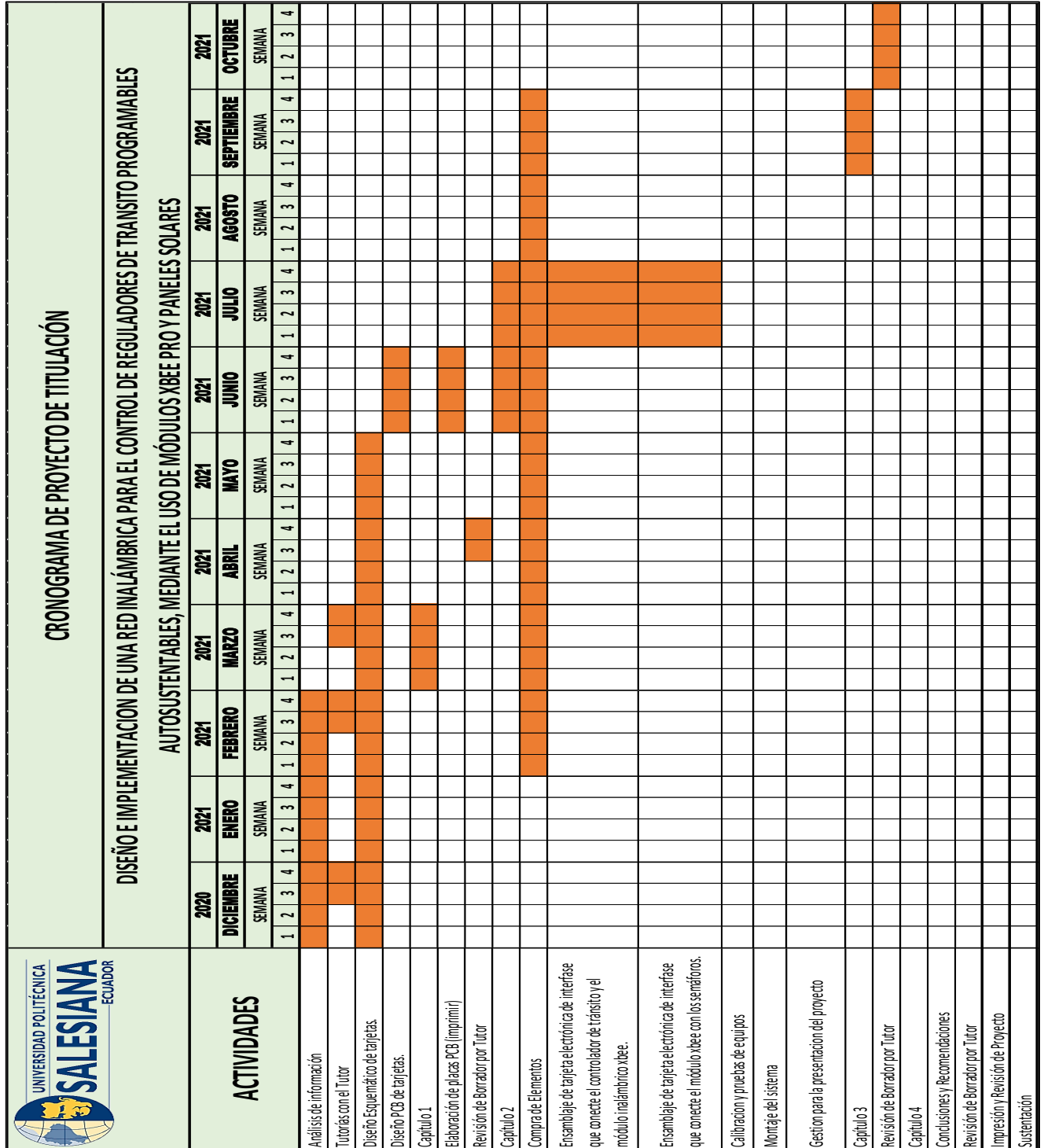


Fig. 38.- Cronograma de trabajo Inicio  
Fuente: Autor

## CRONOGRAMA DE PROYECTO DE TITULACIÓN

### DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL CONTROL DE REGULADORES DE TRANSITO PROGRAMABLES AUTOSUSTENTABLES,

ACTIVIDADES	2021				2022				2022				2022							
	NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO					
	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA				
Análisis de información	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tutorías con el Tutor																				
Diseño Esquemático de tarjetas.																				
Diseño PCB de tarjetas.																				
Capítulo 1																				
Elaboración de placas PCB (imprimir)																				
Revisión de Borrador por Tutor																				
Capítulo 2																				
Compra de Elementos																				
Ensamblaje de tarjeta electrónica de interfase que conecte el controlador de tránsito y el módulo inalámbrico xbee.																				
Ensamblaje de tarjeta electrónica de interfase que conecte el módulo xbee con los semáforos.																				
Calibración y pruebas de equipos																				
Montaje del sistema																				
Gestión para la presentación del proyecto																				
Capítulo 3																				
Revisión de Borrador por Tutor																				
Capítulo 4																				
Conclusiones y Recomendaciones																				
Revisión de Borrador por Tutor																				
Impresión y Revisión de Proyecto																				
Sustentación																				

Fig. 39.- Cronograma de trabajo proceso Final  
Fuente: Autor

## Presupuesto

Tabla 7.- Presupuesto  
Fuente: Autor



**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA RED  
INALÁMBRICA PARA EL CONTROL DE  
REGULADORES DE TRANSITO  
PROGRAMABLES AUTOSUSTENTABLES,  
MEDIANTE EL USO DE MÓDULOS XBEE PRO  
Y PANELES SOLARES**

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR POR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	IMPRESIÓN DE PLACAS PCB (TRANSMISOR)	1	\$ 35,00	\$ 35,00
2	IMPRESIÓN DE PLACAS PCB (RECEPTOR)	1	\$ 35,00	\$ 35,00
4	XBEE PRO + SHIELD	2	\$ 85,00	\$ 170,00
5	REGULADOR DE CARGA	1	\$ 60,00	\$ 60,00
6	INVERSOR DE CORRIENTE	1	\$ 80,00	\$ 80,00
7	FUENTE DE PODER	2	\$ 20,00	\$ 40,00
8	BATERIA DE 12v, 17.2A	1	\$ 35,00	\$ 35,00
9	GABINETE METALICO	1	\$ 100,00	\$ 100,00
10	ELEMENTOS ELECTRONICOS VARIOS	1	\$ 30,00	\$ 30,00
11	CAJA PLASTICA IMPRESA EN MAQUINA 3D	1	\$ 15,00	\$ 15,00
12	PIC 16f4550	2	\$ 18,00	\$ 36,00
13	SEMAFORO LED DE POLICARBONATO 3X200mm	4	\$ 580,00	\$ 2.320,00
14	CABLE FLEXIBLE #18 de 12 hilos 2mts	2	\$ 2,80	\$ 5,60
15	BLOQUE DE SWITCH	1	\$ 1,50	\$ 1,50
16	CANALETAS	2	\$ 2,80	\$ 5,60
17	TERMINALES	1	\$ 6,00	\$ 6,00
<b>VALOR FINAL</b>				<b>\$ 2.974,70</b>

## **Conclusiones**

Mediante este proyecto de grado se investigó las normas INEN de semaforización para el diseño de una red inalámbrica en donde se amplió el aprendizaje complementario de diversas materias como Sistemas Microprocesados y Programación, mediante la estructura del lenguaje de programación C++.

Los conocimientos adquiridos en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil en la carrera de Electrónica y Automatización se afianzaron con el diseño de una tarjeta electrónica de interface que conecte el controlador de tránsito y el módulo inalámbrico XBee.

La tarjeta electrónica que se diseñó permite que la interface que conecte el módulo XBee con los semáforos para que la programación de los microcontroladores de cada tarjeta se relación con el control de la red inalámbrica.

Estos elementos que se utilizaron para el sistema fotovoltaico fueron dimensionados en relación con los módulos ya existentes de la empresa CORMAR ELECTRONICS, en donde les permitirá expandir más su mercado y de las cuales se realizan pruebas finales en el funcionamiento de cada uno de los equipos.



## **Recomendaciones**

Los XBee son dispositivos electrónicos inalámbricos que tienen su funcionamiento y que sirven para lograr un mayor alcance en la transmisión de datos, es por ello por lo que después de su vida útil se recomienda utilizar el dispositivo LORA el cual tiene mayor tiempo de vida útil y permite que se conecten más equipos en una mayor distancia.

Se recomienda utilizar un inversor sinusoidal para tener una mejor señal de salida en los equipos que se conecten al sistema y en donde se recomienda conectar semáforos modernos y no semáforos convencionales (luces incandescentes) en el equipo diseñado, pues este sólo maneja niveles de tensión apropiados para diodos leds.

Se recomienda para futuros trabajos utilizar un microcontrolador de mayor cantidad de pines, como por ejemplo 18F8720 (microcontrolador en montaje superficial con 80 pines) con la finalidad de poder trabajar con más fases semaforicas y así poder conectar más semáforos inalámbricos.

## Bibliografía

- AreaTecnologia. (10 de Diciembre de 2021). *AREATECNOLOGIA*. Obtenido de AREATECNOLOGIA: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html>
- AutoSolar. (15 de Octubre de 2021). *AutoSolar*. Recuperado el 15 de Febrero de 2022, de AutoSolar: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga>
- B+digital. (15 de Enero de 2022). *Solucion Autonoma 3 Paneles Solares 150 Watts + 3 Baterias 110 Ah + Controlador Solar PWM de Carga y Descarga 45 A + Inversor de corriente (CD-CA) 800 Watts*. Obtenido de <https://www.bmasdigital.com/sistema-aislado-panel-150-watts-controlador-inversor-800-watts-bateria-L31TS190M>
- Curiosoando. (5 de Diciembre de 2019). *Curiosoando*. Obtenido de curiosoando.com: <https://curiosoando.com/que-es-un-puente-rectificador-de-diodos>
- Curiosoando. (05 de Diciembre de 2019). *Curiosoando.com*. Obtenido de Curiosoando.com: <https://curiosoando.com/que-es-un-puente-rectificador-de-diodos>
- Digi. (s.f.). *Digi*. Obtenido de <https://xbee.cl/que-es-xbee/>
- González, V. (17 de Noviembre de 2018). *Piensa 3D*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2021, de Piensa 3D: <https://piensa3d.com/que-es-un-optoacoplador-funcionamiento-aplicaciones/>  
<https://www.alldatasheet.es/>. (12 de Septiembre de 2007). Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de <https://www.alldatasheet.es/>: <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/202412/EVERLIGHT/4N25.html>
- Ingeniería Mecafenix. (s.f.). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de [ingmecafenix.com](http://ingmecafenix.com): <https://www.ingmecafenix.com/electronica/triac/>
- Luis LLamas. (8 de Enero de 2017). *LuisLLamas.es*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2021, de LuisLLamas.es: <https://www.luisllamas.es/arduino-optoacoplador/>
- MADÉ . (15 de Diciembre de 2020). Obtenido de Mecatrónica, Automatización y Diseño Electrónico: <https://electronicamade.com/tiristor-triac/>
- MCI Electronics. (2019). *xbee*. Obtenido de [xbee.cl](http://xbee.cl): <https://xbee.cl/que-es-xbee/>
- Power Electronics News. (08 de Agosto de 2020). *Power Electronics News*. Recuperado el 01 de Marzo de 2022, de Power Electronics News: <https://www.powerelectronicsnews.com/power-supply-design-note-simulating-a-triac/>

UNIT Electronics. (2016). *uelectronics*. Obtenido de uelectronics.com:  
<https://uelectronics.com/producto/moc3021-optoacoplador/>

## **Anexos**

### **1. Normas INEN**

#### **Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 004:2012**

#### **Señalización Vial Parte 5 de Semaforización**

##### 5.2.1 Tipos de Semáforos Vehiculares

5.2.1.1 Los semáforos tienen tres colores de luces circulares, instalados verticalmente en el siguiente orden descendiente: rojo, amarillo y verde; algunas veces es necesario según estudios instalar símbolos con luces extras que indican flechas rojas, amarillo y verde.

II) luz roja intermitente, con lente circular.

- a) Su significado es similar a una señal vertical de Pare; los conductores frente a estas luces deben detenerse obligatoriamente y proseguir con precaución a través de la intersección solamente si no hay peligro de colisión o atropello con otro vehículo o peatón.
- b) Esta luz debe utilizarse como señal de emergencia en caso de falla del controlador de semáforos.
- c) Funciona como un plan especial programado dependiendo del volumen de tránsito y en horarios nocturnos por seguridad cuya aplicación debe ser en vías secundarias, en cruces de trenes a nivel y en la vía transversal a la vía férrea.

IV) Luz amarilla intermitente, con lente circular.

- a) Su significado es similar a una señal vertical de Ceda el Paso; los conductores frente a estas luces pueden proseguir a través de la intersección si no existe peligro de colisión o atropello con otro vehículo o peatón.
- b) Esta luz debe utilizarse como señal de emergencia en caso de falla del controlador de semáforos.
- c) También funciona como un plan especial programado dependiendo del volumen de tránsito.

### 5.3 Tamaño y diseño de los lentes de semáforos.

#### 5.3.3 los lentes de los semáforos vehiculares son de dos tamaños.

- a) El semáforo estándar, que tiene lentes de 200 mm
- b) Semáforo con lente de 300 mm

### 5.27 Central de Semaforización

5.27.6 El armario o gabinete. El armario o gabinete de la central de zona deben cumplir con las NTE INEN 2568 y 2569, que contienen los elementos de regulación y control, deberá ser resistente para soportar los malos tratos, propios de la vía pública, y en ambiente salino, será suministrado en un estado listo para la instalación en campo.

Todo el hardware interno y externo será de material no corrosivo.

#### 5.27.6.1 la puerta del armario contará:

- Cerradura de la puerta principal tipo industrial estándar.
- La puerta de acceso estará dotada de juntas adecuadas (neopreno) para evitar la entrada de polvo y agua e incluirá una cerradura con pasador de seguridad y una llave universal por cada armario.
- El material será resistente a los cambios climáticos, corrosión, humedad, salinidad.

5.27.13.1 Los equipos semafóricos abastecidos de energía solar y otras energías alternativas deben cumplir con las certificaciones por el ministerio de electricidad y energías renovables.

Se puede visualizar el archivo PDF de las normas INEN en OneDrive de la carrera con el nombre: [Normas INEN para Semaforización.pdf](#)

## 2. Codificación de módulo transmisor

```
#include <16f877A.h>

#fuses xt

#use delay(clock=4000000)

#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7, TIMEOUT=500)

void inicio(void);
void leer_entradas(void);
void envio_datos(void);
void leer_datos(void);
void intermitente(void);

#byte porta=0x05
#byte portb=0x06
#byte porte=0x09

int pA, pB;
int band, errD, errC;

void inicio()
{
    int x,x1,x2;
    int y,y1,y2;
    int bverde=0;
    if(!input(PIN_D4) && !input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && !input(PIN_D7) ) { x=18; y=18; } //AAAA
    if(!input(PIN_D4) && !input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && !input(PIN_D7) ) { x=18; y=17; } //AARA
    if(!input(PIN_D4) && !input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && input(PIN_D7) ) { x=18; y=10; } //AAAR
    if(!input(PIN_D4) && !input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && input(PIN_D7) ) { x=18; y=9; } //AARR
    if(input(PIN_D4) && !input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && !input(PIN_D7) ) { x=17; y=18; } //RAAA
    if(input(PIN_D4) && !input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && !input(PIN_D7) ) { x=17; y=17; } //RARA
    if(input(PIN_D4) && !input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && input(PIN_D7) ) { x=17; y=10; } //RAAR
```

```

if(input(PIN_D4) && !input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && input(PIN_D7) ) { x=17; y=9; } //RARR
if(!input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && !input(PIN_D7) ) { x=10; y=18; } //ARAA
if(!input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && !input(PIN_D7) ) { x=10; y=17; } //ARRA
if(!input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && input(PIN_D7) ) { x=10; y=10; } //ARAR
if(!input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && input(PIN_D7) ) { x=10; y=9; } //ARRR
if(input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && !input(PIN_D7) ) { x=9; y=18; } //RRAA
if(input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && !input(PIN_D7) ) { x=9; y=17; } //RRRA
if(input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && input(PIN_D7) ) { x=9; y=10; } //RRAR
if(input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && input(PIN_D7) ) { x=9; y=9; } //RRRR
x1=x/10;
x2=x-(x1*10);
y1=y/10;
y2=y-(y1*10);
while(bverde==0)
{
    output_high(PIN_C1); output_low(PIN_C4);
    printf("F%d%d%d%d/%d",x1,x2,y1,y2);
    delay_ms(500);
    output_low(PIN_C1); output_high(PIN_C4);
    printf("F%d%d%d%d/%d",0,0,0,0);
    delay_ms(500);
    if((input(PIN_D0)==input(PIN_A2)) && (input(PIN_D1)==input(PIN_A5)) && (input(PIN_D2)==input(PIN_B2)) &&
(input(PIN_D3)==input(PIN_B5)))
    {
        bverde=1;
    }
}
for(int op=1; op<=30; op++)
{
    output_high(PIN_C0); output_low(PIN_C4);

```

```

printf("F%d%d%d%d/" ,0,9,0,9);
delay_ms(50);
output_low(PIN_C0); output_high(PIN_C4);
delay_ms(50);
}
output_low(PIN_C4);
band=0;
}

```

```

void leer_entradas()
{
int bndA=0;
int bndB=0;
while(bndA==0)
{
pA=~porta-192; //porta negado;
switch(pA)
{
case 0: bndA=1; break;
case 9: bndA=1; break;
case 10: bndA=1; break;
case 12: bndA=1; break;
case 17: bndA=1; break;
case 18: bndA=1; break;
case 20: bndA=1; break;
case 33: bndA=1; break;
case 34: bndA=1; break;
default: bndA=0; break;
}
}
}

```



```

while(bndB==0)
{
  pB=~portb; //portb negado;
  switch(pB)
  {
    case 0: bndB=1; break;
    case 9: bndB=1; break;
    case 10: bndB=1; break;
    case 12: bndB=1; break;
    case 17: bndB=1; break;
    case 18: bndB=1; break;
    case 20: bndB=1; break;
    case 33: bndB=1; break;
    case 34: bndB=1; break;
    default: bndB=0; break;
  }
}
}
void enviar_dados()
{
  int pA1,pA2;
  int pB1,pB2;
  pA1=pA/10;
  pA2=pA-(pA1*10);
  pB1=pB/10;
  pB2=pB-(pB1*10);
  output_high(PIN_C1);
  printf("D%d%d%d%d/d",pA1,pA2,pB1,pB2);
  output_low(PIN_C1);
  delay_ms(25);
}

```

```

}
void leer_datos()
{
    int cabe;
    output_high(PIN_C2);
    cabe=0;
    cabe=getc();
    switch(cabe)
    {
        case 0: //SI NO HAY COMUNICACION
            errC++;
            break;

        case 83: //SI cabe ES "S"
            band=0;
            errC=0;
            errD=0;
            break;

        default:
            errD++;
            break;
    }
    if(errC>10)
    {
        band=1;
        errC=11;
        output_low(PIN_C2);
        intermitente();
    }
}

```

```

if(err0>10)
{
    band=!;
    err0=!;
    output_low(PIN_G2);
    intermitente();
}
output_low(PIN_G2);
delay_ms(25);
}

void intermitente()
{
    int cabe;
    int i;
    while(band==1)
    {
        output_high(PIN_G1);
        printf("F%d%d%d%d/" ,0,9,0,9);
        for(i=0; i<10; i++)
        {
            output_high(PIN_G0);
            delay_ms(25);
            output_low(PIN_G0);
            delay_ms(25);
            output_low(PIN_G1);
        }
        output_high(PIN_G1);
        printf("F%d%d%d%d/" ,0,0,0,0);
        cabe=0;
    }
}

```

```

output_high(PIN_CD);
cabe=getc();
if(cabe!=0)
{
band=0;
for(i=0; i<10; i++)
{
output_high(PIN_CD);
delay_ms(25);
output_low(PIN_CD);
delay_ms(25);
output_low(PIN_C1);
}
}
output_low(PIN_CD);
output_low(PIN_CD);
}
errD=0;
errC=0;
inicio();
}

void main()
{
set_tris_a(0x3f);
set_tris_b(0xff);
set_tris_d(0xff);
output_high(PIN_C4); delay_ms(500); output_low(PIN_C4); delay_ms(500);
output_high(PIN_C4); delay_ms(500); output_low(PIN_C4); delay_ms(500);
output_high(PIN_C4); delay_ms(500); output_low(PIN_C4); delay_ms(500);
}

```

```
inicio();  
while(true)  
{  
  leer_entradas();  
  enviar_datos();  
  leer_datos();  
}  
}
```

### 3. Codificación de módulo receptor

```
#include <16f877A.h>
#fuses xt
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7, TIMEOUT=500)

void flash(void);
void leer_datos(void);

#byte porta=0x05
#byte portb=0x06

int pA, pB;
int cabe,cola;
int16 errC;

#INT_RDA
void RDA_isr()
{
    //disable_interrupts(GLOBAL);
    errC=0;
    leer_datos();
    //enable_interrupts(GLOBAL);
}

void flash()
{
    int16 ti;
    porta=9; portb=9;
    for(ti=0; ti<= 25000; ti++) delay_us(10);
    porta=0; portb=0;
```

```

    for(ti=0; ti<= 25000; ti++) delay_us(10);
}

void leer_datos()
{
    int pA1, pA2;
    int pB1, pB2;
    cabe=getc();
    switch(cabe)
    {
        case 68: //SI cabe ES "0"
            pA1=getc()-48;
            pA2=getc()-48;
            pB1=getc()-48;
            pB2=getc()-48;
            cola=getc();
            if(cola==47)
            {
                pA=pA1*10+(pA2);
                if(pA!=0)
                {
                    porta=pA;
                }
                pB=pB1*10+(pB2);
                if(pB!=0)
                    portb=pB;
                printf("S");
            }
            break;

```

```

case 70: //SI cabe ES "F"
    pA1=getc()-48;
    pA2=getc()-48;
    pB1=getc()-48;
    pB2=getc()-48;
    cola=getc();
    if(cola==47)
    {
        pA=pA1*10+(pA2);
        porta=pA;
        pB=pB1*10+(pB2);
        portb=pB;
        printf("S");
    }
    break;

default:

    break;
}
}

void main()
{
    set_tris_a(0x00);
    set_tris_b(0x00);
    porta=9; portb=9; delay_ms(500);
    porta=0; portb=0; delay_ms(500);
    porta=9; portb=9; delay_ms(500);
    porta=0; portb=0; delay_ms(500);
    porta=9; portb=9; delay_ms(500);
}

```



```
porta=0; portb=0; delay_ms(500);
enable_interrupts(GLOBAL);
enable_interrupts(INT_RDA);
flash();
porta=0; portb=0;
errC=0;
while(true)
{
    errC++;
    if(errC>=50000)
    {
        errC=50000;
        flash();
    }
    delay_us(10);
}
}
```

#### 4. Configuración de módulos XBee

Como se puede visualizar en la figura 40, la pestaña de configuración del software XCTU con el cual se configura el módulo XBee transmisor, activando la opción de flasheo si el firmware es diferente

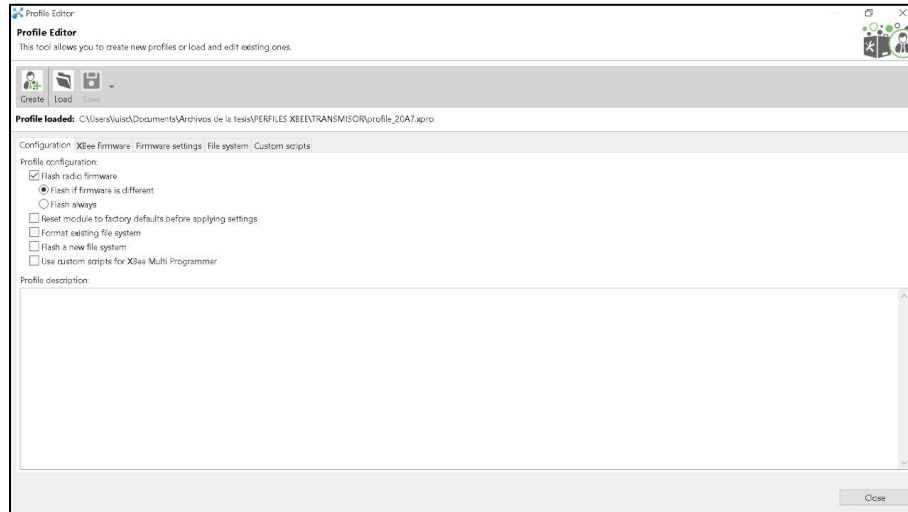


Fig. 40.- Configuración del software XCTU módulo XBee transmisor  
Fuente: Autor

En la figura 41 se muestra la configuración del Firmware correspondiente al módulo XBee de la tarjeta transmisora, en donde se configura la familia XBP24-ZB con la configuración como coordinador AT cargándole el firmware 20A7.

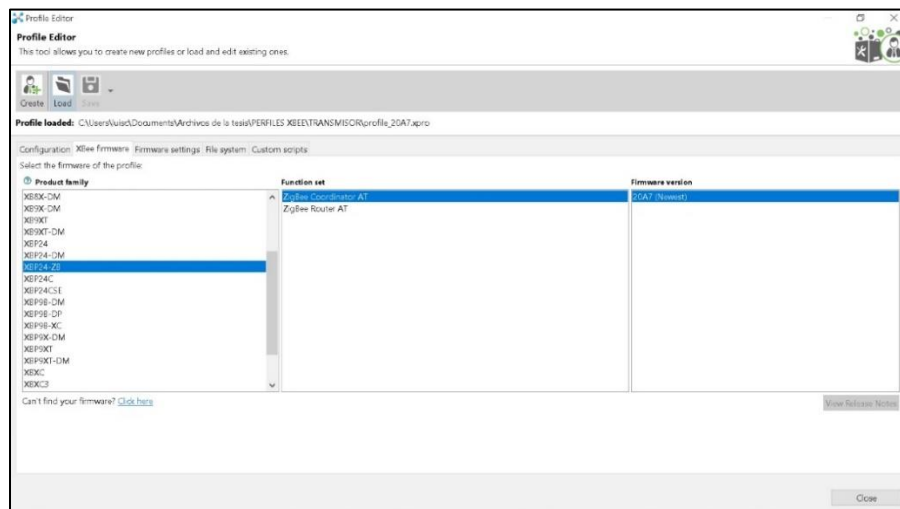


Fig. 41.- Configuración del Firmware de módulo transmisor  
Fuente: Autor

En la figura 42 se configura en el firmware las direcciones altas y bajas del equipo con el que se va a comunicar, también se le asigna un nombre o identificador al nodo.

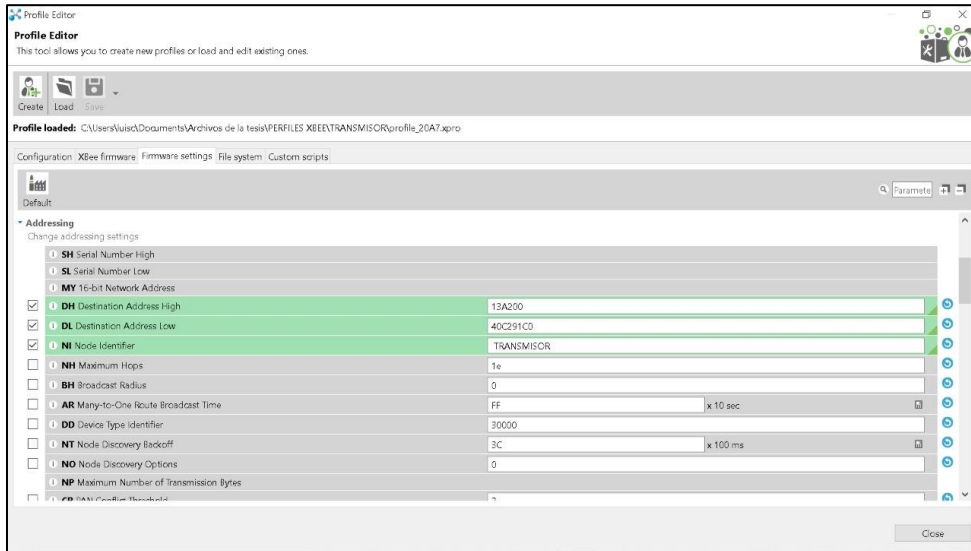


Fig. 42.- Firmware las direcciones altas y bajas  
Fuente: Autor

En la figura 43 se muestra la pestaña de configuración del software XCTU con el cual se configura el módulo XBee receptor, activando la opción de flasheo si el firmware es diferente.

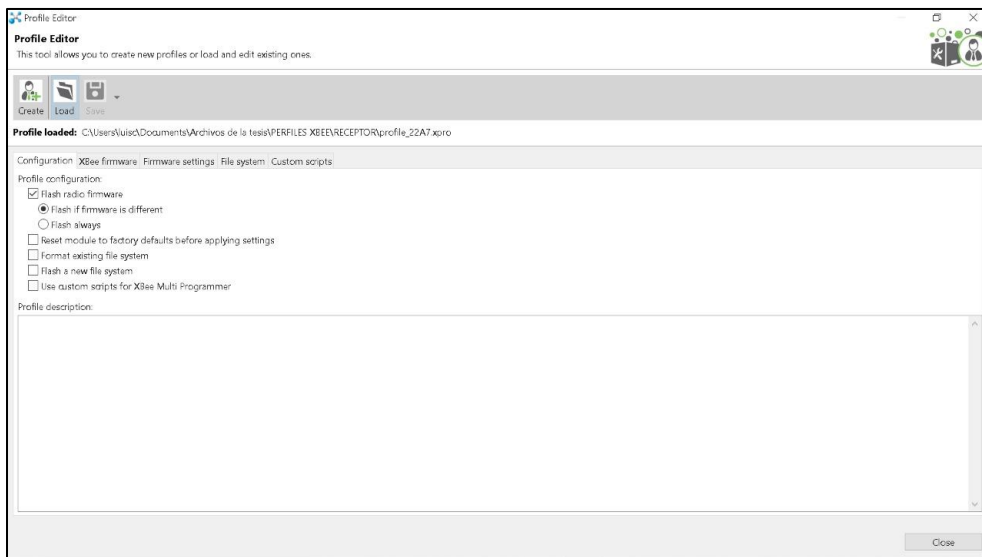


Fig. 43.- Configuración el módulo XBee receptor  
Fuente: Autor

En la figura 44 se muestra la configuración del Firmware correspondiente al módulo xbee de la tarjeta receptora, en donde se configura la familia XBP24-ZB con la configuración como Router AT cargándole el ultimo firmware 20A7.

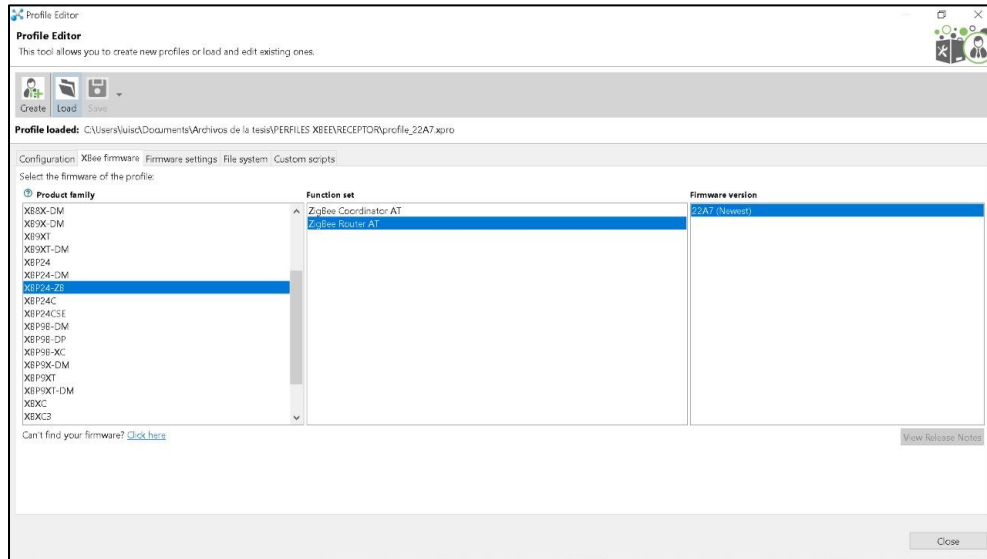


Fig. 44.- Configuración del Firmware módulo XBee receptor  
Fuente: Autor

En la figura 45 se muestra la habitación de la verificación de canal Enabled [1].

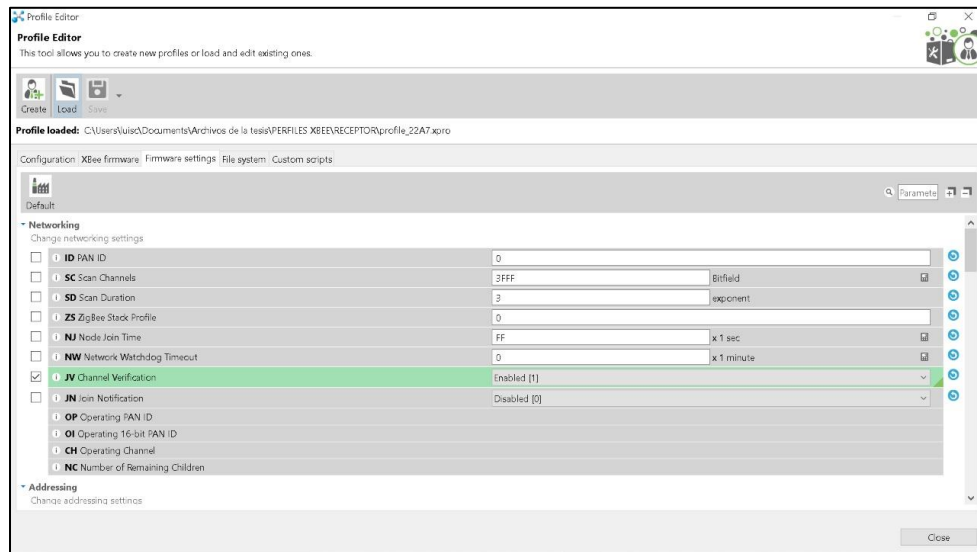
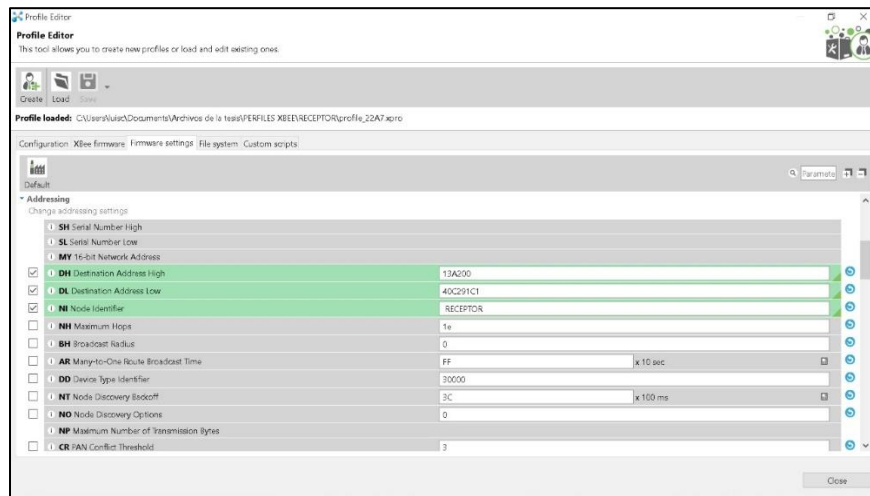


Fig. 45.- Verificación de canal Enabled [1].  
Fuente: Autor

En la figura 46 se configura en el firmware las direcciones altas y bajas del equipo con el que se va a comunicar, también se le asigna un nombre o identificador al nodo.



*Fig. 46.- Firmware de equipos a comunicar  
Fuente: Autor*