



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELÉCTRICA**



Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Título
**ALTERNATIVA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA
ELÉCTRICA PARA SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL
MUNICIPIO DE PAMPLONA.**

Autor
LUIS ALEJANDRO TORRES SARMIENTO
Ingeniero Eléctrico

Director
PhD. IVALDO TORRES CHÁVEZ.
Ingeniero Electrónico

**PAMPLONA – COLOMBIA
DICIEMBRE DE 2016**

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Siendo las ____:____ horas, del día ____ del mes ____ del año ____.

El jurado calificador conformado por:

Jurado 1:

Jurado 2:

Jurado 3:

Terminadas las deliberaciones he llegado a las siguientes conclusiones:

PRIMERA CONCLUSIÓN: OTORGAR LA CALIFICACIÓN DE

Aprobado, Excelente, Incompleto
(Reg. Estudiantil Cap. VIII, Art. 90)

AL TRABAJO DE GRADO TITULADO:

**“ALTERNATIVA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PARA SISTEMA
DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA.”**

Del Autor: Luis Alejandro Torres Sarmiento.

Director: PhD. Ivaldo Torres Chávez

SEGUNDA CONCLUSIÓN: RECOMENDAR

1. Recomendar para presentar en eventos científicos: _____
2. Recomendar para publicación: _____
3. Incluir en el fondo bibliográfico de la Universidad de Pamplona: _____
4. Recomendar para ser continuado en otros trabajos: _____
5. Recomendar para patente: _____
6. Recomendar continuar como trabajo de maestría: _____
7. Recomendar continuar como trabajo de doctorad: _____
8. Recomendar para categoría de meritorio: _____
9. Recomendar para categoría de laureado: _____
10. Otras: _____

TERCERA CONCLUSIÓN: OTORGAR

TITULO DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

FIRMAS DEL JURADO:

JURADO 1

JURADO 2

JURADO 3

**ALTERNATIVA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA
ELÉCTRICA PARA SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL
MUNICIPIO DE PAMPLONA.**

DEDICATORIA:

El presente éxito que culmina mi etapa como ingeniero electricista en formación, se lo dedico a Dios, porque sin él no hubiera sido posible de alcanzar, ya que en cada día de esta etapa me regalo el don de la vida para que lograra cada una de mis metas. También les dedico este triunfo a mis padres que en los momentos de escasas y dificultades nunca desfallecieron con el sueño de verme formado como un ser humano íntegro y como un ingeniero que los llenara de orgullo. De la misma manera dedico mi triunfo a los docentes que me ofrecieron sus conocimientos, enseñanzas y amistad para complementar mi formación. A las personas que me dieron su apoyo y colaboración para la realización de este sueño. Muchas gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco primeramente a Dios, por haberme permitido llegar con éxito al final de esta meta, por ser mi compañía y ayuda en los momentos buenos y malos que se presentan en el diario vivir, por haberme dado una familia que cuida y me enseña los diferentes momentos que tiene la vida. Agradezco también a mis padres y hermanos que son el apoyo y motivación incondicional para culminar esta etapa, enseñándome cada día que no hay mayor herencia que el conocimiento adquirido, y que a pesar de las dificultades y tropiezos, están atentos a darme su ayuda y su voz de aliento para levantarme y seguir. También agradezco a todas esas personas que de una u otra forma hacen parte de este triunfo, a mis familiares, amigos y docentes, que fueron cruciales para mi aprendizaje y formación como ser humano e ingeniero íntegro en los fundamentos éticos y morales.

RESUMEN

El presente trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial, se desarrolla una posible solución para el mejoramiento del uso energético por parte del sistema de alumbrado público actual del municipio de Pamplona, partiendo del análisis de los componentes y elementos que lo conforman y planteando un diseño que permita reducir el consumo por parte de las luminarias, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas del llegar a implementar dicha alternativa al sistema de alumbrado Público del Municipio de Pamplona.

Dicha alternativa contempla la reducción del consumo de energía por parte del panel led al variar la intensidad lumínica de los led dependiente del sector iluminado y el horario, aplicando un control por PWM a través del módulo Arduino mega, el cual por medio de un reloj de tiempo real (RTC) y un DIP Switch nos permite identificar el sector a iluminar y la hora del día y así aplicar qué porcentaje de intensidad se desea implementar mediante el control de PWM al voltaje entregado por el Driver.

Palabras claves: PWM, RTC, Arduino MEGA, Alumbra Público, Panel Led, Driver.

ABSTRACT

The present work of degree in the modality of business practice, develops a possible solution for the improvement of the energetic use by the current public lighting system of the municipality of Pamplona, starting from the analysis of the components and elements that comprise it and posing a Designed to reduce consumption by luminaires, taking into account the advantages and disadvantages of implementing this alternative to the public lighting system of the Municipality of Pamplona.

This alternative contemplates the reduction of energy consumption by the led panel by varying the luminous intensity of the LEDs depending on the illuminated sector and the schedule, applying a control by PWM through the module Arduino mega, which by means of a clock Real time (RTC) and a DIP Switch allows us to identify the sector to be illuminated and the time of day and thus to apply what percentage of intensity is desired to be implemented by the control of PWM to the voltage delivered by the Driver.

Keywords: PWM, RTC, Arduino MEGA, Public Lighting, Led Panel, Driver.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
DELIMITACIÓN.....	17
1. ANTECEDENTES.....	19
1.1 ALUMBRADO PÚBLICO.....	19
1.2 COMPONENTES DEL ALUMBRADO PÚBLICO.....	20
1.2.1 REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN.....	20
1.2.2 APOYOS.....	21
1.2.3 TRANSFORMADORES.....	22
1.2.4 CONTROLES AP.....	22
1.2.5 PUESTAS A TIERRA.....	22
1.2.6 MEDIDOR.....	23
1.2.7 LUMINARIA.....	23
1.3 ESTADO ACTUAL DEL ALUMBRADO PÚBLICO.....	25
1.3.1 LUMINARIA TIPO LED.....	25
1.3.2 LUMINARIA TIPO METAL HALIDE.....	27
2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	29
2.1 ALTERNATIVAS.....	29
2.1.1 ALTERNATIVA DE TECNOLOGÍA MÁS EFICIENTE.....	29
2.1.2 ALTERNATIVA DE GENERACIÓN LOCAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	31
2.1.3 ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE POTENCIA CONSUMIDA.....	32
3. DESARROLLO DE ALTERNATIVA.....	34
3.1 ALTERNATIVA.....	34
3.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	34
3.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES.....	35
3.4 SELECCIÓN DEL COMPONENTE.....	35
3.5 IDENTIFICACION DE ELEMENTOS.....	37
3.6 ASPECTOS DE DISEÑO.....	40
3.7 DISEÑO.....	42
3.8 DIAGRAMA DEL DISEÑO.....	51
3.9 ELABORACION DEL DISEÑO.....	51
3.10 PRUEBAS DE PROTOTIPO Y FUNCIONAMIENTO.....	55

3.11	COSTOS.....	57
4.	ANÁLISIS COMPARATIVO.....	59
4.1	CONSUMO DE ENERGIA APROXIMADA.....	59
4.1.1	ACTUAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	59
4.1.2	ALTERNATIVA PARA EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	59
4.2	DISEÑO.....	60
4.2.1	ACTUAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	60
4.2.2	ALTERNATIVA PARA EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	60
4.3	PRESUPUESTOS GENERALES DE COSTOS.....	60
4.3.1	ACTUAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	60
4.3.2	ALTERNATIVA PARA EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	61
4.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	61
4.4.1	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACTUAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO..	61
4.4.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ALTERNATIVA PARA EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	62
5.	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
5.1	RESULTADOS.....	64
5.2	CONCLUSIONES.....	64
5.3	RECOMENDACIONES.....	65
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
7.	ANEXOS.....	68

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ALUMBRADO PÚBLICO MUNICIPIO DE PAMPLONA.....	19
FIGURA 2. ALUMBRADO PÚBLICO AP.....	20
FIGURA 3. RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN.....	21
FIGURA 4. APOYOS Y POSTES AP.....	21
FIGURA 5. TRANSFORMADORES.....	22
FIGURA 6. CONTROL AP.....	22
FIGURA 7. PUESTA A TIERRA.....	23
FIGURA 8. MEDIDOR.....	23
FIGURA 9. LUMINARIAS LED JÚPITER 30, 40, 67 W.....	24
FIGURA 10. LUMINARIAS LED MINI APOLO 60, 90, 120 W.....	24
FIGURA 11. REFLECTORES META HALIDE 250, 400 W Y LED 150 W.....	24
FIGURA 12. LUMINARIA LED 30 W.....	25
FIGURA 13. LUMINARIA LED 40 W.....	25
FIGURA 14. LUMINARIA LED 67 W.....	26
FIGURA 15. LUMINARIA LED 60 W.....	26
FIGURA 16. LUMINARIA LED 90 W.....	26
FIGURA 17. LUMINARIA LED 120 W.....	27
FIGURA 18. REFLECTOR LED 150 W.....	27
FIGURA 19. REFLECTOR METAL HALIDE.....	27
FIGURA 20. BOMBILLAS USADAS EN ALUMBRADOS PÚBLICOS.....	29
FIGURA 21. LUMINARIAS LED – FOTOVOLTAICAS.....	31
FIGURA 22. ARMADURA LUMINARIA.....	37
FIGURA 23. FOTOCONTROL.....	38
FIGURA 24. BASE FOTOCONTROL.....	38
FIGURA 25. DRIVER 40 W.....	38
FIGURA 26. PROTECCIÓN SOBRE-TENSIÓN.....	39
FIGURA 27. CONEXIONES INTERNAS.....	39
FIGURA 28. PANEL LED.....	39
FIGURA 29. DIAGRAMA DE CONEXIÓN LUMINARIA JÚPITER 30 W.....	40
FIGURA 30. ELEMENTOS FUNDAMENTALES.....	41
FIGURA 31. OPCIÓN PARA EL ACOPLE.....	41
FIGURA 32. PWM, CICLO DE TRABAJO 50% Y 10%.....	42
FIGURA 33. VELOCIDAD.....	43
FIGURA 34. DIAGRAMA PINES ARDUINO MEGA.....	46
FIGURA 35. VELOCIDAD.....	47
FIGURA 36. MÓDULO RTC DS3231.....	48
FIGURA 37. OPTOACOPLADOR 4N25.....	49
FIGURA 38. TRANSISTOR TIP35C.....	49
FIGURA 39. DIP SWITCH.....	50
FIGURA 40. DIAGRAMA DE CONEXIONES DE DISEÑO.....	51
FIGURA 41. ESQUEMA ELÉCTRICO CIRCUITO.....	52
FIGURA 42. MASCARA DE COMPONENTES.....	52
FIGURA 43. ESQUEMA PCB.....	53
FIGURA 44. ZONAS DE ILUMINACIÓN.....	53
FIGURA 45. FLUJO DE CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN.....	54
FIGURA 46. CÓDIGO DE CONTROL DE INTENSIDAD LUMÍNICO.....	54
FIGURA 47. PROTOTIPO CON MODULO MEGA, RCT, TIP35C Y LCD.....	55
FIGURA 48. MEDICIONES AL PWM MÁXIMO, MEDIO Y MÍNIMO UTILIZADOS.....	55
FIGURA 49. MEDICIONES OSCILOSCOPIO DE PWM MÁXIMO, MEDIO Y MÍNIMO.....	56
FIGURA 50. INTENSIDAD LUMÍNICA AL 0%, 50% Y 100%.....	57

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. PORCENTAJE DE AHORRO CAMBIO DE MERCURIO A SODIO.....	30
TABLA 2. PORCENTAJE DE AHORRO CAMBIO DE SODIO A LED.	30
TABLA 3. PORCENTAJE DE AHORRO CAMBIO DE MERCURIO A LED.....	30
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE TIPOS DE LUMINARIAS	30
TABLA 5. CONSUMO APROXIMADO DE 2012 LUMINARIAS INSTALADAS LED DE 30 W.	32
TABLA 6. CONSUMOS TOTALES DE POTENCIA POR LUMINARIA.	36
TABLA 7. VIABILIDAD POR PRIORIDAD VS MODELO.....	36
TABLA 8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	43
TABLA 9. COSTOS TOTAL PROTOTIPO.....	57
TABLA 10. CONSUMO POR ZONAS Y HORARIOS.	59
TABLA 11. CONSUMO TOTAL.	59

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. DATA SHEET MÓDULO RCT DS3231.....	68
ANEXO 2. DATA SHEET OPTOACOPLADOR 4N25.....	69
ANEXO 3. DATA SHEET TRANSISTOR TIP35C.....	70

INTRODUCCIÓN

Las concesiones actuales de Alumbrado Público en la mayoría de los municipios de Colombia, no usan de manera eficiente la energía eléctrica sino que solo prestan el servicio de iluminar en zonas peatonales, viales y públicas, para brindar seguridad y tranquilidad.

Pero con las tendencias actuales de mitigar o reducir el impacto ambiental en nuestro entorno, cabe señalar que el uso eficiente de la energía eléctrica es uno de ellos, que contribuiría a reducir el impacto del hombre al ambiente.

Por tal motivo tomando de las actividades de consumo de energía eléctrica, se puede decir que una de ellas es el consumo del Alumbrado Público, y en este caso se tomó el del municipio de Pamplona como base del estudio y análisis para desarrollar la propuesta planteada, *“alternativa para el uso eficiente de la energía eléctrica para sistema de alumbrado público del municipio de pamplona”*, y así desarrollar la alternativa planteada para usar eficientemente la energía eléctrica en el Alumbrado Público del municipio de Pamplona.

JUSTIFICACIÓN

Al analizar el estado actual del sistema de Alumbrado Público del municipio de Pamplona e identificar las cantidades de luminarias instaladas, las zonas alumbradas, el uso y funcionamiento de las luminarias. Se presenta una alternativa la cual conlleve al uso eficiente de la energía eléctrica y así lograr el propósito de disminuir el consumo por parte de las luminarias del Alumbrado Público.

Al realizar este estudio y plantear la posible solución, para el uso eficiente de la energía eléctrica y a su vez conseguir que el consumo por parte de las luminarias instaladas en el municipio de Pamplona disminuya, se estará realizando un aporte a la reducción del impacto ambiental por concepto de Alumbrado Públicos en Colombia.

DELIMITACIÓN

Objetivo General

Plantear una alternativa para el uso eficiente de la energía eléctrica del estudio del sistema de alumbrado público del municipio de Pamplona.

Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del estado actual del sistema de alumbrado público de Pamplona.
- Plantear una solución que conlleven al uso eficiente de la energía eléctrica, a partir de los diferentes componentes que conforman el sistema de alumbrado público de Pamplona.
- Desarrollar un prototipo de la posible solución para el uso eficiente de la energía eléctrica para el sistema de alumbrado público, aplicando conocimiento de sistemas electrónicos de control o potencia.
- Realizar estudio comparativo de las ventajas y desventajas entre el sistema de alumbrado público actual y si se implementara la posible solución planteada para su validación.

Acotaciones

En el desarrollo de la propuesta solo se realizaran la recopilación de la información suministrada por la concesión de alumbrado público y se limitara al estudio de la posible solución debido que su implementación solo dependerá si la empresa determina su viabilidad y la administración municipal la aprueba.

Capítulo 1

ANTECEDENTES

Resumen: Este capítulo enmarca brevemente los conceptos de los diferentes componentes que conforman el Alumbrado Público del municipio de Pamplona.

1. ANTECEDENTES.

1.1 ALUMBRADO PÚBLICO.

Los componentes utilizados en las concesiones de Alumbrado Público en su mayoría son iguales, Redes Eléctricas de Distribución, Transformadores, Apoyos y Luminarias. En el municipio de Pamplona no es la excepción pero se debe tener en cuenta que la gran mayoría de redes eléctricas de distribución, los apoyos y Transformadores son propiedad de la compañía suministradora de energía eléctrica CENS, y las luminarias y reflectores usados por la concesión actual son los únicos componentes de uso exclusivo de Alumbrado Público.

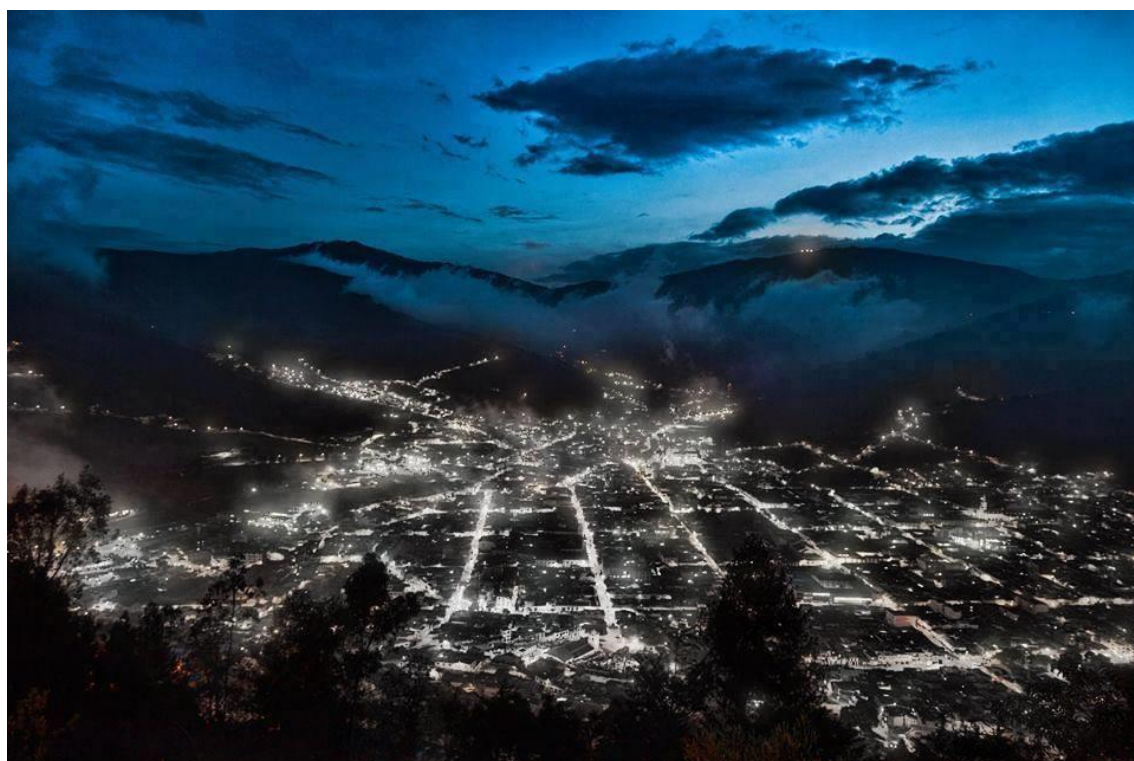


Figura 1. Alumbrado Público Municipio de Pamplona.

Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

Cabe resaltar que la concesión actual de Alumbrado Público, AGM Desarrollos realizo el cambio de la mayoría de las luminarias que existían en el municipio de tecnología de Sodio y Mixta por luminarias Led, en pro del mejoramiento de calidad del servicio y reducir el consumo de la energía eléctrica aun consumo considerable.

En la imagen mostrada se muestra una panorámica del paisaje de Pamplona con el uso de la nueva tecnología led.

1.2 COMPONENTES DEL ALUMBRADO PÚBLICO.

En la actualidad el municipio de Pamplona Cuenta en su mayoría con luminarias tipo LED, las cuales prestan el servicio de iluminación de Calles, Avenidas, Parques, Pasajes, Plazuelas, Escenarios Deportivos y otras Zonas de concepto Público.



Figura 2. Alumbrado Público AP.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

A continuación se describirán brevemente cada uno de los elementos que componen el Alumbrado Público en el municipio de Pamplona, desde los Apoyos o Postes pasando por los Transformadores y las Redes Eléctricas de Distribución hasta llegar a las Luminarias y Reflectores que prestan el servicio de iluminación de todos los sectores y zonas públicas.

1.2.1 Redes Eléctricas de Distribución.

Para llevar la energía eléctrica desde las subestaciones hasta las luminarias son necesarias redes de distribución, estas redes son de Media Tensión (MT) y de Baja Tensión (BT), las redes de MT llevan la energía hasta los transformadores que a su vez transforman la energía eléctrica a voltaje de línea de 120 V y la transfieren a las redes de BT, a las que se conectan las luminarias por medio de conectores.



Figura 3. Red Eléctrica de Distribución.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.2.2 Apoyos.

Los apoyos son tan necesarios para las instalaciones de Redes Eléctricas, Transformadoras, Medidoras, Controles y Luminarias, ya que por medio de herrajes eléctricos permite el anclaje y posicionamiento de todos los componentes de un sistema eléctrico de distribución y de las luminarias.



Figura 4. Apoyos y Postes AP.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.2.3 Transformadores.

Debido que las luminarias utilizan voltajes de BT es necesario la transformación de niveles de Tensión, por tal motivo se utiliza transformadores los cuales al convertir los niveles de MT a BT permiten usar la energía eléctrica a niveles de 120/220 V.



Figura 5. Transformadores.

Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.2.4 Controles AP.

Este componente es usado cuando un grupo de luminarias no cuentan con Fotocontrol independiente y la red eléctrica a la cual están conectadas es exclusiva de AP, por medio de los componentes ensamblados internamente en el gabinete de AP las luminarias se encienden y se apagan según las condiciones de intensidad lumínica del día. En dicho control se encuentran componentes como Conector eléctrico, Breakers, Base Fotocelda y Fotocelda.



Figura 6. Control AP.

Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.2.5 Puestas a Tierra.

Los sistemas de puesta a tierra cumplen un papel muy importante, ya que sirven como protección a la red eléctrica, transformadores, personas, equipos y las luminarias que en este caso cuentan con un dispositivo de detección de sobre tensión el cual al haber una sobre carga disipan la misma por la puesta a tierra y reducen el daño posible.



Figura 7. Puesta a Tierra.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.2.6 Medidor.

Para la compañía comercializadora de energía eléctrica (CENS), es muy importante conocer el consumo de los usuarios, y en este caso el consumo generado por todas las luminarias y reflectores que prestan el correcto servicio de iluminación al municipio, dicha medida se realiza en lugares específicos donde las redes eléctricas son exclusivas de alumbrado público ya que a dichas redes solo se conectan luminarias de Alumbrado Público.



Figura 8. Medidor.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.2.7 Luminaria.

A pesar de que todos los elementos y componentes son importante y a la vez necesarios para él un correcto servicio de alumbrado Público, el elemento más visible e importante es la luminaria ya que es la que ilumina cada una de las zonas y lugares de tránsito vehicular o peatonal dando visibilidad y seguridad a la comunidad beneficiada.

El municipio de Pamplona actualmente cuenta con luminarias tipo Led y Reflectores led y Metal Halide, los cuales iluminan Calles, Avenidas, Parques, Plazuelas, Pasajes, Escenarios Deportivos y todas las Zonas Públicas, gracias a la labor realizada por la concesión de Alumbrado Público AGM DESARROLLOS.

Las luminarias tipo led son de diferentes modelos y potencias y así mismo los reflectores, las luminarias led utilizadas son Mini Apolo con potencias de 60 W, 90 W y 120 W, y modelo Júpiter con potencias de 30 W, 40 W, y 67 W. y los reflectores led son de 150 W y lo Metal Halide de 250 W y 400 W.

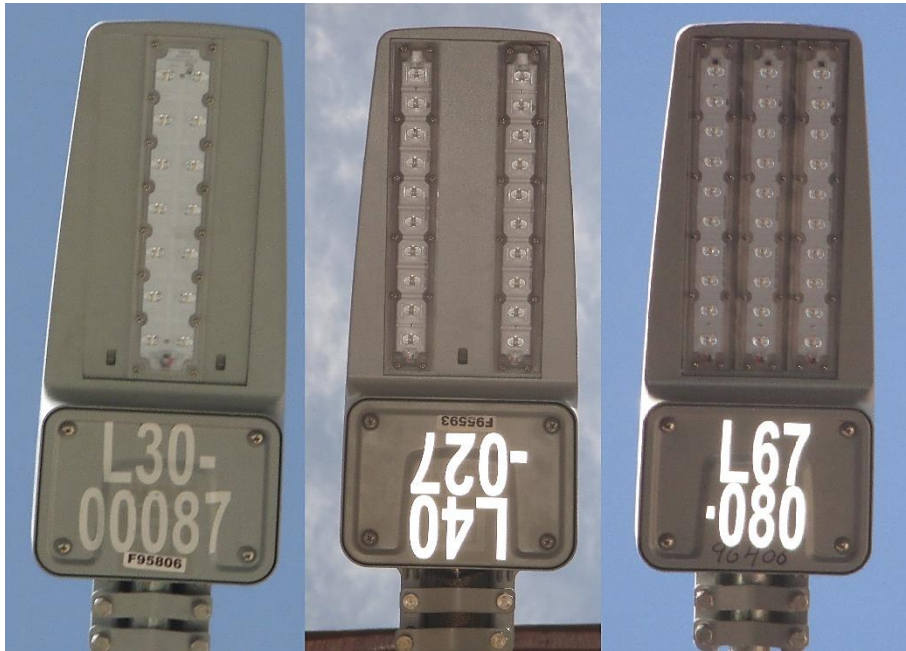


Figura 9. Luminarias Led Júpiter 30, 40, 67 W.
 Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.



Figura 10. Luminarias Led Mini Apolo 60, 90, 120 W.
 Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.



Figura 11. Reflectores Meta Halide 250, 400 W y Led 150 W.
 Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.3 ESTADO ACTUAL DEL ALUMBRADO PÚBLICO.

El Alumbrado Público del municipio de Pamplona, actualmente cuenta con más de 3500 luminarias instaladas en los diferentes sectores que comprenden todas las Calles, Avenidas, Parques, Plazuelas, Pasajes, Escenarios Deportivos y todas las Zonas Públicas.

Dichas luminarias son de Tipo Led y Metal Halide de diferentes potencias e intensidad lumínica; a continuación describiremos cada una de ellas.

1.3.1 Luminaria Tipo Led.

Este tipo de luminaria es de intensidad lumínica variable, esta característica varía dependiendo el número de paneles led que posea dicha luminaria y a su vez la cantidad de led que tenga cada panel led.

Las luminarias tipo Led utilizadas por parte de la concesión de Alumbrado Público son de diferentes potencias, desde 30 W hasta 120 W.

1.3.1.1 Luminaria Led 30 W.

Este tipo de luminaria es el más utilizado para senderos peatonales y vehiculares de tipo local o vías (V7, V8, V9), la potencia consumida por dicha luminaria es alrededor de 30 W y posee en sus componentes internos un Driver de 40 W, un Panel Led de 30 W y un Fotocontrol, la cantidad instalada actualmente de este tipo de luminarias en el municipio de Pamplonas es 2012 unidades tanto en el área Urbana como Rural.



Figura 12. Luminaria Led 30 W.

Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.3.1.2 Luminaria led 40 W.

Este tipo de luminaria es el más utilizado para senderos peatonales y vehiculares de tipo local o vías (V7, V8, V9), la potencia consumida por dicha luminaria es alrededor de 40 W y posee en sus componentes internos un Driver de 40 W, dos Panel Led de 20 W y un Fotocontrol, la cantidad instalada actualmente de este tipo de luminarias en el municipio de Pamplonas es 240 unidades tanto en el área Urbana como Rural.



Figura 13. Luminaria Led 40 W.

Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.3.1.3 Luminaria led 67 W.

Este tipo de luminaria es el más utilizado para senderos peatonales y vehiculares de tipo intermedia o vías (V4, V5, V6), la potencia consumida por dicha luminaria es alrededor de 67 W y posee en sus componentes internos un Driver de 75 W, tres Panel Led de 22 W y un Fotocontrol, la cantidad instalada actualmente de este tipo de luminarias en el municipio de Pamplonas es 148 unidades tanto en el área Urbana como Rural.



Figura 14. Luminaria Led 67 W.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.3.1.4 Luminaria led 60 W.

Este tipo de luminaria es el más utilizado para senderos peatonales y vehiculares de tipo intermedia o vías (V4, V5, V6), la potencia consumida por dicha luminaria es alrededor de 60 W y posee en sus componentes internos un Driver de 75 W, dos Panel Led de 30 W y un Fotocontrol, la cantidad instalada actualmente de este tipo de luminarias en el municipio de Pamplonas es 245 unidades tanto en el área Urbana como Rural.

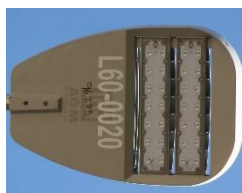


Figura 15. Luminaria Led 60 W.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.3.1.5 Luminaria led 90 W.

Este tipo de luminaria es el más utilizado para senderos peatonales y vehiculares de tipo complementaria o vías (V2, V3), la potencia consumida por dicha luminaria es alrededor de 90 W y posee en sus componentes internos un Driver de 150 W, tres Panel Led de 30 W y un Fotocontrol, la cantidad instalada actualmente de este tipo de luminarias en el municipio de Pamplonas es 349 unidades tanto en el área Urbana como Rural.

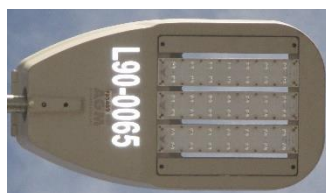


Figura 16. Luminaria Led 90 W.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.3.1.6 Luminaria led 120 W.

Este tipo de luminaria es el más utilizado para senderos peatonales y vehiculares de tipo principal o vías (V0, V1), la potencia consumida por dicha luminaria es alrededor de 120 W y posee en sus componentes internos un Driver de 150 W, cuatro Panel Led de 30 W y un Fotocontrol, la cantidad instalada actualmente de este tipo de luminarias en el municipio de Pamplonas es 217 unidades tanto en el área Urbana como Rural.

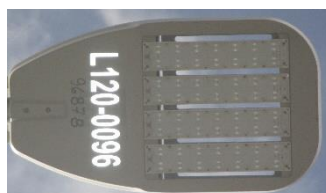


Figura 17. Luminaria Led 120 W.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.3.1.7 Reflector led 150 W.

Este tipo de luminaria es el más utilizado para iluminar plazuelas y escenarios deportivos, la potencia consumida por dicha luminaria es alrededor de 150 W y posee en sus componentes internos un Driver de 150 W, siete Panel Led de 20 W y un Fotocontrol, la cantidad instalada actualmente de este tipo de luminarias en el municipio de Pamplonas es 29 unidades tanto en el área Urbana como Rural.



Figura 18. Reflector Led 150 W.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

1.3.2 Luminaria Tipo Metal Halide

Las luminarias de este tipo son reflectores de luz blanca, poseen una bombilla incandescente, estos pueden ser de potencias variables, sus componentes internos son: balastro, arrancador, condensador y bombilla, en el municipio actualmente se encuentran instalados 34 unidades de reflectores de potencia 400 W, que alumbran canchas y escenarios deportivos.



Figura 19. Reflector Metal Halide.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

Capítulo 2

PLANTEAMIENTO

Resumen: Este capítulo contiene el planteamiento de alternativas para el mejoramiento del uso eficiente de la energía eléctrica en sistemas de alumbrado Público.

2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.

Para la elaboración del presente trabajo: “Alternativa para el uso eficiente de la energía eléctrica para sistema de Alumbrado Público del municipio de Pamplona”, es fundamental conocer el estado actual y a su vez determinar que mejoras pueden ser desarrolladas y aplicadas partiendo de los diferentes componentes que posee el sistema de Alumbrado Público.

2.1 ALTERNATIVAS

En este Capítulo se plantearán posibles soluciones que permitan mejorar el uso eficiente de la energía eléctrica por parte de los componentes que conforman el sistema de Alumbrado Público del municipio de Pamplona, estas alternativas buscarán como objetivos principales, no afectar el correcto funcionamiento de ninguno de los componentes, no generar incremento de consumo energético y no afectar la eficiencia del sistema de iluminación.

2.1.1 Alternativa de Tecnología más Eficiente.

En la mayoría de las concesiones de alumbrado público a nivel nacional se usan luminarias que su fuente emisora de luz, son bombillas a alta presión de mercurio, vapor de sodio y haluros metálicos (mercurio, galio, indio, litio, talio entre otros), las cuales utilizan componentes muy tóxicos y su eficiencia no es muy buena debido que la mayoría de la energía eléctrica consumida y transformada se desperdicia en calor.



Figura 20. Bombillas Usadas en Alumbrados Públicos.
Tomada de: Guía Didáctica AP - Universidad Nacional de Colombia.

Siempre que se ha buscado dar solución a la problemática del uso eficiente de la energía eléctrica, se ha planteado que el uso de tecnologías más eficientes y ahorradoras es la solución, pasando desde la sustitución de luminarias de mercurio por luminarias de sodio y a su vez el cambio de luminarias de sodio por luminarias metal halide.

Entre las tecnologías más eficientes esta la tecnología led, la cual transmite eficientemente la emisión de luz con bajos niveles de pérdida por calor, pero esta tecnología no era tenida en cuenta, porque sus costos de fabricación eran elevados y existían pocas ofertas para la demanda necesaria, dicha tecnología hasta ahora se está aplicando y por motivo de sus excelentes características la concesión de Alumbrado Público de Pamplona desarrollo un plan de cambio y sustitución de las luminarias de sodio por luminarias led, cambiando en su

totalidad más de 3500 luminarias y a si reduciendo considerablemente el consumo de energía eléctrica.

Debido que actualmente dicha alternativa ya fue desarrollada e implementada por la concesión de Alumbrado Público y está funcionando eficientemente se comprueba que dicha alternativa es viable para tener en cuenta en las demás concesiones del país donde aún se utilizan bombillas de mercurio o sodio.

A continuación se mostraran unas tablas comparativas del porcentaje de ahorro energético de la aplicación de cambio o sustitución de tecnología por una más eficiente y a su vez ventajas y desventajas de dichas tecnologías.

MERCURIO	% DE AHORRO	SODIO
125	44,0	70
250	40,0	150
400	37,5	250
1000	60,0	400

Tabla 1. Porcentaje de Ahorro Cambio de Mercurio a Sodio.

SODIO	% DE AHORRO	LED 1	% DE AHORRO	LED 2
70	57,1	30	42,9	40
150	60,0	60	55,3	67
250	64,0	90	52,0	120
400	62,5	150	62,5	150

Tabla 2. Porcentaje de Ahorro Cambio de Sodio a Led.

MERCURIO	% DE AHORRO	LED 1	% DE AHORRO	LED 2
125	76,0	30	68,0	40
250	76,0	60	73,2	67
400	77,5	90	70,0	120
1000	85,0	150	85,0	150

Tabla 3. Porcentaje de Ahorro Cambio de Mercurio a Led.

CARACTERÍSTICAS	MERCURIO	SODIO	LED
Tipo de luz	Blanca	Amarilla	Blanca
Encendido	5 – 10 min	5 – 10 min	Instantánea
Eficiencia Lumínicas	40 Im/W	80 Im/W	100 Im/W
Emisión de Calor	Alto	Alto	Bajo
Tamaño	Grande	Mediana	Pequeña
Contenido Toxico	Alto	Alto	Medio

Tabla 4. Características de Tipos de Luminarias

2.1.2 Alternativa de Generación Local de Energía Eléctrica.

Un factor a tener en cuenta para mejorar el uso eficiente de la energía eléctrica, es reducir las pérdidas en la transmisión y distribución de la misma, ya que afecta directamente la eficiencia y funcionamiento de las luminarias.

Esta alternativa de generación local de energía eléctrica, busca que en el mismo lugar donde se realiza el consumo o donde está ubicada la carga instalada, se realice la generación de energía, al estar ubicado en el mismo lugar la transmisión y distribución, no se presentaran las pérdidas existentes en los sistemas convencionales de generación centralizada, donde los largos trayectos y las distancias existentes entre la fuente generadora y las cargas instaladas afectan su eficiencia.

Esta alternativa ya se aplica en algunos campos donde no se cuenta con el suministro de energía eléctrica convencional. Permitiendo tener acceso en zonas donde el actual alumbrado Público no podría ser instalado por razones de infraestructura y alcance, esta tecnología consiste en tener un sistema fotovoltaico que funciona mediante un panel solar que durante las horas de iluminación solar genera energía y la almacena en una batería que al momento de encenderse la luminaria en las horas de la noche, le entrega esta energía almacenada en ella y así permitir su funcionamiento y autonomía. (Tech, 2016)



Figura 21. Luminarias Led – Fotovoltaicas.

Tomada de: <http://www.globalwatertech.com.mx/Iluminacion-LED/Solar/>

Para el Alumbrado Público del municipio de Pamplona, desarrollar e implementar dicha alternativa, se debería tener en cuenta las diferentes potencias de luminarias y sus cantidades instaladas, debido que se cuentan con luminarias de 30, 40, 60, 67, 90, 120 y 150 W y un total aproximado de 3500 unidades, que en si sería la cantidades de módulos fotovoltaicos a instalar para cada una de las luminarias.

Otro factor a considerar es la distribución de los apoyos de la infraestructura ya existente, debido que los módulos fotovoltaicos tiene paneles solares que deben estar instalados en el mismo apoyo y en algunos caso las fachadas de las viviendas no tiene espacio disponible entre apoyo y fachada, impidiendo la instalación del panel solar en su modo adecuado.

2.1.3 Alternativa de Reducción de Potencia Consumida.

Al pensar en una solución o alternativa para mejorar el uso eficiente de la energía eléctrica, se debe pensar en los diferentes elementos que conforman el sistema de alumbrado público y los componentes que integran los diferentes elementos fundamentales. Al comprender el funcionamiento de cada uno de los componentes y sus características principales, nos permite identificar que componentes pueden ser modificados o mejorados para que el uso de la energía eléctrica se use más eficientemente, en este caso por las luminarias de tipo led.

Al saber que el elemento final de un sistema de alumbrado público es la luminaria y en esta se presenta el consumo de energía por los diferentes componentes que posee, que en conjunto permiten que la luminaria funcione correctamente a un nivel de voltaje fijo y a un consumo constante de potencia W, identificando que componente realiza la conexión y transmisión de la energía eléctrica de la red a la luminaria, podremos desarrollar un mecanismo que puede ser ubicado a la entrada o salida del mismo y con el desarrollo de un sistema electrónico de potencia o control, dicho nivel de tensión se reduzca a un nivel aceptable y funcional para que la luminaria siga iluminando pero con una menor intensidad y a su vez un consumo menor de potencia.

Al hablar de una reducción de voltaje de funcionamiento, directamente se debe entender que el consumo en vatios se reducirá, al funcionar una luminaria con diferentes niveles de tensión la intensidad lumínica varía y este es el criterio más importante a tener en cuenta en el momento de identificar y definir el porcentaje a reducir del voltaje, por razones que no todas las zonas y sectores iluminados en el municipio podrán tener variación de intensidad lumínica por la importancia del sector y por el tipo de vía.

Para una comprensión del alcance que podría llegar a tener dicha implementación en el ahorro o uso eficiente de la energía eléctrica por parte del alumbrado público, en la tabla a continuación, que muestra los consumos aproximados de 2012 unidades de luminarias de 30 W actualmente instaladas y el consumo proyectado a 7 diferentes rangos de voltaje nominal.

CONSUMO DE 2012 LUMINARIAS LED 30 W INSTALADAS							
POTENCIA W	30	28,5	27	25,5	24	22,5	21
VOLTAJE	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%
KW/HORA	60,36	57,342	54,324	51,306	48,288	45,27	42,252
KW/DIA	724,32	688,1	651,89	615,67	579,46	543,24	507,02
KW/MES	21730	20643	19557	18470	17384	16297	15211
KW/AÑO	260755	247717	234680	221642	208604	195566	182529

Tabla 5. Consumo Aproximado de 2012 Luminarias Instaladas Led de 30 W.

Al analizar esta tabla a los diferentes niveles de voltaje que podría ajustarse, se puede comprender que llevar a cabo el desarrollo de dicha alternativa mejoraría aún más el uso eficiente de la energía eléctrica, al disminuir los KW/h consumidos por las luminarias.

Capítulo 3

Desarrollo de Alternativa

Resumen: Este capítulo desarrolla una de las alternativas planteadas para el uso eficiente de la energía eléctrica en sistemas de alumbrado público, elaborando un sistema electrónico que reduzca la potencia consumida por la luminaria.

3. DESARROLLO DE ALTERNATIVA

Después de planteado en el capítulo anterior, tres alternativas para el mejoramiento del uso eficiente de la energía eléctrica para los sistemas de alumbrado público, se desarrolla a continuación una de las alternativas propuestas teniendo en cuenta los objetivos propuestos y la implementación del conocimiento adquirido en el transcurso del aprendizaje académico.

3.1 ALTERNATIVA.

Al analizar detalladamente las 3 alternativas planteadas en el capítulo anterior, se optó por desarrollar la alternativa de *Reducción de Potencia Consumida*, debido que al aplicar una mejora en el funcionamiento de la luminaria, el consumo de la carga instalada (panel led) se reduce, brindando una mejora aplicable al sistema de alumbrado público.

3.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Definida la alternativa a desarrollar para el mejoramiento en el uso eficiente de la energía eléctrica en los sistemas de alumbrado público, se plantea una metodología de trabajo que permita identificar los diferentes componentes y elementos que conforman el sistema de Alumbrado Público del municipio de Pamplona y así definir sobre cual elementos se concentrara el desarrollo del diseño electrónico de potencia y de control.

La metodología a trabajar para la elaboración del diseño y desarrollo de la alternativa de reducción de consumo de potencia es:

- ✓ Identificar los componentes del sistema de Alumbrado Público donde se genera el consumo de energía eléctrica.
- ✓ Determinar de los componentes identificados, cuales pueden ser intervenidos para aplicar la alternativa de reducción de consumo sin afectar el servicio de alumbrado público en el municipio.
- ✓ Al definir que componente va a ser utilizado para a el desarrollo de la alternativa propuesta, se realizara un análisis del mismo para conocer qué elementos lo conforman y de que papel cumple cada uno de ellos.
- ✓ Identificar el elemento a aplicar una reducción de consumo de energía eléctrica.
- ✓ Analizar la estrategia de diseño para la reducción del consumo de energía por medio del sistema electrónico de control y de potencia.
- ✓ Desarrollar el diseño electrónico de control y de potencia.
- ✓ Elaborar los circuitos electrónicos de control y de potencia.
- ✓ Implementar y evaluar el sistema electrónico de reducción de consumo sobre el elemento seleccionado.
- ✓ Determinar los costos implicados en la posibilidad implementación y elaboración de la alternativa de reducción de consumo en el sistema de alumbrado público actual del municipio de Pamplona.

3.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES.

Los sistemas de alumbrado público cuentan con diferentes componentes, los cuales interconectados prestan el servicio de iluminación a los diferentes lugares y sectores. Entre estos componentes están: las redes eléctricas de MT y BT, transformadores, apoyos o postes y luminarias. Como la alternativa a desarrollar busca una reducción de consumo de la energía eléctrica, se debe identificar en cuál de los componentes se genera el consumo y así seleccionarlo.

Cada componente cumple una función específica en los sistemas de alumbrado Público, a continuación se describirá brevemente cada uno de los componentes y sus funciones:

- ✓ **Redes Eléctricas de MT y BT:** Las redes eléctricas son cables de diferentes tipos y calibres que cumplen como la función principal de transmitir la energía eléctrica desde la generación hasta el consumo final en las cargas conectadas a las mismas.
- ✓ **Transformadores:** Este componente cumple la función de transformar niveles de tensión de MT a BT, los cuales son (110 – 220) V, necesarios para la tensión de servicio.
- ✓ **Apoyos o Postes:** Este componente cumple la función de dar un punto de anclaje para la ubicación de las redes eléctricas, transformadores y luminarias.
- ✓ **Luminarias:** Es el componente que directamente cumple la función de iluminar o alumbrar todos los lugares y sectores públicos de una ciudad, cumple esta función ya que en él se realiza la activación del elemento incandescente que al encenderse ilumina, este elemento para su funcionamiento consume la energía eléctrica que a le llega por el sistema de alumbrado público interconectado.

3.4 SELECCIÓN DEL COMPONENTE.

Al identificar en el sistema de alumbrado público en que componente se presenta el consumo de la energía eléctrica, se realiza un análisis de los tipos, características y a su vez se evalúa un criterio para seleccionar el modelo de luminaria en él que se concentrara el desarrollo del diseño electrónico a realizar.

En la actualidad el sistema de alumbrado público del municipio de Pamplona, cuenta con dos modelos diferentes de luminaria, los modelos Júpiter con potencias de 30, 40 y 67 W, y los modelos Mini-Apolo con potencias de 60, 90 y 120 W, las cuales se encuentran instaladas por sectores dependiendo el tipo de zona, vías y el tráfico vehicular o peatonal de las mismas.

Conociendo que existen varios tipos de luminarias led instaladas en el municipio, se debe identificar cuál de estos modelos y potencias sería el más indicado para el desarrollo del sistema electrónico de control y potencia, para cumplir con el objetivo del mejoramiento del uso de la energía eléctrica, por tal motivo se evaluarán criterios que permitirán seleccionar uno de los modelos y tipos de luminarias, como el más indicado.

En los criterios a tener en cuenta son: la potencia consumida por la totalidad de luminarias de un mismo modelo y tipo instaladas en el municipio, la viabilidad de disminución de intensidad lumínica de cada uno de los modelos de luminarias sin afectar la calidad del servicio según la zona o sector iluminado y el criterio de practicidad y funcionalidad de cada uno de los modelos de luminarias para el desarrollo de sistema electrónico.

✓ **Potencia Consumida.**

La potencia consumida por cada uno de los modelos y tipos de luminarias instaladas en el municipio de Pamplona se cuantificara por la potencia de consumo y la cantidad de unidades instaladas actualmente.

Modelo	Potencia W	Cantidad	Potencia Total
Júpiter	30	2012	60360
Júpiter	40	240	9600
Júpiter	67	148	9916
Mini-Apolo	60	245	14700
Mini-Apolo	90	349	31410
Mini-Apolo	120	217	26040
RF Apolo	150	29	4350

Tabla 6. Consumos Totales de Potencia por Luminaria.

Teniendo en cuenta la potencia total consumida por cada uno de los modelos y potencias de las luminarias existentes, quedarían ordenadas de mayor a menos siendo la de mayor consumo la más indicada y la de menor consumo la menos indicada:

- Primera Júpiter de 30 W.
- Segunda Mini-Apolo 90 W.
- Tercera Mini-Apolo 120 W.
- Cuarta Mini-Apolo 60 W.
- Quinta Júpiter de 67 W.
- Sexta Júpiter de 40 W.
- Séptima Apolo 90 W.

✓ **Viabilidad**

La viabilidad se determina mediante la importancia del sector o tipo de Vía que ilumina dicho modelo de luminaria y a su vez si al realizarse la variación de intensidad lumínica no afecta considerablemente la calidad del servicio prestado.

Dependiendo del sector a iluminar se dispone o utiliza un modelo de luminaria específica, la cual a ser de mayor prioridad o importancia será menos viable realizar la disminución de la intensidad lumínica, a continuación se muestra la tabla de tipo de prioridad del sector siendo V1 la más prioritaria y V9 la menos prioritaria, y el modelo de luminaria utilizado.

Tipo de Sector	Prioridad	Modelo	Viabilidad
Principal	V0 - V1	120 W	NO
Complementarios	V2 - V3	90 W	NO
Intermedios	V4 - V5 - V6	60 W	SI
Intermedios	V4 - V5 - V6	67 W	SI
Local	V7 - V8 - V9	40 W	SI
Local	V7 - V8 - V9	30 W	SI

Tabla 7. Viabilidad por Prioridad Vs Modelo.

✓ **Practicidad y Funcionalidad.**

En este criterio se evalúa la practicidad y funcionalidad del diseño a desarrollar e implementar en los diferentes modelos de luminarias, y así poder determinar si las características físicas y eléctricas permiten la incorporación del sistema electrónico a diseñar.

En los modelos actuales de luminaria Júpiter y Mini-Apolo, cuentan con los mismos elementos fundamentales para su funcionamiento y sus características físicas cambian en tamaño siendo el modelo Júpiter el más pequeño y la Mini-Apolo la más grande, pero en ambos modelos son viables para la implementación del sistema electrónico con un tamaño considerable (pequeño).

3.5 IDENTIFICACION DE ELEMENTOS.

Al definir cuál será el componente o en este caso modelo de luminaria a utilizar para el desarrollo del sistema electrónico de control y potencia, se deben identificar cada uno de los elementos que conforman internamente este componente seleccionado.

El componente seleccionado según los criterios evaluados es la luminaria *Júpiter de 30 W*, por ser la que tiene mayor consumo y a su vez por estar instalada en sectores de baja prioridad, permitiendo que al implementar la reducción de intensidad lumínica no se vea afectada la calidad del servicio.

La luminaria *Júpiter de 30 W*, está conformada por varios elementos los cuales a continuación indicaremos y a su vez definiremos la funcionalidad de cada uno de ellos:

✓ **Armadura.**

Este elemento es fundamental para la fijación de cada uno de los elementos que componen la luminaria, a su vez sirve de disipador de calor para algunos elementos, carcasa de protección IP 65 a los elementos internos y de estructura de anclaje al apoyo de instalación.



Figura 22. Armadura Luminaria.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

✓ **Cable de alimentación.**

Por medio de este elemento se interconectan los elementos internos de la luminaria a la red eléctrica que suministra la energía necesaria para su funcionamiento. El cable de alimentación o conexión es de 3 x 18 AWG encauchetado y está identificado cada uno de sus hilos de conexión como: Fase (Negro), Neutro (Blanco) y tierra (Verde).

✓ **Fotocontrol.**

Este elemento es el control ON / OFF de la luminaria, al permitir por medio de componentes electrónicos de potencia internos en él, el encendido de la luminaria en ausencia de luz (horas nocturnas) y la apagado cuando hay luz (horas del día).



Figura 23. Fotocontrol.

Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

✓ **Base Fotocontrol.**

Este elemento permite la conexión del Fotocontrol a los componentes internos de la luminaria para realizar la función de control ON / OFF.



Figura 24. Base Fotocontrol.

Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

✓ **Driver.**

Este elemento es muy importante ya que realiza la transformación de corriente alterna AC a corriente directa DC, a su vez realiza un acople entre la red eléctrica y el panel led, este elemento puede ser conectado a niveles de tensión AC entre los rangos 110 V y 277 V, provee un voltaje DC de salida constante y estable de 54 V y dual de ± 10 V, sus características de potencia son 40 W y 0.7 A, ha una frecuencia de 50/60 Hz.



Figura 25. Driver 40 W.

Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

✓ Protección.

Este elemento cumple la función de proteger los elementos de la luminaria de sobre tensiones presentadas en la red eléctrica, este elemento está conectado paralelamente a las conexiones de entrada del Driver, al detectar sobre tensión en la red él se abre internamente y permite el paso directo de la corriente desde la luminaria a la puesta a tierra hasta que vuelva el nivel de tensión normal de funcionamiento.

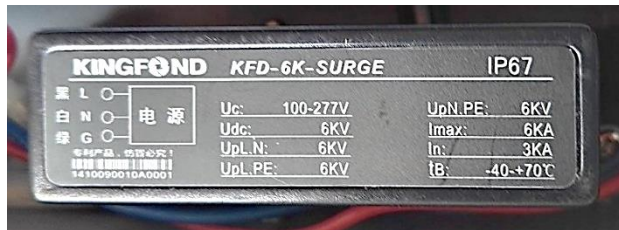


Figura 26. Protección Sobre-Tensión.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

✓ Conectores.

Estos elementos permiten la interconexión de los diferentes elementos internos de la luminaria, son mecanismos de presión que permiten conectar o desconectar dos o más cables de manera fácil.

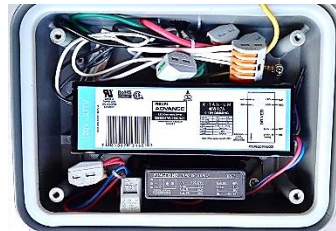


Figura 27. Conexiones Internas.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

✓ Panel led.

En este elemento se presenta el consumo de la energía eléctrica, ya que en él se encuentran la carga instalada (14 led en paralelo), los cuales al ser energizados por el voltaje DC entregado por el driver, se encienden generando la iluminación de estos, este panel posee una protección trasparente la cual también le sirve de concentrador lumínico.



Figura 28. Panel Led.
Tomada de: Concesión de Alumbrado Público.

3.6 ASPECTOS DE DISEÑO.

Al identificar cada uno de los elementos que conforma la luminaria a utilizar se podrá plantear y desarrollar un diseño electrónico, el cual permita reducir el consumo de energía por parte de la carga en ella instalada.

Para llevar a cabo el desarrollo del diseño se deberá tener en cuenta algunos parámetros de diseño que permitan aplicar el sistema electrónico dentro de la luminaria sin afectar su correcto funcionamiento pero a su vez lograr la reducción del consumo de energía por parte de la carga al generar una reducción de intensidad lumínica.

Aspectos a tener en cuenta:

✓ Diagrama de Conexiones Interno de Luminaria.

El diagrama de conexión de los diferentes elementos nos permite identificar que elementos serán los de influencia y acople del sistema de control electrónico a desarrollar, a continuación el esquema de conexión interno de la luminaria Júpiter 30 W.

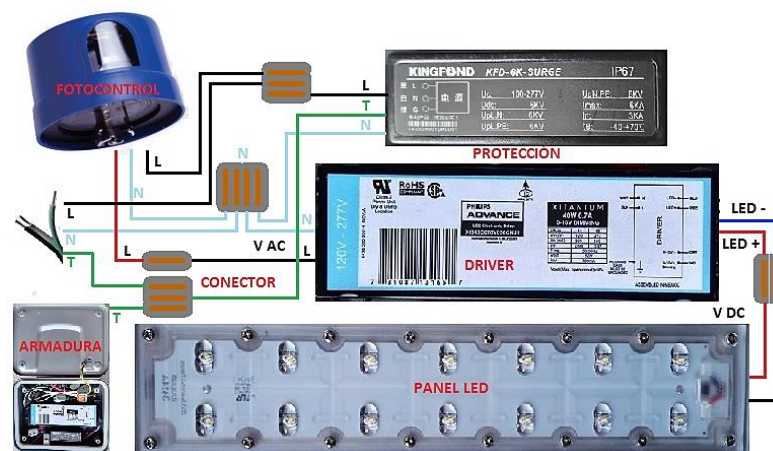


Figura 29. Diagrama de Conexión Luminaria Júpiter 30 W.

✓ Elementos Fundamentales.

Para lograr la disminución del consumo en el panel led se debe reducir su intensidad, la intensidad lumínica está directamente asociada con la potencia suministrada, por tal razón para realizar el control de variación de potencia se debe analizar qué elementos son indispensables y a su vez como pueden ser manipulados.

En este caso los elementos más indispensables son el Driver y el Panel Led, ya que retirando los demás elementos se podría generar el encendido de los led y así la iluminación de los mismos. Por tal motivo identificando de estos dos elementos que el Driver es el indicado para la implementación del control, debido que en él se presenta la transformación de niveles de tensión AC – DC y en cambio el led solo es la carga que consume la energía suministrada.

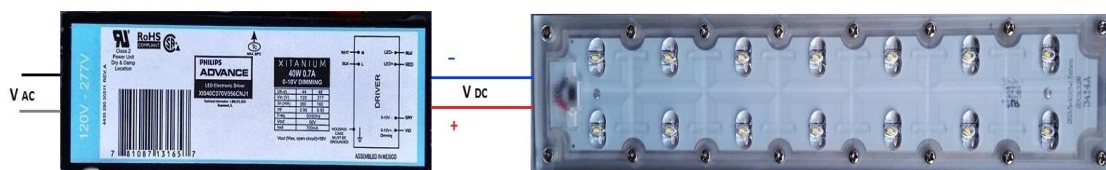


Figura 30. Elementos Fundamentales.

Para el método de control se plantea dos estrategias, control de disparo por Diac, Triac o control por ancho de pulso (PWM).

✓ **Identificación y Selección de la Conexión del Control de Intensidad.**

Al identificar que el elemento a tener en cuenta para el acople del sistema electrónico de control y potencia será el Driver, se optara por dos opciones para la conexión del acople, una a la entrada de tensión AC del Driver y otra opción en la Salida de tensión DC del Driver.



Figura 31. Opción para el Acople.

Teniendo en cuenta estas 2 opciones de acople para el sistema de control, más las 2 estrategias de control a usar, se analizara por medio de pruebas cuál de estas opciones es la más adecuada para el desarrollo del diseño electrónico.

✓ **Evaluación de Método de Control.**

Conociendo las estrategias de control y las opciones de acople del sistema de control a desarrollar, se realizó pruebas para determinar cuál de las opciones seria la indicada, estas pruebas fueron:

- **Control con Diac Triac - Voltaje de Entrada Driver V_{AC} .**

Al aplicar un circuito electrónico de potencia con Diac Triac a la entrada del voltaje del Driver, se realizó el control por disparo en el Triac sin presentarse variaciones en el voltaje de salida del Driver. Concluyendo que dicha opción no era viable.

- **Control PWM - Voltaje de Entrada Driver V_{AC} .**

Al aplicar el control por modulación de ancho de pulso (PWM), a la entrada del voltaje del Driver, se observó que el voltaje de salida del Driver en el rango de $(277-100) V_{AC}$ no variaba y se mantenía constante entre los rangos $(54-50) V_{DC}$, al aplicar un voltaje de entrada de 80

V_{AC} se obtuvo una caída de tensión de $0 V_{DC}$ en la salida por una instante de tiempo de 5 segundos y luego se estabilizó en $50 V_{DC}$, al aplicar voltajes inferiores de $70 V_{AC}$ el Driver se estabilizó y generaba un zumbido resonante. Concluyendo que dicha opción no era viable.

- **Control PWM - Voltaje de Salida Driver V_{DC} .**

Al aplicar el control por modulación de ancho de pulso (PWM), a la salida del voltaje del Driver V_{DC} , se observó que al variar el voltaje de salida del driver se variaba directamente proporcional el porcentaje de intensidad lumínica de los led del panel. Concluyendo que dicha opción era viable para el desarrollo del diseño electrónico de control.

3.7 DISEÑO.

Para el desarrollo del diseño electrónico de control y de potencia, se tuvo en cuenta desde el tipo de control a utilizar hasta los elementos a implementar, y así lograr el propósito de reducir el consumo de energía eléctrica en la carga instalada (panel led).

Para el diseño se tuvo en cuenta los siguientes criterios, conceptos y elementos a utilizar:

- ✓ **Control por PWM (Modulación por Ancho de Pulso).**

La técnica de PWM consiste en producir un pulso rectangular con un ciclo de trabajo determinado, este ciclo de trabajo puede variar de 0 a 100%. En las Figuras a continuación se muestran un pulso con un ciclo de trabajo del 50%, es decir $T_{on}/T = 0.5$ y un pulso con un ciclo de trabajo de 10%, es decir $T_{on}/T = 0.1$. (Terven Salinas, 2008)

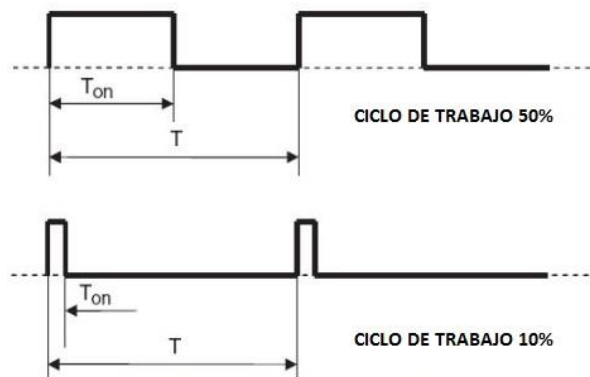


Figura 32. PWM, Ciclo de Trabajo 50% y 10%.

Tomada de: www.terven.com/itmaz/micros2/PIC32_10_PWM.pdf.

Un ciclo de trabajo del 0% significa que la señal siempre está nivel bajo; y un ciclo de trabajo del 100% significa la señal siempre en nivel alto, el número de casos intermedios posibles es un número finito llamado resolución del PWM y se expresa como Log_2 (número de casos). Por ejemplo si puede haber 256 ciclos de trabajo posibles se dice que el PWM tiene una resolución de $\text{Log}_2(256) = 8$ bits. (Terven Salinas, 2008)

De tal forma que si aplicamos el control por PWM al voltaje que suministra el Driver al Panel Led, la intensidad variara a medida que modifiquemos el ciclo de trabajo deseado.

✓ **Módulo Arduino Mega.**

Para la realización del control por PWM y teniendo en cuenta la versatilidad que ofrece los productos Arduino, se seleccionó el módulo Arduino Mega, el cual es de gama media y cuenta con un diseño pensado para control por PWM.

El modulo Mega 2560 es una placa electrónica basada en el Atmega 2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie de hardware), un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar. (Arduino, 2016)



Figura 33. Velocidad

Tomada de: www.arduino.cc/en/uploads/Main/AG_Mega.jpg.

A continuación se describen algunas especificaciones técnicas.

Microcontrolador	Atmega2560
Tensión de Funcionamiento	5V
Voltaje de Entrada (Recomendado)	7-12V
Voltaje de Entrada (Límite)	6-20V
E / S Digitales Prendedores	54 (de los cuales 15 Proporcionan Salida PWM)
Pines de Entrada Analógica	dieciséis
Corriente Continua para Pin I / O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB, 8 KB Utilizado por el Gestor 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 8. Especificaciones Técnicas.

Programación

El módulo de Mega 2560 se puede programar con el software de Arduino (IDE). Los Atmega 2560 en el 2560 mega viene pre programado con un cargador de arranque que le permite cargar nuevo código a ella sin el uso de un programador de hardware externo. Se comunica utilizando el protocolo original STK500. (Arduino, 2016)

También puede pasar por alto el gestor de arranque y programar el micro-controlador a través de la (programación serial en circuito) ICSP encabezado utilizando Arduino ISP o similar.

El ATmega16U2 (o 8U2 en el Rev1 y tableros Rev2) el código fuente del firmware está disponible en el repositorio Arduino . El ATmega16U2 / 8U2 se carga con un cargador de arranque DFU, que puede ser activado por:

- En las placas de conexión Rev1: el puente de soldadura en la parte posterior de la placa (cerca del mapa de Italia) y luego reiniciar el 8U2.
- En las placas de Rev2 o posteriores: existe una resistencia que tirando de la línea HWB 8U2 / 16U2 a tierra, por lo que es más fácil poner en modo DFU. A continuación, puede utilizar el software FLIP de Atmel (Windows) o el programador DFU (Mac OS X y Linux) para cargar un nuevo firmware. O puede utilizar la cabecera del ISP con un programador externo (sobrescribir el gestor de arranque DFU). Ver este tutorial aportado por el usuario para obtener más información. (Arduino, 2016)

Poder

El Mega 2560 puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente.

Potencia (no USB) externa puede venir con un adaptador de CA a CC o la batería. El adaptador se puede conectar a un enchufe. Los cables desde una batería pueden ser insertados en los GND y el pin Vin del conector de alimentación.

La tarjeta puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 voltios. Si se suministra con menos de 7V, sin embargo, el pasador de 5V puede suministrar menos de cinco voltios y la placa se puede volver inestable. Si se utiliza más de 12 V, el regulador de voltaje se puede sobrecalentar y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios. (Arduino, 2016)

Los pines de alimentación son como sigue:

- Vin. El voltaje de entrada al tablero cuando se trata de utilizar una fuente de alimentación externa (en contraposición a 5 voltios de la conexión USB o de otra fuente de alimentación regulada). Se puede suministrar tensión a través de este pin, o, si el suministro de tensión a través de la toma de alimentación, acceder a él a través de este pin.
- 5V. Este pin como salida una 5V regulada del regulador en el tablero. El tablero puede ser alimentado ya sea desde el conector de alimentación de CC (7 - 12 V), el conector USB (5V), o por el pin VIN del tablero (7-12V). El suministro de tensión a través de los

pasadores de 5V o 3.3V no pasa por el regulador, y puede dañar la placa. No aconsejamos ella.

- 3V3. Un suministro de 3,3 voltios generada por el regulador a bordo. consumo de corriente máximo es de 50 mA.
- GND. las patillas de tierra.
- Instrucción IOREF. Este pin en el tablero proporciona la referencia de tensión con la que opera el microcontrolador. Un escudo bien configurado puede leer el voltaje del pin instrucción IOREF y seleccione la fuente de alimentación adecuada o habilitar traductores de voltaje en las salidas para trabajar con el 5V o 3.3V.

Memoria

El Atmega2560 tiene 256 KB de memoria flash para almacenar el código (de la que se utiliza 8 KB para el cargador de arranque), 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM (que puede ser leído y escrito con la biblioteca EEPROM). (Arduino, 2016)

Entrada y salida

Cada uno de los 54 pines digitales en la Mega se puede utilizar como una entrada o salida, utilizando `pinMode ()` , `digitalWrite ()` , y `digitalRead ()` funciones. Operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir 20 mA como condición de funcionamiento recomendada y tiene una resistencia de pull-up (desconectada por defecto) de 20-50 k ohmios. Un máximo de 40 mA es el valor que no debe superarse para evitar daños permanentes en el microcontrolador.

Además, algunos pines tienen funciones especializadas:

- De Serie: 0 (RX) y 1 (TX); De serie 1: 19 (RX) y 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) y 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) y 14 (TX). Se utiliza para recibir (RX) y transmitir datos en serie (TX) TTL. Pines 0 y 1 también están conectados a los pasadores correspondientes del chip de serie ATmega16U2 USB-a-TTL.
- Las interrupciones externas: 2 (0 interrumpir), 3 (interrumpir 1), 18 (interrumpir 5), 19 (interrumpir 4), 20 (interrumpir 3), y 21 (interrumpir 2). Estos pasadores pueden configurarse para activar una interrupción en un nivel bajo, un flanco ascendente o descendente, o un cambio en el nivel. Ver el `attachInterrupt ()` la función para más detalles.
- PWM: 2 a 13 y 44 a 46. proporcionar una salida de PWM de 8 bits con el `analogWrite ()` función.
- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Estos pines soportan la comunicación SPI utilizando la librería SPI . Los pines SPI también se desglosan en la cabecera ICSP, que es físicamente compatible con el Arduino / Genuino Uno y las viejas tablas de Duemilanove y Diecimila Arduino.
- LED: 13. Hay un LED incorporado conectado al pin digital 13. Cuando el pasador es ALTO, el LED está encendido, cuando el pasador es bajo, es apagado.
- TWI: 20 (SDA) y 21 (SCL). TWI apoyo a la comunicación con la librería Wire . Tenga en cuenta que estos pines no están en la misma ubicación que los pines TWI sobre las viejas tablas de Duemilanove o Diecimila Arduino.

El Mega 2560 tiene 16 entradas analógicas, cada uno de los cuales proporcionan 10 bits de resolución (es decir, 1024 valores diferentes). Por defecto se miden desde el suelo a 5 voltios, aunque es posible cambiar el extremo superior de su rango usando el pin AREF y analogReference () función.

Hay un par de patas de la placa:

- AREF. Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Se utiliza con analogReference.
- Reiniciar. Llevar esta línea baja para reiniciar el microcontrolador. Normalmente se utiliza para añadir un botón de reinicio para escudos que bloquean la una en la mesa.

Comunicación.

El 2560 mega placa tiene una serie de instalaciones para la comunicación con un ordenador, la otra tabla, u otros microcontroladores. El Atmega2560 ofrece cuatro UART hardware para TTL (5V) de comunicación en serie. Un ATmega16U2 (ATmega 8U2 en las juntas de revisión 1 y 2) la revisión de los canales bordo de uno de ellos a través de USB y proporciona un puerto com virtual para el software en el equipo (máquinas de Windows necesitará un archivo .inf, pero las máquinas OSX y Linux reconocer la junta como un puerto COM automáticamente. el software de Arduino (IDE) incluye un monitor de serie que permite a los datos de texto simples para ser enviados hacia y desde el tablero. los LEDs RX y TX de la placa parpadean cuando se están transmitiendo datos a través de la ATmega8U2 / ATmega16U2 chip y conexión USB al ordenador (pero no para la comunicación en serie en los pines 0 y 1). (Arduino, 2016)

Una biblioteca Software Serial permite la comunicación en serie en cualquiera de los pines digitales del Mega 2560.

El Mega 2560 también es compatible con la comunicación TWI y SPI. El software de Arduino (IDE) incluye una librería Wire para simplificar el uso del bus TWI; véase la documentación para más detalles. Para la comunicación SPI, utilice la librería SPI.

Diagrama y Esquema de Pines.

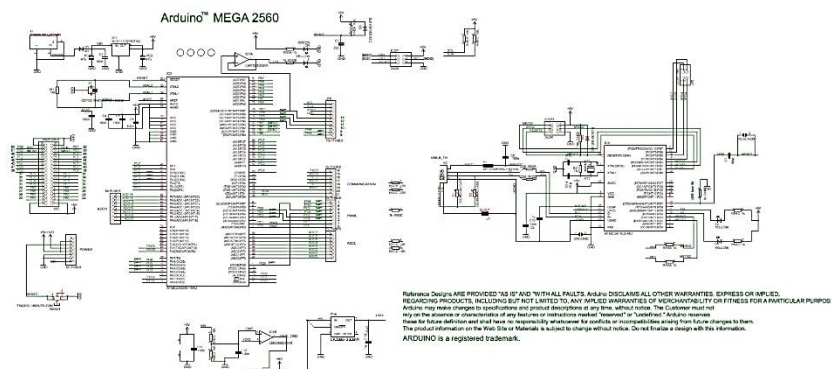


Figura 34. Diagrama Pines Arduino MEGA.

Tomada de: www.arduino.cc.

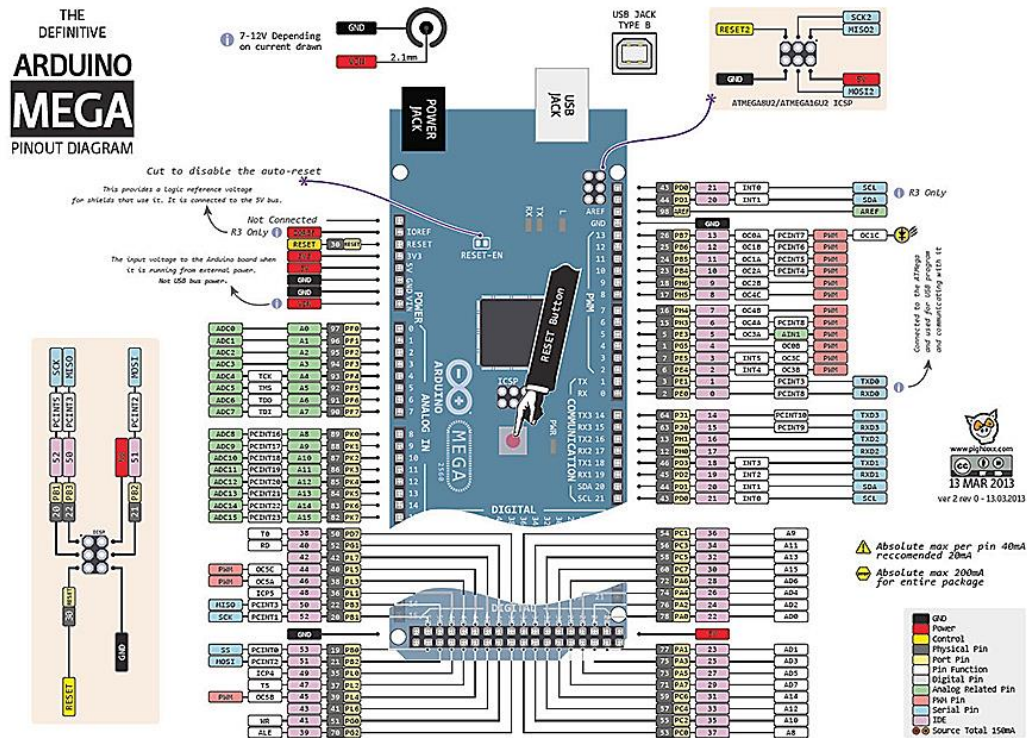


Figura 35. Velocidad
Tomada de: www.arduino.cc.

✓ Módulo RTC (Reloj de Tiempo Real).

Debido que es indispensable para el desarrollo del control contar con un reloj en tiempo real, el cual nos permita conocer qué hora del día es y así ejecutar la condición correspondiente a dicha hora. El módulo RTC a usar será e DS3231. (Factory, 2015)

El DS3231 es un reloj en tiempo real de alta exactitud que cuenta con un oscilador a cristal con compensación de temperatura (TCXO). El dispositivo incorpora una entrada para batería auxiliar y mantiene la cuenta precisa del tiempo incluso cuando la energía es interrumpida. La integración del cristal en el propio integrado asegura la exactitud a largo plazo del reloj.

El RTC DS3231 mantiene registro de segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año. La fecha es ajustada automáticamente a final de mes para meses con menos de 31 días, incluyendo las correcciones para año bisiesto. Otras características interesantes del DS3131 son sus 2 alarmas programables que pueden generar interrupciones a una hora/fecha programada y la salida de onda cuadrada programable que puede ser utilizada por otras partes del circuito como base de tiempo.

El DS3231 se comunica con el microcontrolador a través del bus I2C con solamente 2 pines que pueden ser compartidos por varios dispositivos como memorias EEPROM, Expansores de IO, Controladores PWM, etc. En este módulo acompañando al DS3231 tenemos una memoria I2C que puede ser utilizada para almacenar datos requeridos por la aplicación del usuario. Esta memoria comparte los mismos pines del bus I2C (SDA y SCL).

Características del Módulo Reloj en Tiempo Real DS3231.

- RTC Alta exactitud, maneja todas las funciones para el mantenimiento de fecha/hora.
- Exactitud de ± 2 ppm operando a una temperatura de 0°C a $+40^{\circ}\text{C}$.
- Módulo cuenta con reloj DS3231 y memoria EEPROM I2C.
- Cuenta con batería de respaldo.
- Registro de segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año con compensación de años bisiestos hasta 2100.
- El DS3231 Incluye sensor de temperatura con exactitud de ± 3 grados centígrados.
- 2 alarmas programables por hora/fecha.
- Salida de señal cuadrada programable.



Figura 36. Módulo RTC DS3231.

Tomada de: www.importadoranova.com/192-thickbox_default/modulo-reloj-de-tiempo-real-rtc-ds3231.jpg

✓ **Comunicación I²C.**

La comunicación entre el módulo RTC DS3231 y el módulo Arduino MEGA se realizará por medio del bus I²C ya que ambos módulos son compatibles para dicha comunicación.

El bus I²C, un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de “inteligencia”, sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa. Fue diseñado a este efecto por Philips y permite el intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad aceptable, de unos 100 Kbits por segundo. La metodología de comunicación de datos del bus I²C es en serie y sincrónica. Una de las señales del bus marca el tiempo (pulsos de reloj) y la otra se utiliza para intercambiar datos. (ELECTRO-AR, 2014)

✓ **Optoacoplador.**

Para realizar la conexión entre el módulo Arduino Mega y el circuito de potencia donde estarán conectados tanto el voltaje de salida del driver y la carga de la luminaria, se usará un optoacoplador 4N25 que cumpla la función de acoplar el circuito de control al circuito de potencia, y a su vez proteger el microcontrolador en caso de presentarse alguna sobrecarga o corto circuito tanto en el Driver o Panel led. Dicho optoacoplador será el 4N25 el cual se usará en control de potencia. (Vishay, 2012)

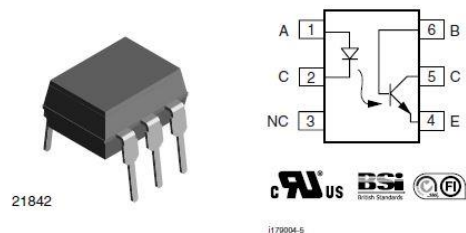


Figura 37. Optoacoplador 4N25.

Tomada de: www.vishay.com/docs/83725/4n25.pdf

Un Optoacoplador es un circuito integrado muy básico compuesto generalmente por un diodo LED y un fototransistor unidos de tal forma que cuando una señal eléctrica circula a través del LED haciendo que brille, la luz que este emite es recibida por la base del fototransistor, que empieza a actuar en modo saturación.

Puedes utilizar este dispositivo a modo de interfaz entre dos circuitos, de tal forma que quedarían unidos ópticamente, lo que a efectos de protección del circuito, se traduce en colocar una resistencia de un valor muy alto (muchos $M\Omega$), lo que lo hace especialmente útil para proteger contra los picos de tensión.

Como la luz que emite el LED varía en función de la tensión y la corriente que circulan por él y esta luz a su vez modifica el comportamiento del transistor, la señal eléctrica que tendrás a la salida (en el transistor) dependerá de la señal que tengas a la entrada, es decir, de cómo ataques el LED. (Vishay, 2012)

En la práctica esto se traduce en que si regulas bien el comportamiento de tu Optoacoplador (y los componentes necesarios para su funcionamiento), puedes conseguir que tu circuito aislador sea invisible en la práctica, es decir, no cambie el comportamiento de tu circuito global. Otra posibilidad es que te aproveches de la ganancia que te proporciona el fototransistor y lo utilices para amplificar la señal. En definitiva, como todo en electrónica, el límite es tu imaginación.

✓ **Transistor TIP 35C.**

Para realizar la conmutación del paso de corriente desde el Driver al panel led se usara el transistor TIP35C, el cual permite una mayor ganancia de los transistores más comunes como el TIP31C. (Embajadores, 2016)

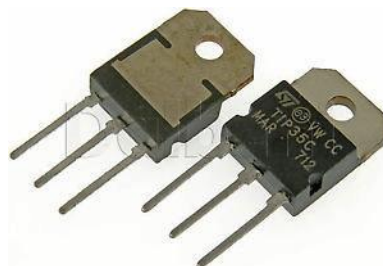


Figura 38. Transistor TIP35C.

Tomada de: www.electronicaembajadores.com/datos/pdf1/sm/smtr/tip35.pdf

Los transistores pueden ser usados como interruptores y amplificadores, en este caso se usara como un interruptor que a medida que se incremente la corriente en el pin de base, permitirá que la corriente pase desde el Driver al Panel Led y a medida que mayor sea la corriente que pase la intensidad se aumentara en los led y de modo contrario al reducir el paso de la corriente se disminuirá la intensidad.

Las características del TIP35C son:

- Polaridad del transistor: NPN
- Voltaje Emisor del Colector V (br) ceo: 100V
- Disipación de energía Pd: 125W
- Corriente del colector de CC: 25A
- Ganancia de corriente continua hFE: 50
- Estilo de caja del transistor: TO-247
- N. ° de Pines: 3
- Velocidades de voltaje del emisor de colector: 1,8V
- Corriente de colector continua Ic máx. : 25A
- Corriente Ic Continuo a Max: 25A
- Tensión IC hFE: 15A
- Marcador: TIP35C
- Temperatura de la potencia máxima: 25 ° C
- Ancho de banda de ganancia ft Min: 3MHZ
- Ganancia del ancho de banda Tipo: 3MHZ
- Mínimo de Hfe: 10
- N. ° de Transistores: 1
- Empaquetado / Estuche: TO-247
- Disipación de energía Pd: 125W
- Disipación de potencia Ptot Max: 125W
- Tensión Vcbo: 100V

✓ **DIP Switch.**

Para la identificación del sector a iluminar y debido que la intensidad varía dependiendo de la hora del día, se usara un DIP Switch de 4 pines el cual permitirá indicar el sector a iluminar y así el controlador a realizar.

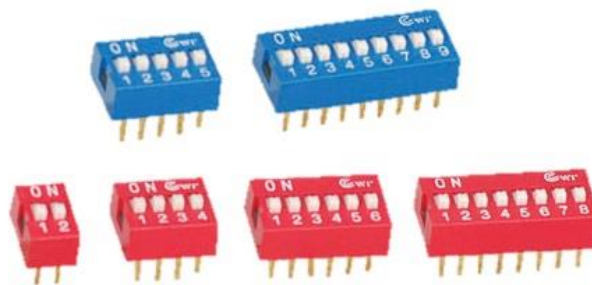


Figura 39. DIP Switch.

Tomada de://electronicaradical.blogspot.com.co/2015/04/dip-switch-interruptor-dip.html.

Un DIP Switch se trata de un conjunto de micro-interruptores eléctricos que se presenta en un formato encapsulado (que se denomina Dual In - Line Package - DIP), la totalidad del paquete de interruptores se puede también referir como interruptor DIP en singular, pueden contener 2, 4, 5, 6, 8 hasta 9 micro-interruptores. Es esta característica lo que diferencia a este micro-interruptor del resto. (Caraballo, 2015)

Este tipo de micro-interruptor se diseña para ser utilizado en un tablero similar al circuito impreso junto con otros componentes electrónicos y se utiliza comúnmente para modificar/personalizar el comportamiento hardware de un dispositivo electrónico en ciertas situaciones específicas.

Los interruptores DIP son una alternativa a los jumper (o puente, elemento que permite interconectar dos terminales de manera temporal sin tener que efectuar una operación que requiera una herramienta adicional). Sus ventajas es que son más rápidos y fáciles de configurar y cambiar y no hay piezas sueltas que perder. (Caraballo, 2015)

3.8 DIAGRAMA DEL DISEÑO.

A continuación se muestra el diagrama de conexiones de los diferentes elementos a usar para la elaboración del diseño planteado.

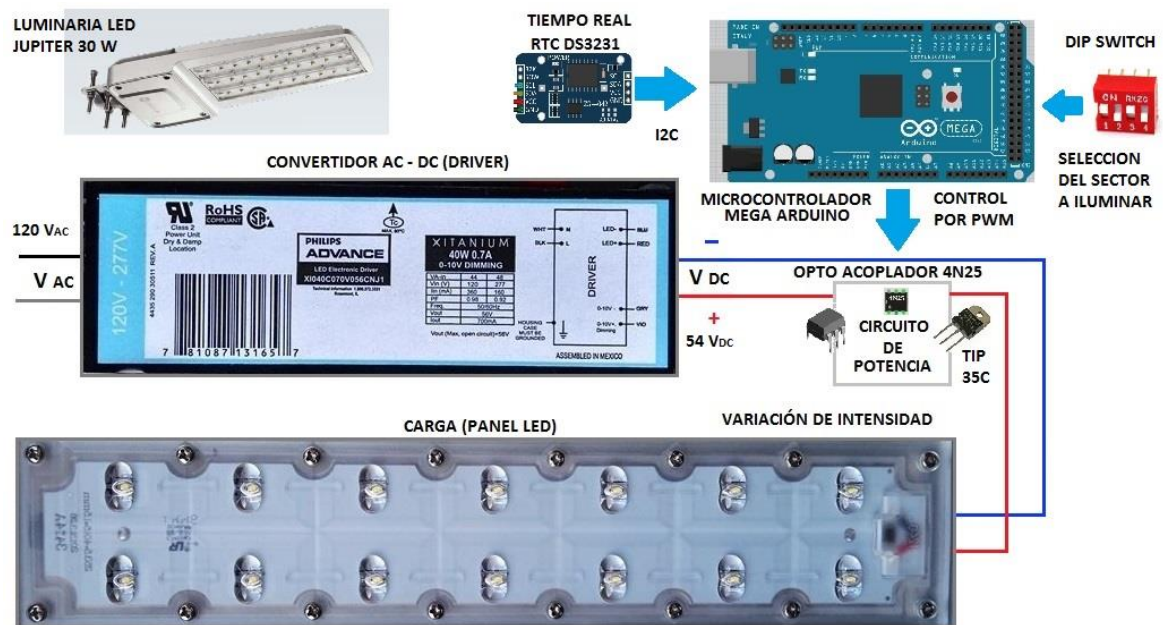


Figura 40. Diagrama de Conexiones de Diseño.

3.9 ELABORACION DEL DISEÑO.

Teniendo en cuenta todos los criterios y conceptos de diseño a continuación mostraremos los esquemas y diagramas del diseño desarrollado para el sistema electrónico de control y de potencia a utilizar para la reducción de consumo de las luminarias Júpiter de 30 W.

✓ Esquema Eléctrico de Conexiones.

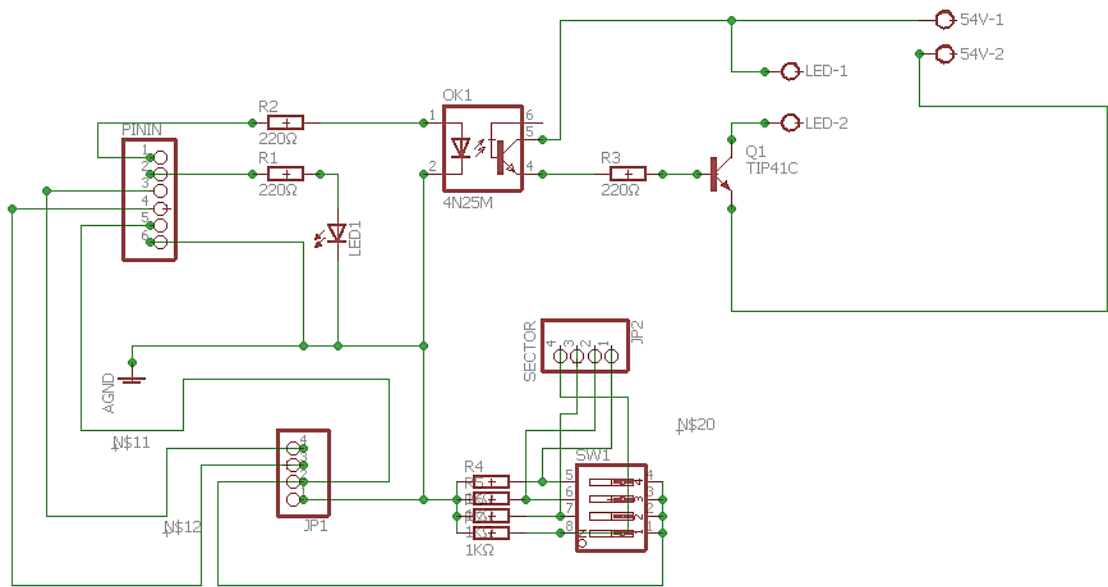


Figura 41. Esquema Eléctrico Circuito.

✓ Mascara de Componentes.

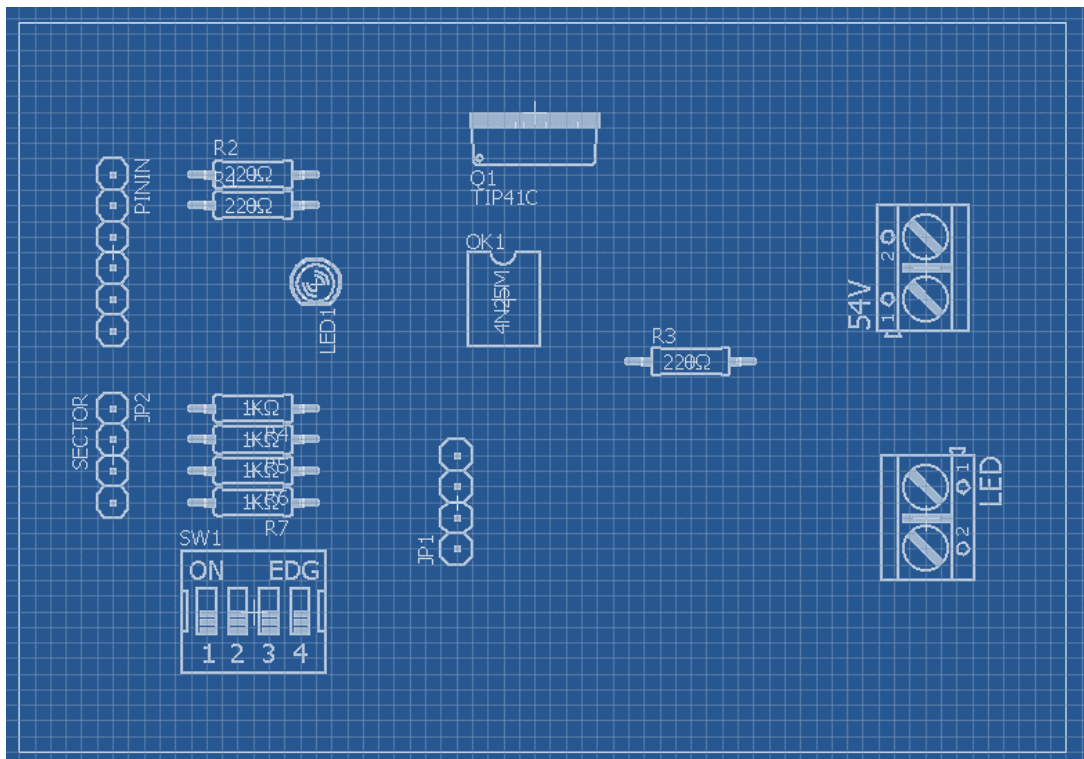


Figura 42. Mascara de Componentes.

✓ Esquema de PCB.

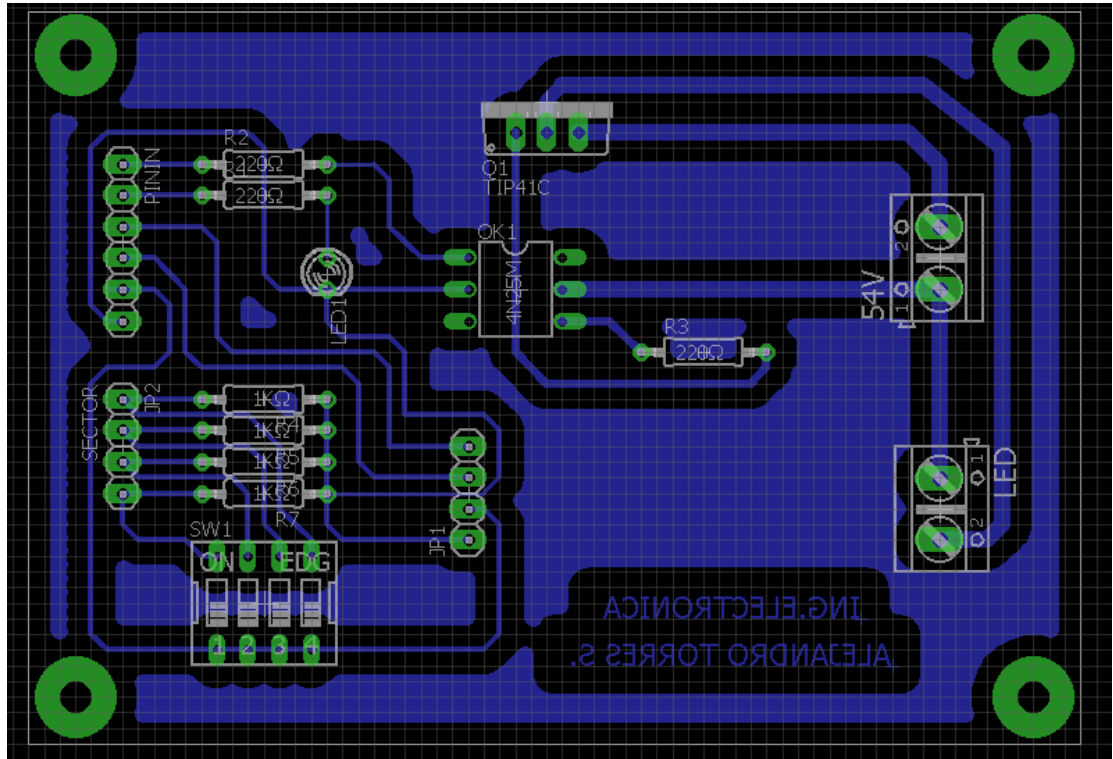


Figura 43. Esquema PCB.

✓ Esquema de Sectores a Iluminar.

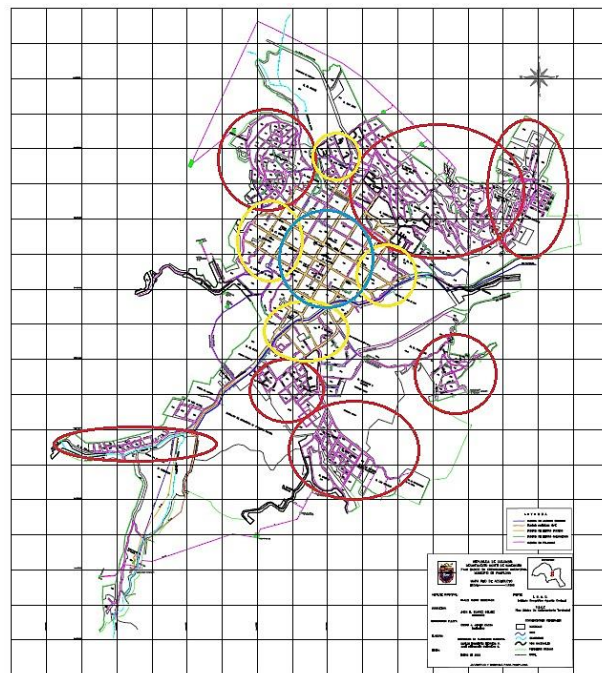


Figura 44. Zonas de Iluminación

En las zonas demarcadas por un círculos rojos es donde hay mayor cantidad de luminarias modelo Júpiter 30W y son zonas como: Cristo Rey Parte Alta y Baja, el Porvenir, Barrios Unidos, santa Marta Parte Alta y Baja, Las Margaritas, El Zulia, Los Tanques, San Pedro.

En las zonas demarcadas por un círculo amarillo es donde hay poca cantidad de luminarias modelo Júpiter de 30W y son zonas como: el Carmen, el guamo, las Américas, san Agustín, rio pamplonita, chapinero, ferias, la esperanza.

En la zona demarcada por un circulo azul es donde no hay luminarias modelo Júpiter 30W por ser zonas como parque principal, centro histórico, calles y avenidas alto tránsito vehicular y peatonal además de todas la vía nacional.

✓ Diagrama Código Programación.

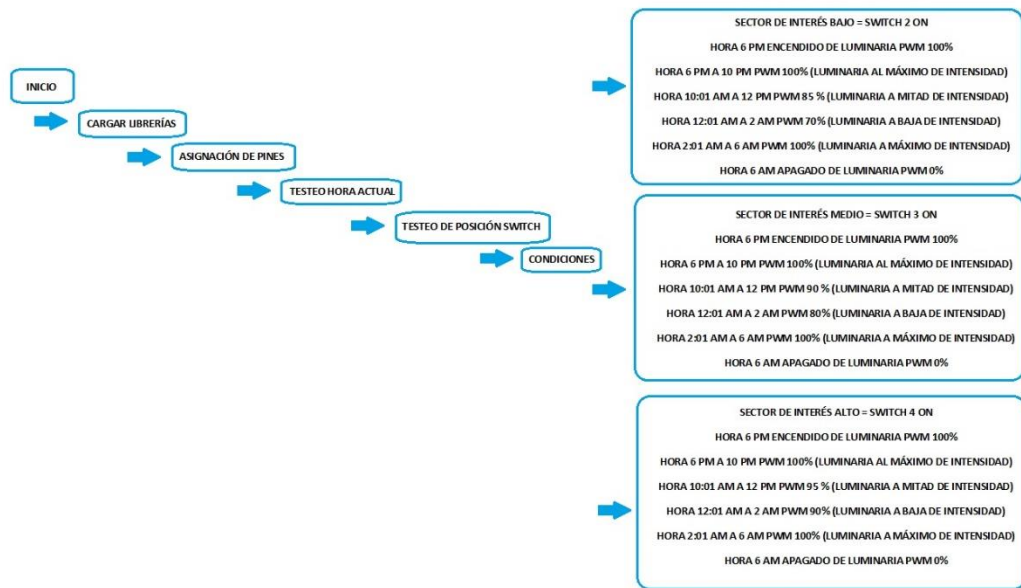


Figura 45. Flujo de Código de Programación

```

#include <DS1302.h>
#include <LiquidCrystal.h>
DS1302 rtc(SDA, SCL);
LiquidCrystal lcd(5, 9, 4, 5, 6, 7);
Time t;
void setup() {
  rtc.begin();
  lcd.begin(16,2);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  //rtc.setTime(19, 00, 00);
  //rtc.setDate(4, 11, 2016);
  void loop() {
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("HORA: ");
    lcd.print(rtc.getTimeStr());
    //lcd.setCursor(0,1);
    //lcd.print("Date: ");
    //lcd.print(rtc.getDateStr());
    t = rtc.getTime();
    //Serial.println(t.hour, DEC);
    //lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("SECTOR ");
    digitalWrite(17)*1;
    digitalWrite(16)*2;
    digitalWrite(15)*4;
    digitalWrite(14)*8;
    wwwpxnaxo;
    // sector 1
    if( w==1)
    {
      if( segundos > 0 && segundos < 30)
      {
        analogWrite(2,255);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 100%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_1");
      }
      if( segundos > 30 && segundos < 40)
      {
        analogWrite(2,200);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 85%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_2");
      }
      if( segundos > 40 && segundos < 60)
      {
        analogWrite(2,200);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 70%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_3");
      }
      if( segundos > 60 && segundos < 90)
      {
        analogWrite(2,255);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 100%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_4");
      }
      if( segundos > 90 && segundos < 120)
      {
        analogWrite(2,0);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 0%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_5");
      }
    }
    // sector 2
    if( w==2)
    {
      if( segundos > 0 && segundos < 30)
      {
        analogWrite(2,255);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 100%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_1");
      }
      if( segundos > 30 && segundos < 40)
      {
        analogWrite(2,200);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 85%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_2");
      }
      if( segundos > 40 && segundos < 60)
      {
        analogWrite(2,200);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 70%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_3");
      }
      if( segundos > 60 && segundos < 90)
      {
        analogWrite(2,255);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 100%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_4");
      }
      if( segundos > 90 && segundos < 120)
      {
        analogWrite(2,0);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 0%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_5");
      }
    }
    // sector 3
    if( w==3)
    {
      if( segundos > 0 && segundos < 30)
      {
        analogWrite(2,255);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 100%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_1");
      }
      if( segundos > 30 && segundos < 40)
      {
        analogWrite(2,200);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 80%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_2");
      }
      if( segundos > 40 && segundos < 60)
      {
        analogWrite(2,255);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 100%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_3");
      }
      if( segundos > 60 && segundos < 90)
      {
        analogWrite(2,0);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 0%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_4");
      }
      if( segundos > 90 && segundos < 120)
      {
        analogWrite(2,255);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 100%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_5");
      }
    }
    // sector 4
    if( w==4)
    {
      if( segundos > 0 && segundos < 30)
      {
        analogWrite(2,255);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 100%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_1");
      }
      if( segundos > 30 && segundos < 40)
      {
        analogWrite(2,200);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 95%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_2");
      }
      if( segundos > 40 && segundos < 60)
      {
        analogWrite(2,255);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 100%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_3");
      }
      if( segundos > 60 && segundos < 90)
      {
        analogWrite(2,0);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 0%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_4");
      }
      if( segundos > 90 && segundos < 120)
      {
        analogWrite(2,255);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("PWR 100%");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("ST_5");
      }
    }
  }
}
  
```

Figura 46. Código de Control de Intensidad Lumínico.

3.10 PRUEBAS DE PROTOTIPO Y FUNCIONAMIENTO.

A continuación se mostrar las pruebas realizadas al sistema electrónico de control y potencia plateado para la disminución de intensidad, utilizando el módulo Arduino mega, el módulo RTC sd3231, optoacoplador 4N25, transistor TIP35C y LCD Shield 16*2 para mostrar los sectores y la hora actual.

✓ Prototipo.

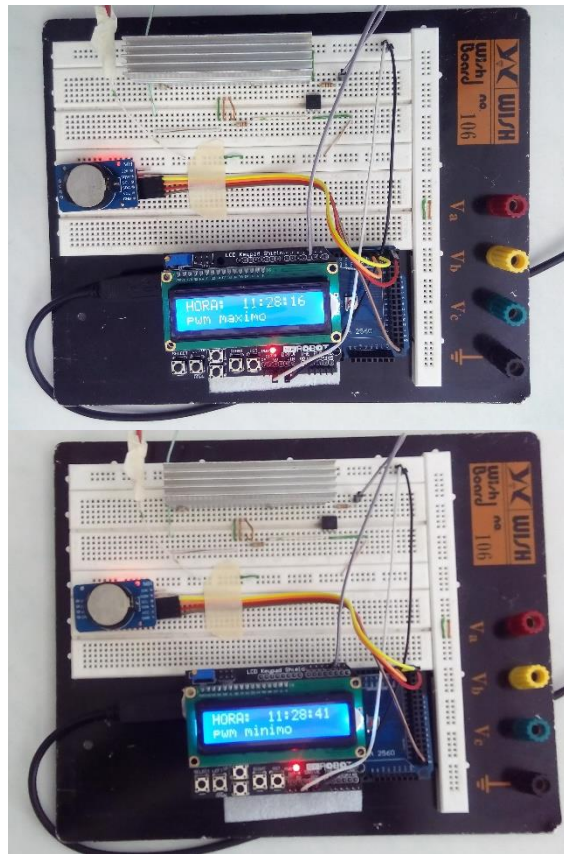


Figura 47. Prototipo con Modulo Mega, RCT, TIP35C y LCD.

✓ Mediciones Osciloscopio.

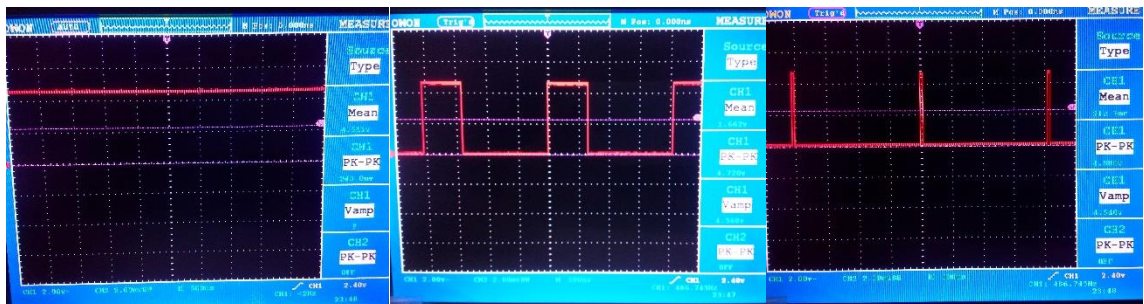


Figura 48. Mediciones al PWM Máximo, Medio y Mínimo Utilizados.

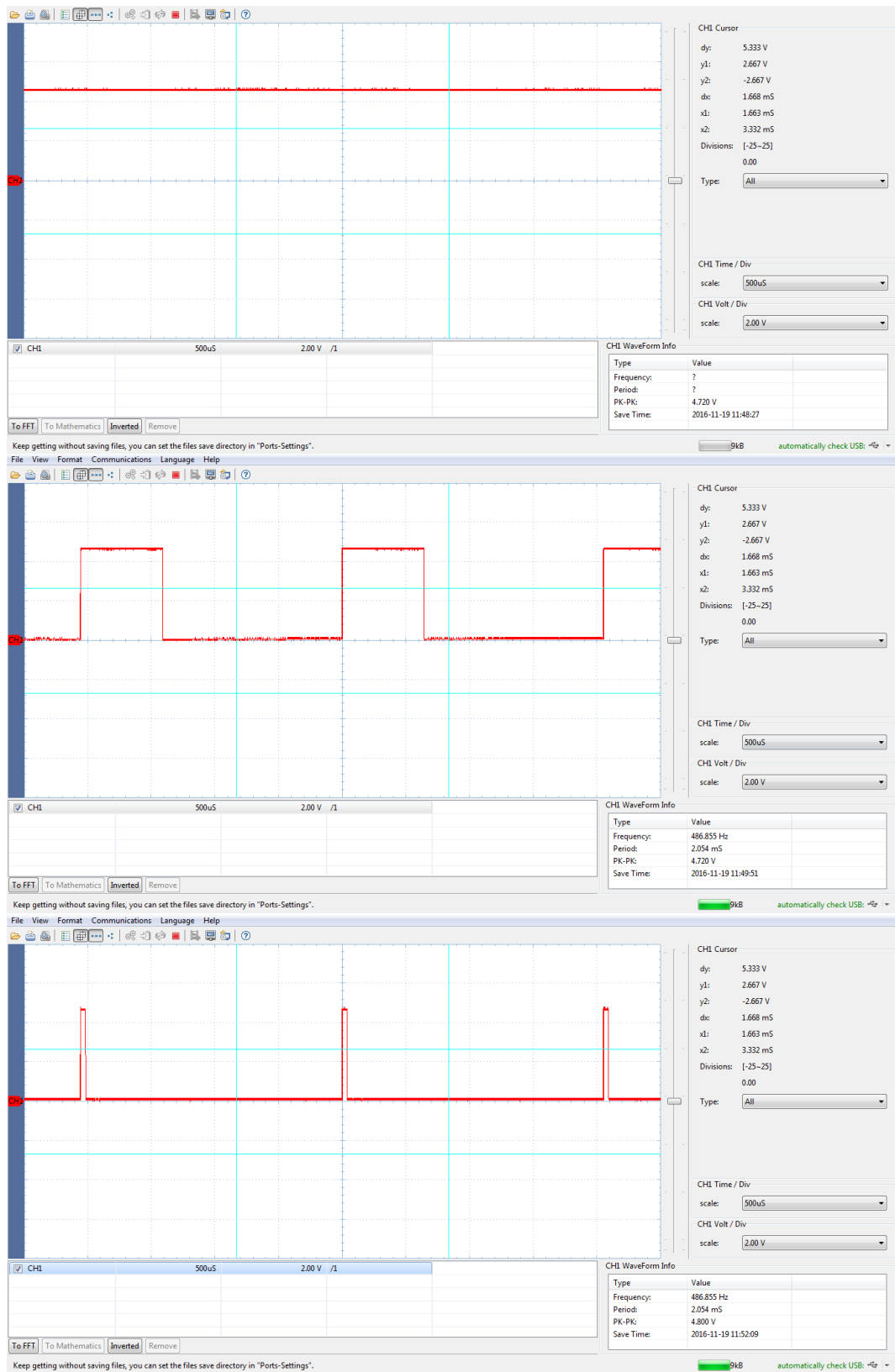


Figura 49. Mediciones Osciloscopio de PWM Máximo, Medio y Mínimo.

✓ **Intensidad Lumínica.**



Figura 50. Intensidad lumínica al 0%, 50% y 100%.

3.11 COSTOS.

Los materiales usados para el desarrollo de la alternativa planteada tuvieron un costo de precio unitario los cuales son indicados en la tabla a continuación.

DISPOSITIVO	COSTO PROTOTIPO
Arduino Mega 2560 con CH340	\$ 60.000
Módulo RTC DS3231	\$ 20.000
Transistor TIP35C	\$ 8.000
Fototransistor 4n25	\$ 2.500
Disipador de Aluminio	\$ 8.000
Buses de Conexión	\$ 8.000
Baquela	\$ 6.000
Borneras	\$ 2.000
Tornillos	\$ 4.000
TOTAL	\$ 118500

Tabla 9. Costos Total Prototipo.

Capítulo 4

ANÁLISIS COMPARATIVO

Resumen: Este capítulo abarca el análisis comparativo de la alternativa propuesta para el mejoramiento del uso eficiente de la energía eléctrica para el sistema de alumbrado Público.

4. ANÁLISIS COMPARATIVO

Para el desarrollo del trabajo de “*Alternativa para el uso eficiente de la energía eléctrica para sistema de alumbrado público del municipio de Pamplona*”, se tuvieron los siguientes criterios a comparar.

4.1 CONSUMO DE ENERGIA APROXIMADA.

Para determinar el consumo aproximado de energía eléctrica por parte de las 2012 luminarias instaladas modelo Júpiter 30 W en el municipio de Pamplona y así poder hacer una comparación entre la potencia consumida actualmente y la proyectada si se implementara la alternativa desarrollada.

4.1.1 Actual Sistema de Alumbrado Público.

El consumo aproximado de las 2012 luminarias de 30 W anualmente es de $P_{CONSUMIDA} = (2012 \text{ Luminarias}) * (0,03 \text{ KW} / \text{Hora}) * (12 \text{ Horas} / \text{Días}) * (30 \text{ Días} / \text{Mes}) * (12 \text{ Meses} / \text{Año}) = 260755 \text{ KW/año}$.

4.1.2 Alternativa para el Sistema de Alumbrado Público.

El consumo aproximado de la alternativa desarrollada en las 3 zonas seleccionadas y en los 4 horarios indicados es de **235668 KW/año**.

HORAS	6 pm a 9 pm	KW/AÑO	9 pm a 12 am	KW/AÑO	12 am a 3 am	KW/AÑO	3 am a 6 am	KW/AÑO	INTERES
ZONA 1	1350	43740	1350	37179	1350	30618	1350	43740	BAJO
PWM	100%	0,03	85%	0,0255	70%	0,021	100%	0,03	
ZONA 2	450	14580	450	13122	450	11664	450	14580	MEDIO
PWM	100%	0,03	90%	0,027	80%	0,024	100%	0,03	
ZONA 3	212	6868,8	212	6525,36	212	6181,92	212	6868,8	ALTO
PWM	100%	0,03	0,95	0,0285	0,9	0,027	100%	0,03	

Tabla 10. Consumo por Zonas y Horarios.

HORAS	KW/AÑO
6 pm a 9 pm	65188,8
9 pm a 12 am	56826,36
12 am a 3 am	48463,92
3 am a 6 am	65188,8
TOTAL	235667,9

Tabla 11. Consumo Total.

4.2 DISEÑO.

Los criterios a tener en cuenta para el análisis del diseño son; el tamaño de los elementos a usar o reemplazar y la viabilidad de su acoplamiento a la luminaria de prueba.

4.2.1 Actual Sistema de Alumbrado Público.

En el sistema actual de alumbrado público la luminaria cuenta con una armadura la cual posee un compartimiento donde se alojan los demás elementos como driver, fotocontrol, protección sobretensión y panel led.

En este compartimiento al ser distribuidos y acomodados los diferentes elementos, la base del fotocontrol y el fotocontrol quedan por fuera del compartimiento quedando expuestos a la radiación solar y variaciones climáticas que lo van envejeciendo y a su vez deteriorando, en algunos casos el fotocontrol se desacomoda o queda mal instalado permite el ingreso de agua lluvia por las ranuras de conexión del mismo y así afectando la integridad de los demás componentes internos que al contacto con el agua producen corto circuito.

4.2.2 Alternativa para el Sistema de Alumbrado Público.

En el diseño alternativo los elementos electrónicos son compactos, permitiendo su acople dentro del compartimiento de la luminaria, a su vez ya que el control de encendido y apagado no se realiza por medio de fotocontrol sino por medio del microcontrolador, garantizara que todos los elementos queden dentro del compartimiento y no expuestos al ambiente permitiendo tener mayor índice de protección.

4.3 PRESUPUESTOS GENERALES DE COSTOS.

Tanto el sistema actual como el diseño alternativo de alumbrado público presentan costos, los cuales permiten conocer un aproximado de los gastos a los cuales se vería sometido el funcionamiento y operación.

4.3.1 Actual Sistema de Alumbrado Público.

En el análisis de costo del estado actual del sistema de alumbrado público se tiene en cuenta los elementos que sufren más desgaste y a su vez son los que más deben ser reemplazados para prestar un servicio constante de iluminación.

El elemento que más genera costos es el fotocontrol, que a su vez cumple la función de encendido y apagado de la luminaria, cuando este elemento se daña por su ciclo útil o por factores externos debe ser reemplazado inmediatamente. El valor unitario de este componente es de \$15000, y teniendo en cuenta que son 2012 luminarias sobre la cual está planteado el desarrollo de la alternativa, en total sería \$31.000.000 los cuales se ahorrarían al no usar como método de encendido fotocontroles.

4.3.2 Alternativa para el Sistema de Alumbrado Público.

En el análisis de costo para la alternativa propuesta se consideró que al llegar implementarse dicha alternativa, la cantidad de módulos serían 2012 unidades que son la cantidad de luminarias modelo Júpiter 30W.

Los costos del prototipo desarrollado fueron, (ver tabla 9). Teniendo en cuenta que el costo total del prototipo sería de \$ 118.500 pesos, se debe tener en cuenta que al desarrollar 2012 unidades el costo se reduciría considerablemente al usar ya un diseño más específico, y así ya no requerir del módulo completo de Arduino y de RTC que son el 70 % de costo total del prototipo, también al mandar a realizar la fabricación de los impresos y compra de materiales al mayor su costo bajaría a un aproximado de \$20.000.

Entre más cantidades se fabriquen, el valor de costo unitario disminuirá, permitiendo que su rentabilidad y viabilidad se incrementen.

4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

En el análisis entre el estado actual y la posible implementación de la alternativa propuesta, se puede evidenciar que cada uno de ellos tiene ventajas y desventajas debido a sus características de diseño y funcionamiento.

4.4.1 Ventajas y Desventajas del Actual Sistema de Alumbrado Público.

El sistema de alumbrado actual cuenta con las siguientes ventajas:

- Las luminarias tipo led brindan una mayor eficiencia al momento de iluminar a una mayor intensidad lumínica y menor consumo de energía.
- Cuentan con elementos como el Driver para estabilidad del voltaje de funcionamiento y con Protecciones sobretensión para proteger de algún incremento de energía.
- Las luminarias modelo Júpiter cuentan con un diseño muy compacto que las hace versátiles para la manipulación e instalación.
- Su armadura o carcasa les permite servir como disipador de calor y al contar con conexión a puesta tierra proteger al operario y sus elementos.

El sistema de alumbrado actual cuenta con las siguientes desventajas:

- Una de sus más grandes desventajas es que no todos sus elementos se encuentran internamente protegidos, uno de estos es el fotocontrol el cual por sus características debe ser instalada en la parte superior de la luminaria y queda expuesto al ambiente.
- La luminaria al tener unas ranuras de conexión para el fotocontrol, permite el acceso de agua al interior cuando el fotocontrol queda mal instalado o es desacomodado por algún agente externo.

4.4.2 Ventajas y Desventajas de la Alternativa para el Sistema de Alumbrado Público.

El sistema de alumbrado alternativo cuenta con las siguientes ventajas:

- Al poder variar la intensidad lumínica de los led, se reduce el consumo de energía directamente proporcional a la reducción de la intensidad deseada.
- Al reemplazar el fotocontrol por el sistema de control electrónico desarrollado, todos los elementos de la luminaria quedarían protegidos y así se aumenta el índice de protección IP.
- Al poder contar con alternativas de selección de intensidad para la luminaria, se podrá contar con un plan de sectorización y así brindar un servicio más eficiente e inteligente.
- Al poder realizar una reducción del consumo de energía eléctrica, el impacto ambiental se reduciría al reducir la demanda de energía por parte de los sistemas de alumbrado público.

El sistema de alumbrado alternativa cuenta con las siguientes desventajas:

- Una de sus desventajas es que al momento de su implementación e instalación de las luminarias con el dispositivo de control electrónico, sería más complejo y demorado, al tener que identificar el tipo de sector y su condición de intensidad horaria.
- Las luminarias actuales si llegase a implementar la alternativa desarrollada deberían ser modificadas al tener que sellarse el orificio que dejaría el retiro de la base y fotocontrol, y a su vez el reacomodo de los elementos dentro del compartimiento de la luminaria.

Capítulo 5

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Resumen: Este capítulo presenta los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidos a partir del desarrollo de la alternativa planteada para la reducción del consumo de energía por parte del sistema de alumbrado público.

5. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 RESULTADOS.

Como resultado de este proyecto se ofrece una alternativa, la cual permite controlar los niveles de intensidad lumínica de las luminarias modelos Júpiter de 30 W, instaladas en el municipio de Pamplona, al tener en cuenta tanto el sector a iluminar y la hora.

Así mismo, se espera que el desarrollo de esta alternativa sirva para impulsar nuevas ideas que contribuyan con el uso eficiente de la energía eléctrica y así reducir los niveles de consumo energéticos a nivel local, nacional e internacional.

Al calcular la diferencia entre el consumo actual (260700 KW / año) y el consumo que se tendría al implementar la alternativa (235700 KW / año), inicialmente se tendría una reducción aproximada de 25000 KW / año.

Conociendo que el consumo aproximado que se reduciría al implementar la alternativa propuesta de 25000 KW / año, y conociendo que el valor actual de \$ 504 KW/H, se estaría dejando de gastar o pagar en el año el valor de \$ 118.776.612, por concepto de alumbrado público.

Aporte al desarrollo de nuevas alternativas que contribuyan a la reducción del consumo de energía y así a la disminución del impacto ambiental que actualmente nos afecta en tiempos de sequía.

Se logró garantizar la eficiencia en el funcionamiento de la luminaria al aplicar el control por PWM al voltaje DC que suministraba el driver al panel led, debido que si se aplicaba al voltaje de entrada de la red eléctrica al driver, no se presentaban variaciones y en algunos casos extremos se estabilizaba el driver generando un zumbido audible.

Si llegase a implementarse la alternativa desarrollada se cambiaría de un control ON/OFF efectuado por el fotocontrol a un control electrónico por PWM efectuado por el circuito electrónico de potencia y el microcontrolador el cual tendría un reloj de tiempo real.

5.2 CONCLUSIONES.

La alternativa planteada y desarrollada brindaría una reducción tanto en el consumo de energía eléctrica y a su vez un ahorro económico al año aproximadamente de \$ 118.776.612, si se llegase a implementar solamente en las 2012 luminarias modelo Júpiter de 30 W.

Al desarrollar el diseño electrónico planteado y por medio de la implementación del control por PWM, se logró variar los niveles de intensidad del panel led, a medida que se modulaba el ancho de pulso útil de 100% a 0 % en el voltaje suministrado por el driver de 54 V_{DC}, se obtuvieron variaciones de intensidad desde la mayor posible hasta una intensidad nula.

En el desarrollo de esta alternativa solo se plantea y se desarrolla un prototipo que permita mejor el uso eficiente de la energía eléctrica, debido que la implementación dependerá de las políticas ambientales y de eficiencia energética que la actual concesión de alumbrado público y la administración municipal, decidan efectuar en pro del mejoramiento del sistema de alumbrado público actual.

En el diseño planteado se utilizaron para el desarrollo del prototipo dos módulos (Arduino Mega y el RTC SD3231), los cuales al ser prácticos para el desarrollo del diseños electrónicos se usaron como base, pero si llegado el caso de implementarse la alternativa desarrollada deberán tenerse en cuenta que al fabricar la tarjeta electrónica de control y de potencia se reducirán los tamaños y costos del prototipo desarrollado debido a su uso específico.

Los costos presentes en la implementación de la alternativa desde la fabricación de los 2012 módulos para las luminarias, hasta la adecuación del sistema actual se verían reflejado al realizar el balance de gastos y los porcentajes de ahorro aproximado tanto en la reducción del consumo y el ahorro del no uso de fotocontroles.

El planteamiento e implementación de nuevas alternativas que permitan mejor el uso eficiente de la energía eléctrica, permitirá que se reduzcan los altos índices de generación eléctrica y así se reduca el impacto ambiental de estas fuentes contaminantes.

5.3 RECOMENDACIONES.

- En casos de efectuarse la implementación de la alternativa propuesta en este trabajo de grado se recomienda que al realizar el proyecto de mejoramiento del sistema de alumbrado actual del municipio de Pamplona, se tengan en cuenta que actualmente existen 3500 luminarias de diferentes modelos y potencias, y a su vez se debería indicar y seleccionar cuál de los sectores iluminados se le pueden realizar disminuciones de intensidad sin afectar al eficiencia del servicio prestado.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arduino. (2016). <https://www.arduino.cc/>. (Arduino) Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- BIGTRONICA. (2016). <http://bigtronica.com/>. (BIGTRONICA) Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://www.bigtronica.com/img/cms/arduino-mega-pinout-diagram.png>
- Caraballo, G. M. (7 de Abril de 2015). <http://electronicaradical.blogspot.com.co/>. (Electrónica Radical) Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://electronicaradical.blogspot.com.co/2015/04/dip-switch-interruptor-dip.html>
- Conermex. (2016). <http://www.conermex.com.mx/>. (Conermex) Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de http://www.conermex.com.mx/files/image/proyectos/3_n.jpg
- ELECTRO-AR. (19 de Junio de 2014). <https://electro2ar.wordpress.com/>. (ELECTRO-AR) Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de <https://electro2ar.wordpress.com/2014/06/19/comunicacion-i2c-entre-arduinos/>
- Embajadores, E. (2016). <http://www.electronicaembajadores.com/>. (Electrónica Embajadores) Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://www.electronicaembajadores.com/datos/pdf1/sm/smtr/tip35.pdf>
- Factory, G. (5 de Octubre de 2015). <http://www.geekfactory.mx/>. (Geek Factory) Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de <http://www.geekfactory.mx/?s=rtc>: <http://www.geekfactory.mx/tienda/modulos-para-desarrollo/ds3231-modulo-reloj-en-tiempo-real/>
- Integrated, M. (2016). <https://www.maximintegrated.com>. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>
- SHEET, A. D. (2003 - 2016). <http://www.alldatasheet.com/>. (ALL DATA SHEET) Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=4n25>
- STMicroelectronics. (2008). http://www.st.com/content/st_com/en.html. (STMicroelectronics) Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://www.electronicaembajadores.com/datos/pdf1/sm/smtr/tip35.pdf>
- Tech, G. W. (22 de Enero de 2016). <http://www.globalwatertech.com.mx/>. (Global Water Tech) Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de http://www.globalwatertech.com.mx/cm4all/iproc.php/Solar/Luminaria%20Solar.jpg?downsize_1280_0/Luminaria%20Solar.jpg
- Terven Salinas, J. R. (2008). <http://www.tervenet.com>. Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de <http://www.tervenet.com/itmaz/micros2.html>: http://www.tervenet.com/itmaz/micros2/PIC32_10_PWM.pdf
- TuElectronica. (2016). <http://www.tuelectronica.es/>. (Tu Electronica) Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de http://www.tuelectronica.es/imagenes/tutoriales/arduino/rtc_ds1307/RTC_DS1307_08.gif
- Vishay. (2012). <http://www.vishay.com/>. (Vishay) Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://www.vishay.com/docs/83725/4n25.pdf>

ANEXOS

Resumen: En este aparte se muestran las fichas técnicas de los componentes sugeridos para el desarrollo de éste proyecto.

7. ANEXOS

ANEXO 1. DATA SHEET MÓDULO RCT DS3231.

DS3231

Extremely Accurate I²C-Integrated
RTC/TCXO/Crystal

General Description

The DS3231 is a low-cost, extremely accurate I²C real-time clock (RTC) with an integrated temperature-compensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device as well as reduces the piece-part count in a manufacturing line. The DS3231 is available in commercial and industrial temperature ranges, and is offered in a 16-pin, 300-mil SO package.

The RTC maintains seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. Two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output are provided. Address and data are transferred serially through an I²C bidirectional bus.

A precision temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the status of V_{CC} to detect power failures, to provide a reset output, and to automatically switch to the backup supply when necessary. Additionally, the RST pin is monitored as a pushbutton input for generating a μ P reset.

Benefits and Features

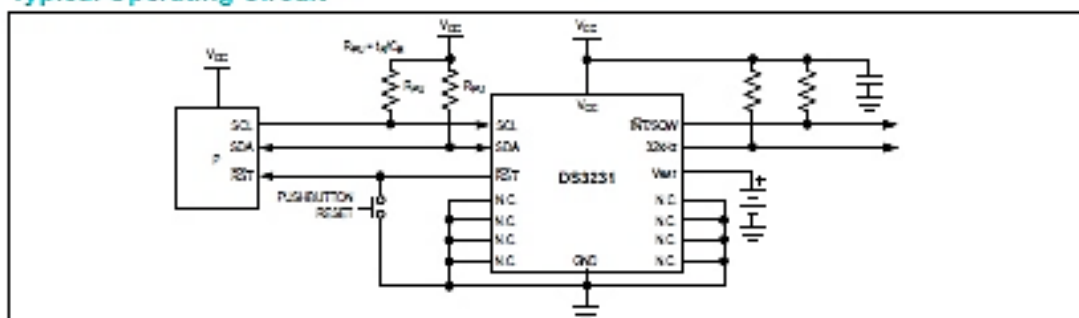
- Highly Accurate RTC Completely Manages All Timekeeping Functions
 - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year, with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
 - Accuracy ± 2 ppm from 0°C to +40°C
 - Accuracy ± 3.5 ppm from -40°C to +85°C
 - Digital Temp Sensor Output: $\pm 3^\circ\text{C}$ Accuracy
 - Register for Aging Trim
 - RST Output/Pushbutton Reset Debounce Input
 - Two Time-of-Day Alarms
 - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Interface Connects to Most Microcontrollers
 - Fast (400kHz) I²C Interface
- Battery-Backup Input for Continuous Timekeeping
 - Low Power Operation Extends Battery-Backup Run Time
 - 3.3V Operation
- Operating Temperature Ranges: Commercial (0°C to +70°C) and Industrial (-40°C to +85°C)
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized

Applications

- Servers
- Telematics
- Utility Power Meters
- GPS

Ordering Information and Pin Configuration appear at end of data sheet.

Typical Operating Circuit



Underwriters Laboratories is a registered certification mark of Underwriters Laboratories Inc.



19-0170 Rev 10 3/15

ANEXO 2. DATA SHEET OPTOACOPLADOR 4N25.

4N25, 4N26, 4N27, 4N28

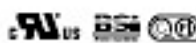
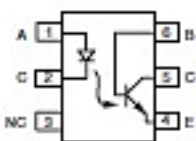
Vishay Semiconductors



Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection



21042



FEATURES

- Isolation test voltage 5000 V_{RMS}
- Interfaces with common logic families
- Input-output coupling capacitance < 0.5 pF
- Industry standard dual-in-line 6 pin package
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC



RoHS
COMPLIANT

APPLICATIONS

- AC mains detection
- Reed relay driving
- Switch mode power supply feedback
- Telephone ring detection
- Logic ground isolation
- Logic coupling with high frequency noise rejection

AGENCY APPROVALS

- UL1577, file no. E52744
- BSI: EN 60065:2002, EN 60950:2000
- FIMKO: EN 60950, EN 60065, EN 60335

DESCRIPTION

The 4N25 family is an industry standard single channel phototransistor coupler. This family includes the 4N25, 4N26, 4N27, 4N28. Each optocoupler consists of gallium arsenide infrared LED and a silicon NPN phototransistor.

ORDER INFORMATION	
PART	REMARKS
4N25	CTR > 20 %, DIP-6
4N26	CTR > 20 %, DIP-6
4N27	CTR > 10 %, DIP-6
4N28	CTR > 10 %, DIP-6

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (†)				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
INPUT				
Reverse voltage		V_R	5	V
Forward current		I_F	60	mA
Surge current	$t \leq 10 \mu s$	I_{FSM}	3	A
Power dissipation		P_{tot}	100	mW
OUTPUT				
Collector emitter breakdown voltage		V_{CEO}	70	V
Emitter base breakdown voltage		V_{EB0}	7	V
Collector current		I_C	50	mA
	$t \leq 1 ms$	I_C	100	mA
Power dissipation		P_{tot}	150	mW

ANEXO 3. DATA SHEET TRANSISTOR TIP35C.



TIP35C
TIP36C

Complementary power transistors

Features

- Low collector-emitter saturation voltage
- Complementary NPN - PNP transistors

Applications

- General purpose
- Audio amplifier

Description

The devices are manufactured in planar technology with "base island" layout. The resulting transistors show exceptional high gain performance coupled with very low saturation voltage.

Figure 1. Internal schematic diagrams

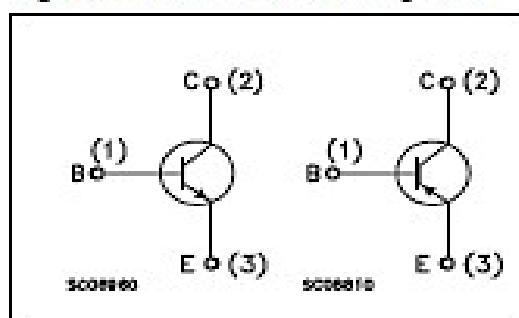
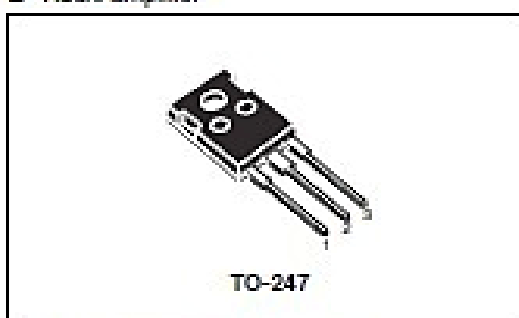


Table 1. Device summary

Order code	Marking	Package	Packaging
TIP35C	TIP35C	TO-247	Tube
TIP36C	TIP36C		

Table 2. Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter	Value		Unit
		NPN	TIP35C	
		PNP	TIP36C	
V_{CB0}	Collector-base voltage ($I_E = 0$)		100	V
V_{CE0}	Collector-emitter voltage ($I_B = 0$)		100	V
V_{EB0}	Emitter-base voltage ($I_C = 0$)		5	V
I_C	Collector current		25	A
I_{CM}	Collector peak current ($t_p < 5$ ms)		50	A
I_B	Base current		5	A
P_{tot}	Total dissipation at $T_{case} = 25$ °C		125	W
T_{stg}	Storage temperature		-65 to 150	°C
T_J	Max. operating junction temperature		150	°C

For PNP type voltage and current values are negative.

Table 3. Thermal data

Symbol	Parameter	Value	Unit
$R_{\theta j-case}$	Thermal resistance junction-case	max 1	°C/W