 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigilancia Mineducación	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(116)</b>	

### RESUMEN - TESIS DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>LIBARDO SANGUINO QUINTERO VICTOR DANILO SANCHEZ BACCA</b>
<b>FACULTAD</b>	<b>INGENIERIA</b>
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERIA MECANICA</b>
<b>DIRECTOR</b>	<b>GÓMEZ CAMPEROS JULY ANDREA</b>
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO PARA EL MONITOREO DE UN BANCO EXPERIMENTAL DE ALUMBRADO A TRAVÉS DE TELEGESTION</b>

#### RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

ESTE PROYECTO ESTÁ ORIENTADO EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE ALUMBRADO QUE SE ENCARGUE DE REALIZAR EL ENCENDIDO Y APAGADO DE LÁMPARAS, ADEMÁS DE MONITOREAR LOS VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE, POTENCIA Y CONSUMO DE LA ENERGÍA DEL SISTEMA, COMO TAMBIÉN EL CONTROL DEL TIEMPO QUE EL SISTEMA SE ENCUENTRE ENCENDIDO O APAGADO, ESTA OPERACIÓN SE PUEDE PROGRAMAR POR MEDIO DE UNOS CONTROLES NUMÉRICOS.

#### CARACTERÍSTICAS

<b>PÁGINAS: 116</b>	<b>PLANOS: 0</b>	<b>ILUSTRACIONES: 1</b>	<b>CD-ROM: 1</b>
---------------------	------------------	-------------------------	------------------



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO PARA EL  
MONITOREO DE UN BANCO EXPERIMENTAL DE ALUMBRADO A TRAVÉS DE  
TELEGESTION**

**LIBARDO SANGUINO QUINTERO  
VICTOR DANILO SANCHEZ BACCA**

**Trabajo de grado como requisito para optar el título de Ingeniero Mecánico**

**Directora:**

**JULY ANDREA GÓMEZ CAMPEROS**

**© MS. Ing. Mecatrónica**

**Codirector:**

**FERNADO JESUS REGINO UBARNES**

**© MS. Ing. Electromecánico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**INGENIERIA MECANICA**

**Ocaña, Colombia**

**Julio, 2019**

## **Agradecimientos**

*Agradeciendo primeramente a Dios por permitirnos culminar con el desarrollo de este proyecto y acompañarnos siempre en nuestros caminos, el cual nos dio la fuerza para continuar en situaciones en que sentíamos desfallecer, a nuestra directora y codirector de tesis por sus orientaciones, compartir sus conocimientos y velar por llegar a la meta de convertirnos en profesionales, a nuestros padres, Cristo Humberto Sanguino y a mi hermana Deyanira sanguino Quintero; por contribuir a que lográramos escalar un peldaño más en nuestras vidas y quienes con amor se preocupan constantemente por nuestro futuro y bienestar, familiares y amigos por su gran apoyo incondicional.*

*Libardo Sanguino Quintero*

*Víctor Danilo Sánchez Bacca*

## Índice

Capítulo 1. Desarrollo de un sistema de control supervisorio para el monitoreo de un banco experimental de alumbrado a través de telegestión .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 General .....	2
1.3.2 Específicos .....	2
1.4 Justificación.....	3
1.5 Delimitaciones.....	4
1.5.1 Delimitación operativa. ....	4
1.5.2 Delimitación conceptual.....	5
1.5.3 Delimitación geográfica .....	5
1.5.4 Delimitación temporal.....	5
Capítulo 2. Marco referencial .....	6
2.1 Marco histórico .....	6
2.1.1 A nivel mundial.....	6
2.1.2 A nivel nacional .....	8
2.2 Marco conceptual .....	9
2.2.1 Telegestión .....	9
2.2.2 Automatización. ....	10
2.2.3 Sistemas. ....	10
2.2.4 Sensores. ....	10
2.2.5 Electricidad. ....	11
2.2.6 Instrumento virtual.....	13
2.2.7 Electrónica.....	14
2.2.8 Herramienta de simulación .....	14
2.2.9 Control .....	15
2.3 Labview.....	15
2.3.1 Arduino. ....	16
2.3.2 Funciones .....	16
2.3.3 Variables .....	16
2.3.4 Declaración de variables .....	17
2.3.5 Constantes .....	17
2.3.6 Entradas y salidas digital, entradas y salidas analógicas.....	17
2.3.7 Desarrollo interactivo.....	17
2.4 Marco teórico .....	20
2.5 Marco legal.....	23
2.5.1 Decreto número 1073 de (mayo 26 de 2015).....	23
2.5.2 Decreto 111 de 2012. Art. 2° Servicio de Alumbrado Público .....	25
2.5.3 Decreto 943 de 30 de mayo de 2018.....	25
Capítulo 3. Metodología .....	27
3.1 Tipo de investigación .....	27

3.1.1 Etapas del proyecto .....	27
3.2. Población y muestra .....	28
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	28
Capítulo 4. Desarrollo del proyecto por medio de las actividades propuestas .....	29
4.1 Se hace relación de los conceptos teóricos y científico correspondiente al problema planteado .....	29
4.2 Diseño y desarrollo de soluciones. ....	34
4.2.1 Construcción de estructura metálica del banco de alumbrado .....	36
4.2.2 Selección de los elementos a utilizar para la construcción del tablero .....	39
4.3 Diseño de la solución teniendo en cuenta la estrategia estudiada .....	43
4.3.1. Código arduino.....	43
4.3.2. Código de programación raspberry (JavaScript).....	51
4.3.3. Programa Putty.....	56
4.3.4 Interfaz gráfica y programación labview .....	58
4.3.5 Tarjeta de potencia .....	65
4.3.6. Construcción del tablero banco experimental de alumbrado .....	68
4.4. Ejecución de puesta en marcha de las diferentes experimentaciones que permitan validar los conceptos estudiados. ....	71
4.4.1 Prueba encendido y apagado de lámparas de forma manual.....	71
4.4.2 Prueba encendido y apagado de lámparas de forma automática.....	75
4.4.3 Circuito eléctrico de lámparas.....	77
4.4.4 Toma de mediciones para verificación .....	78
4.4.5 Calibracion del sistema .....	81
4.5 Comparación de los resultados obtenidos en base a las pruebas desarrolladas en el banco experimental de alumbrado.....	87
4.5.1 Toma de datos de la corriente con las tres lámparas encendidas. ....	87
4.5.2 Toma de datos de la corriente con una lámpara encendida.....	90
4.6. Analisis general del desempeño del sistema de automatizacion propuesto .....	94
5. Conclusiones.....	95
6. Recomendaciones .....	96
Referencias.....	97
Apéndices.....	99

## Lista de tablas

Tabla 1 Toma de datos de consumo de energía con las tres lámparas encendidas .....	89
Tabla 2 Toma de datos de consumo de energía con una lámpara encendida.....	91
Tabla 3 Comparación del tiempo de funcionamiento con respecto al costo.....	92

## Lista de figuras

Figura 1. Esquema de un sistema de telegestión.....	10
Figura 2. Resistencia eléctrica .....	11
Figura 3. Transistor.....	12
Figura 4. Optoacoplador .....	13
Figura 5. Diodo .....	13
Figura 6. Ventana panel frontal, barras de herramientas labview.....	15
Figura 7. Tarjeta arduino uno.....	16
Figura 8. Entorno de programación gráfico labview. ....	18
Figura 9. Tarjeta raspberry.....	19
Figura 10. Panel en modo ejecución. ....	31
Figura 11. Case Structure.....	32
Figura 12. Estado Rojo .....	32
Figura 13. Estado Ámbar .....	33
Figura 14. Estado Verde .....	33
Figura 15. Funcionamiento de la raspberry .....	34
Figura 16. Diseño del banco en SOLIDWORKS .....	35
Figura 17. Corte de tubería .....	36
Figura 18. Unión de tubos.....	36
Figura 19. Proceso de soldadura .....	37
Figura 20. Cordón de soldadura.....	37
Figura 21. Pulido de estructura .....	38
Figura 22. Empotrado de tablero a estructura.....	38
Figura 23. Pintado de estructura .....	39
Figura 24. Sensor de corriente .....	40
Figura 25. Sensor de voltaje.....	40
Figura 26. Sensor de corriente .....	41
Figura 27. Raspberry pi 3 B+.....	42
Figura 28. Arduino uno R3 .....	43
Figura 29. Código de programación arduino .....	44
Figura 30. Código de programación arduino .....	45
Figura 31. Código de programación arduino .....	47
Figura 32. Código de programación arduino .....	48
Figura 33. Código de programación arduino .....	49
Figura 34. Código de programación arduino .....	50
Figura 35. Código en JavaScript para la raspberry .....	51
Figura 36. Código en JavaScript para la raspberry .....	51
Figura 37. Código en JavaScript para la raspberry .....	53
Figura 38. Código en JavaScript para la raspberry .....	54
Figura 39. Código en JavaScript para la raspberry .....	55
Figura 40. Código en JavaScript para la raspberry .....	56
Figura 41. Logo del programa putty.exe.....	56
Figura 42. Pantalla de inicio putty.exe.....	57
Figura 43. Interfaz putty.exe.....	57
Figura 44. Panel frontal banco de alumbrado (labview).....	58

Figura 45. Diagrama de bloques .....	59
Figura 46. Tcp open connection.....	60
Figura 47. Tcp close connection: .....	60
Figura 48. Merge error .....	60
Figura 49. While loop escritura .....	61
Figura 50. Diagrama de bloques control manual .....	61
Figura 51. Diagrama de bloues control automatico .....	62
Figura 52. Bloques clear .....	62
Figura 53. Diagrama de bloques del botón limpiar.....	63
Figura 54. While loop para lectura.....	63
Figura 55. Bloque Tcp read .....	64
Figura 56. Bloque Spreadsheet string to array .....	64
Figura 57. Bloque Index array .....	64
Figura 58. Bloque Mean ptbypt.vi .....	65
Figura 59. Diagrama unifilar.....	65
Figura 60. Pcb en el programa proteus 8 .....	66
Figura 61. Impresión del PCV .....	67
Figura 62. Váquela del circuito impreso.....	67
Figura 63. Estructura física del circuito (potencia, conexión de sensores) con sus componentes. ....	68
Figura 64. Instalación de componentes del tablero.....	69
Figura 65. Lámparas, borneras, breaker y tomacorriente instalados en el tablero del banco. ....	69
Figura 66. Instalación de tarjetas(arduno y raspberry) .....	70
Figura 67. Tablero con todos sus componentes .....	70
Figura 68. Banco experimental de alumbrado .....	71
Figura 69. Prueba encendido de lámpara 1 y testigo 1 en el panel frontal .....	72
Figura 70. Lámpara 1 encendida en el tablero .....	72
Figura 71. Prueba encendido de lámparas y testigo 1 y 2 en el panel frontal.....	73
Figura 72. Lámparas 1 y 2 encendidas.....	73
Figura 73. Prueba encendido de lámparas, testigos y 1,2 y 3 en el panel frontal .....	74
Figura 74. Lámparas 1, 2 y 3 encendidas.....	74
Figura 75. Prueba encendido automático de lámparas, testigos 1,2 y 3 encendidos en el panel frontal.....	75
Figura 76. Lámparas 1, 2 y 3 encendidas.....	75
Figura 77. Prueba encendido automático de lámparas, testigos 1,2 y 3 en el panel frontal.....	76
Figura 78. Lámparas 1, 2 y 3 apagadas.....	76
Figura 79. Circuito en paralelo de las amparas .....	77
Figura 80. Panel frontal con lamparas apagadas.....	78
Figura 81. Registro de corriente en multímetro .....	78
Figura 82. Registro de la corriente en el panel con las lamparas encendida.....	79
Figura 83. Lámparas encendidas.....	79
Figura 84. Toma de corriente en multímetro con las lámparas encendidas .....	80
Figura 85. Registro voltaje panel frontal .....	80
Figura 86. Rgistro voltaje en el multímetro sistema encendido.....	81
Figura 87. Codigo de corriente corregido .....	82
Figura 88. Seccion del codigo javascrit para la raspberry corregido .....	82



Figura 89. Panel frontal con corriente corregida .....	83
Figura 90. Dato en el multímetro con corriente corregida.....	83
Figura 91. Dato de la corriente en el panel frontal con una lámpara encendida.....	84
Figura 92. Dato de corriente en multímetro con una lámpara encendida .....	84
Figura 93. Dato de la corriente en el panel frontal con dos lámparas encendidas .....	85
Figura 94. Dato de corriente en multímetro con dos lámparas encendidas .....	85
Figura 95. Dato de la corriente en el panel frontal con tres lámparas encendidas.....	86
Figura 96. Dato de corriente en multímetro con tres lámparas encendidas .....	86
Figura 97. Panel frontal hora 8:58 .....	87
Figura 98. Panel frontal hora 9:28 .....	88
Figura 99. Panel frontal hora 9:58 .....	88
Figura 100. Panel frontal hora 10:28 .....	89
Figura 101 Panel frontal hora 10:37 .....	90
Figura 102. Panel frontal hora 10:07 .....	91
Figura 103. Esquema de telegestión .....	93

## **Lista de apéndices**

Apéndice A. Guía de uso de banco .....	100
--	-----

## Introducción

La telegestión permite la realización de operaciones de forma remota, a través de comunicaciones producidas por contadores inteligentes, y productos basados en tecnologías electrónicas ,de telecomunicaciones e informática, debido a estas características se ha podido implementar en diferentes áreas, como en el caso del alumbrado público donde se tiene como una herramienta importante de control y supervisión para disminuir los tiempos de respuesta de atención a las fallas, cumplir con los exigencias de ahorro de energía y estándares de calidad del servicio.

En este proyecto, se tuvo en cuenta la problemática actual que se presentan en el alumbrado público en los diferentes escenarios deportivos de Ocaña, debido a que en los municipios de Colombia no hay muchas aplicaciones en funcionamiento de esta tecnología en el servicio de alumbrado público, y no se cuenta con un sistema que permita tener un mayor control en el encendido y apagado de las luces de estos escenarios deportivos y se pueda obtener una disminución en el consumo de energía. Considerando los diferentes métodos presentes para detectar dicha problemática, se optó por la construcción de un banco experimental de alumbrado con el fin de determinar las diferentes variables que se puedan caracterizar y mejorar las condiciones de funcionamiento de estos sistemas.

En los siguientes capítulos el lector encontrará información y respuesta a un modelo derivado del diseño y construcción del banco experimental en el cual se utilizan sensores didácticos de iluminación, tensión y corriente, así como las características del software y de

los sistemas de comunicación para la gestión y control en el monitoreo constante del sistema de alumbrado.

Este tipo de análisis está fundamentado en la programación y comunicación entre los software de labview, arduino y la tarjeta raspberry donde se realizaran la interfaz gráfica, circuitos de mando, de poder, con la ayuda de estos componentes se determinaran las variables que se puedan mejorar del sistema.

# **Capítulo 1. Desarrollo de un sistema de control supervisorio para el monitoreo de un banco experimental de alumbrado a través de telegestión**

## **1.1 Planteamiento del problema**

Uno de los principales problemas que se pueden evidenciar en la actualidad, es el desperdicio de energía que se presenta en los sistemas de alumbrado de los diferentes escenarios deportivos del municipio Ocaña norte de Santander. Según estudios realizados por UPME (unidad de planeación minero-energética), en Colombia existe una crisis energética, debido a los diferentes fenómenos ambientales, por lo que genera una baja capacidad de producción de energía en el país, que se podría intensificar a lo largo del tiempo, por lo cual en un futuro no se lograría satisfacer el consumo de energía requerido. (Unión Temporal ACON - OPTIM, 2013)

Teniendo en cuenta los procesos de cambio climático que se viven actualmente, se hace necesario monitorear y controlar los sistemas de alumbrado en el municipio. El alumbrado público en escenarios deportivos genera un excedente en el consumo de energía, ya que este permanece encendido aun cuando no es utilizado. Es necesario buscar un sistema eficiente, el cual pueda manejar el encendido y apagado de las iluminarias en los diferentes escenarios deportivos de forma remota, y así minimizar el consumo de energía.

La universidad francisco de paula Santander Ocaña no cuenta con un banco experimental de alumbrado que permita realizar laboratorios de control supervisorio, donde

el estudiante pueda corroborar por medio de prácticas, los conocimientos teóricos aprendidos sobre estos nuevos software que permiten realizar un control al encendido y apagado de las iluminarias de forma remota, de esta manera se fortalecerán las habilidades adquiridas durante su formación, y puedan obtener un mejor desempeño en el campo laboral.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Es factible desarrollar un sistema de control supervisorio para el monitoreo de banco experimental de alumbrado a través de telegestión, en el cual se pueda encender y apagar la iluminaria de forma remota?

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1 General.** Desarrollar un sistema de control supervisorio para el monitoreo de un banco experimental de alumbrado a través de telegestión

**1.3.2 Específicos.** Definir las variables del sistema que intervienen en el proceso de automatización y las medidas para la construcción del banco experimental de alumbrado.

Desarrollar la interfaz gráfica en LabVIEW, su comunicación con arduino y la tarjeta raspberri, identificando los diferentes componentes que se utilizaran en el banco de pruebas para Implementar un sistema de telegestión.

Evaluar el comportamiento del banco de pruebas bajo condiciones de funcionamiento, y las demás variables presentes en el sistema.

#### **1.4 Justificación**

Reconociendo la importancia que tiene el sector energético en lo social, ambiental y económico del país, se debe desarrollar un sistema que cumpla con los estándares de calidad acorde a los procesos de cambio climático, Según la Unidad de Planeación Minero Energética, en Colombia solo el alumbrado público para el año 2005 represento el 3% del consumo total de energía eléctrica, y para el año 2007 el consumo fue de 1.600 GWh dando así una tarifa promedio de 208 \$/Kwh., representados en \$364.800 millones de pesos al año. (UPME & UNAL, 2008), con el sistema propuesto se podría lograr una disminución en el desperdicio de energía, que se presenta en los escenarios deportivos y así contribuir a una mejor prestación del servicio de iluminación. (Zapata, 2006)

Reconociendo la importancia que tienen las plantas hidroeléctricas en el país, ya que estas son las encargadas de proporcionar aproximadamente el 70% de la electricidad en Colombia, la cual se realiza utilizando el caudal de los ríos, que se ven afectados por los fenómenos ambientales o naturales que se van presentando cada vez con mayor intensidad, disminuyendo así esta producción, forzando al sector a depender de la generación termoeléctrica, debido a que se está utilizando como fuente el carbón que genera un mayor impacto ambiental. (Valencia, 2016)

Por consiguiente, para alcanzar un mejoramiento en la utilización del alumbrado del municipio, se tiene que tener como base un adecuado desarrollo de un sistema de control y monitoreo en tiempo real, que permita manejar a distancia o de forma remota la iluminaria de cada escenario deportivo.

Ahora bien, este sistema por telegestión permite registrar la información de la lectura del consumo eléctrico para analizarla y optimizar la operación, ya que se logra realizar de forma remota. (Rinconeducativo, 2019)

Se debería contar con un mecanismo donde el ingeniero mecánico en formación, aplique y cree nuevos conocimientos que se basen en las tendencias actuales en el manejo de iluminación, a través de un banco experimental en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, para así adquirir mayor experiencia en este sector.

## **1.5 Delimitaciones**

**1.5.1 Delimitación operativa.** El proyecto se llevará a cabo con el manejo del método mixto. La cuantitativa va a ser utilizada para la recolección de información primaria, en el caso del desarrollo cualitativo se realizará el análisis de la información recolectada.

Con las asesorías del director y codirector además de las personas que se necesitan como asesores en el transcurso de la investigación para poder desarrollar los objetivos del proyecto.



**1.5.2 Delimitación conceptual.** La temática del proyecto se enmarcará en los siguientes conceptos: automatización, sistemas, sensores, electricidad, electrónica, instrumentos virtuales, herramienta de simulación (labview, software)

**1.5.3 Delimitación geográfica.** El proyecto se realizará en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, específicamente en el laboratorio de automatización de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña sede la primavera y se implementará en el laboratorio de dicha universidad.

**1.5.4 Delimitación temporal.** El presente proyecto tendrá una duración aproximada de 3 meses a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto.

## Capítulo 2. Marco referencial

### 2.1 Marco Histórico

**2.1.1 A Nivel Mundial.** El sencillo cambio del tradicional contador eléctrico de una casa por un contador inteligente parece un gesto simple, pero (como en las grandes revoluciones tecnológicas) es un gran paso hacia el futuro. Con el nuevo sistema de telegestión que está implantando Endesa en España en las zonas en las que opera como compañía distribuidora se abre la puerta a una nueva forma de comunicarse con los clientes más clara, más directa y más transparente.

Permite además acabar con una de las principales quejas de los servicios de atención al cliente que no es otra que el sistema de estimaciones. Supone también un primer paso efectivo hacia las redes inteligentes que permitirán ofrecer servicios de valor añadido fundamentales para el desarrollo de la domótica o el vehículo eléctrico.

La telegestión consiste en un nuevo sistema de gestión a distancia aplicado a los equipos de medida de consumo eléctrico, lo que permite actuar sobre ellos de forma remota. El elemento principal de este sistema es un nuevo contador inteligente, llamado de telegestión, que sustituye al antiguo instalado en el domicilio del usuario. Dicho contador de telegestión permitirá ofrecer mejor servicio y una mayor satisfacción del cliente gracias a la citada gestión remota e inmediata de las operaciones.

La sustitución de los contadores viene dada por la legislación española, que requiere que las distribuidoras eléctricas implanten la telegestión en todos los suministros con potencia contratada menor o igual a 15kw antes de finales de 2018. Con el plan de sustitución en marcha de Endesa, se está adelantando en tres años al plazo legal marcado y terminaremos en 2015 con 13 millones de telecontadores funcionando en los hogares españoles.

Por medio de la implementación de este sistema los usuarios finales obtendrán grandes beneficios, debido a que el uso del nuevo contador le permitirá obtener lecturas más exactas o apropiadas del consumo habitual del cliente sin (discriminación horaria), y con información más detallada, con una mayor frecuencia, además se tendrán lecturas reales de forma remota, facilitando la detección de averías de forma más rápida.

Este cambio resultará muy beneficioso para el cliente, entre otros aspectos, porque este nuevo contador permitirá adaptar la tarifa más apropiada al consumo habitual del cliente (discriminación horaria), ofrecerá información más detallada y con una mayor frecuencia, se obtendrán lecturas reales de forma remota y facilitará la detección de averías de forma más rápida.

La implantación de la telegestión supone un cambio en la relación con el cliente, que podrá adquirir un papel más activo en la toma de decisiones y gestión de sus consumos energéticos al tener más información. Entre las ventajas destacan: (Rinconeducativo, 2019)

**2.1.2 A nivel nacional.** La prestación del servicio de energía eléctrica en Colombia se inició a finales del Siglo XIX. Su desarrollo fue el resultado de la iniciativa de inversionistas privados, quienes constituyeron las primeras empresas que tenían como finalidad generar, distribuir y comercializar electricidad.

- 1874 es una de las varias fechas de inauguración en Bogotá, de manera oficial, del alumbrado público. Este fue con base en el gas que se extraía de la hulla mineral.
- La compañía Colombo americana American Gas Company ganó la concesión. No cumplió y 15 años después solo había instalado 20 faroles. Sin embargo, este avance superó lo existente en Bogotá, el cual se usaba desde siglo XVIII ya que sus farolas se elaboraban a base de cebo.
- En la década de los 90 del siglo XIX llegó la energía eléctrica, básicamente en alumbrado público, en reemplazo del gas mediante el uso plantas termoeléctricas.
- En 1892 se estableció este sistema en Barranquilla y Cartagena. En Medellín en 1898.
- En 1891 en Santander instalaron en Chitita una planta hidroeléctrica para iluminar las calles de Bucaramanga.
- En Medellín la historia se divide en dos fechas. 1851, año en que se inauguró el alumbrado público de cebo y en 1898, en el que se estrenó el alumbrado con bombillos eléctricos.
- Se podría decir que el servicio de energía y alumbrado público fue en sus principios de carácter privado hasta cuando se expidió la Ley 113 de 1928.
- En 1910, 28 bombillas iluminaron en Cali la hoy conocida como Plaza de Caicedo.
- En agosto de 1955 se inauguró en Bogotá la iluminación utilizando como fuente lámparas de Mercurio

- La ley 26 de 1938 autoriza a la Nación para construir plantas y proveer el servicio eléctrico. Al amparo de esta norma se constituyen Hidro Lebrija, Chec y Chidral (Rinconeducativo, 2019)

En Colombia (Bogotá) se desarrolló un proyecto de grado “telegestión del sistema de alumbrado público en el parque metropolitano el tunal” en el cual se analiza telegestionar el sistema de alumbrado de forma moderna, inteligente, independiente y remota; y determinar el ahorro de energía, además es importante que en los horarios de poca afluencia de personas tengan una intensidad luminosa un poco más baja en determinadas zonas a comparación de los tramos que necesitan un elevado nivel de iluminación.

También detallar los consumos generados en el ámbito eléctrico, es de gran importancia la caracterización del sistema actual de TELEGESTIÓN donde sea posible brindar las sugerencias para ofrecer un mejoramiento de uso eficiente de la energía, vale la pena aclarar que se ofrecen opciones para una óptima utilización del servicio sin afectar la calidad lumínica ofrecida (Majdah & Noriah, 2016)

## **2.2 Marco Conceptual**

**2.2.1 Telegestión.** Se define a la telegestión como a un conjunto de productos basados en las tecnologías electrónicas, de telecomunicaciones e informáticas que permiten el control a distancia de instalaciones lumínicas. La telegestión permite la realización de operaciones de

forma remota, a través de comunicaciones producidas por contadores inteligentes, además de la lectura del consumo eléctrico. (ENLUZ, 2019)

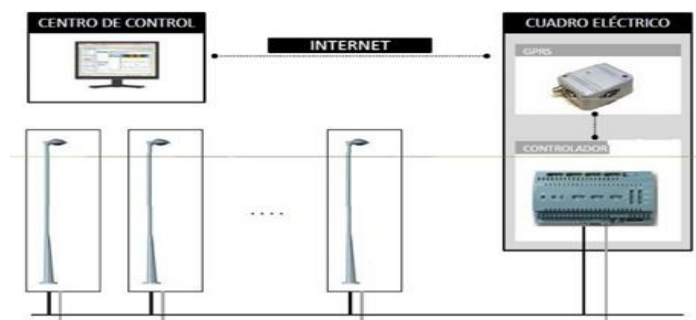


Figura 1. Esquema de un sistema de telegestión.

**Fuente.** <https://www.enluz.net/nove.php?id=19>

**2.2.2 Automatización.** Se denomina automatización al acto y la consecuencia de automatizar. Este verbo, por su parte, alude a hacer que determinadas acciones se vuelvan automáticas (es decir, que se desarrollen por sí solas y sin la participación directa de un individuo)

**2.2.3 Sistemas.** Del latín systema, un sistema es módulo ordenado de elementos que se encuentran interrelacionados y que interactúan entre sí. El concepto se utiliza tanto para definir a un conjunto de conceptos como a objetos reales dotados de organización.

**2.2.4 Sensores.** Sensores es un concepto genérico que hace referencia a diferentes tipos de sensores. Bajo esta palabra de sensores se entiende tanto las unidades que emiten una señal analógica, como las unidades que emiten los Sensores para múltiples aplicaciones en la industria e investigación de una señal binaria (encendido o apagado).

**2.2.5 Electricidad.** La electricidad es un conjunto de fenómenos producidos por el movimiento e interacción entre las cargas eléctricas positivas y negativas de los cuerpos físicos. La palabra "electricidad" procede del latín *electrum*, y a su vez del griego *élektron*, o ámbar. La referencia al ámbar proviene de un descubrimiento registrado por el científico francés Charles François de Cisternay du Fay, que identificó la existencia de dos tipos de cargas eléctricas (positiva y negativa). Las cargas positivas se manifestaban al frotar el vidrio, y las negativas al frotar sustancias resinosas como el ámbar

**Circuito eléctrico.** Se denomina circuito eléctrico a una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas (Robles, 2010).

**Resistencia eléctrica.** Es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica. (García Á. J., 2015)

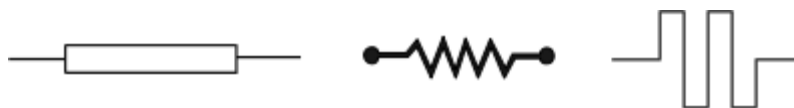


Figura 2. Resistencia eléctrica

Fuente. <http://profesores.sanvalero.net/~w0320/TEMA%202%20RESIST.pdf>

**Transistor.** Es un dispositivo cuya resistencia interna puede variar en función de la señal da entrada, esta variación de resistencia provoca que sea capaz de regular la corriente que circula por el circuito en que se encuentra conectado. (Electronicavm, 2011)

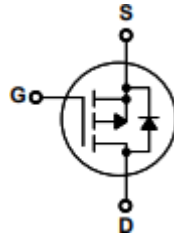


Figura 3. Transistor

Fuente [https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/FQP27P06\\_Fairchild.pdf](https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/FQP27P06_Fairchild.pdf)

**Relé.** Elemento auxiliar compuesto con un contacto conmutado y una bobina para su alimentación a la red y que sirve para accionar y controlar a los elementos de mando. Su uso no interviene para los esquemas de potencia. (Servicios.educarm, s.f.)

**Potencia eléctrica.** Es el trabajo que realiza un circuito eléctrico por la unidad de tiempo. Su unidad es el Watt (Vatio) (W).

$$P = V \cdot I$$

**Optoacoplador.** Este dispositivo es muy importante en la electrónica porque gracias a ello se puede lograr controlar circuitos de potencia (corriente alterna) con circuitos de corriente continua, ya que en muchas ocasiones es necesario hacer este control, porque los microcontroladores solo son suministrados con corriente continua y a bajo voltaje.



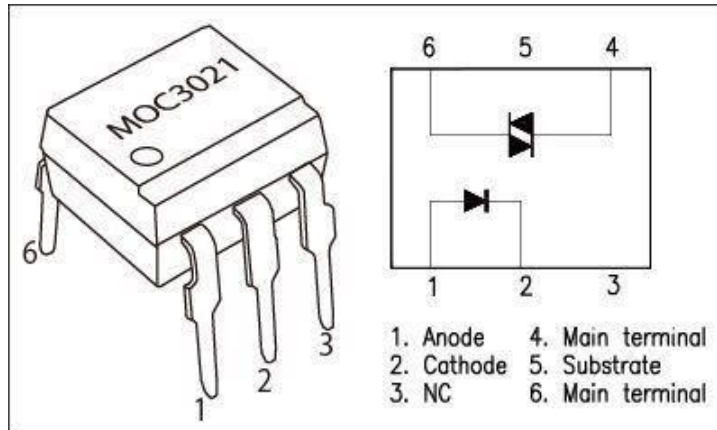


Figura 4. Optoacoplador

Fuente. <https://che-charls-electroall.webnode.es/optoacoplador-triac-moc-3021/>

**Diodo.** Es un componente electrónico que solo permite el flujo de la electricidad en un solo sentido, debido a esto su funcionamiento se parece a un interruptor el cual abre o cierra los circuitos. Este dispositivo está conformado por dos tipos de materiales diferentes los cuales se traducen a dos terminales, un ánodo (+) y un cátodo (-).

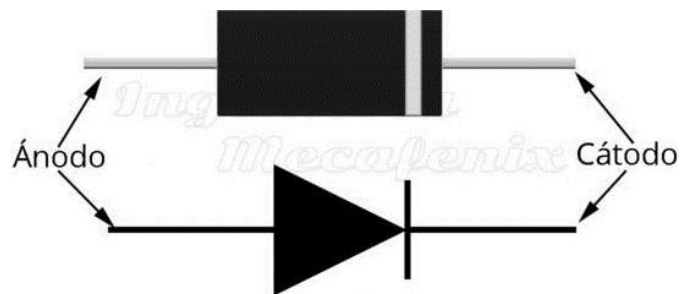


Figura 5. Diodo

Fuente. <https://www.ingmecafenix.com/electronica/diodo-semiconductor/>

**2.2.6 Instrumento virtual.** Es un sistema de programación gráfico diseñado para el desarrollo de distintas aplicaciones como el análisis de datos, la adquisición de datos y el control de instrumentos.(National, n.d.)

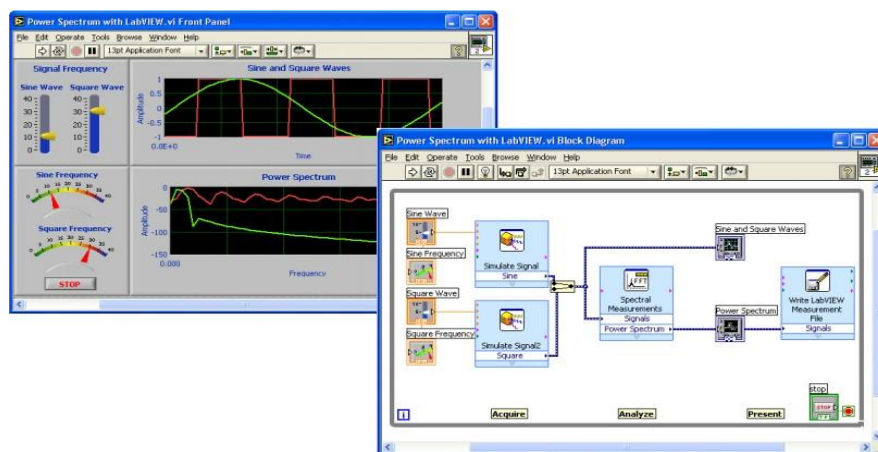
**2.2.7 Electrónica.** La palabra electrónica proviene de la mecánica de electrones, lo que significa aprender cómo se comporta un electrón en diferentes condiciones de campos aplicados externamente. IRE – La Institución de Ingenieros de Radio ha dado una definición de la electrónica como “ese campo de la ciencia y la ingeniería, que se ocupa de los dispositivos de electrones y su utilización”. Los fundamentos de la electrónica son el tema central en todas las ramas de la ingeniería en la actualidad. La electrónica comprende la física, la ingeniería, la tecnología y las aplicaciones que tratan con la emisión, el flujo y el control de electrones en el vacío y la materia. La identificación del electrón en 1897, junto con la invención del tubo de vacío , que podía amplificar y rectificar pequeñas señales eléctricas, inauguró el campo de la electrónica y la edad de los electrones. (“Que es la electrónica, definición, concepto | Sivytec SAS,” n.d.)

**2.2.8 Herramienta de simulación.** La simulación permite modelizar un sistema y realizar modificaciones sobre el mismo sin riesgo y con coste nulo. Aplicada a sistemas de producción, la simulación permite modelizar células de fabricación, líneas y plantas enteras, en el nivel de detalle deseado. Por ejemplo, podría modelizarse una célula de fabricación compuesta por varias máquinas, y después integrar ese modelo en uno de mayor nivel, a nivel de planta. La simulación puede ser una herramienta complementaria que soporte la implantación de técnicas Lean como el Value Stream Mapping, la fabricación en flujo (takt time), Kanban, Heijunka (producción nivelada y mezclada) o el concepto de células de fabricación. (“La simulación como herramienta de valor en entornos de producción ajustada - Metalmecánica,” n.d.)

**2.2.9 Control.** El control automático es el mantenimiento de un valor deseado para una cantidad o condición física, midiendo su valor actual, comparándolo con el valor referencia, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla mediante una acción correctiva. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana. (“La simulación como herramienta de valor en entornos de producción ajustada - Metalmecánica,” n.d.)

## 2.3 Labview

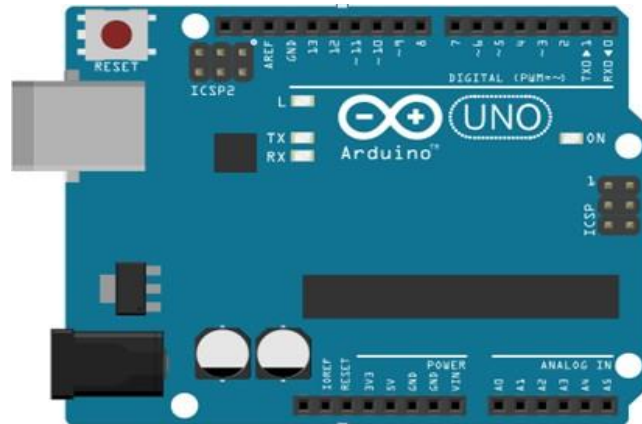
Es un entorno de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de medidas y presentaciones de datos. Cuenta con un lenguaje potente en un ambiente de programación gráfico, pero mucho más sencillo que los entornos tradicionales. Lenguaje Desarrollado para Medición, Control y Automatización. A diferencia de los lenguajes de propósito general, LabVIEW tiene funciones específicas para acelerar el desarrollo de aplicaciones de medición, control y automatización.



**Figura 6.** Ventana panel frontal, barras de herramientas labview.

Fuente: <http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf>.

**2.3.1 Arduino.** Es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una forma sencilla (principalmente con cables DuPont).



**Figura 7.** Tarjeta arduino uno.

Fuente: <http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf>.

**2.3.2 Funciones.** Una función es un bloque de código que tiene un nombre y un conjunto de estamentos que son ejecutados cuando se llama a la función. Son funciones `setup()` y `loop()`. En donde `setup()` es la parte encargada de recoger la configuración y `loop()` es la que contienen el programa que se ejecutará cíclicamente (de ahí el término `loop` –bucle). Ambas funciones son necesarias para que el programa trabaje.

**2.3.3 Variables.** Una variable es una manera de nombrar y almacenar un valor numérico para su uso posterior por el programa. Como su nombre lo indica, las variables son números que se pueden variar continuamente al contrario de lo que ocurre con las constantes cuyo valor nunca cambia.

**2.3.4 declaración de variables.** Todas las variables tienen que declararse antes de que puedan ser utilizadas. Para declarar una variable se comienza por definir su tipo como int (entero), long (largo), float (coma flotante), etc, asignándoles siempre un nombre, y, opcionalmente, un valor inicial.

**2.3.5 Constantes.** La constante es un valor que nunca cambia y no puede ser alterado, en los lenguajes de programación tiene unos valores predeterminados, que son llamados constantes. Se utilizan para hacer los programas más fáciles de leer.

**2.3.6 Entradas y salidas digital, entradas y salidas analógicas.** Son las encargadas de realizar la lectura y el envío de señales tanto analógicas como digitales, las cuales son recibidas o enviadas de los diferentes receptores y transmisores conectados al micro controlador.

**2.3.7 Desarrollo interactivo.** El software NI LABVIEW es un entorno de programación gráfica (G) que utiliza iconos, terminales y cables en lugar de texto para la programación, de la misma manera en que usted piensa.

Tal como aprender cualquier software de programación nuevo, aprender cómo programar en LABVIEW requiere saber cómo navegar en el entorno, es decir la función de cada icono y herramienta. (National Instruments, 2019)

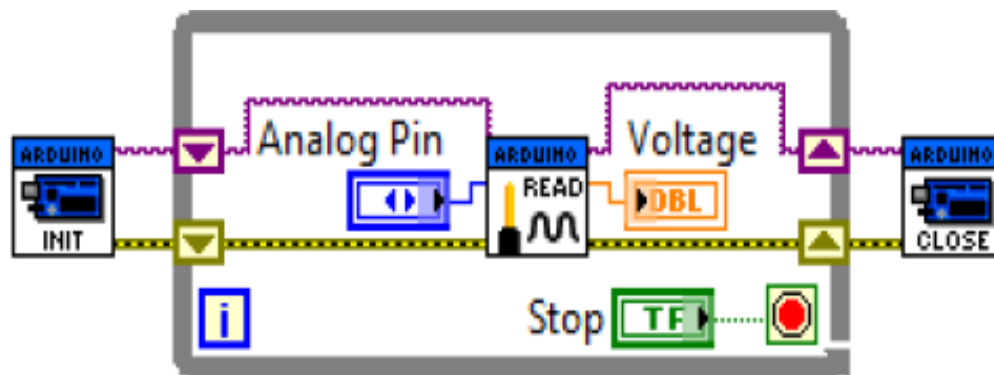


Figura 8. Entorno de programación gráfico labview.

<https://www.ni.com/academic/students/learnlabview/esa/environment.htm>

**2.3.8 Tarjeta raspberry.** Es un ordenador de placa reducida (SBC) de bajo coste, que se podría considerar como un ordenador de muy pequeño tamaño, comparable con el de una tarjeta de crédito, desarrollado en Reino Unido por la fundación Raspberry Pi, con el objetivo principal de incitar tanto a niños en sus colegios como a adultos a que aprendan sobre ordenadores y todo lo relacionado con ellos. (Halfracree, 2017)

**JavaScript.** Es un lenguaje de programación que surgió con el objetivo inicial de programar ciertos comportamientos sobre las páginas web, respondiendo a la interacción del usuario y la realización de automatismos sencillos. En ese contexto podríamos decir que nació como un "*lenguaje de scripting*" del lado del cliente, sin embargo, hoy JavaScript es mucho más. Las necesidades de las aplicaciones web modernas y el HTML5 ha provocado que el uso de JavaScript que encontramos hoy haya llegado a unos niveles de complejidad y prestaciones tan grandes como otros lenguajes de primer nivel.

**Node JS.** "Node Yei es", tal como se pronuncia Node JS en inglés, es básicamente un *framework* (marco de referencia) para implementar operaciones de entrada y salida. Está

basado en eventos, *streams* y construido encima del motor de JavaScript V8, que es con el que funciona el JavaScript de Google Chrome. (Desarrolloweb, 2018)



Figura 9. Tarjeta raspberry.

Fuente: ([https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-470492660-raspberry-pi-3-b-nueva-version-original-\\_JM?quantity=1](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-470492660-raspberry-pi-3-b-nueva-version-original-_JM?quantity=1))

Bueno, en la raspberry también necesitamos un intérprete que se encargue de ejecutar las instrucciones escritas en JS. Nuestro intérprete será Node.js.

Node es un entorno en tiempo de ejecución multiplataforma de código abierto. En el desarrollo web, es común verlo como la capa de un servidor que utiliza JS. El que sea de código abierto ha hecho posible instalarlo en una raspberry Pi. Por otra parte la gran comunidad que existe se ha encargado de generar una cantidad impresionante de paquetes a un nivel tal, que el manejador de paquetes de Node js es el registro de software más grande del mundo. (García S. , 2018)

## 2.4 Marco Teórico

Es difícil predecir los resultados de la adecuada administración de la energía, puesto que éstos varían ampliamente debido a la naturaleza de la actividad, ubicación geográfica, procedimientos de facturación de la empresa local de servicio eléctrico y otros factores. Sin embargo, los ahorros en energía consumidas han llegado hasta un 70 % sobre costos originales y parecen seguir ascendiendo. En muchas publicaciones se mencionan estudios de casos con ahorro del 40 %, de los cuales se pueden mencionar:

Ortiz (1993), en la torre Pequiven Caracas crea el proyecto "Diseño, operación, mantenimiento y uso tendente a disminuir los costos totales del consumo eléctrico, tomando en cuenta factores ambientales operacionales y ergonómico. El proyecto planteaba los siguientes puntos:

- Reducir los índices de iluminación en oficinas y pasillos, los cuales indicaban una cantidad de 1200 Lux, lo que la norma recomendaba 150 Lux.
- Se decidió apagar los equipos de aire acondicionado durante los fines de semanas y días feriados.
- Los tubos que utilizaban eran de 40 W y existen otros más eficientes de 32 W.

Normalmente la lámpara tiene un balasto de 16 W, pero hay balastos electrónicos que consumen uno o dos vatios, así que se decidió colocar tubos de 32 W y balastos electrónicos.



También se colocaron sensores de ocupación, los cuales disponen de un detector infrarrojo para captar el movimiento del calor, es decir que, si en período determinado el sensor de ocupación no detecta el calor de un cuerpo en movimiento, interpreta que en esa área no hay gente y automáticamente apaga la luz. En 1993 cuando se comenzó el proyecto la torre consumía 1.200.000 KWH con un costo de 10.500.000 Bs., después de unos meses el consumo bajó a 950.000 KWH y las facturas se mantienen, para la fecha, en el orden de los 11 millones de bolívares al mes.

Bidiskan (1994), junto con GENTE, generación de tecnología, la empresa pionera en Venezuela en área de administración racional de la energía, demostró que a través de la automatización es posible ahorrar energía. Motivado por el alza incesante de los costos asociados al consumo de electricidad, emprendió un proyecto para optimizar la utilización de la energía eléctrica en el centro Sabana Grande. En una auditoria energética se demostró que el 55 % del consumo del centro comercial era debido al aire acondicionado, razón que determinó el área de servicios que debería ser atacado en primer orden y como solución se planteó "Automatizar los equipos de climatización del centro comercial". Este sistema de control les produjo a los inquilinos del centro comercial ahorros en el orden de los 10,5 millones de bolívares con un sistema de retorno de inversión de tan solo doce (12) meses.

Santana (1995), líder del proyecto de ahorro de energía en la empresa CORPOVEN, filial de Petróleos de Venezuela, emprendió a través de su Gerencia de Mantenimiento y con la finalidad de minimizar costos de operación un proyecto para ahorro de energía, optimizando la iluminación de su edificio sede en Caracas. Como primera etapa del proyecto,

se compararon los niveles de iluminación existentes con los estándares o niveles de iluminación requeridos y aprobados por instituciones tales como IESNA, Illumination Engineering Society, Covenin, etc., a través de este estudio se concluyó que las áreas estaban sobre iluminadas, lo que permitió la eliminación de aproximadamente el 27 % de las luminarias existentes. Como segunda etapa del proyecto, se procedió con implementación de tecnología de punta, instalándose 2000 reflectores especulares, los cuales son pantallas parabólicas de aluminio anodizado, altamente reflectivas y geométricamente diseñadas para maximizar la calidad de la iluminación sobre las áreas de trabajo. Considerando el hecho de que cada luminaria de 4\*40 W (4 tubos de 40 W) consume 192 W y eran sometida a un régimen de trabajo de doce (12) horas diarias, durante veinte días al mes, se obtiene un consumo de 92.160 KWH por concepto de iluminación, considerando todas las luminarias. Con la instalación de los reflectores fue posible disminuir el consumo asociado a luminarias repotenciadas a tan solo 46.080 KWH. La implementación de este proyecto en sus dos etapas produjo a CORPOVEN en el primer año, ahorros recurrentes en el orden de los doce millones de bolívares (12.000.000 Bs.) y el tiempo de retorno de la inversión estaba proyectada a dieciséis meses.

Ruedas (1997), Coordinador Académico y de Investigación de la Universidad de la Salle Bajío, México hizo un proyecto de ahorro de energía eléctrica por iluminación en dicha Universidad, cuya evaluación arrojó como resultado que en el campus principal de la Universidad es posible, mediante medidas adecuadas, ahorrar hasta un 30% del consumo de electricidad por concepto de alumbrado. Considerando que en algunas áreas se mantendrá el

consumo con una mejor iluminación. El ahorro en electricidad por iluminación se logra a partir del reconocimiento del problema en el ámbito de las direcciones.

González (1998), en Cuba inicia un Programa de Ahorro de Electricidad (PAEC), caracterizado por el chequeo y control de los derrochadores por parte de los grupos del programa que funciona en cada territorio. Este como jefe nacional del PAEC, precisó que estas medidas tienen como propósito continuar con la disminución del gasto de corriente, con énfasis en los 1700 grandes consumidores de la nación, los cuales gastan el 40 % de la energía generada en el sector estatal. Así mismo, es primordial el perfeccionamiento del PAEC entre los estudiantes, de manera que se incentive la cultura del ahorro en los escolares desde los grados iniciales. La puesta en vigor del PAEC posibilitó un considerable ahorro de energía en los últimos tres años. Basta señalar que, si se hubieran mantenido los niveles de gastos de electricidad de 1997, el país hubiera generado 265.000 MWH más de los previstos y consumido 71.000 toneladas de combustible por encima de lo planificado.

## **2.5 Marco Legal**

**2.5.1 Decreto Número 1073 De (mayo 26 De 2015).** “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía”(Ministerio de Minas y Energía, 2015)

Capítulo 6. Aspectos generales del servicio público de energía sección 1. del alumbrado público.

Artículo 2.2.3.6.1.1. Campo de Aplicación. Esta Sección aplica al servicio de alumbrado público y a las actividades que realicen los prestadores de este servicio. (Decreto 2424 de 2006, art. 1°).

Artículo 2.2.3.6.1.2. Prestación del Servicio. Los municipios o distritos son los responsables de la prestación del servicio de alumbrado público. El municipio o distrito lo podrá prestar directa o indirectamente, a través de empresas de servicios públicos domiciliarios u otros prestadores del servicio de alumbrado público. Parágrafo. Los municipios tienen la obligación de incluir en sus presupuestos los costos de la prestación del servicio de alumbrado público y los ingresos por impuesto de alumbrado público en caso de que se establezca como mecanismo de financiación. (Decreto 2424 de 2006, art. 4°).

Artículo 2.2.3.6.1.3. Planes de servicio. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 12 de la Ley 143 de 1994, los municipios y distritos deben elaborar un plan anual del servicio de alumbrado público que contemple entre otros la expansión de este, a nivel de factibilidad e ingeniería de detalle, armonizado con el plan de ordenamiento territorial y con los planes de expansión de otros servicios públicos, cumpliendo con las normas técnicas y de uso eficiente de energía que para tal efecto expida el Ministerio de Minas y Energía.

Artículo 2.2.3.6.1.5. Contratos de suministro de energía. Los contratos para el suministro de energía eléctrica con destino al servicio de alumbrado público deberán cumplir con la regulación expedida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas para el efecto.

En todo caso, en los contratos de suministro de energía, se deberá garantizar la libre concurrencia de los oferentes en igualdad de condiciones. (Decreto 2424 de 2006, art. 7°).

Artículo 2.2.3.6.1.6. Regulación Económica del Servicio. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 23 de la Ley 143 de 1994, corresponderá a la Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, regular los aspectos económicos de la prestación del servicio de alumbrado público.

**2.5.2 Decreto 111 de 2012.** Art. 2° Servicio de Alumbrado Público. Es el servicio público no domiciliario que se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o Distrito. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición y la expansión del sistema de alumbrado público.

**2.5.3. Decreto 943 de 30 de mayo de 2018.** Control, inspección y vigilancia en la prestación del servicio de alumbrado público.- La prestación del servicio de alumbrado público estará sujeta al control, inspección y vigilancia de las siguientes entidades:(Ministerio de Minas y Energía, 2015)

Control Técnico: El Sistema de Alumbrado público deberá cumplir con lo establecido en los reglamentos técnicos que expida el Ministerio de Minas y Energía. El control de los

aspectos técnicos relacionados con la prestación del servicio será ejercido por parte de las interventorías, en los términos del inciso 3 del artículo 83 de la Ley 1474 de 2011. Las interventorías elaborarán informes periódicos, haciendo especial énfasis en los aspectos técnicos, ambientales y económicos.

**Control Social:** Para efectos de ejercer el control social establecido en el artículo 62 de la Ley 142 de 1994 los contribuyentes y usuarios del servicio de alumbrado público podrán solicitar información a los prestadores de este, a la Contraloría respectiva en el ámbito territorial y a la interventoría. Los municipios o distritos definirán la instancia de control ante la cual se interpongan y tramiten las peticiones, quejas y reclamos de los contribuyentes y usuarios por la prestación del servicio de alumbrado público, los cuales serán registrados y tramitados de forma independiente.

**Control Fiscal:** El control fiscal de que trata la Ley 42 de 1993, será ejercido por las contralorías departamentales, distritales y/o municipales, según corresponda la competencia del sujeto de control, respecto del manejo contractual con los prestadores del servicio de alumbrado público y sus interventores, así como al recaudo y uso del impuesto.

## Capítulo 3. Metodología

### 3.1 Tipo de investigación

Para el cumplimiento de los objetivos se establece la metodología cuantitativa tipo experimental, con esta se desarrollará el proyecto en tres fases

#### 3.1.1. Etapas del proyecto.

***Fase I. Planteamiento.*** Se hace relación de los conceptos teóricos y científico correspondiente al problema planteado

Actividad 1. Recopilación de información científica sobre sistemas de telegestión aplicado al banco experimental de alumbrado

Actividad 2. Seleccionar las variables a intervenir con ayuda de la información recolectada.

Actividad 3. Comprender el funcionamiento de las herramientas de diseño, programación y simulación con las que se va a trabajar (labview, arduino y tarjeta raspberry).

#### ***Fase II. Diseño y desarrollo de soluciones.***

Actividad 1. Definir las medidas para la construcción del banco experimental utilizando solidworks.

Actividad 2. Determinar la estrategia para afrontar el problema con base a la información anteriormente recopilada.

Actividad 3. Diseño de la solución teniendo en cuenta la estrategia estudiada.

***Fase III. Validación.*** Se hará la puesta en marcha de las diferentes experimentaciones que permitan validar los conceptos estudiados.

Actividad 1. Ejecución de Pruebas en el banco experimental de alumbrado para validar conceptos anteriormente estudiados.

Actividad 2. Comparación de los resultados obtenidos en base a las pruebas desarrolladas en el banco experimental de alumbrado.

Actividad 3. Análisis general del desempeño del sistema de automatización propuesto.

### **3.2. Población y muestra**

Para la presente investigación la población y muestra son indirectamente todas aquellas personas investigadoras, emprendedoras de redes de alumbrado, comunidad estudiantil, comunidad docente y demás, que tengan interés en el campo del control y automatización a través de las nuevas tecnologías.

### **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de información**

La información se recolectará mediante las herramientas que operan como bases de datos, las cuales son: SciELO, SCOPUS, ScienceDirect, entre otras. Además, se recolectará información extraída de Páginas Web de Internet, por otro lado, ayuda en la teoría con libros de Control y Automatización.



## Capítulo 4. Desarrollo del proyecto por medio de las actividades propuestas

A continuación se hablara de los procedimientos llevados a cabo para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

### **4.1 Se hace relación de los conceptos teóricos y científico correspondiente al problema planteado.**

Se establecieron y se definieron todos los conceptos teóricos y científicos relacionados con el proyecto; estos son expresiones técnicas, términos claves y desconocidos, definiciones de fenómenos, herramientas de construcción. Cada referencia que sustente el trabajo como tal, todo esto se realizó en el marco referencial.

Con respecto a la definición de las variables a intervenir, se llevó a cabo mediante la recopilación de la información y la elaboración del planteamiento del problema.

De acuerdo a esto se determinó que la variable a intervenir es el tiempo en que permanecen las lámparas encendidas, también se visualizó la necesidad de monitorear las variables tales como (tensión, corriente, potencia, consumo) debido a que intervienen en el sistema.

Formulas

$$\text{consumo} = \text{potenci} * \text{tiempo}$$

$$\text{potencia} = \text{tencion} * \text{corriente}$$

Consumo= kilowatt hora (kwh)

Potencia= kilowatt (kw)

Tensión=voltaje (V)

Corriente= Intensidad (A)

Para comprender el funcionamiento de las herramientas utilizadas (labview, arduino y raspberry) se tuvieron en cuenta los siguientes conceptos y ejemplos.

Como son, entradas y salidas digitales, entradas y salidas análogas, funciones, Constantes, desarrollo interactivo.

Ejemplo semáforo simple.

- Los circuitos de tiempo son muy utilizados en los automatismos. Uno de los más clásicos ejemplos de estos circuitos es un semáforo.
- En la siguiente práctica realizaremos un semáforo simple.
- Utilizaremos las siguientes salidas digitales para cada una de las tres lámparas del semáforo:

Pin digital	salida	tiempo
8	rojo	1000 ms.
9	ámbar	1000 ms.
10	verde	700 ms.

El tiempo de activación de cada lámpara en este primer ejemplo será fijo y de 1seg.

En la figura siguiente vemos el aspecto del Panel en modo ejecución.



Figura 10. Panel en modo ejecución.

Fuente. <http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf>

Se muestran las tres lámparas y el botón “Parar”.

El proceso que seguiremos en el montaje es el siguiente:

- Inicializamos la conexión de arduino mediante el bloque “Init”.
- Configura como salidas de cada una de las tres lámparas: PIN (8) Roja, PIN (9) Ámbar y PIN (10) Verde. Esto lo hacemos mediante los tres bloque de función “Set Digital Pin Mode” de la librería de Arduino.
- Genera las señales Rojo, Amarillo y Verde. Mediante una estructura tipo “Case Structure” Que en nuestro caso le añadiremos hasta “tres casos” o estados que se asociaran a cada uno de los estados de nuestro semáforo.

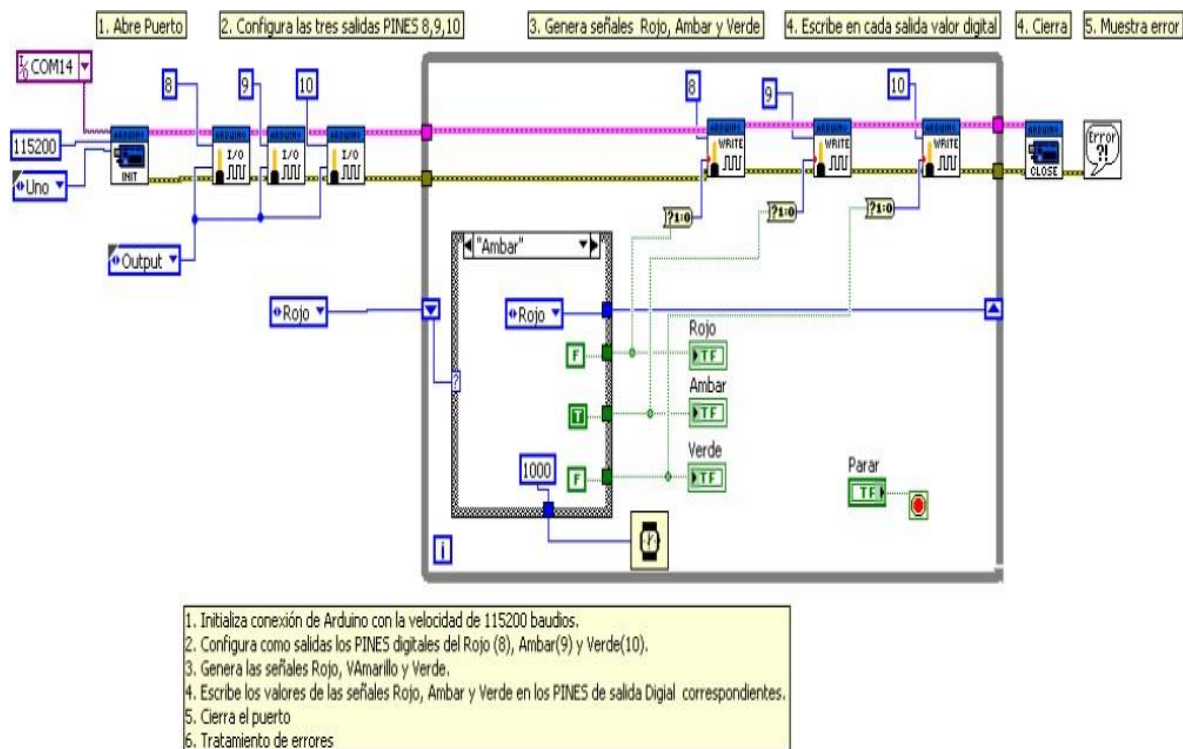


Figura 11. Case Structure

Fuente. <http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf>

En las figuras siguientes se muestra cada uno de los casos creados. Hemos definido como estado de inicio en la secuencia de ejecución el “Rojo”

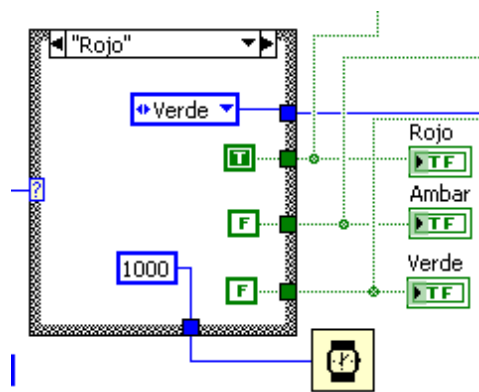


Figura 12. Estado Rojo

Fuente. <http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf>

**Estado Rojo.** En el vemos que el estado siguiente debe ser “Verde” y que la secuencia será: Rojo (TRUE), Ámbar (FALSE) y Verde (FALSE). Tiempo 1000 ms

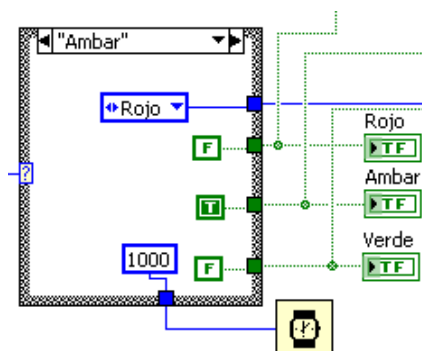


Figura 13. Estado Ámbar

Fuente. <http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf>

**Estado Ámbar.** En el vemos que el estado siguiente debe ser “Rojo” y que la secuencia será: Rojo (FALSE), Ámbar (TRUE) y Verde (FALSE). Tiempo 1000 ms.

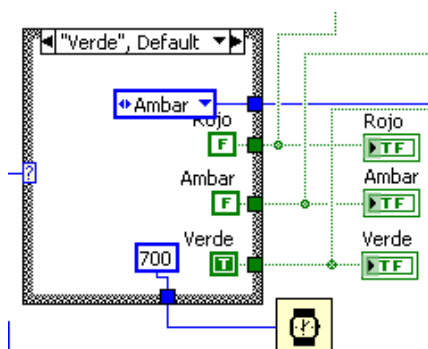


Figura 14. Estado Verde

Fuente. <http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf>

**Estado Verde.** En el vemos que el estado siguiente debe ser “Ámbar” y que la secuencia será: Rojo (FALSE), Ámbar (FALSE) y Verde (TRUE). Tiempo 700 ms.

- Escribe los valores de las señales Rojo, Ámbar y Verde en los PINES de salida Digital correspondientes. Es importante que observemos como las salidas del secuenciador so de tipo

- “TRUE/FALSE” por eso debemos convertirlas al tipo de señal admisible por los bloques “Digital Write Pin” que escriben los valores en las salidas físicas de Arduino.
- Cierra el puerto mediante el bloque “Close”
- Tratamiento de los errores. Mediante el bloque “Simple Error”

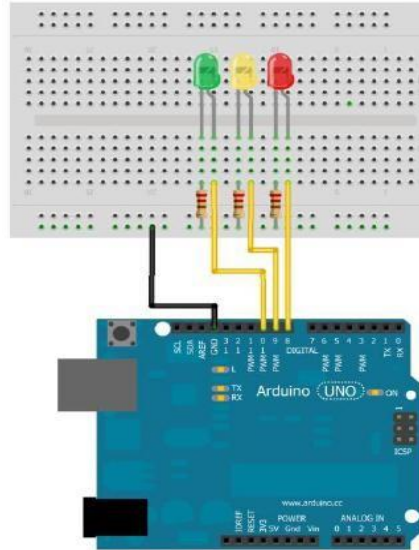


Figura 15. Funcionamiento de la raspberry

Fuente. <http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf>

Se pudo comprender el funcionamiento de la raspberry (microordenador) gracias a la investigación realizada, el análisis y el estudio de los diferentes conceptos encontrados en los cuales se explicaba el funcionamiento de esta.

#### 4.2 Diseño y desarrollo de soluciones.

Debido a que este banco experimental de alumbrado es propuesto para que quede ubicado en las instalaciones del laboratorio de automatización de la universidad francisco de paula Santander Ocaña se tomó en cuenta las medidas de los escritorios existentes en dicho

laboratorio y el tablero existente de neumática marca FESTOS del laboratorio de neumática, esto con el fin de conservar una uniformidad en lo ya existente.

Las dimensiones decididas para la construcción de este banco de alumbrado son:

- Mesa: Altura 90 cm; Ancho 60 cm; Largo 120 cm.
- Tablero: Largo 90 cm; Alto 90 cm; Base 60 cm.

Con estas medidas ya decididas hacemos un diseño en SOLIDWORKS donde se establece la ubicación del tablero sobre la mesa con una inclinación de  $30^\circ$  con la vertical, esto con el propósito de que su funcionalidad sea cómoda, visible y más práctico.

### Diseño banco en SOLIDWORKS.

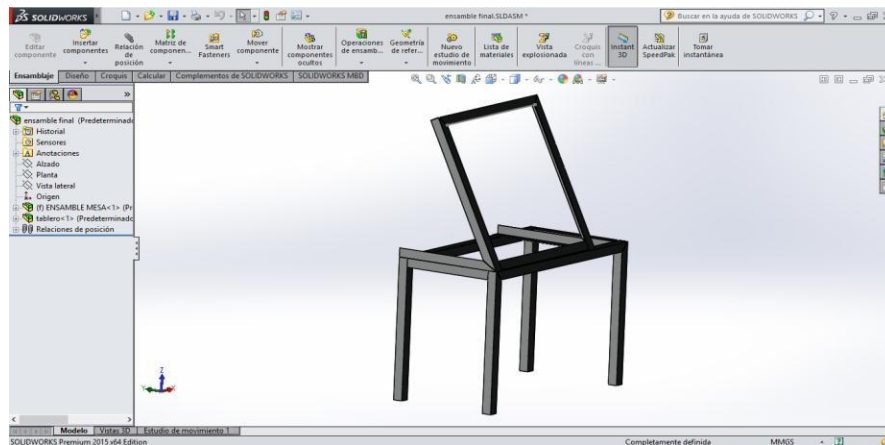


Figura 16. Diseño del banco en SOLIDWORKS  
Fuente. Autores del proyecto

Con la ayuda del software solidworks y teniendo en cuenta las anteriores dimensiones ya establecidas para el banco de alumbrado se realiza el diseño de la estructura.

**4.2.1 Construcción de estructura metálica del banco de alumbrado.** En esta etapa se procedió a la construcción utilizando herramientas adecuadas para este trabajo, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera respecto a la manufactura en la elaboración de esta estructura.

Para esta construcción se emplearon 2 tubos de acero de 6 m de 2" calibre 16 y 4 m de ángulo de acero de 2" de ¼".



Figura 17. Corte de tubería  
Fuente. Autores del proyecto

Se realiza el corte de tuberías a las medidas ya establecidas para la estructura metálica y para ello se utiliza la tronzadora como herramienta de corte.



Figura 18. Unión de tubos  
Fuente. Autores del proyecto





Figura 19. Proceso de soldadura  
Fuente. Autores del proyecto

En la figura 18 y 19 se muestra el ensamble de la estructura del bando, como proceso de unión entre las tuberías, se emplea soldador SMAW (soldadura de electrodos recubiertos).



Figura 20. Cordón de soldadura  
Fuente. Autores del proyecto

En la anterior figura 20 se puede observar la unión de las tuberías por medio de un cordón de soldadura ejecutado en zigzag.



Figura 21. Pulido de estructura  
Fuente. Autores del proyecto

Se realiza el pulido a las uniones de la estructura para retirar escoria y bordes sobresalientes dejados por la soldadura.



Figura 22. Empotrado de tablero a estructura  
Fuente. Autores del proyecto

Ya con la estructura de la mesa y el tablero terminados se hace el ensamble.



Figura 23. Pintado de estructura  
Fuente. Autores del proyecto

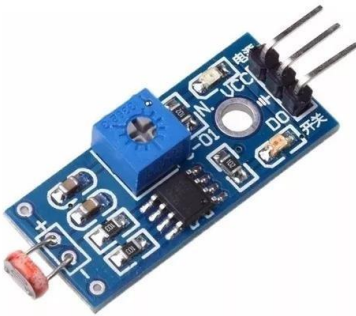
Luego de terminado el ensamble de la estructura se procede a efectuar el pintado de esta con la ayuda del compresor.

**4.2.2. Selección de los elementos a utilizar para la construcción del tablero.** Con la información y estudios anteriormente realizados sobre la problemática planteada en el consumo excesivo de energía en los escenarios deportivos de Ocaña, y en busca de una solución a esto, se optó por la implementación de un sistema de telegestión, para ello se determinó el uso de: tarjeta arduino (microcontrolador), raspberry (microordenador), circuito de potencia, sensores (luminosidad, voltaje, corriente), lámparas led, computador (software labview).

Conectados entre sí mediante diferentes protocolos de comunicación (red local wifi, puerto serial, tcp) para obtener una comunicación eficiente y rápida entre ellos la cual nos permite realizar operaciones en tiempo real (automatizar y monitoriar).

Estos equipos son seleccionados teniendo en cuenta sus características de operación, funcionalidad, además de que este software y tarjetas se expusieron durante la formación del ingeniero mecánico, que por su uso didáctico permiten acercarse a la realidad en el propósito de automatizar alumbrado, permitiendo que el sistema tenga un funcionamiento óptimo.

### Características de equipos seleccionados



Comparador = LM393

Potenciómetro = Ajuste de luz

Voltaje de entrada = 3.3V/5V

Pines digitales salidas = 1

Figura 24. Sensor de corriente

Fuente. [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-451536137-modulo-arduino-fotorresistencia-fotorresistencia-sensor-luz-\\_JM?quantity=1](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-451536137-modulo-arduino-fotorresistencia-fotorresistencia-sensor-luz-_JM?quantity=1)



Figura 25. Sensor de voltaje

Fuente. [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-451536137-modulo-arduino-fotorresistencia-fotorresistencia-sensor-luz-\\_JM?quantity=1](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-451536137-modulo-arduino-fotorresistencia-fotorresistencia-sensor-luz-_JM?quantity=1)

- Módulo de inductancia mutua monofásica de tensión de salida activa equipada con la serie ZMPT101B de transformador de tensión de alta precisión y corriente, amplificador operacional de alta precisión, fácil de 250 V dentro de la adquisición de la señal de alimentación de AC.

- Transformador de voltaje: Micro Transformador de voltaje a bordo de precisión
- Circuito amplificador operacional: circuito amplificador a bordo de alta precisión, la señal para realizar el muestreo exacto y la compensación apropiada y otras funciones.
- Salida de voltaje de modo: el módulo puede medir voltaje de AC dentro de 250 V, se puede ajustar el modo de salida correspondiente
- Señal de salida: la señal de salida para la onda sinusoidal, la forma de onda de la mediana (componente de CC)
- Voltaje de alimentación: 5-30v

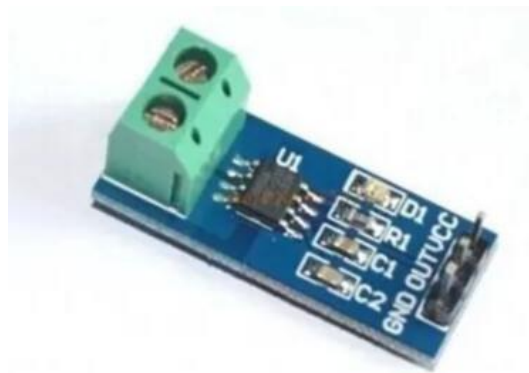


Figura 26. Sensor de corriente

Fuente. [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-484373098-sensor-de-corriente-20-a-acs712-acs712elc-20a-hall-arduino-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-484373098-sensor-de-corriente-20-a-acs712-acs712elc-20a-hall-arduino-_JM)

- Voltaje de alimentación 5V
- Máximo voltaje inverso 0.1V
- Corriente de salida 3mA (Fuente) 10mA (inversa)
- Voltaje de salida 0V~5V
- Rangos disponibles (Capacidad de corriente) 5A
- Sensibilidad · 20A (a una salida de 100mV/A)
- Salida cuando no detecta corriente VCC / 2

- Aislamiento eléctrico total Entre el sensor de efecto Hall y la salida de voltaje
- Error máximo de linealidad a la salida 1.5% a 25°C



Figura 27. Raspberry pi 3 B+

Fuente. [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-512109006-raspberry-pi-3-b-nueva-version-entrega-inmediata-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-512109006-raspberry-pi-3-b-nueva-version-entrega-inmediata-_JM)

- Características de la Raspberry Pi 3 Modelo B+
- CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
- RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM
- Wi-Fi + Bluetooth: 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth
- 4.2, BLE
- Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (300 Mbps)
- GPIO de 40 pines
- HDMI
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto CSI y DSI para conectar una cámara y una pantalla táctil
- Salida de audio estéreo y vídeo compuesto
- Micro-SD
- Power-over-Ethernet (PoE)

- Review: Raspberry Pi 3 Modelo B+

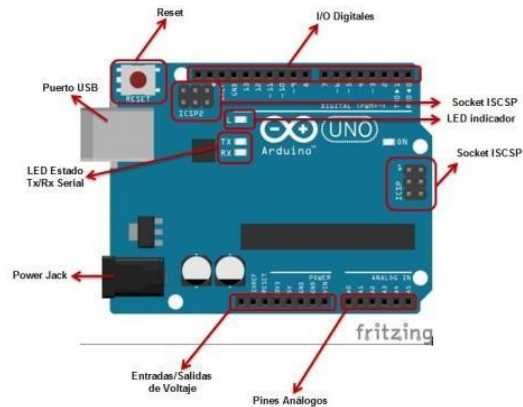


Figura 28. Arduino uno R3

Fuente. <https://pluselectric.wordpress.com/2014/09/21/arduino-uno-especificaciones-y-caracteristicas/>

- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje Operativo: 5v
- Voltaje de Entrada (Recomendado): 7 – 12 v
- Pines de Entradas/Salidas Digital: 14 (De las cuales 6 son salidas PWM)
- Pines de Entradas Análogas: 6
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por Bootloader.
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad del Reloj: 16 MHZ. (Guerrero, 2014)

#### 4.3 Diseño de la solución teniendo en cuenta la estrategia estudiada.

**4.3.1. Código arduino.** A continuación se describirá la programación realizada en el microordenador arduino por medio del uso de sus librerías y lenguajes(C++ adaptado al

arduino, palabras reservadas (if, while, return, punto testrin entre otras)) empleando todas estas herramientas y sus diferentes funciones suministradas por este ordenador, se obtiene el código que permite el funcionamiento del sistema y la comunicación deseada con el software de labview.

```

Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda
ardu
#include "EmonLib.h" //Libreria de sensores
EnergyMonitor emon1;

//Declaración pines. b = lámparas, l = sensores de luz
#define b1 2
#define b2 3
#define b3 4
#define l1 5
#define l2 6
#define l3 7

bool a = false, b = false, c = false;
String dataLast = "";
float v;

const int sensorIn = A1;
int mVperAmp = 100; //Calibrado sensor 20A
double Voltage = 0, VRMS = 0, i = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200); //Velocidad de comunicación serial
  //Modo de funcionamiento de pines
  pinMode(b1, OUTPUT);
  pinMode(b2, OUTPUT);
  pinMode(b3, OUTPUT);
  pinMode(l1, INPUT);
  pinMode(l2, INPUT);
}

```

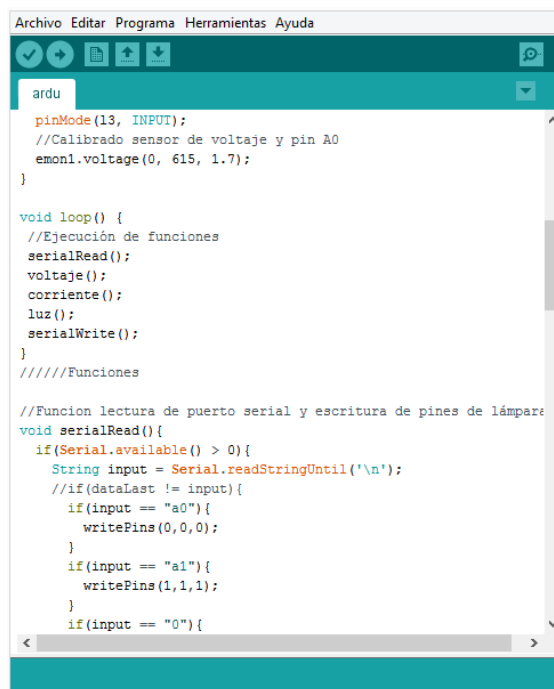
Figura 29. Código de programación arduino  
Fuente. Autor del proyecto

Empezamos utilizando la librería “emonlib.h” donde se invoca emon 1 el cual tiene todas las propiedades de la librería de sensores, luego definimos las variables ( lámparas, sensores de luz) donde (a, b, c)son boléanos y tienen un estado false(falso) ósea un valor igual a cero, dataLast funciona como una cadena de texto limpio donde se declaran funciones, pero acá como es una inicialización se crea vacía, luego se usa como, float (valores flotantes), const int (constantes entero = sumar a + b ), doublé(dobles) (que poseen valores como son 00,01).



Como generalmente la programación en arduino es C++ adaptado, se corre con funciones el cual esta posee subfunciones que al declararlas estas permiten llamar la subfunción para ejecutarla y devolver un dato, como es void setup, void loop que es lo primero que se ejecutan solo una vez, son siempre vacías debido a que no retornan nada sino que son necesarias y se ejecutan después de la primera parte. Serial.begin: donde serial es la comunicación serial, begin es el inicio, en donde se define la velocidad de ejecutar (115200 baudios) esto es obligatorio si se va a usar el puerto serial,

El pinMode indica el modo de uso de los pines del arduino los cuales pueden ser digitales o analógicos, en esta programación se están usando los pines digitales (b1=2, b2=3, b3= 4) que funcionan como salidas que van al transistor que activa el relé de las lámparas y el (11=5, 12= 6, 13=7) como entrada para los sensores de luminosidad.



```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
ardu
pinMode(13, INPUT);
//Calibrado sensor de voltaje y pin A0
emon1.voltage(0, 615, 1.7);
}

void loop() {
//Ejecución de funciones
serialRead();
voltaje();
corriente();
luz();
serialWrite();
}
/////Funciones
//Funcion lectura de puerto serial y escritura de pines de lámparas
void serialRead(){
if(Serial.available() > 0){
String input = Serial.readStringUntil('\n');
//if(dataLast != input){
if(input == "a0"){
writePins(0,0,0);
}
if(input == "a1"){
writePins(1,1,1);
}
if(input == "0"){
```

Figura 30. Código de programación arduino  
Fuente. Autor del proyecto

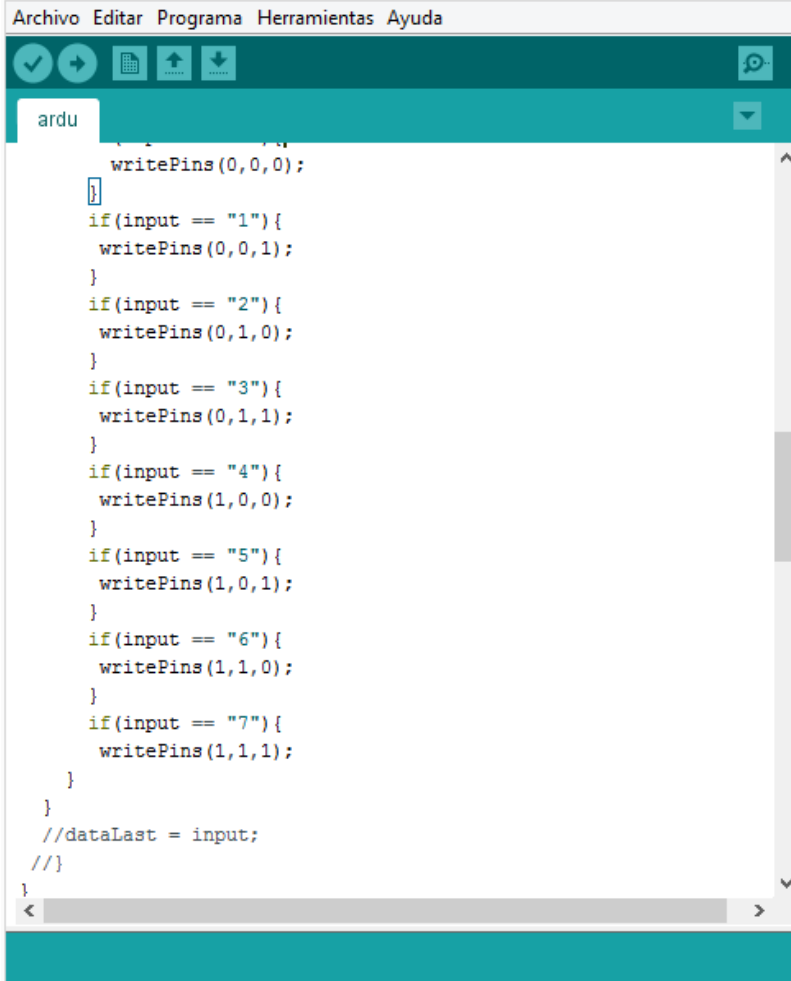
Por recomendación del fabricante de los sensores se utiliza la librería Emonlib que contiene todas las propiedades de los sensores, y se selecciona el pin analógico que se le asigna a voltaje (A0) también `emon 1.voltage (0, 615, 1.7)` se puede modificar o calibrar el voltaje variando el valor del medio (615), el 1,7 es valor fijo dado por el fabricante.

Void loop es una función repetitiva o cíclica el cual se ejecuta hasta que el arduino se apague, donde realiza procesos independientes que tienen un nombre que cada vez que se llamen se ejecuten, como es serial read, voltaje, corriente, luz y serial write. Donde el arduino tiene como función tomar la información de las entradas y salidas de los sensores y evaluarla si es necesaria para enviarla por serial, por medio de dos led indica si esta tx= transmisión, rx= recibiendo información.

Serial read se encarga de leer lo que le llega por serial y accionar los actuadores en el caso de las lámparas, al voltaje con el sensor le hace un proceso si es necesario y lo guarda en una variable V la cual es el voltaje actual, lo mismo ocurre con la corriente, en luz lee los sensores de luz y los guarda en a, b, c que son los boléanos que se declararon en la programación anteriormente, luego serial write después de haber adquirido los datos los devuelve por serial.

Serial available es un condicionador para leer el tamaño de la información que llega, la cual puede ser 1, 2,3, 4,5... bytes, cuando llega un dato lo condiciona de tal modo que si es mayor acere ejecute una función, sino que no realice ninguna acción.

Entonces cuando llega algo mayor a uno se crea una variable local que funcionara dentro del if (palabra reservada) nada más, como es `input(string input=serial. Readstringuntil(.,\n*))` donde se le dice que lea un string hasta (`\n`) salto de línea (ya acabe), hasta que llegue un nuevo dato, se envía así desde la raspberry, sabiendo que ésta envía pulsos en números binarios de cero al siete (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111) se ingresa a labview y se toma un bloque que convierta estos en un string, esto para los pulsadores manuales, en el caso de automático tenemos `input = a0 = writepins( 0,0,0)` apaga las tres lámparas, si es `a1= writepins(1, 1, 1)` encienda las tres lámparas.



```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
ardu
writePins(0,0,0);
if(input == "1"){
  writePins(0,0,1);
}
if(input == "2"){
  writePins(0,1,0);
}
if(input == "3"){
  writePins(0,1,1);
}
if(input == "4"){
  writePins(1,0,0);
}
if(input == "5"){
  writePins(1,0,1);
}
if(input == "6"){
  writePins(1,1,0);
}
if(input == "7"){
  writePins(1,1,1);
}
}
//dataLast = input;
//}
}
```

Figura 31. Código de programación arduino  
Fuente. Autor del proyecto

Input “1”= writepins(001) encienda lámpara 3, input “2”= writepins(010) encienda lámpara 2, input “3”= writepins(011) encienda lámpara 2 y 3, input “4”= writepins(100) encienda lámpara 1, input “5”= writepins(101) encienda lámpara 1 y 3, input “6”= writepins(110) encienda lámpara 1 y 2, input “7”= writepins(111) encienda lámpara 1,2 y 3.



```

Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda
ardu
//Función escritura de lámparas
void writePins(bool z,bool y,bool x){
  digitalWrite(b1, x);
  digitalWrite(b2, y);
  digitalWrite(b3, z);
}

//Función de sensado de voltaje
void voltaje(){
  emon1.calcVI(20,100);      // Calibrado de sensor de voltaje
  v = emon1.Vrms;
  if(v <= 30){v = 0;}
}

//Lectura de sensores de luz
void luz(){
  a = !digitalRead(11);
  b = !digitalRead(12);
  c = !digitalRead(13);
}

//Lectura de sensor de corriente
void corriente(){
  Voltage = getVPP();
  VRMS = (Voltage/2.0) * 0.707;
  i = ((VRMS * 1000)/mVperAmp) - 0.05;
  if(i <= 0){i = 0;}
}

```

Figura 32. Código de programación arduino  
Fuente. Autor del proyecto

Todo esto está llegando a writepins, estos datos que están llegando los registra como bool (boléanos) al primer dato que llega se le asigna z, al segundo y, al tercero x, este permite encender y apagar las luces con la información que está llegando por puerto serial.

- Emon1.calcVI=calibrador sensor de voltaje.

- Void luz=lectura de sensores de luz.
- Void corrient=lectura de sensor de corriente.
- Estos comandos son sacados de las librerías emonlib.

```

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
ardu
if(i <= 0){i = 0;}
}

//Función lectura VPP de sensor de corriente
float getVPP(){
  float result;
  int readValue;
  int maxValue = 0;
  int minValue = 1024;
  uint32_t start_time = millis();
  while((millis()-start_time) < 150){
    readValue = analogRead(sensorIn); //Lectura A1
    if (readValue > maxValue){
      maxValue = readValue;
    }
    if (readValue < minValue){
      minValue = readValue;
    }
  }
  result = ((maxValue - minValue) * 5.0)/1024.0;
  return result;
}

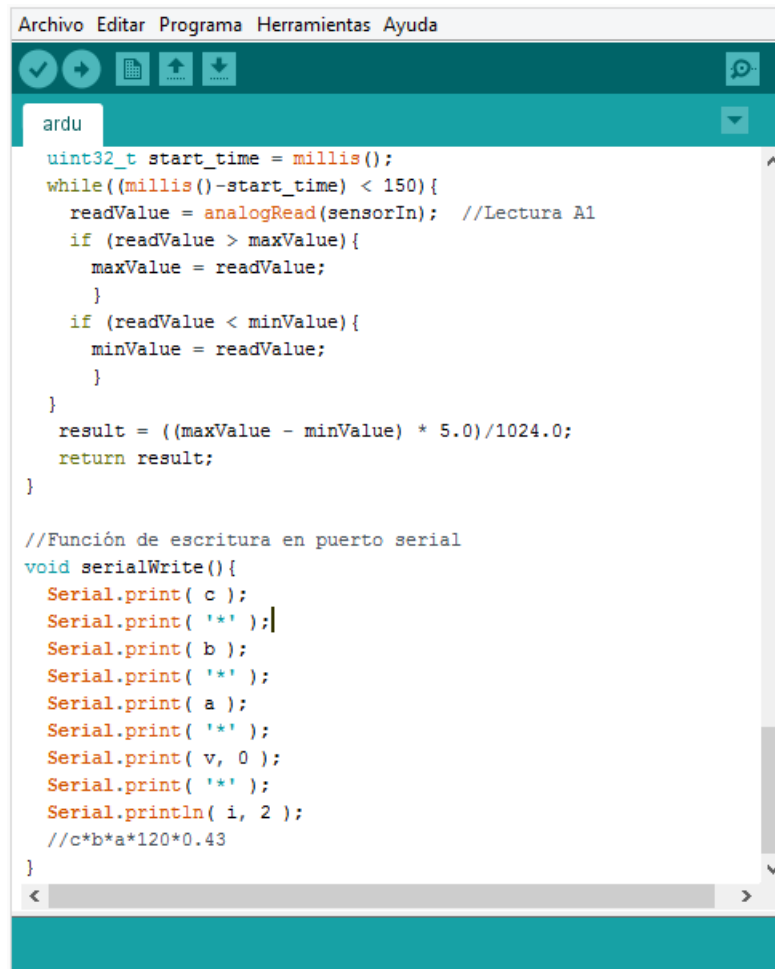
//Función de escritura en puerto serial
void serialWrite(){
  Serial.print( c );
  Serial.print( '*' );
}

```

Figura 33. Código de programación arduino  
Fuente. Autor del proyecto

En la lectura del sensor de corriente obtenemos una función getVPP la cual por librería se ejecuta aparte, esto es necesario hacerlo debido a que la lectura requerida es de corriente alterna, de esta manera el fabricante recomienda su ejecución, para recalcular este valor, esta función getVPP no es declarada como void porque se va a retomar un valor resultante de ella.

Return result es el que permite retomar el valor en donde se está llamando la función en este caso Voltaje=getVPP.



```

Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda
ardu
uint32_t start_time = millis();
while((millis()-start_time) < 150){
  readValue = analogRead(sensorIn); //Lectura A1
  if (readValue > maxValue){
    maxValue = readValue;
  }
  if (readValue < minValue){
    minValue = readValue;
  }
}
result = ((maxValue - minValue) * 5.0)/1024.0;
return result;
}

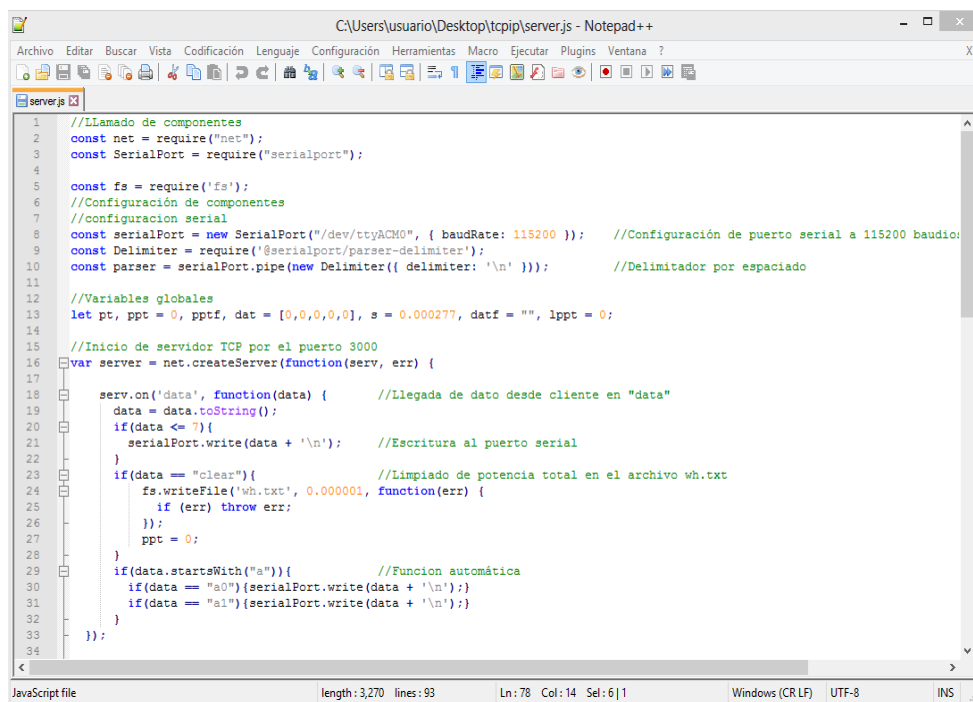
//Función de escritura en puerto serial
void serialWrite(){
  Serial.print( c );
  Serial.print( '*' );|
  Serial.print( b );
  Serial.print( '*' );
  Serial.print( a );
  Serial.print( '*' );
  Serial.print( v, 0 );
  Serial.print( '*' );
  Serial.println( i, 2 );
  //c*b*a*120*0.43
}

```

Figura 34. Código de programación arduino  
Fuente. Autor del proyecto

Para escribir la función en puerto serial se utiliza la palabra reservada serial.print el cual permite imprimir una variable y cada vez que se utiliza esta palabra (serial.print) se suma, por tal motivo se deben separar las variables por un carácter (,,"\*), para que serial.print genere un salto de línea se le agrega (ln) que es lo mismo que (\n), ejemplo c\*b\*a\*120\*0.43 esto sería un texto enviado por serial.print, cuando en la escritura de un carácter se le agrega una coma es para determinar la cantidad de decimales después de ella.

### 4.3.2. Código de programación raspberry (JavaScript).



```

1 //Llamado de componentes
2 const net = require("net");
3 const SerialPort = require("serialport");
4
5 const fs = require('fs');
6 //Configuración de componentes
7 //configuración serial
8 const serialPort = new SerialPort("/dev/ttyACM0", { baudRate: 115200 }); //Configuración de puerto serial a 115200 baudios
9 const Delimiter = require('@serialport/parser-delimiter');
10 const parser = serialPort.pipe(new Delimiter({ delimiter: '\n' })); //Delimitador por espaciado
11
12 //Variables globales
13 let pt, ppt = 0, pptf, dat = [0,0,0,0,0], s = 0.000277, datf = "", lppt = 0;
14
15 //Inicio de servidor TCP por el puerto 3000
16 var server = net.createServer(function(serv, err) {
17
18   serv.on('data', function(data) { //Llegada de dato desde cliente en "data"
19     data = data.toString();
20     if(data <= 7){
21       serialPort.write(data + '\n'); //Escritura al puerto serial
22     }
23     if(data == "clear"){ //Limpiado de potencia total en el archivo wh.txt
24       fs.writeFile('wh.txt', 0.000001, function(err) {
25         if (err) throw err;
26       });
27       ppt = 0;
28     }
29     if(data.startsWith("a")){ //Funcion automática
30       if(data == "a0"){serialPort.write(data + '\n');}
31       if(data == "a1"){serialPort.write(data + '\n');}
32     }
33   });
34 }

```

Figura 35. Código en JavaScript para la raspberry  
Fuente. Autores del proyecto

En este programador JavaScript que permite hacer la configuración del microordenador, la cual se realiza una programación similar a la del código del microcontrolador (tarjeta arduino), donde también se utilizan palabras reservadas del código de programación, se determinan variables, se llaman librerías y funciones.

```

1 //Llamado de componentes
2 const net = require("net");
3 const SerialPort = require("serialport");
4 const fs = require('fs');
5 //Configuración de componentes
6 const serialPort = new SerialPort("/dev/ttyACM0", { baudRate: 115200 });
7 const Delimiter = require('@serialport/parser-delimiter');
8 const parser = serialPort.pipe(new Delimiter({ delimiter: '\n' }));
9
10 //Variables globales
11 let pt, ppt = 0, pptf, dat = [0,0,0,0,0], s = 0.000277, datf = "", lppt = 0;
12

```

Figura 36. Código en JavaScript para la raspberry  
Fuente. Autor del proyecto

Luego de ejecutar la instalación de node en la raspberry el cual permite la ejecución del código escrito en el lenguaje de programación de JavaScript, se procede a escribir el código, como primer paso llamando constante net (`const net = require ("net")`) esta se encargada de guardar todos los procesos del protocolo de comunicación TCP, que permiten la acción recíproca entre la raspberry y labview, la palabra reservada `require` es la encargada de llamar las librerías en este lenguaje de programación.

`const serialport= require ("serialport")` este comando está encargado de todo el protocolo de comunicación por puerto serial es decir es el canal por donde se realiza la interacción entre la raspberry y el arduino.

`const fs= require (, fs)` cumple la función de buscar cualquier archivo en el sistema requerido.

`Delimiter` es una característica extra de `require`, que permite delimitar la cantidad de datos que se recibe cada vez que se realiza un salto de línea (`,\n`) y `parser` es la que llama a `delimiter` por serial port.

`let` permite declarar las diferentes variables locales,

`var` se encarga de definir la variable `server`, esta se encarga de hacer el inicio del servidor por TCP por el puerto 3000 el cual funciona como un complemento de la dirección IP.



Para declarar una función en JavaScript se utiliza el comando `var server= net.create` `server crea (función (serv,err))` .

```

13 //Inicio de servidor TCP por el puerto 3000
14 var server = net.createServer(function(serv, err) {
15
16     serv.on('data', function(data) {
17         data = data.toString();
18         if(data <= 7){
19             serialPort.write(data + '\n');
20         }
21         if(data == "clear"){
22             fs.writeFile('wh.txt', 0.000001, function(err) {
23                 if (err) throw err;
24             });
25             ppt = 0;
26         }
27         if(data.startsWith("a")){
28             if(data == "a0"){serialPort.write(data + '\n');}
29             if(data == "a1"){serialPort.write(data + '\n');}
30         }
31     });
32
33     setInterval(function() {
34         serv.write(datf)
35         console.log(datf)
36     }, 100);
37
38 });

```

Figura 37. Código en JavaScript para la raspberry  
Fuente. Autor del proyecto

Esta es la función llamada de la librería net del protocolo TCP que permite empezar a leer datos recibidos por dicho protocolo, el dato es enviado desde labview y recibido en forma sexagesimal para convertirlo a string que es una cadena de texto.

If (Data = “clear “) su función es la de limpiar el consumo generado durante cierto tiempo.

Data startswith (“a”) se selecciona con lo que inicia el dato para ser analizado, acá se usa esta función para efectuar el encendido automático de las luces, donde a0= luces apagadas y a1= luces encendidas. La función setInterval permite ejecutar la función anterior en el intervalo asignado que comprende desde var server hasta setInterval, lo cual lo realiza cada 100 ms valor asignado por el programador, serv.write (datf) este se encarga de tomar un dato específico escrito por puerto serial analizarlo y enviarlo por TCP.

Todo esto se realiza con el propósito de tomar los datos recibidos por TCP (labview) y enviarlos por puerto serial (arduino).

```

39
40     server.listen(3000);
41
42     parser.on('data', function(data){
43         data = data.toString();
44         dat = data.split('*');
45         if(data[4]){
46             dat[4] = dat[4].replace(/[\r]/g, '');
47             if(dat[3].length == 1){dat[3] = "00" + dat[3]}
48             if(dat[3].length == 2){dat[3] = "0" + dat[3]}
49             if(dat[4].length == 3){dat[4] = dat[4] + "0"}
50             datf = dat[0]+'*'+dat[1]+'*'+dat[2]+'*'+dat[3]+'*'+dat[4]+'*'+pptf;
51         }
52     });

```

Figura 38. Código en JavaScript para la raspberry  
Fuente. Autor del proyecto

Server.listen con esta palabra reservada se declara el puerto con el cual se establece la comunicación del protocolo TCP que en este caso es el puerto 3000. Parser.on es el que permite copiar y leer (datos) por puerto serial.

Dat=data.split(,“\*”) es el que permite dividir un array (cadena de texto escrita por arduino) por un carácter específico, en if se guarda cada dato leído, donde se declara un dato

para analizar y definir el tamaño del mismo para ser enviado. En el caso

de(`if(dat[3].length=1){dat [3]="00"+dat[3]}`) si el dato 3 tiene un solo carácter lo guarde en el dato 3 pero sumándole al dato 3 dos ceros más con el fin de que envié siempre el mismo tamaño del dato, lo mismo en las otras dos líneas.

```

53
54 setInterval(function(){
55     if(ppt == 0){
56         fs.readFile('wh.txt', (err, data) => {
57             if(data == "NaN"){data = 0.000001}
58             ppt = parseFloat(data, 10);
59             if (err) throw err;
60         })
61     }
62     if(ppt != 0){
63         if(ppt != lppt){
64             fs.writeFile('wh.txt', ppt.toFixed(6), function(err) {
65                 if (err) throw err;
66             });
67         }
68         lppt = ppt
69     }
70     v = parseFloat(dat[3]);
71     i = parseFloat(dat[4]);
72     pt = v * i * s
73     ppt = ppt + pt
74     ppt = round(ppt, 6);
75     let pptx = parseInt(ppt, 10).toString()
76     if(pptx.length == 1){pptf = "00" + pptx}
77     if(pptx.length == 2){pptf = "0" + pptx}
78     if(pptx.length == 3){pptf = pptx}
79     if(pptx.length >= 4){resetBysize()}
80 }, 1000);

```

Figura 39. Código en JavaScript para la raspberry  
Fuente. Autor del proyecto

En esta función se está calculando la potencia acumulada (consumo en segundos) se guarda el dato obtenido, además se le da la opción de limpiar el consumo almacenado, corregir si hay algún error y lo muestra en pantalla.

Parsefloat permite convertir el dato 3,4 en flotantes (entero) para poder operar con estos datos y obtener otros datos requeridos, como son la potencia en ese instante ( $pt = \text{voltaje por corriente por segundos}$ ) y potencia consumida ( $\text{potencia total} = (ppt + pt)$ ), `ppt round`

este comando sirve para redondear el dato que en este caso es 6, y resetbysize indica que si un valor se excede reinicie lo almacenado.

```
81
82 function round(value, decimals) {
83     return Number(Math.round(value+'e'+decimals)+'e-'+decimals);
84 }
85
86 function resetBysize(){
87     ppt = 0
88     fs.writeFile('wh.txt', 0.000001, function(err) {
89         if (err) throw err;
90     });
91 }
```

Figura 40. Código en JavaScript para la raspberry  
Fuente. Autor del proyecto

Function resetbysize se encarga de la programación de esta función.

### 4.3.3. Programa Putty



Figura 41. Logo del programa putty.exe  
Fuente. Autor del proyecto

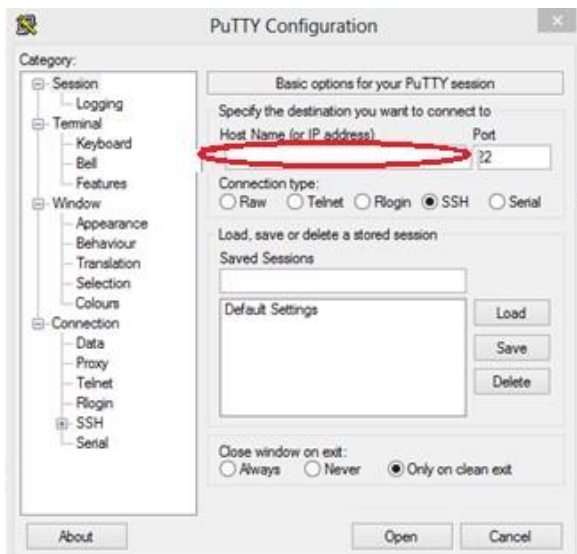


Figura 42. Pantalla de inicio putty.exe  
Fuente. Autor del proyecto

Dentro del círculo rojo de esta pantalla se ingresa la IP de la red de internet que está tomando la raspberry del lugar donde se esté implementando el sistema para permitir la comunicación por el protocolo TCP.

```

pi@raspberrypi: ~/tcp
login as: pi
pi@192.168.1.2's password:
Linux raspberrypi 4.19.50-v7+ #896 SMP Thu Jun 20 16:11:44 BST 2019 armv7l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Fri Jul 19 06:18:22 2019 from 192.168.1.4

SSH is enabled and the default password for the 'pi' user has not been changed.
This is a security risk - please login as the 'pi' user and type 'passwd' to set
a new password.

pi@raspberrypi:~ $ ls
tcp
pi@raspberrypi:~ $ cd tcp
pi@raspberrypi:~/tcp $ ls
node_modules package.json package-lock.json server.js wh.txt
pi@raspberrypi:~/tcp $ node server

```

Figura 43. Interfaz putty.exe  
Fuente. Autor del proyecto

Esta permite realizar el inicio del servidor (raspberry) por medio de un usuario y contraseña predeterminada ejecutando la carpeta server por medio de node js, para establecer la comunicación de la raspberry (TCP, puerto serial).

**4.3.4. Interfaz gráfica y programación labview.** Debido a que el software labview cuenta con un desarrollador gráfico y de bloques, se diseñó un panel frontal el cual satisface las necesidades planteadas (automatizar y monitorear) en el proyecto.

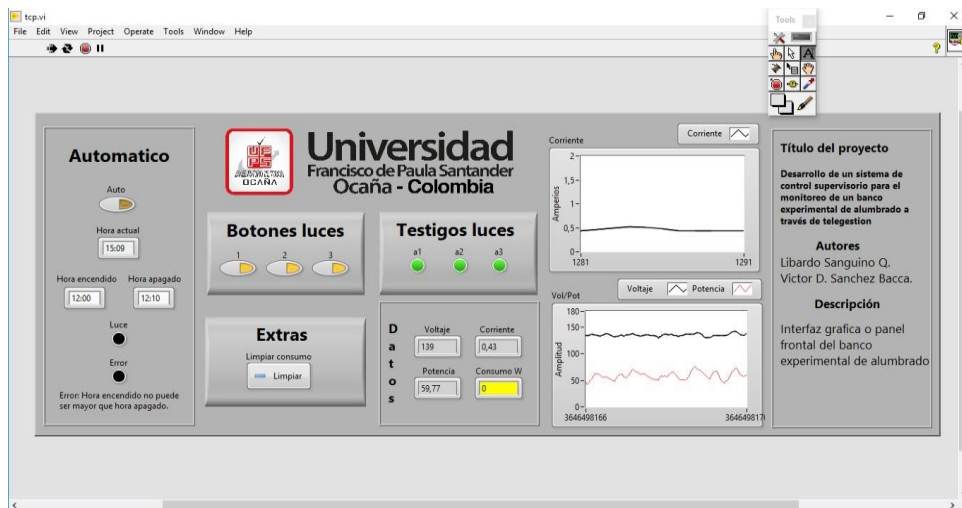


Figura 44. Panel frontal banco de alumbrado (labview).

Fuente. Autor del proyecto

En el anterior panel frontal se pueden observar los siguientes iconos como son:

- Push button: Por medio de este botón hace el cambio de manual a automático.
- Time stamp indicador: Indica la hora actual que es tomada del computador.
- Time stamp control: Permite programar la hora de encendido y apagado del sistema.
- Round led: Estos indican si está en modo automático o si se presenta un error con respecto a la hora de encendido y apagado del sistema.

- Push button: Se utilizan para encender y apagar el sistema manualmente lámpara por lámpara.
- Menu ring: Se usa para limpiar el consumo de energía que se muestra en el indicador de consumo w.
- Round led: Indican si están encendidas las lámparas.
- Numeric Indicator: Se obtienen lecturas de voltaje, corriente, potencia y consumo en tiempo real.
- Waverform graph: En este icono se puede observar el comportamiento gráfico y las oscilaciones que se presentan en la corriente, voltaje y potencia.

Por medio de este diagrama de bloques se puede establecer la comunicación TCP entre labview y arduino (microordenador) facilitando la elaboración de la programación deseada del sistema de automatización.

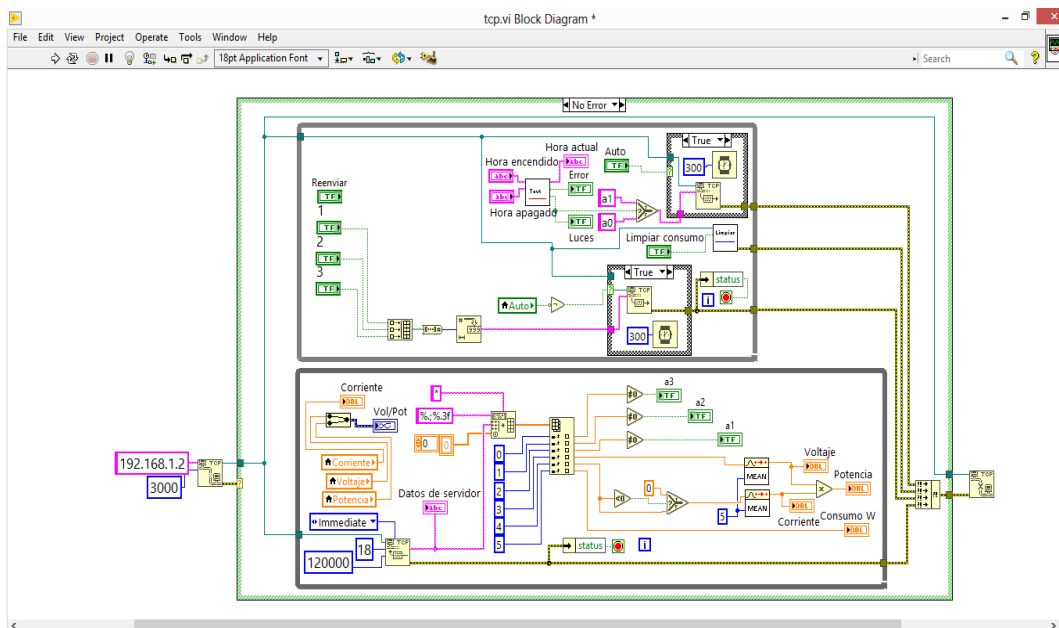


Figura 45. Diagrama de bloques  
Fuente. Autor del proyecto

En el anterior diagrama de bloques se pueden observar los siguientes iconos o bloques como son:

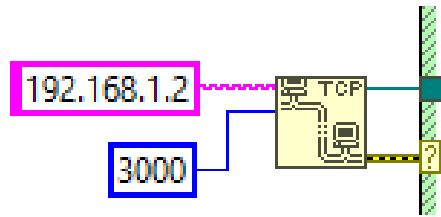


Figura 46. Tcp open connection  
Fuente. Autor del proyecto

Por medio de este bloque se ingresa la IP (192.168.1.2) de la red inalámbrica donde esté operando el sistema, el 3000 es el puerto que permite el ingreso de datos.

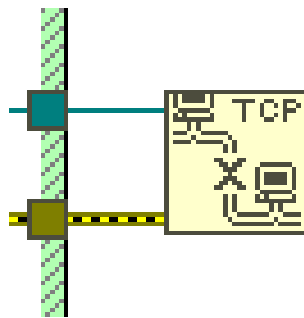


Figura 47. Tcp close connection:  
Fuente. Autor del proyecto

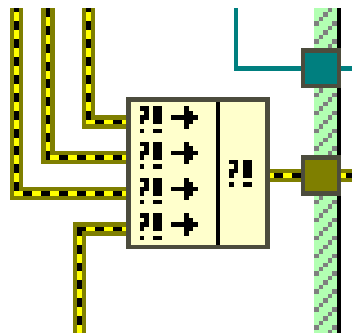


Figura 48. Merge error  
Fuente. Autor del proyecto



Cumple la función de multiplexor de errores y enviar uno de estos cada vez que se active.

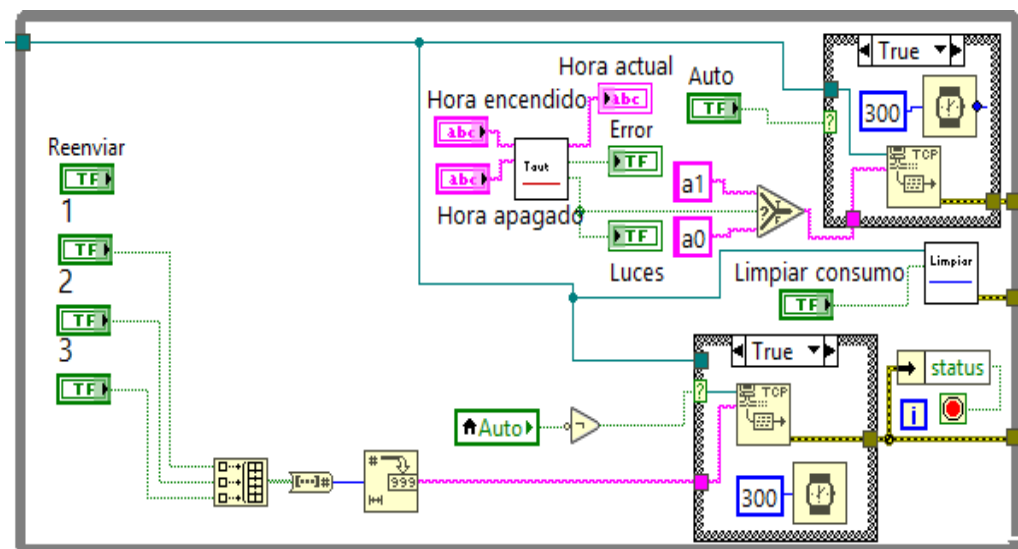


Figura 49. While loop escritura  
Fuente. Autor del proyecto

Este while loop permite escribir para enviar datos en a la raspberry por el protocolo PCP, en donde se encuentra la programación para la activación manual y la automática.

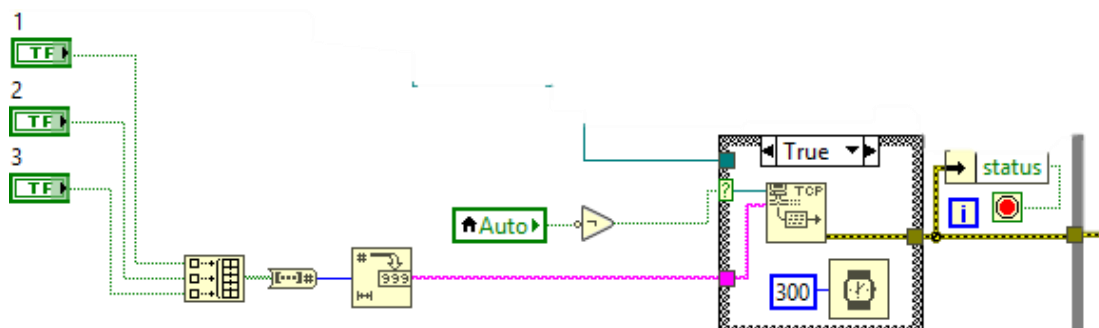


Figura 50. Diagrama de bloques control manual  
Fuente. Autor del proyecto

En esta parte se ejecuta la activación manual del sistema en el cual se encuentran botones boléanos que son los encargados de accionar el encendido de las lámparas,

seguidamente se encuentra buil array el cual hace un array de booleanos para entregarlos a el boolean array to number, este los convierte en flotantes los entrega a number to decimal string y este los enviá a la estructura case para ser enviados por el tcp write, este recibe el string para enviarlos por el protocolo de comunicación TCP.

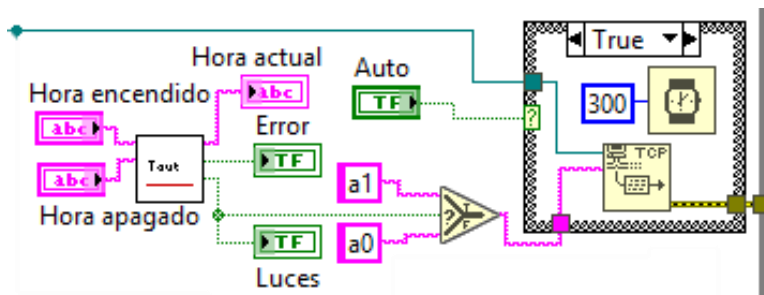


Figura 51. Diagrama de bloques control automatico  
Fuente. Autor del proyecto

En esta parte se ejecuta la activación automática del sistema, donde se encuentra un botón boléano que es el encargado de activar el encendido de las lámparas de forma automática. También se observa un bloque horarioC.vi en el cual se hace la programación, se selecciona la hora de encendido y apagado, además muestra en pantalla la hora actual tomada del computador, a continuación se encuentra la estructura case que recibe el string para ser enviados por el bloque tcp write, este recibe el string para enviarlos por el protocolo de comunicación TCP.

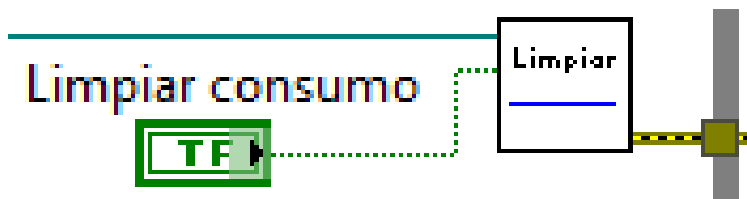


Figura 52. Bloques clear  
Fuente. Autor del proyecto

Este bloque se encarga de limpiar el consumo cada vez que se dese iniciar el contador de consumo, dentro de él se halla la siguiente programación.

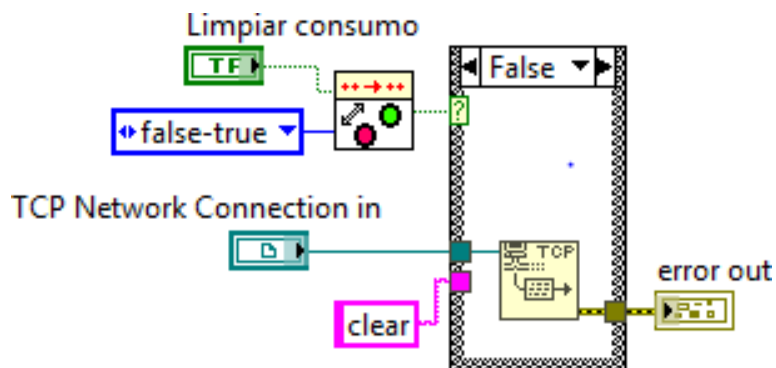


Figura 53. Diagrama de bloques del botón limpiar  
Fuente. Autor del proyecto

Una estructura case esta indica que si es falso no envía nada pero si es verdadero envía la orden de limpiar, también se observa un detector de flancos el cual permite que la orden se envíe una vez por cada accionamiento.

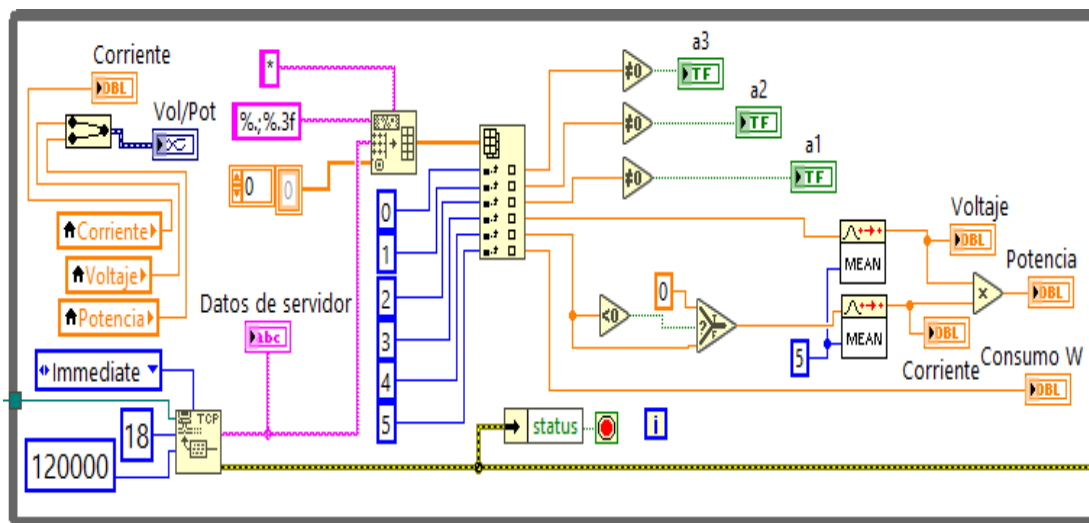


Figura 54. While loop para lectura  
Fuente. Autor del proyecto

En este ciclo wile está la programación de la lectura que se recibe de la raspberry.

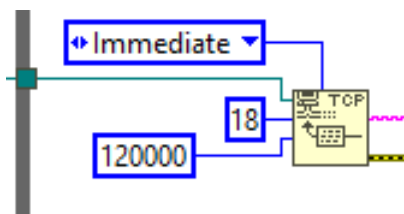


Figura 55. Bloque Tcp read  
Fuente. Autor del proyecto

Es el encargado de leer la cantidad de beet (18) y los transforma a streeng.

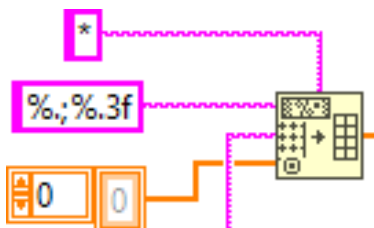


Figura 56. Bloque Spreadsheet string to array  
Fuente. Autor del proyecto

Este recibe el string lo separa por asteriscos y permite seleccionar el formato de lectura para después enviarlo por un array.

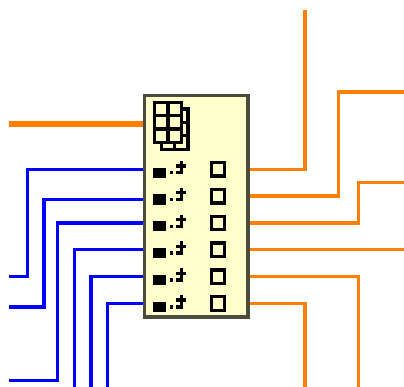


Figura 57. Bloque Index array  
Fuente. Autor del proyecto

Hace una división del array, muestra cada dato y lo envía a su destino, donde dato cero es el sensor (testigo) a3, como el dato 3 es el sensor de voltaje así para los otros datos.

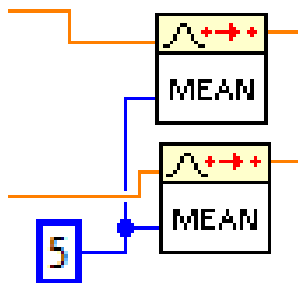


Figura 58. Bloque Mean ptbypt.vi  
Fuente. Autor del proyecto

Estos se utilizan debido a que la información recibida viene con mucha fluctuación la promedia con una constante (5) dada por el programador.

### 4.3.5 Tarjeta de potencia

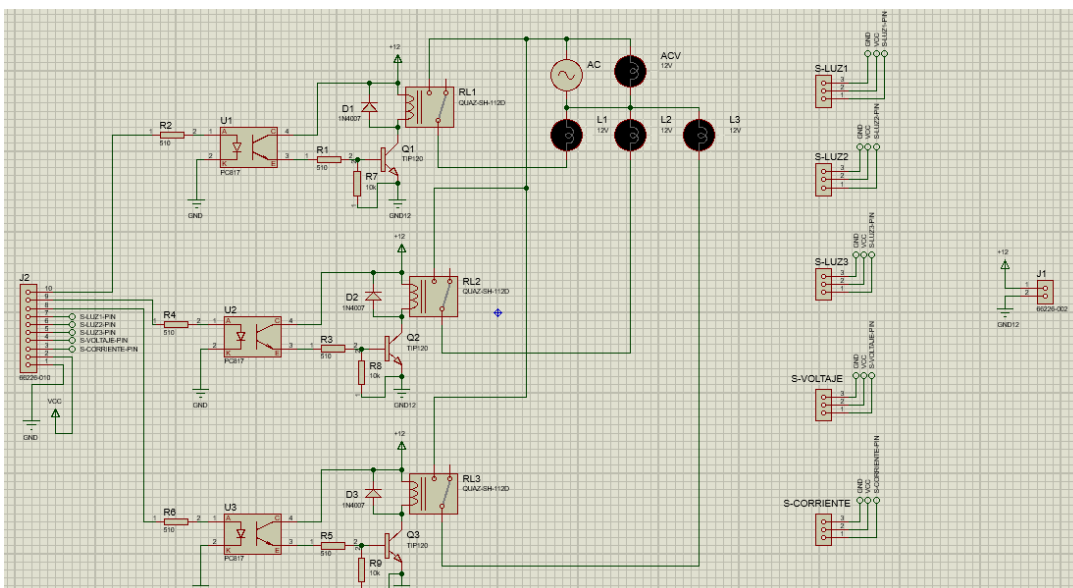


Figura 59. Diagrama unifilar  
Fuente. Autor del proyecto

Para el diseño del circuito de alimentación de sensores y de potencia se utilizó el programa proteus 8 este permite la elaboración del diagrama de conexión. En la anterior figura 59 se encuentran de izquierda a derecha en primer lugar los pines de conexión al arduino, seguido de las resistencias (R2, R4, R6) de 510 ohmios, luego se muestran los optoacopladores (U1, U2, U3) su función es aislar la etapa de control y de potencia para evitar las regresiones en la corrientes, R1, R3, R5( 510 ohmios), R7, R8, R9(10k ohmios) son las encargadas de disminuir el paso de corriente hacia los transistores (Tip 120) Q1, Q2, Q3 elevan la señal enviada por el optoacoplador para accionar el relé, también se observan los diodos ( D1, D2, D3(IN4007)) que evitan que haya recirculación de corriente al relé (RL1, RL2, RL3) encargados de permitir el paso de corriente hacia las lámparas(L1, L2, L3) cuando son accionadas, por último se encuentran los pines de conexión de los sensores (S-luz1, S-luz2, S-luz3, S-voltaje, S-corriente).

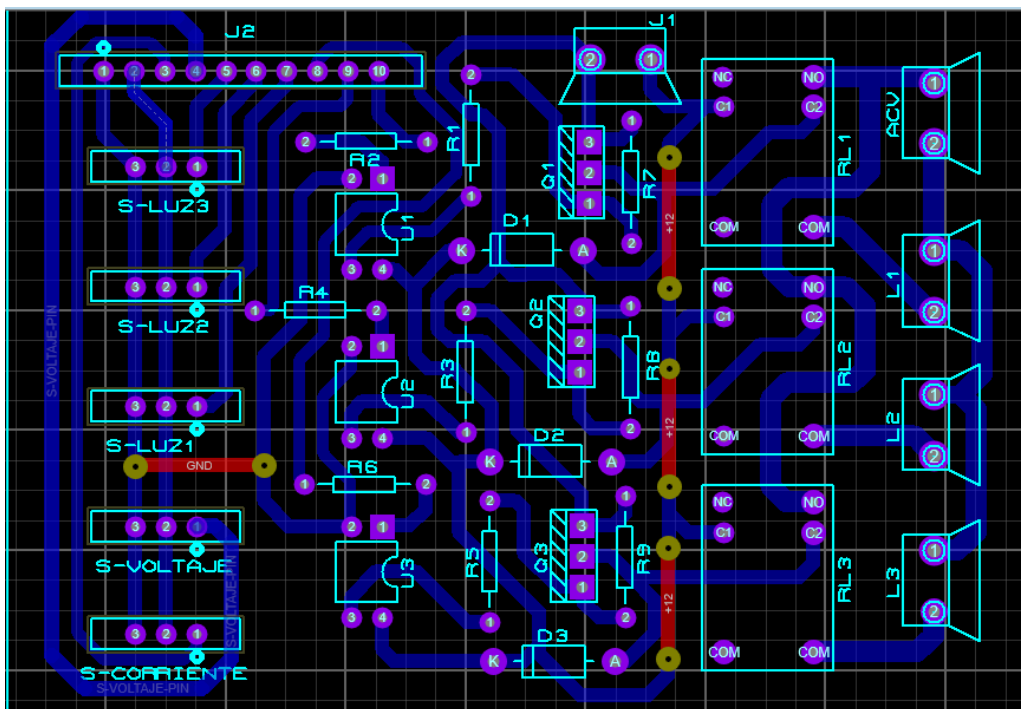


Figura 60. Pcb en el programa proteus 8  
Fuente. Autor del proyecto

Diagrama PCB donde se observa el diseño anterior pero listo para ser impreso en una váquela.

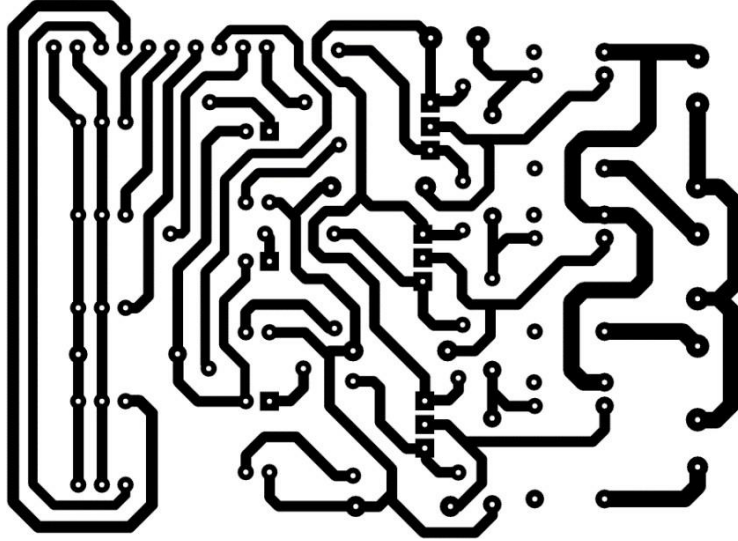


Figura 61. Impresión del PCV  
Fuente. Autor del proyecto

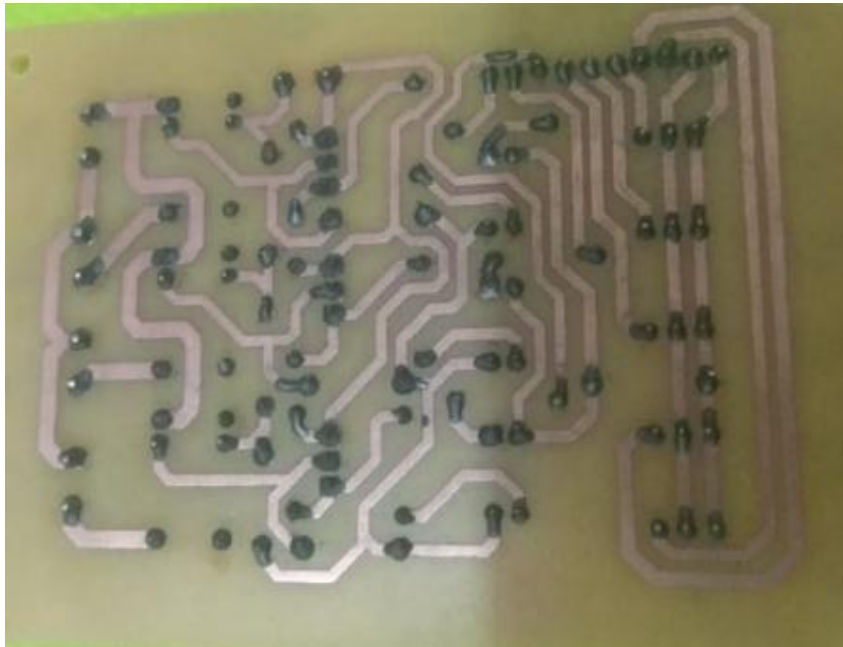


Figura 62. Váquela del circuito impreso.  
Fuente. Autor del proyecto

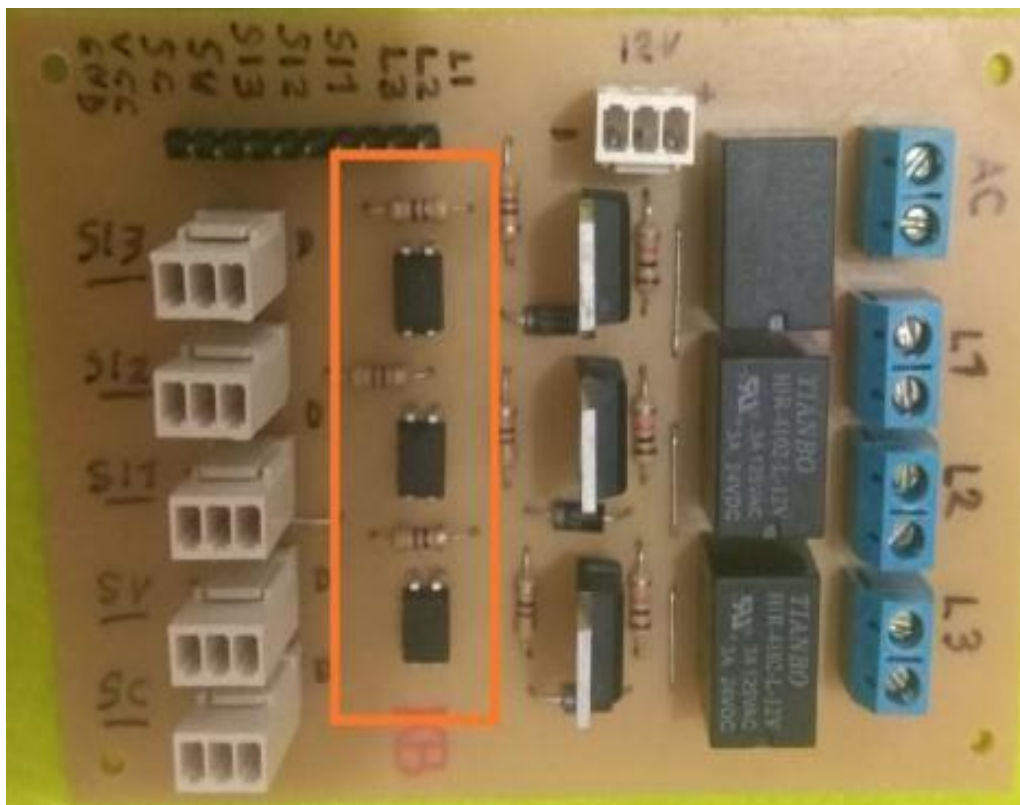


Figura 63. Estructura física del circuito (potencia, conexión de sensores) con sus componentes.  
Fuente. Autor del proyecto

**4.3.6 Construcción del tablero banco experimental de alumbrado.** Para la construcción de este tablero se utilizaron los siguientes materiales: una tabla de madera aglomerada (RH) 90 cm por 90cm largo y ancho respectivamente, 3 lámparas led de 12 W, 3 sensores de luminosidad, 1 sensor de corriente, sensor de voltaje, 1 breaker 2x32 A, 1 caja para exteriores 10cmx10cm para los breaker, un tomacorriente con polo a tierra gálica 2, 12 conectores de bananas tanto machos como hembras, 1 tarjeta de potencia, 1 arduino uno, 1 tarjeta raspberry (miniordenador), 1 fuente de alimentación para la tarjeta de potencia, cableado para conexión de 110V calibre 16AWG, cableado para conexión de sensores de 4 hilos.





Figura 64 Instalación de componentes del tablero  
Fuente. Autor del proyecto

Se procede a la instalación de los diferentes componentes que conforman el tablero del banco experimental de alumbrado.



Figura 65. Lámparas, borneras, breaker y tomacorriente instalados en el tablero del banco.  
Fuente. Autor del proyecto



Figura 66. Instalación de tarjetas(arduno y raspberry)  
Fuente. Autor del proyecto

Se procede a realizar la instalación de las tarjetas raspberry (microordenador), arduino (microcontrolador), tarjeta de potencia, sensores y cableado.



Figura 67. Tablero con todos sus componentes  
Fuente. Autor del proyecto



Figura 68. Banco experimental de alumbrado  
Fuente. Autor del proyecto

En la figura 68 se muestra ya finalizada la construcción del tablero con todos sus componentes instalados listo para la realización de las pruebas de funcionamiento.

#### **4.4. Ejecución de puesta en marcha de las diferentes experimentaciones que permitan validar los conceptos estudiados.**

**4.4.1 Prueba encendido y apagado de lámparas de forma manual.** Una vez se encuentra conectado todo y funcionando se proceden a realizar pruebas para observar la respuesta de encendido de las lámparas con el sistema automatizado.



Figura 69. Prueba encendido de lámpara 1 y testigo 1 en el panel frontal  
Fuente. Autor del proyecto



Figura 70. Lámpara 1 encendida en el tablero  
Fuente. Autor del proyecto

En la figura 69 muestra que al accionar el botón 1 del panel frontal se activa el testigo 1, el aumento en el consumo y la corriente de la lámpara, y se enciende la lámpara 1 como se muestra en la figura 70.



Figura 71. Prueba encendido de lámparas y testigo 1 y 2 en el panel frontal Fuente. Autor del proyecto



Figura 72. Lámparas 1 y 2 encendidas Fuente. Autor del proyecto

En la figura 71 muestra que al accionar el botón 1 y 2 del panel frontal se activa el testigo 1 y 2, el aumento en el consumo y la corriente de las dos lámparas, y se encienden las lámpara 1 y 2 como se muestra en la figura 72.

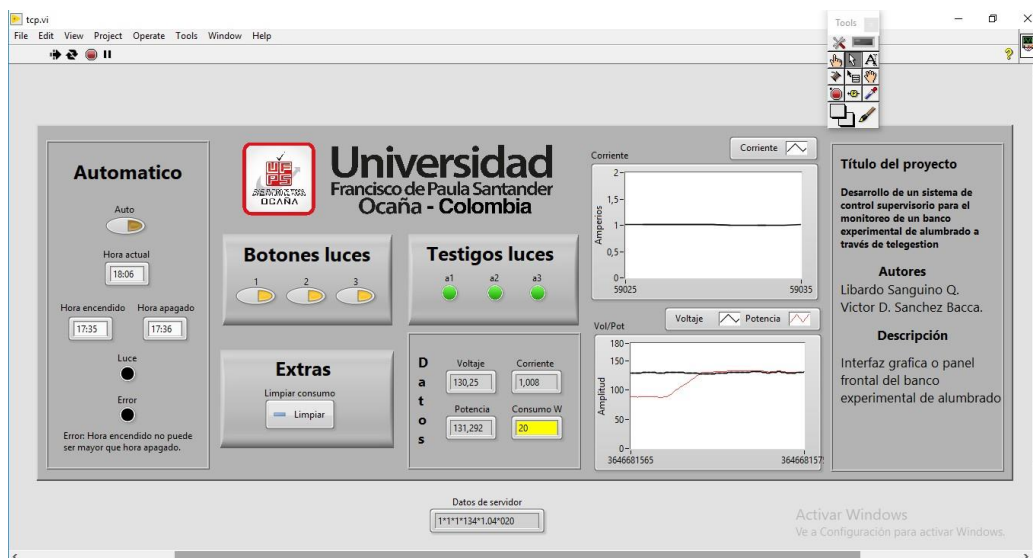


Figura 73. Prueba encendido de lámparas, testigos y 1,2 y 3 en el panel frontal Fuente. Autor del proyecto



Figura 74. Lámparas 1, 2 y 3 encendidas Fuente. Autor del proyecto

En la figura 73 muestra que al accionar el botón 1, 2 y 3 del panel frontal se activa el testigo 1, 2 y 3 el aumento en el consumo y la corriente de las dos lámparas, y se encienden las lámpara 1 y 2 como se muestra en la figura 74.

#### 4.4.2. Prueba encendido y apagado de lámparas de forma automática

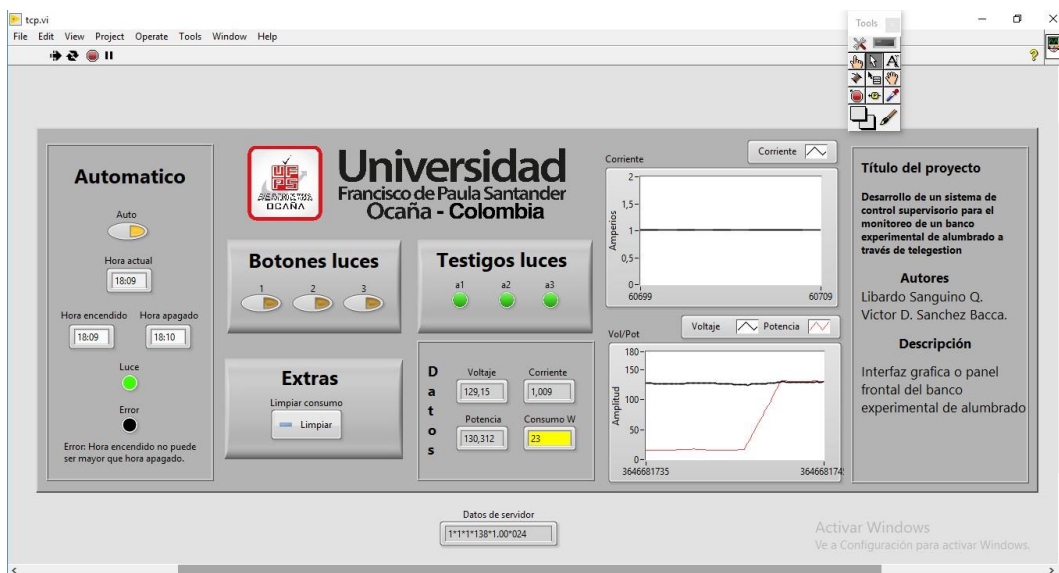


Figura 75. Prueba encendido automático de lámparas, testigos 1,2 y 3 encendidos en el panel frontal Fuente. Autor del proyecto



Figura 76. Lámparas 1, 2 y 3 encendidas Fuente. Autor del proyecto

Cuando se acciona el botón de encendido automático se activan los 3 testigos y el de luces, el aumento en el consumo y corriente como se muestra en la figura 75, y se encienden las 3 lámparas al mismo tiempo en el tablero del banco como se ve en la figura 76.

Como se puede observar en el encendido manual cada vez que se pulsaba un botón se encendía una lámpara de manera inmediata y el aumento en el consumo y la corriente también dependía de la cantidad de lámparas que estaban encendidas.

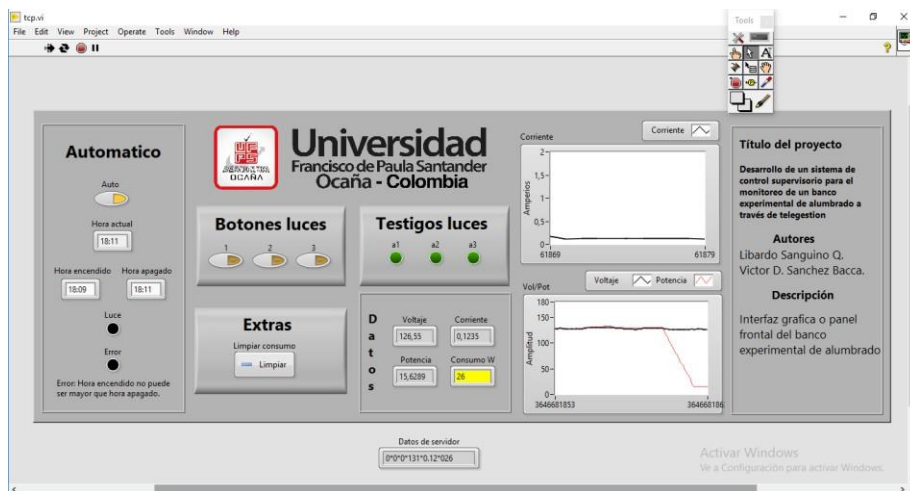


Figura 77. Prueba encendido automático de lámparas, testigos 1,2 y 3 en el panel frontal Fuente. Autor del proyecto



Figura 78, Lámparas 1, 2 y 3 apagadas Fuente. Autor del proyecto

Cuando se desactiva el botón de encendido automático se apagan los 3 testigos y el de las luces, y cae a cero el consumo y corriente como se muestra en la figura 77, y se apagan las 3 lámparas en el tablero del banco al mismo tiempo como se ve en la figura 78.



En el encendido automático se observa que al accionar un botón se encienden las tres lámparas de manera simultánea, de igual forma sucede con el incremento en el consumo y la corriente, además de contar con 2 controles numéricos donde se puede registrar la hora de encendido y apagado que se desee en el banco de alumbrado, también cuenta con 1 indicador numérico donde el mismo programa registra la hora actual del computador.

#### 4.4.3. Circuito eléctrico de lámparas

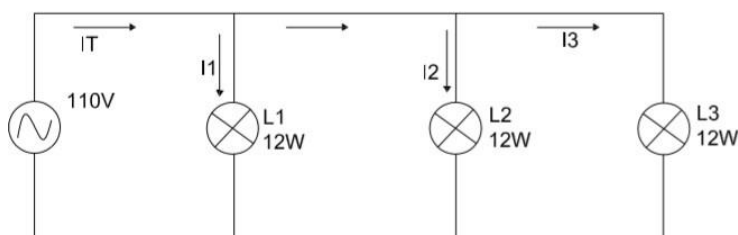


Figura 79. Circuito en paralelo de las amparas  
Fuente. Autor del proyecto

$$P = V * I$$

$$P_T = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$$

$$P_T = 12W + 12W + 12W$$

$$P_T = 36W$$

$$P_T = V_T * I_T$$

$$I_T = \frac{P_T}{V_T}$$

$$I_T = \frac{36W}{110V}$$

$$I_T = 0,32A$$

$$I_1 = \frac{P_{L1}}{V_T}$$

$$I_1 = \frac{12W}{110V} = 0.11A$$

Como las potencia de las demas lamparas es igual no es nesecirio hacer el calculo de las mismas.

#### 4.4.4. Toma de mediciones para verificación. Medicion de la corriente con el sistema apagado



Figura 80. Panel frontal con lamparas apagadas  
Fuente. Autor del proyecto



Figura 81. Registro de corriente en multímetro  
Fuente. Autor del proyecto

Como se muestra en la figuras 81 se observa que en la corriente hay una diferencia de los valores medidos en el multímetro y lo registrado en el panel frontal de labview.

## Medición de la corriente con el sistema encendido

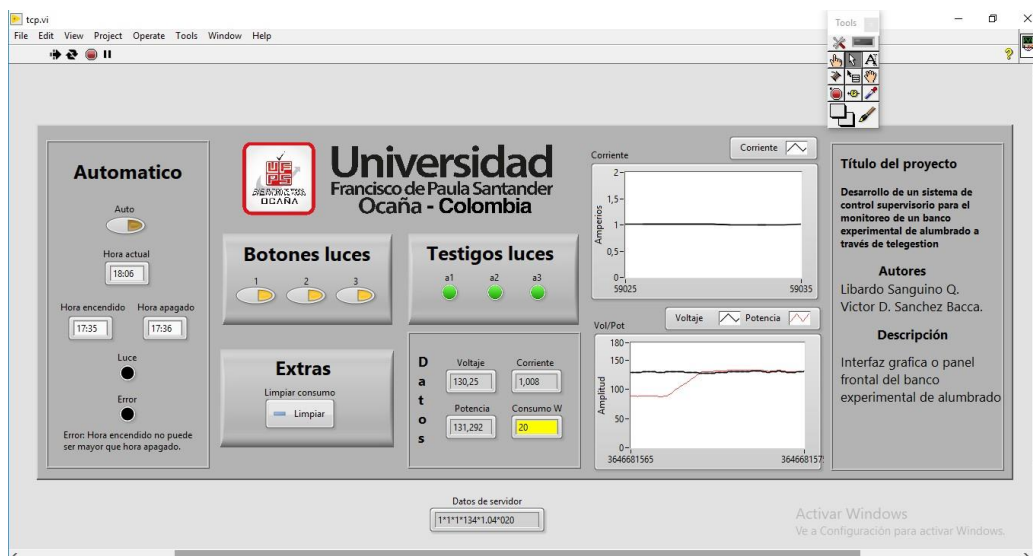


Figura 82. Registro de la corriente en el panel con las lámparas encendida  
Fuente. Autor del proyecto



Figura 83. Lámparas encendidas  
Fuente. Autor del proyecto



Figura 84. Toma de corriente en multímetro con las lámparas encendidas  
Fuente. Autor del proyecto

Como se observa en la figura 84 el multímetro nos muestra un valor diferente de la corriente al registrado por el panel frontal.

### Medición de voltaje con el sistema encendido

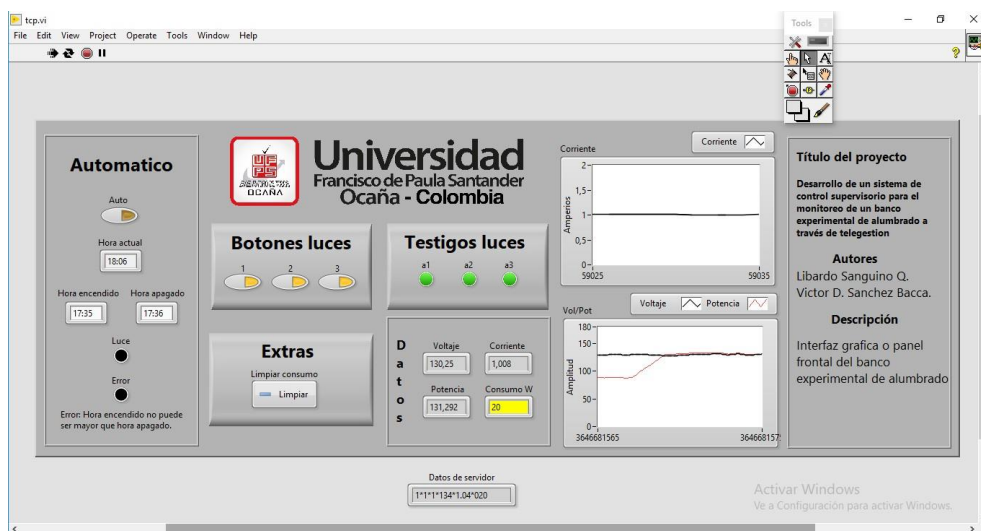


Figura 85. Registro voltaje panel frontal  
Fuente. Autor del proyecto

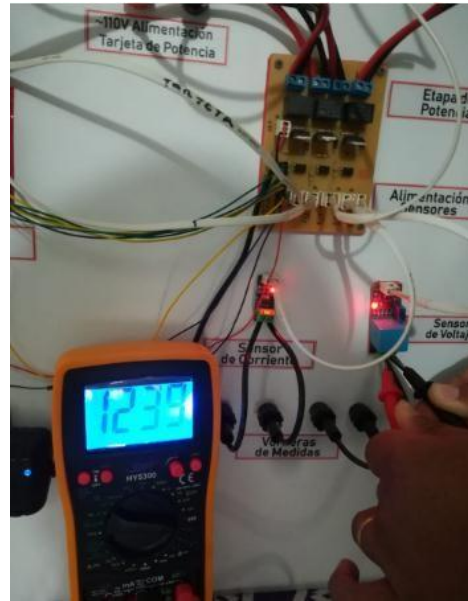


Figura 86. Registro voltaje en el multmetro sistema encendido  
Fuente. Autor del proyecto

En las figuras 85 y 86 se observa el registro del voltaje tanto en el panel frontal como en el multmetro las cuales son muy aproximadas entre ellas.

Las anteriores pruebas de medidas se realizaron con el fin de hacer la verificación con el multmetro de la exactitud de las medidas registradas en el panel frontal, lo cual arroja una inexactitud del dato de la corriente.

**4.4.5 Calibración del Sistema.** Gracias a los datos obtenidos anteriormente sobre la corriente se hace la corrección de dicha medida errónea, esta corrección se efectúa por medio de las librerías existentes en el código de programación arduino como se puede observar a continuación este fue el cambio que se le realizó al código anteriormente descrito:

```

void luz() {
  a = !digitalRead(11);
  b = !digitalRead(12);
  c = !digitalRead(13);
}

//Lectura de sensor de corriente
void corriente() {
  Voltage = getVPP();
  VRMS = (Voltage/2.0) * 0.195;
  i = ((VRMS * 1000)/mVperAmp);
  if(i <= 0){i = 0;}
}

//Función lectura VPP de sensor de corriente
float getVPP() {
  float result;
  int readValue;
  int maxValue = 0;

```

Figura 87. Código de corriente corregido  
Fuente. Autor del proyecto

También fue necesario corregir el código de javascript para la raspberry en donde se efectúa la operación del cálculo de la potencia consumida, la sección del código corregido es:

```

47 if(dat[3].length == 1){dat[3] = "00" + dat[3]} //Corrección de tamaño de datos
48 if(dat[3].length == 2){dat[3] = "0" + dat[3]}
49 if(dat[4].length == 3){dat[4] = dat[4] + "0"}
50 dat[5] = parseFloat(dat[4]);
51 if(dat[5] <= 0.03){
52   dat[5] = 0.01;
53   dat[5] = dat[5].toString();
54 }
55 datf = dat[0]+''+dat[1]+''+dat[2]+''+dat[3]+''+dat[4]+''+dat[5]+''+pptf; //Vector de datos separado por *
56 -});
57 -});
58
59 setInterval(function() { //Función cada segundo para calcular y almacenar potencia
60   if(ppt == 0){
61     fs.readFile('wh.txt', (err, data) => {
62       if(data == void(0)){data = 0.000001}
63       ppt = parseFloat(data, 10);
64       if (err) throw err;
65     })
66   }
67   if(ppt != 0){
68     if(ppt != lgpt){
69       if(ppt > 0){
70         fs.writeFile('wh.txt', ppt.toFixed(4), function(err) {
71           if (err) throw err;
72         });
73       }
74     }
75     lgpt = ppt
76   }
77   v = parseFloat(dat[3]);
78   i = parseFloat(dat[4]);
79   if(i <= 0.03){i = 0.01}
80   pt = v * i * 4 //pt --> i - 999
81   ppt = ppt + pt
82   ppt = round(ppt, 4);
83   let pptx = parseFloat(ppt, 10).toString()
84   if(pptx.length == 1){pptf = "00" + pptx}

```

Figura 88. Sección del código javascript para la raspberry corregido  
Fuente. Autor del proyecto

Despues de realizar todas estas correcciones en los respectivos codigos se procede a verificar nuevamente las lecturas de corriente de el panel y ser comparadas con el multimetro. Pruebas de corriente despues de la correccion en los respectivos codigos



Figura 89. Panel frontal con corriente corregida  
Fuente. Autor del proyecto



Figura 90. Dato en el multimetro con corriente corregida  
Fuente. Autor del proyecto

En las figuras 89 y 90 se visualizan los nuevos datos de la corrienten corregida, tanto en el panel frontal como en el multimetro siendo el mismo dato para los dos, mostrando que la

correccion en los codigos a funcionado hasta el momento. Acontinuacion se efectuara el mismo procedimiento encendiendo las lamparas progresivamente , como se evidencia a continuacion:



Figura 91. Dato de la corriente en el panel frontal con una lampara encendida  
Fuente. Autor del proyecto



Figura 92. Dato de corriente en multmetro con una lampara encendida  
Fuente. Autor del proyecto





Figura 93. Dato de la corriente en el panel frontal con dos lamparas encendidas  
Fuente. Autor del proyecto



Figura 94. Dato de corriente en multímetro con dos lamparas encendidas  
Fuente. Autor del proyecto

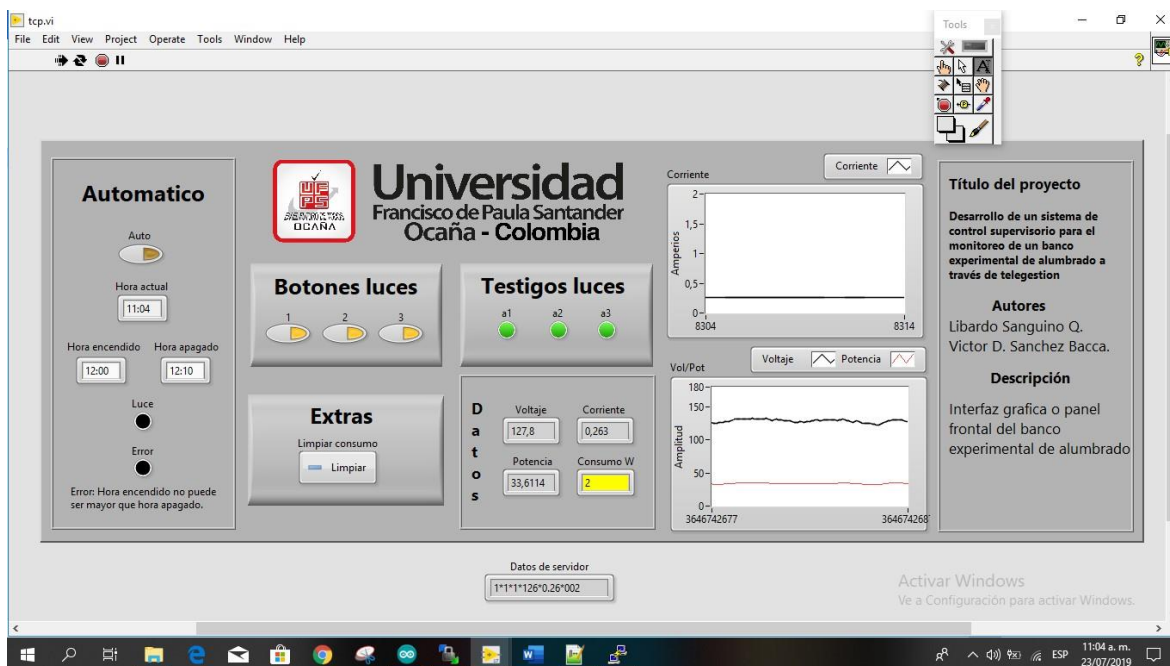


Figura 95. Dato de la corriente en el panel frontal con tres lamparas encendidas  
Fuente. Autor del proyecto



Figura 96. Dato de corriente en multmetro con tres lamparas encendidas  
Fuente. Autor del proyecto

Como se evidencio las modificaciones hechas para comprobar si se corrigio la medida de la corriente al encender las lamparas, se ve en el multmetro y panel frotal que los

incrementos en la lectura de la corriente va aumentando a medida que se enciende una nueva lampara, mostrando unos incrementos esperados y ambos con las mismas lectura de corriente.

#### 4.5 Comparación de los resultados obtenidos en base a las pruebas desarrolladas en el banco experimental de alumbrado.

**4.5.1. Toma de datos de la corriente con las tres lámparas encendidas.** Después de realizada la calibración a los códigos del sistema y constatar que están teniendo lecturas iguales a las que muestra el multímetro, se prosede a efectuar las pruebas de consumo (w) de energía que está teniendo el banco experimental de alumbrado, estas se tomo con intervalo de tiempo de 1/2 hora como se muestra a continuación en las siguientes tablas y paneles frontales:



Figura 97. Panel frontal hora 8:58  
Fuente. Autor del proyecto

En la anterior figura 97 se muestra un consumo de corriente al iniciar el sistema de 0W, este registro se hace a las 08:58 am cuando se encienden las lámparas.



Figura 98. Panel frontal hora 9:28  
Fuente. Autor del proyecto

En la anterior figura 98 se muestra un consumo de corriente de 18W cuando ha transcurrido 1/2 hora, este registro se hace a las 09:28 am.

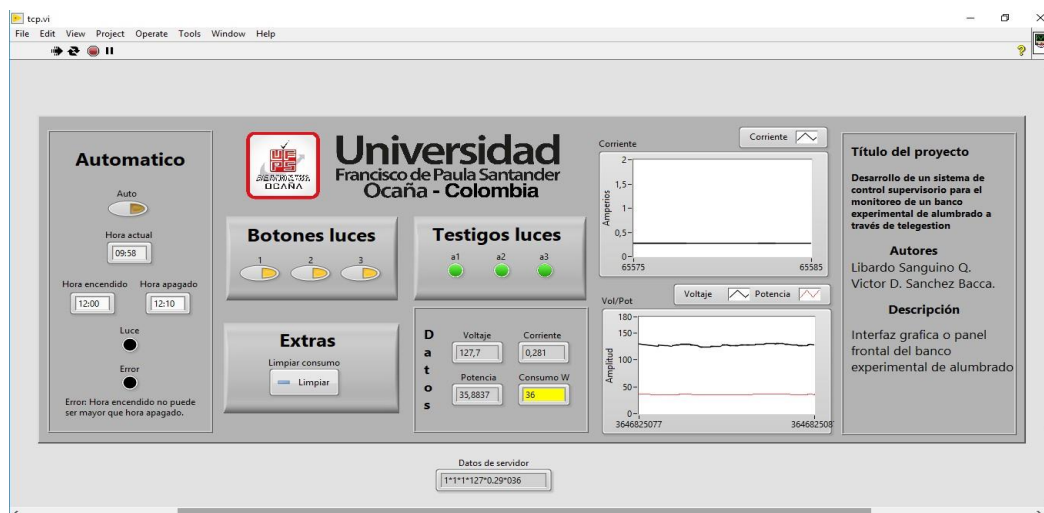


Figura 99. Panel frontal hora 9:58  
Fuente. Autor del proyecto

En la anterior figura 99 se muestra un consumo de corriente de 36W cuando ha transcurrido 1 hora, este registro se hace a las 09:58 am.

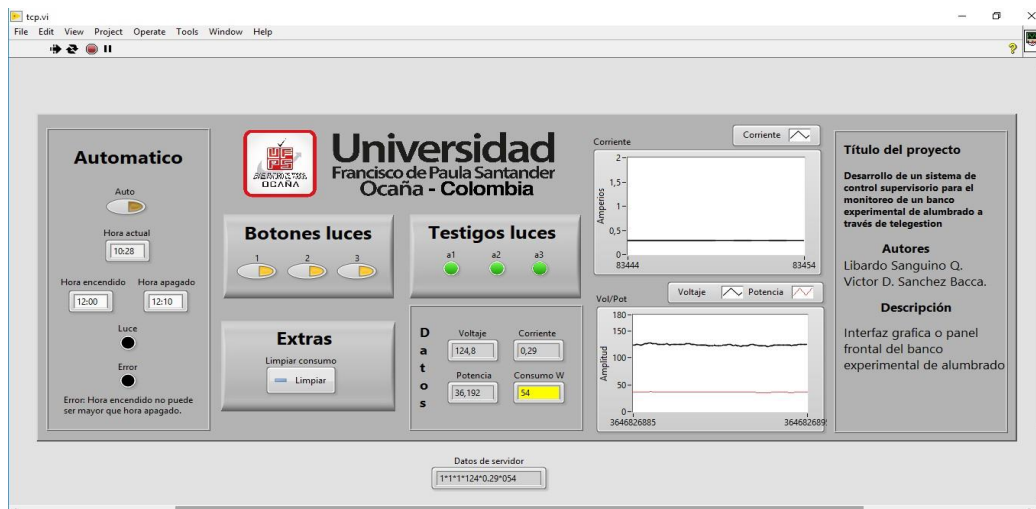


Figura 100. Panel frontal hora 10:28  
Fuente. Autor del proyecto

En la anterior figura 100 se muestra un consumo de corriente de 54W cuando ha transcurrido 1,1/2 horas, este registro se hace a las 10:28 am.

**Tabla 1**

*Toma de datos de consumo de energía con las tres lámparas encendidas*

TABLA DE TOMA DE DATOS DE CONSUMO DE ENERGIA CON LAS TRES LAMPARAS ENCENDIDAS						
N° DE DATO	HOR A	CONSUMO(W )	CONSUMO(KWH )	COSTO UNITARIO\$/KW H	COSTO(KWH ) \$ COL	
1	8:58	0	0	\$519.60	\$0.00	
2	9:28	18	0.018	\$519.60	\$9.35	
3	9:58	36	0.036	\$519.60	\$18.71	
4	10:28	54	0.054	\$519.60	\$28.06	
5	10:58	72	0.072	\$519.60	\$37.41	

Fuente. Autor del proyecto

Con estos resultado se puedo determinar el consumo de energía donde arrojo resultados de 36 w por hora de encendido, con este dato se puede hacer un calculo de energía consumida en cierta cantidad de tiempo ya que como se observa en las tabla anterir muestra

un incremento lineal respecto al tiempo, por ejemplo si se quisiera saber el consumo en 12 horas de este sistema d alumbrado.

$$\text{consumo total en 12H} = \text{CONSUMO(KW)} * 12\text{H}$$

$$\text{consumo total en 12H} = 0.036(\text{KW}) * 12\text{H}$$

$$\text{consumo total en 12H} = 0.432\text{KwH}$$

Con este valor obtenido se puede calcular el costo de la energía consumida durante 12 horas, que es una aproximación de lo que dura un sistema de alumbrado encendido durante la noche, ya que con este sistema se puede manipular la hora de encendido y apagado, permitiendo la reducción de el tiempo en el cual permaneser encendidas en horas donde no es necesaria esta iluminación.

**4.5.2. Toma de datos de la corriente con una lámpara encendida.** Con el fin de verificar si el consumo de energía efectuado por una lámpara tiene relación con el consumo obtenido por las 3 y el informado por el fabricante de las mismas, se realiza la siguiente prueba:

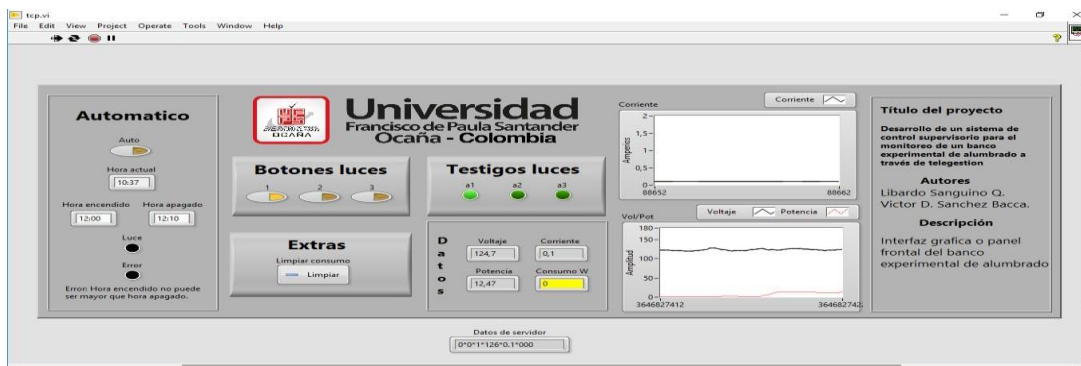


Figura 101. Panel frontal hora 10:37

Fuente. Autor del proyecto

En la anterior figura 101 se muestra un consumo de corriente al iniciar el sistema de 0W, este registro se hace a las 10:37 am cuando se enciende la lámpara.

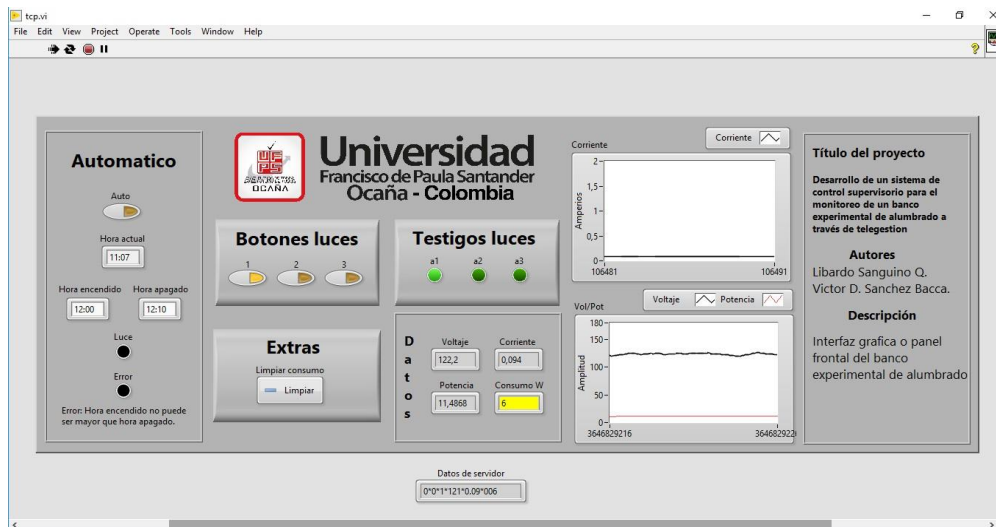


Figura 102. Panel frontal hora 10:07  
Fuente. Autor del proyecto

En la anterior figura 102 se muestra el consumo de corriente de 6W cuando ha transcurrido 1/2 hora, este registro se hace a las 11:07 am.

Tabla 2

*Toma de datos de consumo de energía con una lámpara encendida*

TABLA DE TOMA DE DATOS DE CONSUMO DE ENERGIA CON UNA LAMPARA ENCENDIDA						
Nº DE DATO	HORA	CONSUMO(W)	CONSUMO(KWH)	COSTO UNITARIO\$/KWH	COSTO(KWH) \$ COL	
1	10:37	0	0	\$519.60	\$0.00	
2	11:07	6	0.006	\$519.60	\$3.12	
3	11:37	12	0.012	\$519.60	\$6.24	
4	12:07	18	0.018	\$519.60	\$9.35	
5	12:37	24	0.024	\$519.60	\$12.47	

Fuente. Autor del proyecto

En la anterior tabla se muestra la adquisición de datos con una sola lámpara encendida durante 1/2 hora, donde observa un consumo de 6 W, pero como se constata en el ejemplo

de la tabla 1 el consumo es lineal respecto al tiempo, este valor lo multiplicamos por 2 debido a  $(1/2 \text{ hora} * 2 = 1 \text{ hora})$ , dando  $(6W * 2 = 12W \text{ hora})$ , de esta forma se constata que el valor es el mismo suministrado por el fabricante. Tabla consumo de energia y costos(pesos)

**Tabla 3**

*Comparación del tiempo de funcionamiento con respecto al costo*

TABLA DE COMPARACION DEL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO CON RESPECTO AL COSTO					
N° DE DATO	TIEMPO EN HORAS	CONSUMO(W)	CONSUMO(KWH)	COSTO UNITARIO\$/KWH	COSTO(KWH) \$ COL
1	12HORAS	432	0.432	\$519.60	\$224.47
2	6HORAS	216	0.216	\$519.60	\$112.23
3	4HORAS	144	0.144	\$519.60	\$74.82

Fuente. Autor del proyecto

En esta tabla se evidencia que a menor tiempo de funcionamiento del sistema se tiene un menor consumo y una reduccion de costos, teniendo en cuenta que gracias a la facilidad en el encendido y apagado de este, se tendra en funcionamiento solo en las horas en que sea necesario su uso.

Se realizo una toma de la potencia consumida(consumo w) en cero, iniciando el sistema con las 3 lamparas encendidas, despues de una hora se efectua la siguiente toma donde se obtiene una lectura de potencia consumida de  $33wh = 0.033kwh$ .

- Análisis general del desempeño del sistema de automatización propuesto.
- Esquema del sistema de telegestión



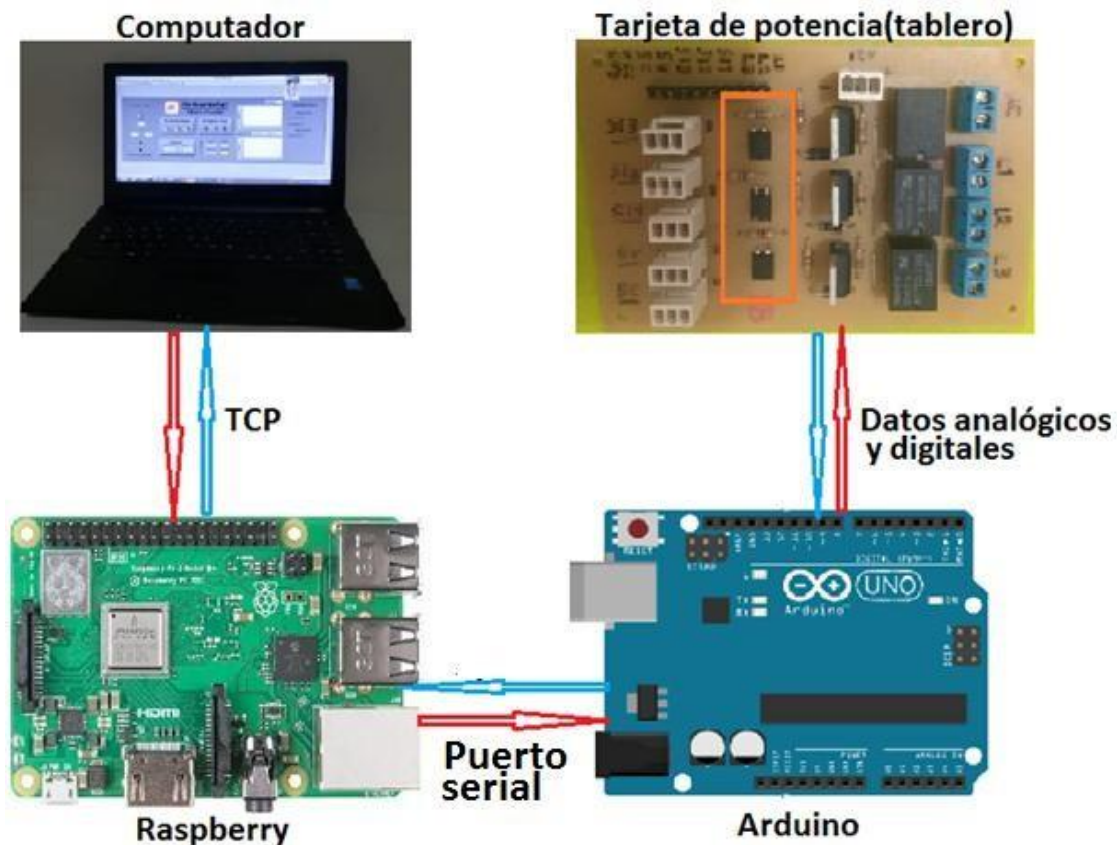


Figura 103. Esquema de telegestion  
Fuente. Autor del proyecto

La figura 103 muestra un esquema de telegestion donde se ve como se realiza la comunicación entre los equipos, el lenguaje que utilizan y el recorrido que hacen los datos, ya que esta comunicación es bidireccional, inicia con la ejecución del programa labview en el computador.

Con los las pruebas realizadas anteriormente y la puesta en marcha del banco experimental de alumbrado, se pudo validar los conceptos anteriormente estudiados (telegestion, javascript, TCP, monitoreo, automatizacion entre otros.).

#### **4.6. Analisis general del desempeño del sistema de automatizacion propuesto**

Una de las ventajas encontradas en este conjunto de componetes es el poder comunicarlos entresi por diferentes protocolos, con sus respectivos lenguajes de programacion los cuales permiten que se interpreten las ordenes o datos enviados y recibidos.

El sistepa propuesto permite efeturar el monitoreo en tiempo real de las diferentes medidas que intervienen en él como son (voltaje, corriente, potencia y el consumo(w)) , como se puede controlar el tiempo de encendido y apagado por horas establecidas de acuerdo a la nesecida del usuario final, con la ayuda de sensores de luminocidad se muestra el estado real de las lamparas es decir si realmente estan ensedidass o por una falla de ellas se necuenten fura de funcionamiento, ayudando a mantener un nivel de iluminacion adecuado durante la vida util de la instalacion, ademas de contribuir en el ahorro energetico del consumo de electricidad en diferentes escenarios, adoptando didtintas estrategias en la utilizacion de los recursos disponibles.

Se encontraron limitaciones a la hora de mplementar este sistema fuera de una red local debido a que el software Labview, no permite un protocolo de comunicaión estable entre el servidor (Raspberry) y un cliente final, desde cualquier punto con acceso a internet.

**5.****Conclusiones**

De este trabajo podemos concluir lo siguiente:

Se llevó a cabo la construcción del banco experimental de alumbrado para realizar pruebas del control de encendido y apagado de luminaria y permitiendo la supervisión del consumo y potencia por medio de telegestión.

Se realizó la interfaz gráfica en LabVIEW, su comunicación con la tarjeta raspberri y el arduino, teniendo en cuenta la necesidad de una comunicación inalámbrica que fue de gran importancia en la realización del proyecto gracias a su compatibilidad en los lenguajes de programación.

Se analizó resultados y se ejecutaron pruebas las cuales permitieron comprobar el funcionamiento de los diferentes protocolos de comunicación para la obtención de valores y compararlos con la realidad, en donde se encontraron valores erróneos por lo cual se corrigen los diferentes códigos de programación.

Con la implementación de este banco experimental de alumbrado se logró evidenciar que con esta tecnología se puede obtener un ahorro en el consumo de energía y su costo, ya que permite controlar el tiempo en que las luminarias están encendidas.

## 6. Recomendaciones

Antes de utilizar el banco experimental de alumbrado se debe revisar la guía de operación para tener un buen conocimiento y de cómo realizar los experimentos bajo diferentes condiciones de trabajo y de esta manera obtener resultados óptimos.

Se deben tener conocimientos básicos en el manejo del software LabVIEW, su comunicación con la tarjeta raspberri y el arduino para un mejor manejo de este banco.

Cuando se desee optimizar un sistema a través de telegestión se deben conocer las deficiencias en el funcionamiento que este posee, y los beneficios que se quieren obtener, puesto que si se desea implementar a gran a escala el costo depende de la cantidad de variables que se quieran monitorear.

Cabe destacar que el modelo presentado aún es susceptible a modificaciones para mejorar la programación y su implementación en diferentes áreas o las variables que intervienen en este sistema propuesto y así puedan brindar resultados factibles para otros estudios.

## Referencias

- Desarrolloweb. (2018). *Javascript a fondo*. <https://desarrolloweb.com/javascript/>.
- Electronicavm. (2011). *El transistor* . <https://electronicavm.files.wordpress.com/2011/01/el-transistor.pdf>.
- ENLUZ. (2019). *¿Qué es la Telegestión y qué ventajas aporta?.*. Obtenido de <https://www.enluz.net/nove.php?id=19>
- García, Á. J. (2015). *Qué es la resistencia eléctrica*. [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_resistencia/ke\\_resistencia\\_1.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_resistencia/ke_resistencia_1.htm).
- García, S. (2018). *Raspberry Pi + JavaScript (Node.js)*. <https://blog.330ohms.com/2018/10/18/raspberry-pi-javascript-node-js/>.
- Guerrero, J. (2014). *Arduino Uno: Especificaciones y características*. <https://pluselectric.wordpress.com/2014/09/21/arduino-uno-especificaciones-y-caracteristicas/>.
- Halfracree, G. (2017). *Tarjeta raspberry* . <https://cldup.com/2X3tMBzWxi.pdf>.
- Majdah, Z., & Noriah, R. (2016). *Telegestión del servicio de alumbrado público inteligente para el parque metropolitano el tunal*. Bogotá.
- National Instruments. (2019). *Entorno NI LabVIEW*. <https://www.ni.com/academic/students/learnlabview/esa/environment.htm>.
- Rinconeducativo. (2019). *¿Qué es la telegestión?* Obtenido de <http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/que-es-la-telegestion>
- Robles, P. K. (2010). *Circuito eléctrico*. <https://www.monografias.com/trabajos82/circuito-electrico/circuito-electrico.shtml#circuito>.

Servicios.educarm. (s.f.). *Manual de electricidad.*

[http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/24/manual\\_de\\_electricidad.pdf](http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/24/manual_de_electricidad.pdf).

Unión Temporal ACON - OPTIM. (2013). *Estudio para determinar la vulnerabilidad y las opciones de adaptación del sector energético colombiano frente al cambio climático.*

[http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Documents/vulnerabilidad\\_opciones\\_adaptacion\\_sector\\_energetico\\_colombiano\\_frente\\_cambio\\_climatico.pdf](http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Documents/vulnerabilidad_opciones_adaptacion_sector_energetico_colombiano_frente_cambio_climatico.pdf).

UPME, & UNAL. (2008). *Alumbrado Público Exterior. Presentaciones realizadas en la Jornada Nacional de Alumbrado Interior y Exterior*, . Bogotá, Colombia.

Valencia, M. J. (2016). *Plan indicativo de abastecimiento de gas natural L-2016* .

<http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/Estudios%202014->

[2016/Plan\\_Transitorio\\_Absatecimiento\\_Gas\\_Natural\\_Abril\\_2016.pdf](http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/Estudios%202014-2016/Plan_Transitorio_Absatecimiento_Gas_Natural_Abril_2016.pdf).

Zapata, G. N. (2006). *Impacto ambiental de los sistemas de iluminación* *Impacto Ambiental de los Sistemas de Iluminación. Manual de Iluminación Eficiente - Seminario de*

*Iluminación Eficiente*, . Obtenido de [http://www.grupo-epm.com/site/Portals/1/biblioteca\\_epm\\_virtual/tesis/impacto\\_ambiental\\_de\\_los\\_sistemas\\_de\\_iluminacion\\_luminica.pdf](http://www.grupo-epm.com/site/Portals/1/biblioteca_epm_virtual/tesis/impacto_ambiental_de_los_sistemas_de_iluminacion_luminica.pdf)

# Apéndices

## **Apéndice A. Guía banco experimental de alumbrado para prueba de encendido y apagado de luminarias, toma de medidas (consumo (w), corriente, voltaje, potencia))**

### **Objetivos**

- Observar y analizar las diferentes variables que intervienen en un sistema de telegestión.
- Realizar diferentes tipos de pruebas en diferentes condiciones.
- Interpretar la incidencia de los resultados obtenidos experimentalmente con los obtenidos por medio de teorías eléctricas.
- Evaluar parámetros como: consumo de energía, tiempo de funcionamiento y el costo de esta.

### **Base teórica**

El hombre a través de los años ha buscado la forma de mejorar su calidad de vida, un factor en el cual se ha enfocado es en la de tener seguridad durante la noche, la posibilidad de realizar actividades recreativas y laborales durante este tiempo, para ello ha creado diferentes artefactos de iluminación, que a medida que pasan los años y aparecen nuevas tecnologías estos se han ido modernizando hasta los que conocemos hoy en día, como son las lámparas led, donde se le ha dado un sinnúmero de utilidades en espacios cerrados y abiertos en grandes cantidades que generan consumos elevados de energía y a su vez altos costos.

Para eliminar estos consumos innecesarios de energía han diseñado sistemas optimizados de alumbrado con la ayuda de diferente software que permitan tener un mayor control y supervisión en el encendido y apagado de las luminarias y una detección de fallas de forma inmediata, así tener un mejor aprovechamiento de estos, pues se encenderán solo en horarios en que se amerite su uso.



## **EQUIPOS A UTILIZAR**

- Banco experimental de alumbrado.
- Computador.
- Multímetro.
- Luxómetro.

## **DESCRIPCION DEL EQUIPO**

El banco experimental de alumbrado consta de una serie de componentes:

- Tarjeta raspberry pi B+, con micro SD y su fuente.
- Tarjeta arduino uno.
- Tarjeta de potencia (transistores, relés, resistencias, optoacopladores, pines de conexión) y su fuente.
- Tres lámparas led de 12 W.
- Tres sensores de luminosidad.
- Un sensor de corriente y uno de voltaje.
- Un breaker con su caja.
- Un tomacorriente doble.
- 12 borneras con sus respectivas bananas.
- Cable para puerto serial.
- Cables para conexiones de sensores y 110 V conexión lámparas.

## PROCEDIMIENTO

1. Verificar que las diferentes conexiones se encuentren en sus respectivas posiciones.
2. Verificar que los pines a utilizar sean los seleccionados en el código del banco de alumbrado.
3. Encender el banco experimental de alumbrado.
4. Verificar el encendido y apagado de las lámparas de forma manual y automática.
5. Comprobar por medio del testigo que las lámparas se encuentren encendidas.
6. Medir consumo, corriente, voltaje y potencia (w).
7. Calcular con las medidas tomadas, el consumo de potencia en (1 hora, 3horas, 6 horas, 12horas).
8. Elaborar una tabla donde se relacione el consumo y el costo de energía.