

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS  
PARA EL RECICLAJE DE BASURA ELECTRÓNICA EN LA  
EMPRESA ILUMINACIÓN SANTA BÁRBARA DE ARAUCA  
ISBA S.A.**

**(Autor)**

**HARLEY DAVID PACHECO RODRÍGUEZ**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

Pamplona, 20 de octubre 2015

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS  
PARA EL RECICLAJE DE BASURA ELECTRÓNICA EN LA  
EMPRESA ILUMINACIÓN SANTA BÁRBARA DE ARAUCA  
ISBA S.A.**

**HARLEY DAVID PACHECO RODRÍGUEZ**

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

**Director: BLANCA JUDITH CRISTANCHO  
INGENIERA ELECTRÓNICO  
judithcristancho@gmail.com**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ELECTRÓNICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS  
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**Pamplona, 20 de octubre 2015**

## *Dedicatoria*

*Este triunfo se lo dedico a mi madre, mis hermanos y familiares que con todo el amor que me dieron fue la motivación y la fuerzas necesarias para seguir adelante con mis metas y mis sueños que hoy estoy cumpliendo, por esa perseverancia que mantuve en cada momento de dificultad que me dio el soporte moral para saber lo que soy capaz de lograr y también agradezco a mis amigos, compañeros y docentes que de una u otra forma me apoyaron en el transcurso de mi formación como ingeniero electrónico y por último y no menos importante a Pamplona y la Universidad de Pamplona que me dieron la oportunidad de mostrar todo el potencial que tengo para ofrecerle a la sociedad*

## AGRADECIMIENTOS

*Primeramente, a Dios por ser el que guía el rumbo que toma mi vida, a mi madre, abuelos, hermanos, amigos, compañeros, docentes, pero sobre todo a mi querida esposa. quienes me apoyaron en todo momento de victoria y fracasos que se presentaron en el transcurso de mi formación como profesional.*

## Tabla de Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	10
1.1	Planteamiento del Problema y Justificación	11
1.1.1	Planteamiento del Problema	11
1.1.2	Justificación	11
1.2	Objetivos	11
1.2.1	Objetivo General	11
1.2.2	Objetivos Específicos	11
1.3	Acotaciones	11
1.4	Resultados Esperados y Potenciales Beneficios	12
<b>2</b>	<b>Marco Teórico y Estado del Arte</b>	12
2.1	Marco Teórico	12
2.1.1	¿Qué es una luminaria?	12
2.1.2	Estudio de componentes	13
2.1.2.1	Arrancador	13
2.1.2.2	Balasto	20
2.1.2.3	Capacitor	23
2.1.2.4	Bombilla	23
2.1.3	¿Qué es un PLC?	24
2.1.3.1	Funcionamiento del PLC	26
2.1.3.2	Clasificación de los PLC	26
2.1.4	Lenguajes de Programación	27
2.1.5	Ventajas e inconvenientes de los autómatas programables	28
2.1.6	PLC Wecon LX3V	29
2.1.6.1	Ficha tecnica PLC Wecon Technology Serie LX3V	30
2.1.7	¿Qué es HMI?	32
2.1.7.1	Tipos de HMI	33
2.1.7.2	Funciones de un Software HMI	33
2.1.8	HMI Wecon Technology Levi 777A	34
2.1.8.1	Integración HMI-PLC	36

2.1.9 ¿Qué es E-waste?.....	36
2.1.10 Peligros para la salud .....	38
2.1.11 Manejo de RAEE en Colombia. ....	39
2.1.12 Manejo de RAEE en ISBA S.A.....	40
2.2 Estado del Arte .....	41
<b>3 Diseño y aplicación</b> .....	<b>41</b>
3.1 Diseño placa de actuadores.....	42
3.1.1 Selección de componentes.....	43
3.1.2 Placa de circuito para voltiamperímetro digital en AC.....	49
3.1.3 Listado de materiales. ....	50
3.1.4 variables del sistema.....	51
3.1.5 Programación de la interfaz HMI.....	53
3.2 Análisis y Resultados.....	62
<b>4 Conclusiones</b> .....	<b>66</b>
<b>5 Recomendaciones y Trabajos Futuros</b> .....	<b>67</b>
<b>6 Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>68</b>
<b>7 Anexos</b> .....	<b>70</b>

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Características PLC Wecon Lx3V-2416MR-A [15].....	29
<b>Tabla 2:</b> Especificaciones técnicas [17].....	32
<b>Tabla 3:</b> especificaciones técnicas HMI Wecon Levi 777A [17].....	36
<b>Tabla 4:</b> Categorías RAEE según la Unión Europea [14].....	37
<b>Tabla 5:</b> Clasificación de los RAEE, Gestión y Manejo [14].....	38
<b>Tabla 6:</b> RAEE en Colombia según estudio de la UNU [20].....	40
<b>Tabla 7:</b> Aumento de RAEE en Colombia [20].....	40
<b>Tabla 8:</b> Listado de materiales [ <i>Fuente. El autor</i> ].....	51
<b>Tabla 9:</b> Asignación de variables de entrada [ <i>Fuente. El autor</i> ].....	52
<b>Tabla 10:</b> Asignación de variables de salida [ <i>Fuente. El autor</i> ].....	52
<b>Tabla 11:</b> Relación de costo [ <i>Fuente. El autor</i> ].....	63
<b>Tabla 12:</b> Muestra de componentes probados [ <i>Fuente. El autor</i> ].....	64
<b>Tabla 13:</b> Costo de los materiales recuperados [ <i>Fuente. El autor</i> ].....	64

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Arrancador o Ignitor [21].....	13
<b>Figura 2:</b> Señal de salida de un arrancador IGPA 70 [22].....	14
<b>Figura 3:</b> tiempos de operación de un arrancador [22].....	14
<b>Figura 4:</b> Uso del arrancador paralelo (IGPA 70) [4].....	15
<b>Figura 5:</b> Uso del arrancador superposición o serie (IGSU 70) [4].....	15
<b>Figura 6:</b> Uso de arrancador semiparalelo (IM59) [4].....	16
<b>Figura 7:</b> Uso del arrancador superposición o serie (IGSU400) [4].....	16
<b>Figura 8:</b> Características eléctricas con bombillas de sodio 50W y 70W [4].....	17
<b>Figura 9:</b> Características eléctricas con bombillas de sodio alta presión [4].....	18
<b>Figura 10:</b> Características eléctricas con bombillas de MH [4].....	19
<b>Figura 11:</b> [a] Balasto reactor, [b] Balasto autorregulado CWA [21].....	20
<b>Figura 12:</b> Balasto reactor serie [5].....	21
<b>Figura 13:</b> Autotransformador de alta reactancia (HX) [5].....	21
<b>Figura 14:</b> Balasto autorregulado o multitaps [5].....	22
<b>Figura 15:</b> Balasto transformador de potencia constante (CW) [5].....	22
<b>Figura 16:</b> Balasto transformador magnéticamente regulado [5].....	22
<b>Figura 17:</b> Capacitor Philips 10uf [21].....	23
<b>Figura 18:</b> Eficiencia luminosa según tipo de bombillo [2].....	24
<b>Figura 19:</b> aplicaciones de las luminarias [2].....	24
<b>Figura 20:</b> Bloques necesarios para el funcionamiento de un PLC [6].....	25
<b>Figura 21:</b> Funcionamiento interno del PLC [6].....	26
<b>Figura 22:</b> PLC Wecon LX3V 2416MR-A. [17].....	29
<b>Figura 23:</b> Sistema de Comunicación HMI [10].....	33
<b>Figura 24:</b> Estructura general de un sistema HMI [10].....	34
<b>Figura 25:</b> Levi 777A [17].....	34
<b>Figura 26:</b> Esquema de funcionamiento [Fuente. El autor].....	42
<b>Figura 27:</b> a) Diagramas de conexión [5].....	43
<b>Figura 28:</b> Esquemático para tarjeta de actuadores [Fuente. El autor].....	44
<b>Figura 29:</b> Diseño de la PCB para la placa de actuadores [Fuente. El autor].....	45
<b>Figura 30:</b> PCB placa de actuadores [Fuente. El autor].....	45

<b>Figura 31:</b> Mascara para antisolder [Fuente. El autor].....	46
<b>Figura 32:</b> Mascara de componentes [Fuente. El autor].....	46
<b>Figura 33:</b> a) y b) Impresión de la PCB en baquela [Fuente. El autor].....	47
<b>Figura 34:</b> Fijación de los componentes a la baquela [Fuente. El autor].....	47
<b>Figura 35:</b> Tarjeta de 70W [Fuente. El autor].....	48
<b>Figura 36:</b> Prueba de funcionamiento [Fuente. El autor].....	48
<b>Figura 37:</b> Circuito de control para el voltiamperímetro digital [Fuente. El autor]..	49
<b>Figura 38:</b> PCB placa voltiamperímetro digital [Fuente. El autor].....	49
<b>Figura 39:</b> PCB voltiamperímetro [Fuente. El autor].....	49
<b>Figura 40:</b> Mascara de componentes voltiamperímetro [Fuente. El autor].....	50
<b>Figura 41:</b> Mascara antisolder control voltiamperímetro [Fuente. El autor].....	50
<b>Figura 42:</b> Figuras a y b diagrama de conexión del PLC [Fuente. El autor].....	53
<b>Figura 43:</b> Programación de switches [Fuente. El autor].....	54
<b>Figura 44:</b> Programación de Function Key [Fuente. El autor].....	54
<b>Figura 45:</b> Simulación de la interfaz HMI [Fuente. El autor].....	55
<b>Figura 46:</b> Selección de potencia en interfaz HMI [Fuente. El autor].....	55
<b>Figura 47:</b> Selección de componentes en interfaz HMI [Fuente. El autor].....	56
<b>Figura 48:</b> Prueba de funcionamiento [Fuente. El autor].....	56
<b>Figura 49:</b> Prueba de código [Fuente. El autor].....	57
<b>Figura 50:</b> Diseño de banco de pruebas [Fuente. El autor].....	57
<b>Figura 51:</b> Prototipo de mueble para banco de pruebas [Fuente. El autor].....	58
<b>Figura 52:</b> Adecuaciones del banco [Fuente. El autor].....	58
<b>Figura 53:</b> Instalacion de componentes superficiales [Fuente. El autor].....	59
<b>Figura 54:</b> Componentes superficiales Instalados [Fuente. El autor].....	59
<b>Figura 55:</b> Parte posterior banco de pruebas [Fuente. El autor].....	60
<b>Figura 56:</b> Instalación de fuente de poder y kit de 70W [Fuente. El autor].....	60
<b>Figura 57:</b> Instalación de PLC y kits de 150Wy 250W [Fuente. El autor].....	61
<b>Figura 58:</b> Conexión salidas del PLC [Fuente. El autor].....	61
<b>Figura 59:</b> Instalación de control del voltiamperímetro [Fuente. El autor].....	62
<b>Figura 60:</b> materiales recuperados en las primeras pruebas [Fuente. El autor].....	65

## **1 Introducción.**

Hoy en día los sistemas de alumbrado público son más eficientes, tanto en consumo energético como en cantidad de lúmenes producidos. Esto se debe a los componentes que han sido diseñados para el aprovechamiento máximo de energía y los materiales utilizados en la construcción de las lámparas o bombillas. En el sistema de alumbrado público de la ciudad de Arauca se ha optado por trabajar con lámparas de descarga de alta intensidad como lo son las lámparas de sodio de alta presión que son utilizadas para las potencias más bajas y las lámparas de metal halide o halogenuros metálicos utilizados para operar con los reflectores. Para garantizar el funcionamiento correcto de las lámparas de descarga de alta intensidad se debe contar con un plan de mantenimiento correctivo y preventivo tarea realizada por la empresa iluminación santa bárbara de arauca, donde se lleva a cabo la revisión y reparación periódica de todos los dispositivos involucrados en el servicio de alumbrado público, para garantizar la calidad y los niveles de iluminación requeridos. Para la realización de estas tareas se hace necesario el desmonte de componentes y el reemplazo de los mismos, por medio de este banco de pruebas se desea hacer una revisión y comprobación del estado de esos componentes que son desmontados y que posteriormente eran desechados, esperando tener una mayor disponibilidad a la hora de realizar las tareas de mantenimiento y obteniendo así un mayor aprovechamiento de los componentes de los cuales se dispone.

## **1.1 Planteamiento del Problema y Justificación**

### **1.1.1 Planteamiento del Problema**

En Colombia y el mundo entero la tecnología ha venido evolucionando a un ritmo acelerado, pero los grandes avances tecnológicos traen consigo grandes desperdicios de materiales altamente tóxicos para el medio ambiente y para el ser humano en sí. [1] En la empresa iluminación santa bárbara de Arauca también se ha venido evolucionando con el transcurrir del tiempo, implementando nuevas técnicas para la iluminación, estas luminarias presentan características específicas al igual que los elementos que la componen, estos elementos son retirados en las labores de mantenimiento mediante tecnicismos eléctricos permitiendo así que se presente un desmonte masivo de componentes, incluso el desmonte erróneo de componentes funcionales.

### **1.1.2 Justificación**

Lo que motiva el desarrollo de este proyecto es proporcionar una herramienta a la empresa que le permita evaluar el estado de estos componentes, verificando su funcionalidad con la finalidad de reducir los costos de mantenimiento mediante el reciclaje y reutilización de los mismos, y a su vez reduciendo la cantidad de basura electrónica.

Con la creación de esta herramienta se brinda un aporte a la problemática ambiental que se vive hoy día, porque a través de ésta se puede reducir considerablemente la cantidad de basura electrónica producida a corto y mediano plazo.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Construir un banco de prueba para la reutilización de componentes eléctricos y electrónicos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Realizar un estudio del estado de las variables del proceso.
2. Realizar un análisis de costo beneficio.
3. Implementar un automatismo electrónico.
4. Crear una interfaz HMI para el control del sistema.
5. Desarrollar el banco de pruebas.

## **1.3 Acotaciones**

Se deja abierta la opción de implementar un microcontrolador 18f4550 para ampliar la gama de componentes objeto de estudio

## 1.4 Resultados Esperados y Potenciales Beneficios

Al finalizar este proyecto se espera obtener una herramienta muy práctica y con una interfaz muy sencilla para su manejo, la cual nos representará un gran avance tanto a nivel empresarial, como a nivel ecológico.

La empresa Iluminación santa bárbara de Arauca será beneficiada directamente con la implementación de esta herramienta, ya que ésta permitirá la reutilización de componentes, reduciendo los costos directos producidos durante el mantenimiento de las luminarias.

## 2 Marco Teórico y Estado del Arte

Debido al acelerado avance tecnológico los equipos eléctricos y electrónicos quedan obsoletos rápidamente, convirtiéndose en residuos contaminantes y dañinos para el medio ambiente y la salud, atendiendo a esto nos vemos en la necesidad de crear nuevas herramientas para aprovechar al máximo los materiales encontrados en el entorno, reduciendo así el consumismo en el que estamos sumergidos.

### 2.1 Marco Teórico

#### 2.1.1 ¿Qué es una luminaria?

Según la Norma UNE-EN 60598-1, se define luminaria como aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación. De manera general consta de los siguientes elementos

- **Armadura o carcasa:** Es el elemento físico mínimo que sirve de soporte y delimita el volumen de la luminaria conteniendo todos sus elementos.
- **Equipo eléctrico:** Sería el adecuado a los distintos tipos de fuentes de luz artificial y en función de la siguiente clasificación:
  - ❖ Incandescentes normales sin elementos auxiliares.
  - ❖ Halógenas de alto voltaje a la tensión normal de la red, o de bajo voltaje con transformador o fuente electrónica.
  - ❖ Fluorescentes. Con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.
  - ❖ De descarga. Con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.
- **Reflectores:** Son determinadas superficies en el interior de la luminaria que modelan la forma y dirección del flujo de la lámpara. En función de cómo se emita la radiación luminosa pueden ser:

- ❖ Simétrico (con uno o dos ejes) o asimétrico.
  - ❖ Concentrador (haz estrecho menor de 20°) o difusor (haz ancho entre 20 y 40°; haz muy ancho mayor de 40°).
  - ❖ Especular (con escasa dispersión luminosa) o no especular (con dispersión de flujo).
  - ❖ Frío (con reflector dicróico) o normal.
- **Difusores:** Elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa. Los tipos más usuales son:
    - ❖ Opal liso (blanca) o prismática (metacrilato traslúcido).
    - ❖ Lamas o reticular (con influencia directa sobre el ángulo de apantallamiento).
    - ❖ Especular o no especular (con propiedades similares a los reflectores).
- **Filtros:** En posible combinación con los difusores sirven para potenciar o mitigar determinadas características de la radiación luminosa [2].

## 2.1.2 Estudio de componentes.

### 2.1.2.1 Arrancador

Es un elemento electrónico o electromecánico capaz de producir por sí mismo o en conjunto con el balasto un impulso de tensión de cierta duración y repetición de hasta 5Kv, necesario para iniciar la descarga eléctrica en las bombillas de sodio de alta presión y halogenuros metálicos.



*Figura 1:* Arrancador o Ignitor [21].

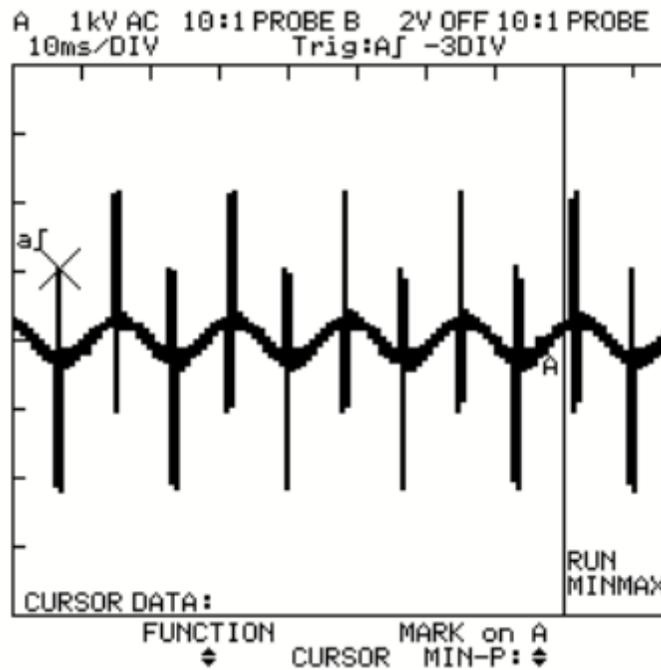


Figura 2: Señal de salida de un arrancador IGPA 70 [22].



Figura 3: tiempos de operación de un arrancador [22].

Los arrancadores o ignitores para bombillas de sodio de alta presión y halogenuros metálicos, básicamente se dividen de acuerdo a:

- Su forma de conexión y modo de operación.
  - ❖ Paralelo.
  - ❖ Superposición o serie.
  - ❖ Impulsador.
    - Tap europeo.
      - Impulsador semiparalelo.
      - Impulsador serie.
      - Impulsador paralelo.
    - Tap americano.
      - Impulsador semiparalelo.
  - ❖ Incorporado.
- Su amplitud de pulso.

- ❖ Primer grupo (0.60-0.75Kv).
- ❖ Segundo grupo (1.80-2.50Kv).
- ❖ Tercer grupo (2.50/280-4.50/5.00Kv).

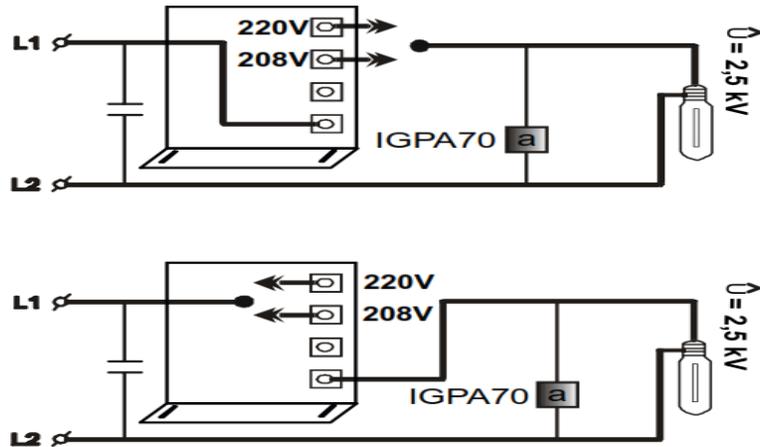


Figura 4: Uso del arrancador paralelo (IGPA 70) [4].

- Adecuado para el uso con todas las bombillas de sodio de alta presión estándar / PLUS o SUPER de 50W y 70W
- Amplitud de pulso entre 1.8KV a 2.5Kv, duración  $\geq 4\mu\text{s}$ .
- Este tipo de arrancador no se apoya en el balasto para su funcionamiento.
- Sus pérdidas con bombilla encendida son aproximadamente de 0.05W para el IGPA 70-04 y de 0.75W para IGPA 70-0.4p.

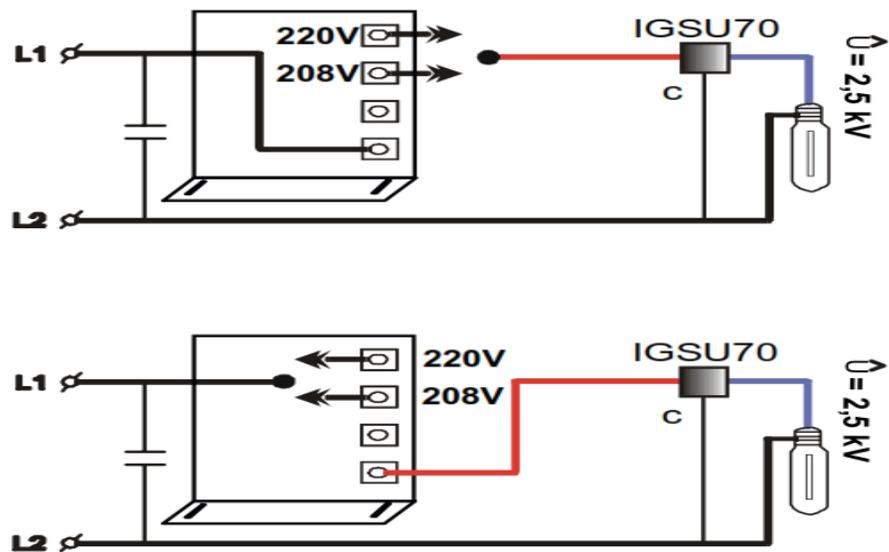


Figura 5: Uso del arrancador superposición o serie (IGSU 70) [4].

- Adecuado para el uso con todas las bombillas de sodio de alta presión estándar / PLUS o SUPER de 50W y 70W
- Amplitud de pulso entre 1.8KV a 2.5Kv, duración  $\geq 6\mu s$ .
- Este tipo de arrancador no se apoya en el balasto para su funcionamiento.
- Sus pérdidas con bombilla encendida son aproximadamente de  $0.75 \times I_{BOM}^2 [W]$ .

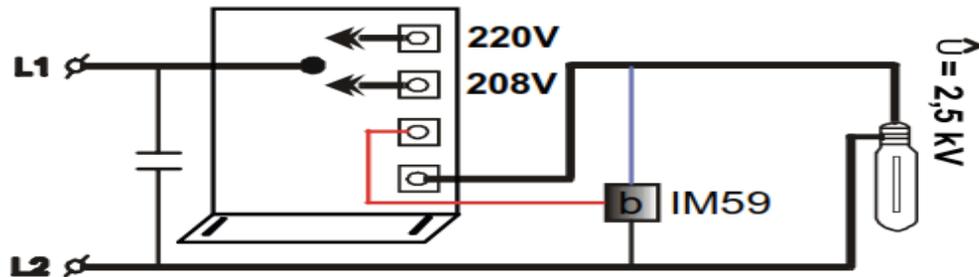


Figura 6: Uso de arrancador semiparalelo (IM59) [4].

- Adecuado para el uso con todas las bombillas de sodio de alta presión estándar / PLUS o SUPER de 50W y 70W
- Amplitud de pulso entre 1.8KV a 2.5Kv, duración  $\geq 2\mu s$ .
- Este tipo de arrancador se apoya en el balasto para su funcionamiento.
- El Tap o derivación en el balasto debe estar en un 6-8% del número total de espiras y hacia el lado de la bombilla.
- Sus pérdidas con bombilla encendida son aproximadamente de 0.25W.

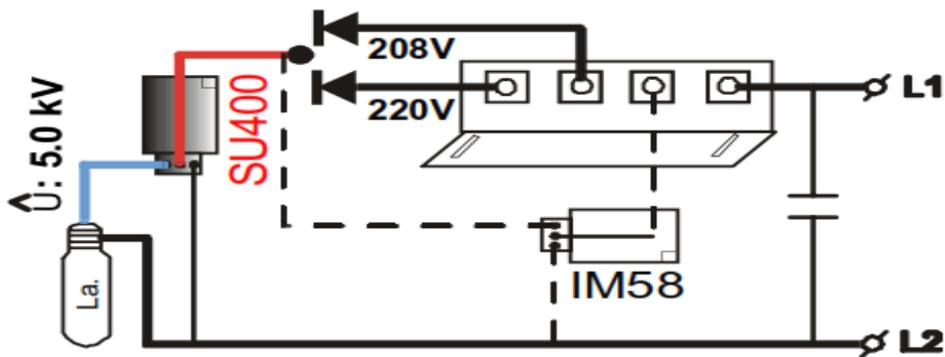


Figura 7: Uso del arrancador superposición o serie (IGSU400) [4].

- Adecuado para el uso con todas las bombillas de sodio de alta presión estándar / PLUS o SUPER IGSU400 de 100W, 150W, 250W, 400W, además para todas las de metal halide o halogenuro metálicos de 100W, 150W, 250W y 400W.
- Amplitud de pulso entre 2.8KV a 5.0Kv, duración  $\geq 2\mu s$ .

- Este tipo de arrancador no se apoya en el balasto para su funcionamiento.
- El Tap o derivación en el balasto no se utiliza.
- Sus pérdidas con bombilla encendida son aproximadamente de  $0.2xI_{BOM}^2$  [W] [4].

POTENCIA		50		70	
IEC # :		IEC1180	---	IEC1120	IEC1140
ANSI# :		---	568	---	562
Casquillo		E27	E26/E39	E27	E26/E39
<b>Características Eléctricas Medidas con BALASTO DE REFERENCIA</b>					
V mínimo - V máximo		70-100	42-65	75-105	41-62
V nominal [V]		85	52	90	52
I nominal [A]		0.76	1.18	0.98	1.60
W nominal [W]		50	50	70	70
<b>Características Eléctricas del Pulso para el encendido</b>					
PULSO	Mín. kV	1,8	2,5	1,8	2,5
	Máx. kV	2,5	4,0	2,5	4,0
PULSO Ancho a		-	-	-	-
1,62 kV :		2 $\mu$ s	-	2 $\mu$ s	-
2,25 kV :		-	1 $\mu$ s	-	1 $\mu$ s
2,52 kV :		-	-	-	-
PULSO repetición		1mediociclo	1 ciclo	1mediociclo	1 ciclo
I DE arranque [A]		< 1.52	< 1.85	< 1.96	< 2.40
Balasto/ Arrancador usual		<b>REACTOR 208-220-240V IGPA70 o IG5U70 o IM59 o IM57</b>	<b>REACTOR 120-127V / IGP A100 o IM49 [ HX 120-208-277V / IM49 ]</b>	<b>REACTOR 208-220-240V IGPA70 o IG5U70 o IM59 o IM57</b>	<b>REACTOR 120-127V / IGP A100 o IM49 [ HX 120-208-277V / IM49 ]</b>

Figura 8: Características eléctricas con bombillas de sodio 50W y 70W [4].

POTENCIA	100		150		250	400		
IEC # :	IEC1070	IEC1090	IEC1050	---	IEC1010	IEC1030	IEC1040	
ANSI# :	---	554	556	555	550	551	---	
Casquillo	E40	E26/E39	E40/E39	E26/E39	E40/E39	E40/E39	E40/E39	
<b>Características Eléctricas Medidas con BALASTO DE REFERENCIA</b>								
Vmínimo - Vmáximo	85-115	42-63	85-115	45-64	85-115	74-117	90-120	
V nominal [V]	100	55	100	55	100	100	105	
I nominal [A]	1.20	2.10	1.80	3.20	3.00	4.60	4.45	
W nominal [W]	100	100	150	150	250	392	400	
<b>Características Eléctricas del Pulso para el encendido</b>								
PULSO	Mín. kV	---	2,5	2,8 / 2,5	2,5	2,8 / 2,5	2,8 / 2,5	2,8 / 2,5
	Máx. kV	5,0	4,0	5,0 / 4,0	4,0	5,0 / 4,5	5,0 / 4,5	5,0 / 4,5
PULSO Ancho a	1,62 kV :	-	-	-	-	-	-	-
	2,25 kV :	-	1 $\mu$ s	1 $\mu$ s	1 $\mu$ s	1 $\mu$ s	1 $\mu$ s	1 $\mu$ s
	2,52 kV :	2 $\mu$ s	-	2 $\mu$ s	-	1 $\mu$ s	1 $\mu$ s	1 $\mu$ s
PULSO repetición	1 ciclo	1 ciclo	1 ciclo	1 ciclo	1 ciclo	1 ciclo	1 ciclo	
I DE arranque [A]	< 2.40	< 3.20	< 3.00	< 4.80	< 5.20	< 7.50		
Balasto/ Arrancador usual	REACTOR 208-220-240V IGPA400 o IG5U150/400 o IM58	REACTOR 120-127V / IGPA100 o IM49 [ HX / CWA 120-208-277V / IM49 ]	REACTOR 208-220-240V IGPA400 o IG5U150/400 o IM60 o IM58 [ CWA 120-208-277V / IM60 ]	REACTOR 120-127V / IGPA100 o IM49 [ HX / CWA 120-208-277V / IM49 ]	REACTOR 208-220-240V IGPA400 o IG5U400 o IM60 o IM58/53 [ CWA 120-208-277-480V / IM60 ]	REACTOR 208-220-240V IGPA400 o IG5U400 o IM60 o IM58/53 [ CWA 120-208-277-480V / IM60 ]		

Figura 9: Características eléctricas con bombillas de sodio alta presión 100W, 150W, 250W, 400W [4].

<b>POTENCIA</b>		<b>175</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>400</b>	<b>400</b>
IEC :		---	---		---	
ANSI :		M57/109	M58	---	M59	---
Casquillo		E39/E40	E39/E40 Ovoide	E39/E40 Axial	E39/E40 Ovoide	E39/E40 Axial
<b>Características Eléctricas Medidas con BALASTO DE REFERENCIA</b>						
V nominal [V]		132	133/125	100	135/125	100
I nominal [A]		1.50	2.10/2.13	3.00	3.20/3.40	4.20
W nominal [W]		175	250/245	250	400/390	400
<b>Características Eléctricas del Pulso para el encendido</b>						
PULSO	Mín. kV			2,8/3,0		2,8/3,0
	Máx. kV			5,0		5,0
PULSO Ancho a				-		-
0,54 kV				-		-
2,25 kV				-		-
2,52kV (2,70 kV)				2 $\mu$ s		2 $\mu$ s
PULSO repetición				1ciclo		1ciclo
Volt. Cto. Abierto RMS		$\geq 382^*$	$\geq 382^*$	$\geq 198$	$\geq 382^*$	$\geq 198$
Volt. Cto. Abierto PICO		$\geq 540^*$	$\geq 540^*$	--	$\geq 540^*$	--
I DE arranque [A]		$< 3.00$	$< 4.26$	$< 5.20$	$< 6.83$	$< 7.50$
Balasto/ Arrancador usual		<b>REACTOR 208-220-240-277V / IM51</b> [ CWA 120-208-277V / Sin Arrancador ]	<b>REACTOR 208-220-240-277V / IM51</b> CWA 120-208-277-480V / Sin Arrancador	<b>REACTOR 208-220-240-277V</b> IGSU400 o IM58/53	<b>REACTOR 208-220-240-277V / IM51</b> CWA 120-208-277-480V / Sin Arrancador	<b>REACTOR 208-220-240-277V</b> IGSU400 o IM58/53

Figura 10: Características eléctricas con bombillas de MH 175W, 250W, 400W [4].

### 2.1.2.2 Balasto

Las bombillas de alta intensidad de descarga poseen características de resistencia negativa por lo tanto deben operar en forma conjunta con un dispositivo limitador de corriente o balasto para mantener la corriente que circula por la bombilla dentro de ciertos valores que garanticen su funcionamiento adecuado y duradero. Este elemento auxiliar cumple con las siguientes características para que la lámpara opere en óptimas condiciones:

- Proveer una tensión controlada para el arranque o precalentamiento de los electrodos de la lámpara.
- Suministrar la tensión y corriente controlada tanto para iniciar el arco entre los electrodos de la lámpara como para su funcionamiento correcto.
- Controlar y limitar los valores de tensión y corriente en sus valores adecuados para conservar el buen funcionamiento de la lámpara.

Las bombillas de alta intensidad de descarga, se deben usar con el balasto, el cual cumple la función de generar el arco eléctrico que requiere la bombilla durante el proceso de encendido y mantenerlo posteriormente. Los balastos electromagnéticos más utilizados para bombillas de sodio de alta presión y halogenuros metálicos son:

- Reactor serie o Reactor.
- Autotransformador de alta reactancia (HX).
- Autotransformador de potencia constante (CWA), comúnmente llamados autorregulado o multitaps [5].



Figura [a]



Figura [b]

Figura 11: [a] Balasto reactor, [b] Balasto autorregulado CWA [21].

- **Reactor serie.**  
Este tipo de balasto se compone esencialmente de una bobina de alambre, devanadas sobre un núcleo de hierro laminado que conforma el circuito magnético, su conexión es en serie con la bombilla y se adiciona un condensador (tipo seco normalmente) a través de la línea, en paralelo con el conjunto lámpara-balasto para corregir el factor de potencia del

sistema, este puede ser corregido a más del 90%. La función principal de este tipo de balasto es limitar la corriente que alimenta a la lámpara.

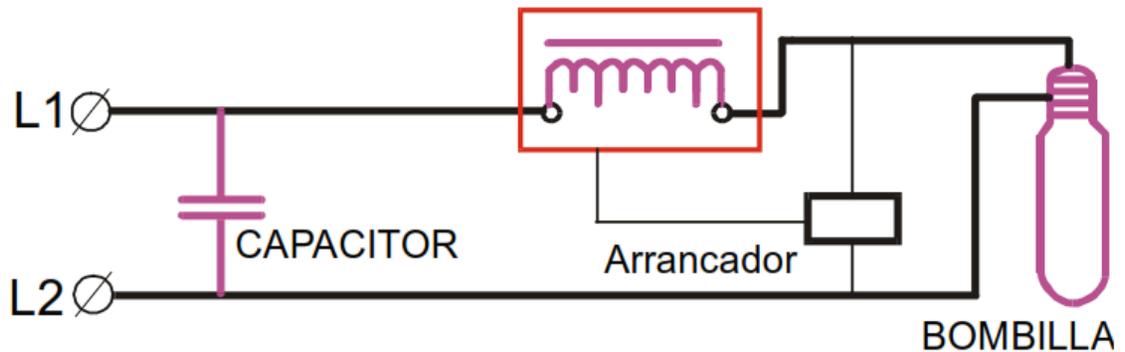


Figura 12: Balasto reactor serie [5].

La tensión mínima para la cual se puede utilizar este tipo de balastos debe ser aproximadamente mayor o igual a 1,5 o 2 veces la tensión de operación nominal de la bombilla.

Estos balastos son relativamente pequeños, livianos y de bajas pérdidas, tiene un factor de cresta bajo que hace que las bombillas prolonguen su vida útil.

La corriente de arranque es alta, proporcionando un calentamiento rápido a la bombilla, la cual suministra el flujo luminoso normal en poco tiempo [3].

- **Autotransformador de alta reactancia.**

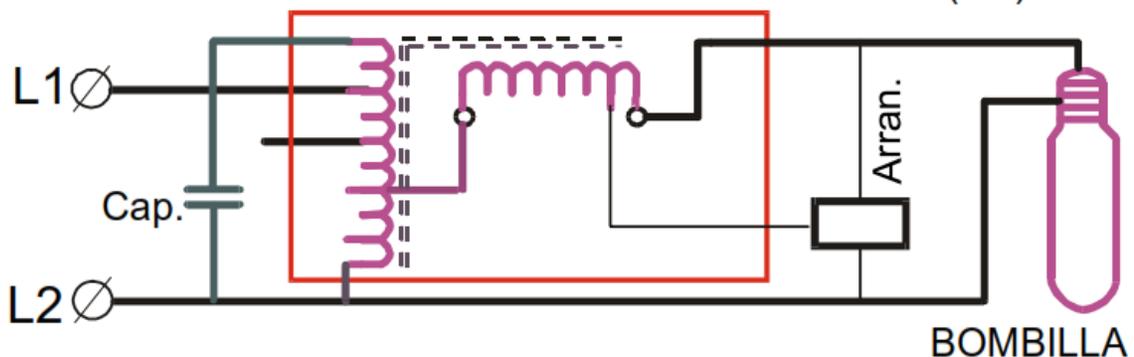


Figura 13: Autotransformador de alta reactancia (HX) [5].

Este tipo de balasto se compone de dos bobinas de alambre, devanadas sobre dos ramales diferentes de un núcleo de hierro laminado que conforma el circuito magnético. Su conexión es en paralelo con la red y en serie con la bombilla, la tensión mínima para la cual se puede utilizar este tipo de balastos no está limitada por la tensión de operación de la bombilla, se adiciona un capacitor en paralelo con el autotransformador para corregir el factor de potencia del conjunto ( $\cos\phi > 0.9$ ).

- **Balasto autorregulado CWA** (autotransformador de potencia constante).

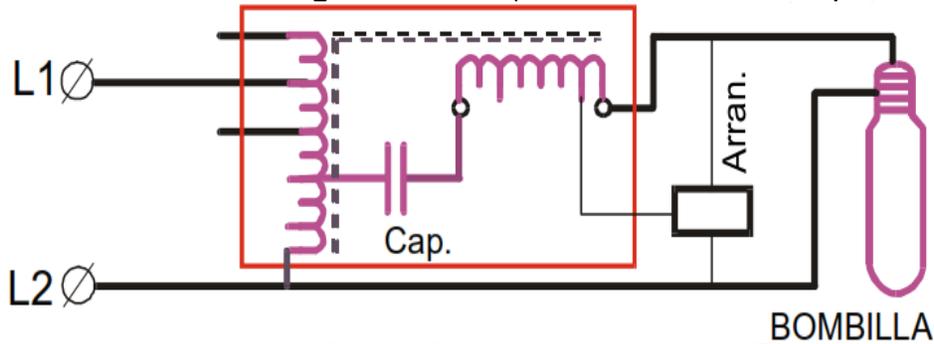


Figura 14: Balasto autorregulado o multitaps [5].

Este tipo de balasto se compone de dos bobinas de alambre, devanadas sobre dos ramales diferentes de un núcleo de hierro laminado que conforma el circuito magnético, su conexión es en paralelo con la red y en serie con la bombilla e incorpora un capacitor en serie con la inductancia, para lograr los efectos de regulación de potencia requeridos.

El balasto CWA está formado por un autotransformador elevador de alta resistencia de dispersión. Con un capacitor en serie con lámpara. El uso del capacitor permite a la lámpara operar con mejor estabilidad frente a las variaciones de la línea. La tensión a circuito abierto es la mínima necesaria para encender la lámpara. El factor de potencia es 0,9. Sus características de regulación son superiores a las del reactor, ya que una fluctuación del 10% de voltaje origina una variación en la potencia de lámpara del 15%. Este balasto admite una caída de tensión sin apagarse del 20 al 40% manteniendo su potencia regulada.

Su función principal es limitar la corriente de arranque y de operación de la bombilla, estableciendo los parámetros de funcionamiento de tensión y potencia [5].

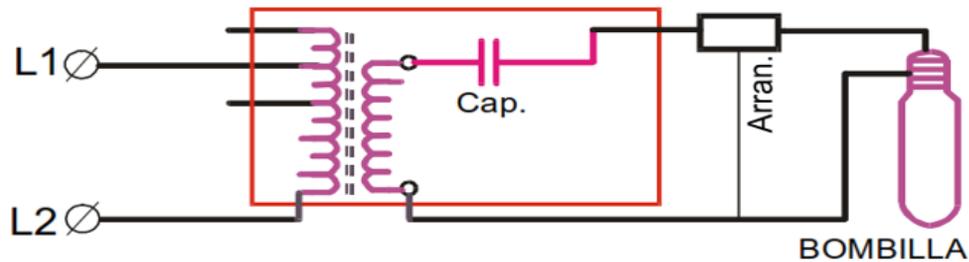


Figura 15: Balasto transformador de potencia constante (CW) [5].

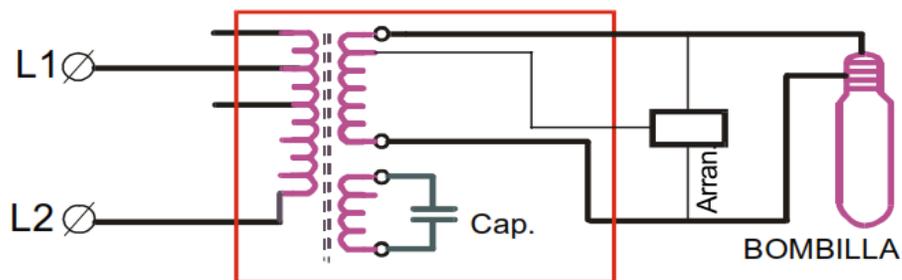


Figura 16: Balasto transformador magnéticamente regulado [5].

### 2.1.2.3 Capacitor

Es un dispositivo compuesto por dos materiales conductores llamados placas, paralelos entre sí, separados por un material aislante, cuya propiedad, fenómeno llamado capacitancia, es la de almacenar energía eléctrica después de conectar las placas a una fuente de energía. Su función en el caso de las luminarias, es mejorar el factor de potencia en el balasto reactor y ayudar a regular la potencia en balastos CWA (autotransformador de potencia constante) [3].



Figura 17: Capacitor Philips 10uf [21].

### 2.1.2.4 Bombilla

La bombilla eléctrica, también conocida como lámpara incandescente, es una fuente artificial de luz, y funciona justamente mediante la incandescencia, estas se pueden encontrar de diferentes tipos, atendiendo a los materiales que las componen y presentando una mayor eficiencia en casos específicos.

- bombillas incandescentes.
- lámparas incandescentes halógenas.
- lámparas de mercurio de baja presión tipo fluorescentes con balasto independiente.
- lámparas fluorescentes compactas con balasto independiente.
- lámparas fluorescentes compactas con balasto incorporado
- lámparas de descarga de vapor de mercurio de alta presión.
- lámparas de halogenuros metálicos.
- lámparas de vapor de sodio alta presión

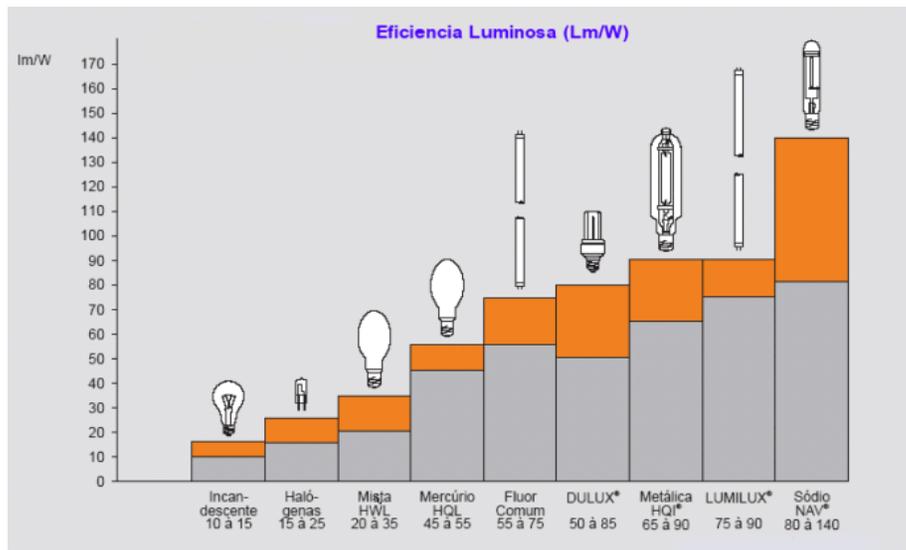


Figura 18: Eficiencia luminosa según tipo de bombillo [2].

TIPO DE LÁMPARA	COSTO RELATIVO LÁMPARA	EFICACIA LUMINOSA	ASPECTO CROMÁTICO	REPRODUCCIÓN DE COLORES	APLICACIONES	
Incandescentes	Bajo	Muy baja	Cálido	Excelente	- Ámbito de aplicación muy general. - Se presta bien a los alumbrados localizados y decorativos. - Dado su bajo costo, son interesantes en utilización intermitente.	
Halógenas	Medio-bajo	Baja	Cálido	Excelente	- Alumbrado interior decorativo. - Alumbrado por proyector en zonas deportivas, aeropuertos, monumentos.	
FLUORESCENTES	Blanca cálida	Medio-elevado	Media Alta	Cálido	Buena (De lujo) Media	- Alumbrado público. - Las de lujo son indicadas en carnicerías, restaurantes, etc.
	Blanca fría	Medio-elevado	Media Alta	Intermedio	Buena (De lujo) Media	- Naves industriales, almacenes, escuelas, oficinas. - Las de lujo son indicadas para tiendas, comercios y oficinas que necesiten un buen rendimiento de color.
	Luz día	Medio-elevado	Media Alta	Frío	Buena (De lujo) Media	- Con altos niveles de iluminación (1000 lux). - Las de lujo, en tiendas de tejidos.
	Nueva generación (Trifósforo)	Elevado	Alta	Frío intermedio cálido	Buena	- Aplicaciones que necesiten alto rendimiento luminoso y de color.
Vapor de Mercurio	Medio	Media	Frío	Media	- Las de bulbo claro en jardines y parques. - Las de color corregido se utilizan en la industria y para alumbrado público.	
Halogenuros metálicos	Elevado	Alta	Frío	Buena	- Alumbrado de grandes espacios y vestíbulos de gran altura por proyectores. - Alumbrados deportivos (TV color).	
Vapor de sodio de alta presión	Elevado	Alta	Cálido	Media	- Alumbrado público. - Alumbrado industrial naves altas.	
Vapor de sodio baja presión	Elevado	Muy alta	Cálido	Muy pobre	- Alumbrado público. - Alumbrado de seguridad. - Alumbrado arquitectónico.	

Figura 19: aplicaciones de las luminarias [2]

### 2.1.3 ¿Qué es un PLC?

Un controlador lógico programable o PLC, es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas. Un plc permite controlar o proteger un proceso industrial, posibilitando además las opciones de monitoreo y diagnóstico

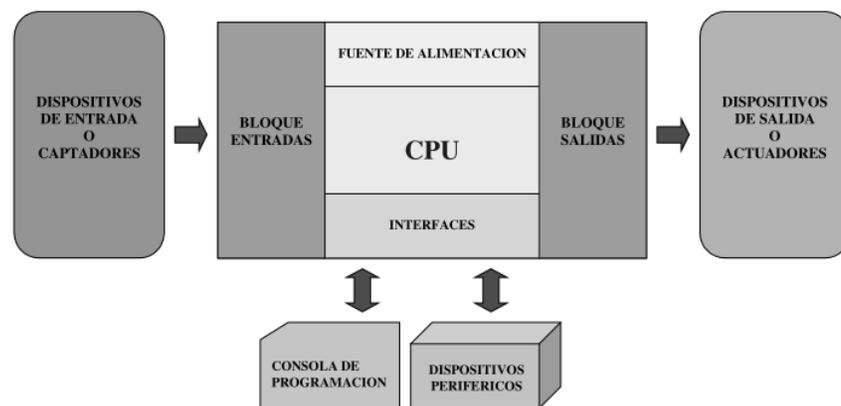
de condiciones, presentándolas en un HMI (Human Machine Interface) o pantalla de operación, o presentándolas a una red de control superior.

Un PLC es un ejemplo de control en tiempo real, pues reacciona automáticamente a las condiciones de las variables que está vigilando.

Los PLC operan de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza e ejecutarse nuevamente desde la primera instrucción.

Los elementos que conforman el PLC son:

- Unidad central de procesos (CPU).
- Módulos de entrada
- Módulos de salida
- Fuente de alimentación
- Dispositivos periféricos
- Interfaces



**Figura 20:** Bloques necesarios para el funcionamiento de un PLC [6].

- La unidad central de procesamiento es el cerebro del PLC, este toma las decisiones relacionadas al control de la maquina o proceso. Durante su operación, el CPU recibe entradas de diferentes dispositivos de censado y ejecuta operaciones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, controlando los dispositivos de acuerdo a la lógica programada.
- Los módulos de entrada y salida, son la sección del plc en donde sensores y actuadores son conectados, a través de los cuales el plc monitorea y controla el proceso.
- La fuente de alimentación, convierte altos voltajes de corriente de línea (115V 230V) CA a bajos voltajes (5V, 15V, 24V) CD requeridos por el CPU y los módulos de entrada y salida.

### 2.1.3.1 Funcionamiento del PLC.

El PLC utiliza un método de exploración estándar al momento de evaluar el programa de usuario.

**Señal de entrada:** El PLC lee el estado de ON/OFF (activado / desactivado) de cada entrada y almacena el estado en la memoria antes de evaluar el programa de usuario. Una vez que el estado de la entrada externa es almacenado en la memoria interna, cualquier cambio hecho a las entradas externas no se actualizará hasta el inicio del próximo ciclo de exploración.

**Programa:** El PLC ejecuta instrucciones en el programa de usuario de arriba a abajo y de izquierda a derecha y luego almacena los datos evaluados en la memoria interna. Parte de esta memoria está enclavada.

**Salida:** Cuando se llega al comando FIN la evaluación del programa está completa. La memoria de salida se transfiere a las salidas físicas externas.[3]

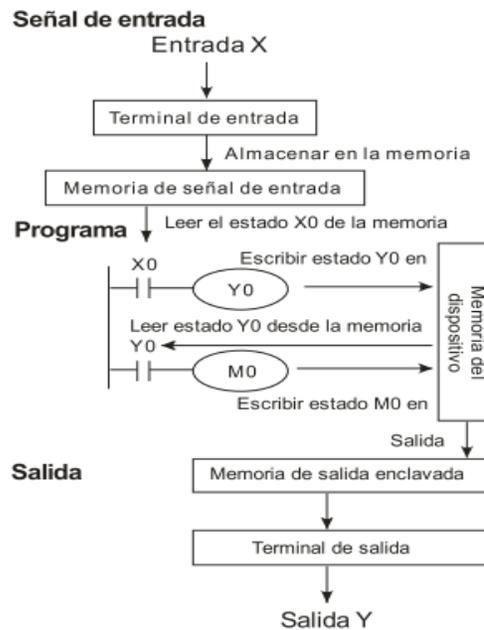


Figura 21: Funcionamiento interno del PLC [6].

### 2.1.3.2 Clasificación de los PLC.

Debido a la gran variedad de PLCs existentes y atendiendo a sus características y su procesamiento de datos, podemos clasificar los PLCs en tres grupos principales:

- PLC tipo nano.
- PLC tipo compacto.
- PLC tipo modular.

El PLC tipo nano es generalmente un plc de tipo compacto (Fuente, I/O, CPU integradas) que pueden manejar un grupo reducido de entradas y salidas, generalmente un número inferior a 100, permiten manejar entradas y salidas y algunos módulos especiales.

Los PLC tipo compactos tienen incorporada la fuente de alimentación, su CPU y módulos de entrada y salida en un solo modulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos (alrededor de 500), su tamaño es superior al de los nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, como se presentan a continuación:

- Entradas y salidas analógicas
- Módulos contadores rápidos
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de operador
- Expansiones de I/O.

Los PLC tipo modular se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- Rack
- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulos de I/O
- Comunicaciones
- Contaje rápido

Estos PLC pueden ser de funciones especiales, de este tipo existen desde los denominados MicroPLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O.[8]

#### **2.1.4 Lenguajes de Programación.**

Son las reglas por las cuáles se le escribe el programa al PLC. Es más bien una característica del dispositivo programador. Los lenguajes de programación son necesarios para la comunicación entre el usuario y el PLC. La interacción que tiene el usuario con el PLC la puede realizar por medio de la utilización de un cargador de programa (loader Program) también reconocida como consola de programación o por medio de un PC (computador Personal).

Tenga en cuenta que: En procesos grandes o en ambientes industriales el PLC recibe el nombre también de API (Autómata Programable Industrial) y utiliza como interfaz para el usuario pantallas de plasma, pantallas de contacto (touch screen) o sistemas SCADA (sistemas para la adquisición de datos, supervisión, monitoreo y control de los procesos).[9]

### **2.1.5 Ventajas e inconvenientes de los autómatas programables**

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

#### **Ventajas**

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción

#### **Inconvenientes**

- Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento
- El coste inicial también puede ser un inconveniente

## 2.1.6 PLC Wecon LX3V



Figura 22: PLC Wecon LX3V 2416MR-A. [17].

Características principales	
Característica	Descripción
Software de programación	Desarrollador Gx y GX Works2 están disponibles. Software de programación totalmente libre: Wecon plc Editor, software y soporte técnico gratuito de por vida
Programa de seguridad	Kernel modo cifrado para la descarga, carga y abrir el programa del PLC
Stand-alone mini interfaz USB	Stand-alone mini USB interfaz para descargar y cargar el programa de PLC, también monitoreo en línea Incluido. Usted puede hacer cualquier cosa con PLC sin la comunicación desconexión.
Lenguaje de programación	Apoyo lista de escalera y la instrucción,
Protocolo de comunicación	Modbus RTU y ASCII MODBUS apoyo, protocolo de comunicación es compatible con Mitsubishi FX1N, FX2N. Usted puede seleccionar protocolo Mitsubishi a la comunicación con Wecon plc
Módulo de expansión	Variedad de módulos de expansión para ampliar la función de PLC. Como conversión AD/da, temperatura Medición, ponderación etc.

Tabla 1: Características PLC Wecon Lx3V-2416MR-A [15].

### 2.1.6.1 Ficha técnica Wecon Technology Serie LX3V

<b>Serie LX3V controlador lógico programable</b>						
Artículo	1410MR-A	1212MR-A	1412MR-A	1616MR-A	2416MR-A	3624MR-A
<b>Especificaciones generales</b>						
PLC modo de funcionamiento	Exploración redondo/interrupción					
Lenguaje de programación	Lista de instrucciones/escalera					
Instrucciones	Instrucciones básicas: 27					
	Aplicado instrucción: 136 + 2 (2 instrucciones diferentes de Mitsubishi)					
Velocidad de operación	Instrucciones básicas: 0.06us					
	Aplicado instrucción: 1 ~ 10us					
Memoria del programa	Flash ROM incorporado					
Capacidad del programa	16 K pasos					
Software de programación	Wecon plc editor					
Configuración de seguridad	Carga/descarga/contraseña del programa					
Cable de programación	Mini USB/USB SC09-FX USB a RS422/Mitsubishi RS232 Cable de programación					
Filtrado digital	Sí, para todas las entradas terminal					
Reloj en tiempo real	Sí (requiere batería)					
Salida de pulsos de alta velocidad	--					
De alta velocidad de interrupción	6 puntos					
Temporizador de interrupción	3 puntos					
Fuente de alimentación de salida	DC24V ≤ 700mA					
Protocolo de comunicación	Wecon plc protocolo/Mitsubishi FX2N ningún protocolo/Modbus RTU					
Certificado	CE/FCC					
Indicador de acción	Indicación LED					
<b>Especificaciones del entorno</b>						
Temperatura de funcionamiento	0 ~ 55					

Temperatura de almacenamiento	-20 ~ 70					
Humedad de funcionamiento	35 ~ 85% RH (sin condensación)					
Resistencia a los golpes	147 m/S2, 4 veces en x, y, Z cada dirección					
Entorno de funcionamiento	Sin gases corrosivos o demasiado polvo					
<b>Especificaciones de entrada/salida</b>						
Número de E/s de puntos	14/10	12/12	14/12	16/16	24/16	36/24
Ampliado I/o puntos	Max entrada: 256 puntos, salida máxima: 256 puntos					
Tensión nominal de entrada	DC 24v±10%					
Rango de Tensión aplicada	<AC 250 V/DC 30 V					
Tipo de salida	Relé					
Método de aislamiento	Mecánicos aislamiento					
Max. carga	2A/punto, 8A/COM puerto					
Encendido/apagado el tiempo de respuesta	<10 ms/punto					
<b>Fuente de alimentación Especificaciones</b>						
Consumo de energía	<35 W	<35 W	<35 W	<60 W	<60 W	<60 W
Potencia nominal	AC 100 V ~ 240 V 50Hz/60Hz					
Rango de voltaje	AC 86 V ~ 256 V 50Hz/60Hz					
Corte de energía tiempo	<10 ms					
Fusible de alimentación	250 V/1A	250 V/1A	250 V/1A	250 V/3.15A	250 V/3.15A	250 V/3.15A
Corriente de entrada	<15A 5 ms (V) <30A 5 ms (AC 200 V)					
Tornillo de terminal	M3					
<b>Registro Especificaciones</b>						
Registro de entrada (x)	X0 ~ X377 (octal)					
Registro de salida (y)	Y0 ~ Y377 (octal)					
Intermedio de registro (m)	M0 ~ M3071, M8000 ~ M8255 (sistema reservados)					
Estado de registro (s)	S0 ~ S999					
Fecha de registro (D)	D0 ~ D7999, D8000 ~ D8255 (sistema reservados)					
Indexado registro (V)	V0 ~ V7					
Indexado registro (Z)	Z0 ~ Z7					
	100 ms	T0 ~ T199, T250 T255 ~ (acumulado)				

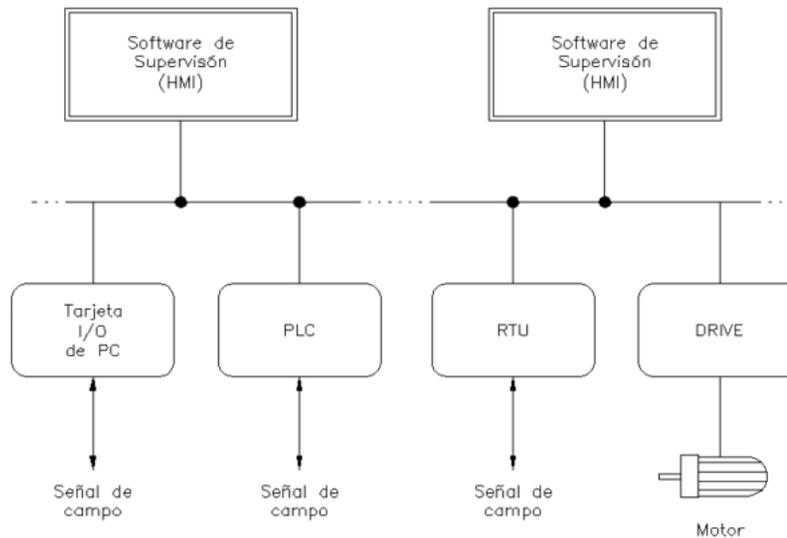
Temporizador (T)	10 ms	T200 ~ T245					
	1 ms	T246 T249 ~ (acumulado)					
Contador (C)	16BIT más	C0 ~ C199					
	Bits más- menos	C200 ~ C234					
	Bits de alta velocidad	C235 ~ C255					
Trabado registro		Rango variable					
<b>Especificaciones de la interfaz</b>							
Puerto COM		COM1: RS422/RS485, COM2: RS485					
Interfaz USB		Descarga/monitor/Edición On-line					
Extensible interfaz		Ethernet/RS485/CAN					
BD ranura de la tarjeta		Para Wecon serie LX3V tabla BD					
Ranura del módulo		Para Wecon serie LX3V módulo de expansión					
<b>Especificaciones de apariencia</b>							
Material de Shell		Plásticos ABS					
Dimensión L * W * H (mm)		136*107*87	136*107*87	136*107*87	175*107*87	175*107*87	221*107*87
Paquete L * W * H (mm)		147*112*90	147*112*90	147*112*90	186*112*90	186*112*90	235*112*90
Peso neto (g)		520	520	520	742	742	920
Peso bruto (g)		600	600	600	839	839	1061

**Tabla 2:** Especificaciones técnicas. [17]

### 2.1.7 ¿Qué es HMI?

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's, RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

Esta interface presenta a través de mímicos la instrumentación y los actuadores en campo, permitiendo monitorear el estado de la planta y ejecutar comandos sobre ella [11].



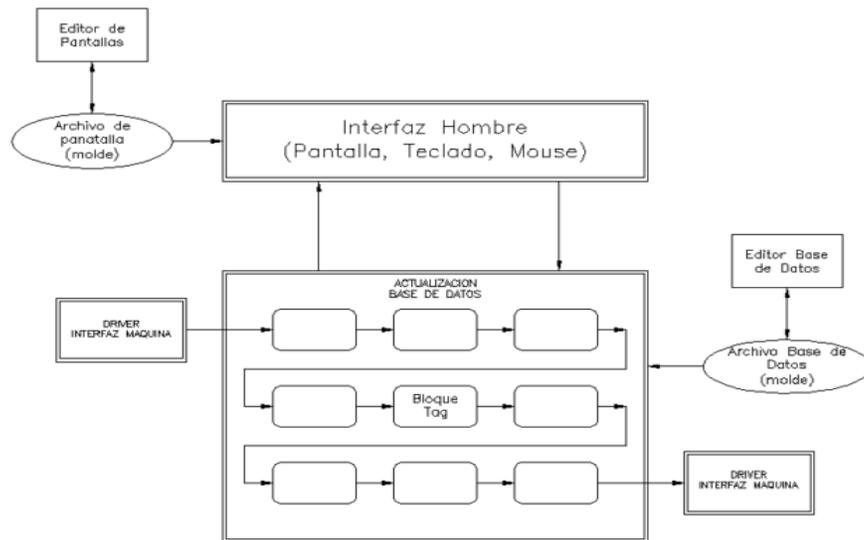
**Figura 23:** Sistema de Comunicación HMI [10].

### 2.1.7.1 Tipos de HMI

- Desarrollos a medida. Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.
- Paquetes enlatados HMI. Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplos son FIX, WinCC, Wonderware, etc.

### 2.1.7.2 Funciones de un Software HMI

- Monitoreo: Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- Supervisión: Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- Alarmas: Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre- establecidos.
- Control: Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- Históricos: Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.



**Figura 24:** Estructura general de un sistema HMI.

El software HMI está compuesto por un conjunto de programas y archivos. Hay programas para diseño y configuración del sistema y otros que son el motor mismo del sistema. En la Fig.2-1-7. Se muestra cómo funcionan algunos de los programas y archivos más importantes. Los rectángulos de la figura representan programas y las elipses representan archivos. Los programas que están con recuadro simple representan programas de diseño o configuración del sistema; los que tienen doble recuadro representan programas que son el motor del HMI [6].

### 2.1.8 HMI Wecon Technology Levi 777A.



**Figura 25:** Levi 777A [17].

Serie Levi Human Machine Interface					
Especificaciones generales					
Tamaño de la pantalla	4.3 pulgadas	7 pulgadas	7 pulgadas	10.2 pulgadas	10.4 pulgadas
Artículo	LEVI430T	LEVI700L	LEVI777A	LEVI102A	LEVI910T

Tipo de pantalla	TFT LCD				
Color	65536 color				
Resolución	800*480			800*600	
Brillo máximo	250 cd/m2				
Vida útil	> 50,000 horas				
Cable de programación	Cable USB (forma D)/disco flash USB				
CPU	400 MHz				
Vídeo analógico	Sí (requiere batería)				
Fuente de alimentación	DC12V ~ 28 V 50/60Hz				
Consumo de energía	<5 W				
Temperatura de funcionamiento	-10~ +60				
Nivel de protección	IP65				
Tamaño completo (L * W * H)	138*86*37	212*146*36	212*146*36	272*200*47.5	272*200*47.5
Tamaño de montaje (L * W * H)	131*79*0.5	192*138*0.5	192*138*0.5	260*179*0.5	260*179*0.5
Puerto serie (COM1)	RS232/RS485/RS422				
Puerto serie (COM2)	--	--	RS232/RS485	RS232/RS485	RS232/RS485
Puerto serie (COM3)	--	--	Extensible (LEVI777A-E)	Extensible (LEVI102A-E)	Extensible (LEVI910T-E)
Ethernet	--	--	Extensible (LEVI777A-N)	Extensible (LEVI102A-N)	Extensible (LEVI910T-N)
CAN BUS	Extensible (Levi 430T-C)	--	Extensible (LEVI777A-C)	Extensible (LEVI102A-C)	Extensible (LEVI910T-C)
Salida de audio	--	--	Extensible (LEVI777A-TTS)	Extensible (LEVI102A-TTS)	Extensible (LEVI910T-TTS)

Entrada de vídeo	--	--	Extensible (LEVI777A-V)	Extensible (LEVI102A-V)	Extensible (LEVI910T-V)
USB Host	Sí				
Dispositivo USB	Sí				
Ranura para tarjeta SD	--	--	Sí	Sí	Sí
Flash	128 M				
Memoria	64 M				

Tabla 3: especificaciones técnicas HMI Wecon Levi 777A [17].

### 2.1.8.1 Integración HMI-PLC

Una combinación HMI-PLC desempeña un papel fundamental en el diseño de una solución de automatización verdaderamente esbelta, proporcionando una serie de beneficios durante toda la vida de la planta. Combinando visualización y control de los medios:

- Diseño de la máquina más rápida, proporcionando un entorno de desarrollo integrado
- Reducción de los costos de construcción de la máquina por la eliminación de los componentes y el cableado
- Reducción de los gastos de soporte de la máquina y la mejora de operación centralizando el acceso remoto y la administración[12]

Más que en cualquier otro momento, hay una gama de tendencias de la arquitectura del sistema de control y la fabricación que se unen para apoyar un enfoque integrado HMI-PLC. Para los OEMs de equipos e ingenieros de control por igual, esto significa que es más fácil para construir máquinas más pequeñas, más inteligentes de una manera más rápida, liberando ambos OEMs e ingenieros de utilizar controladores y el equipo sólo por la familiaridad a pesar de un costo prohibitivo para cambiar.

### 2.1.9 ¿Qué es E-waste?

La chatarra electrónica, desechos electrónicos o basura tecnológica corresponde a todos aquellos productos eléctricos o electrónicos que han sido desechados o descartados, tales como: ordenadores, celulares, televisores y electrodomésticos. La chatarra electrónica se caracteriza por su rápido crecimiento debido a la rápida obsolescencia que están adquiriendo los dispositivos electrónicos y por la mayor demanda de estos en todo el mundo, entre otros factores. La ONU calcula que se producen en torno 50 millones de toneladas de esta clase de residuos al año.

La vertiginosa rapidez en que los aparatos electrónicos se mejoran o lo que es lo mismo, la velocidad con que se vuelven obsoletos han producido un tipo diferente de desecho, la basura electrónica o e-waste.

Los aparatos electrónicos y eléctricos contienen unas cantidades mínimas de sustancias tóxicas, entre estas plomo, arsénico, selenio, cromo, cobalto, mercurio.

Mientras los aparatos están en funcionamiento dichas sustancias no producen daño, pero al ser desechados pueden liberar los elementos mencionados, causando problemas para la salud humana, de animales y del medio ambiente.[13]

CATEGORÍAS DE RAEE SEGUN LA DIRECTIVA DE LA UNION EUROPEA		
No	CATEGORIAS	EJEMPLO
1	Grandes electrodomésticos	Neveras, congeladores, lavaplatos, lavadoras, etc.
2	Pequeños electrodomésticos	Aspiradoras, planchas, secadores de pelo, etc.
3	Equipos de informática y telecomunicaciones	Procesadores de datos centralizados(Minicomputadoras, Impresoras), y elementos de computación personal(computadoras personales, computadoras portátiles, fotocopiadoras, télex, teléfonos, etc.
4	Aparatos electrónicos de consumo	Aparatos de radio, televisores, cámaras de video, etc.
5	Aparatos de alumbrado	Luminarias, tubos fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, etc.
6	Herramientas eléctricas y electrónicas	Taladros, sierras, máquinas de coser.
7	Juguetes, equipos deportivos y de tiempo libre	Trenes y carros eléctricos, consolas de video juegos y juegos de video
8	Aparatos médicos	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis, etc.
9	Instrumentos de medida y control	Termostatos, detectores de humo o reguladores de calor
10	Máquinas expendedoras	Máquinas expendedoras de bebidas calientes, botellas, latas o productos sólidos

Tabla 4: Categorías RAEE según la Unión Europea. [14]

Otra clasificación usada para los RAEE comprende su división en tres líneas, denominadas mediante colores, de la siguiente forma:

- **Línea blanca:** Comprende todo tipo de electrodomésticos grandes y pequeños.
- **Línea gris:** Comprende los equipos informáticos y de telecomunicaciones. Sin embargo, los tipos de clasificación anteriormente mencionados, tienen un marcado enfoque desde la perspectiva de su comercialización. Desde la perspectiva de la gestión y el manejo de los respectivos residuos.
- **Línea marrón:** Comprende todos los electrónicos de consumo como televisores, equipos de sonido y de vídeo.

CLASIFICACIÓN DE LOS RAEE DESDE UNA PERSPECTIVA DE SU GESTIÓN Y MANEJO			
No	CATEGORIAS	EJEMPLOS	JUSTIFICACIÓN
1	Aparatos destinados a la refrigeración	Neveras, congeladores y otros refrigerantes	Requieren un transporte seguro y el consecuente tratamiento individual

2	Electrodomésticos grandes y medianos (excepto los de la categoría 1)	Todos los demás electrodomésticos grandes y medianos	Contienen en gran parte diferentes metales y plásticos que pueden ser manejados según los estándares actuales
3	Aparatos de iluminación	Tubos fluorescentes y bombillos	Requieren procesos especiales de reciclaje, valorización o disposición final. Ver Instructivo para la gestión integral de luminarias.
4	Aparatos con monitores y pantalla	Televisores, monitores TRC y LCD	Los tubos de rayos catódicos requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual.
5	Otros aparatos eléctricos y electrónicos	Equipos de informática, oficina, electrónicos de consumo, electrodomésticos de la línea marrón (excepto los mencionados en categorías anteriores).	Están compuestos en principio de los mismos materiales y componentes y por consiguiente requieren un tratamiento de reciclaje o valorización muy semejante

**Tabla 5:** Clasificación de los RAEE, Gestión y Manejo. [14]

### 2.1.10 Peligros para la salud

- Los TRC contienen plomo, principalmente en el tubo, con algo en la soldadura de placas de circuitos, aunque las versiones más modernas han reducido su contenido del fondo de la pantalla. Produce daños en los riñones y en el cerebro y efectos sobre el sistema nervioso central y reproductivo.
- Algunos retardantes de fuego bromados (BFR), utilizados en las plaquetas de circuitos y carcasas plásticas, no se descomponen fácilmente y se acumulan en el ambiente. La exposición persistente a estos compuestos puede conducir a problemas de aprendizaje y memoria, puede interferir con la tiroides y con el sistema hormonal del estrógeno. En caso de exposición fetal, puede provocar desórdenes en el comportamiento.
- El berilio presente en interruptores, transmisores y conectores es cancerígeno. La inhalación de humos y polvos pueden causar enfermedades pulmonares. Es insoluble, se adhiere a partículas del aire y persiste en suelos.
- El cadmio, utilizado en el revestimiento de fósforo dentro de la mayoría de los televisores de color CRT, contactos y switches, puede acumularse en el ambiente y es altamente tóxico, afectando principalmente riñones y huesos.
- El policloruro de vinilo (PVC) es un plástico que contiene cloro, es utilizado en algunos productos electrónicos como aislante en cables, alambres, circuitos, conectores y carcasas de plástico (OECD 2003). Los procesos de producción y deshecho por incineración del PVC generan la liberación de dioxinas y furanos. Estos químicos son altamente persistentes en el ambiente y muchos son tóxicos, incluso en muy bajas concentraciones.

- El mercurio, en las lámparas de las pantallas de LCD, es teratogénico. El mercurio es tóxico incluso en dosis muy bajas. Produce efectos sobre el sistema nervioso central, cardiovascular y pulmonar y daños en los riñones y la vista.
- El níquel es considerado tóxico si se lo encuentra en forma de compuestos inorgánicos de níquel en su forma oxidada, sulfatada o soluble. Probable cancerígeno, probable teratogénico, produce efectos sobre el sistema pulmonar y respiratorio.
- Aunque no se podría considerar al zinc como tóxico, ya que es un elemento esencial para el organismo humano, el ingreso de altas dosis de este elemento podría afectar la salud provocando irritaciones cutáneas, anemia y daño al páncreas. Además baja la productividad de los suelos en caso de que se llevara a cabo una mala disposición.
- Litio: Dada su baja absorción, el litio puede lixiviarse fácilmente a los mantos acuíferos, por lo que existen evidencias que el litio se ha encontrado en pequeñas cantidades en diferentes especies de peces. El litio no es volátil y por lo tanto, el litio y sus compuestos se encuentran en el aire en forma de partículas, que puede regresar a la superficie a través de deposición húmeda o seca, el litio no se encuentra de manera natural en el aire. Experimentos en ratas, han sugerido que los compuestos de litio en combinación con compuestos de manganeso, pueden incrementar la toxicidad en caso de inhalación.[15]

#### **2.1.11 Manejo de RAEE en Colombia.**

Actualmente, en Colombia rige la Ley 1672 de “Gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos” aprobada en 2013. El proceso de reglamentación aún está en marcha y se espera que concluya este año. La norma incluye el concepto de Responsabilidad Extendida al Productor o REP, un concepto heredado de leyes europeas que clasifica a ciertos actores como productores de Artefactos Eléctricos y Electrónicos o AEE y los responsabiliza de las acciones de post-consumo. Sucede que en Colombia, como en el resto de América Latina, los fabricantes no cuentan con una presencia local importante como en otras regiones del planeta. Por lo tanto, en muchos casos son los operadores móviles los responsables de colocar los teléfonos celulares en el mercado y por ende quedan categorizados como productores de AEE.

Colombia fue caso de estudio de diversos reportes de la swiss state secretariat for economic affairs (SECO) y la swiss federal laboratorios for materials science and technology (EMPA) sobre la gestión de RAEE lo que culminó en una colaboración que se extendió durante 5 años. Entre otros temas, los informes resaltan la existencia de un sector informal de gestión RAEE en el país. Si bien esto ha cambiado en los últimos años, un cierto grado de informalidad persiste en Colombia, así como en otros países de la región.

RAEE EN COLOMBIA	
Año	Kilo-toneladas [KT]
2009	242
2012	393
2015	349

Tabla 6: RAEE en Colombia según estudio de la UNU [20].

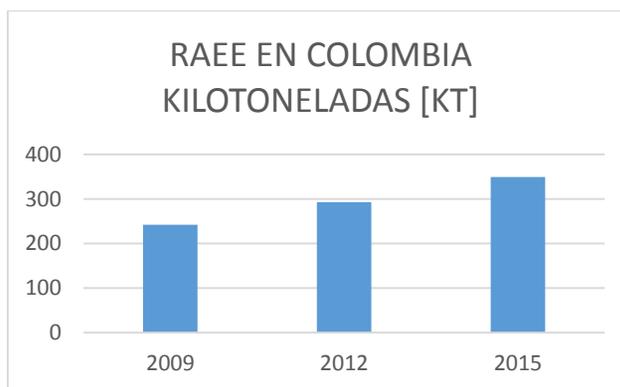


Tabla 7: Aumento de RAEE en Colombia [20].

Los pasos que se deben tener en cuenta en un ciclo de reciclado electrónico son:

- Retirar el equipo descartado.
- Identificar los equipos que se pueden reutilizar. Los que funcionen, pueden intentar comercializarse; aunque si la ecuación económica es favorable pueden destinarse al desarmado y reciclado.
- Desmontaje manual y retirado de los componentes potencialmente peligrosos para evitar contaminar los productos recuperables y el entorno.
- Utilizar procesos para recuperar hierro, aluminio, cobre, metales preciosos y determinados plásticos.[16]

### 2.1.12 Manejo de RAEE en la empresa iluminación santa bárbara de Arauca.

El envejecimiento y el deterioro natural de las instalaciones eléctricas así como los nuevos hábitos de consumo de energía, originados por la utilización de una mayor cantidad de equipos y artefactos eléctricos, han provocado un escenario de gran riesgo. Para nuestro caso, es importante destacar los recientes cambios en la normatividad del sector eléctrico, generados por la implementación del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), el Reglamento Técnico de Instalaciones en Alumbrado Público (RETILAP) y lo establecido en la Ley 1672 del 19 julio del 2013 ( Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones), orientados a brindar mayor seguridad al usuario y su entorno, se adopta el plan de gestión de residuos

eléctricos y electrónicos empleado por la empresa de servicios públicos de Arauca (EMAAR S.A. E.S.P).

El cual contempla las siguientes pautas:

- Recolección
- Clasificación
- Almacenamiento
- Disposición final

## **2.2 Estado del Arte**

- Los trabajadores del taller de reparación de alumbrado público, en Margarita (Venezuela), construyeron un banco de pruebas para elementos de iluminación que respalda la labor de contar con más luminarias recuperadas para las calles de la entidad insular.

El personal adscrito a la División de Mantenimiento Especializado de la Gerencia de Distribución y Comercialización de Nueva Esparta utilizó, para el diseño del equipo materiales recuperados.

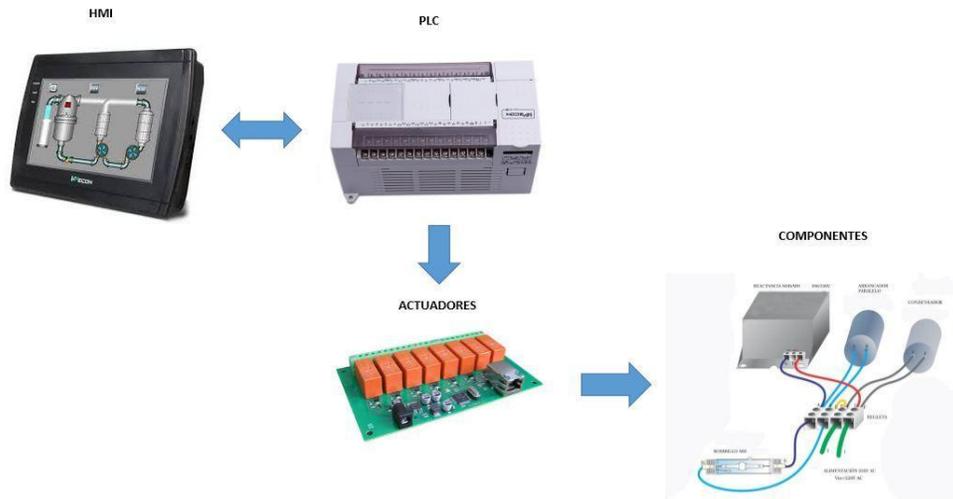
El banco, que está operativo desde el mes de julio de 2015, consiste en una pizarra acrílica que permite realizar pruebas a los componentes de las luminarias de vapor de sodio o fluorescentes. Así como son los arrancadores, condensadores, balastos, bombillos de vapor de sodio y bombillos fluorescentes [18].

- En trabajo de grado de Fredy Armando Carvajal García y Washington Pablo Portilla Pozo de la Universidad técnica del norte, Ibarra, 2010, titulada. Diseño y montaje de un tablero didáctico de lámparas de alumbrado público equipado con sistemas de protección y medición. Se abarca el diseño de un tablero de prueba para bombillos incandescentes utilizados en lámparas de alumbrado público [19].

## **3. Diseño y aplicación.**

A continuación se hace un seguimiento al proceso de diseño y construcción del banco de pruebas para luminarias de alumbrado público, para beneficio de la empresa iluminación santa bárbara de Arauca

Para el diseño y construcción de este banco de pruebas nos guiaremos por el siguiente diagrama.



**Figura 26:** Esquema de funcionamiento [Fuente. El autor].

Mediante el uso de un panel táctil o módulo HMI se asignarán las variables de entrada en el sistema de control. En dicho módulo, se pueden encontrar las diferentes configuraciones estipuladas por los fabricantes para el montaje de una luminaria completamente funcional según sea el caso.

Este dispositivo trabaja variando parámetros en la configuración de la luminaria en prueba mediante un controlador lógico programable (PLC) que a su vez estará conectado a unas tarjetas de circuito para permitir el control de unos actuadores de tipo relé, que sirven para entablar una conmutación entre un componente nuevo completamente funcional y un componente de prueba para que así se puedan comprobar sus características volt-ampéricas mediante una serie de multímetros instalados en el banco de pruebas, atendiendo estas mediciones se podrá realizar un diagnóstico más asertivo del estado de dichos componentes.

### 3.1 Diseño placa de actuadores

Debido a la potencia que manejan estos componentes, nos vemos en la necesidad de crear una serie de circuitos que nos permitan trabajar en tensiones de hasta 220V y que a su vez nos permita el flujo de una corriente de hasta 2.5A constantes y un arranque de hasta 6A.

Se escoge trabajar con actuadores de tipo relé, gracias a que presentan 2 estados de conmutación (NC, NO), la cual nos permite el fácil intercambio entre componentes. Como se cuenta con un plc Wecon serie Lx3v y este cuenta con 16 salidas a relé y necesitamos 20 salidas para conmutar 4 tarjetas de diferente potencia y 5 componentes por tarjeta, procedemos a crear una matriz de relés para reducir en número de salidas a 9 en total para el control de las lámparas.

Estas lámparas aunque presentan una gran variedad de potencias, su esquema de conexión es muy similar entre ellas. Para la realización de esta placa de circuito tomaremos como punto de partida el esquema de conexión manejado para lámparas de 70W, 150W, 250W y 400W, y establecer una relación entre ellos.

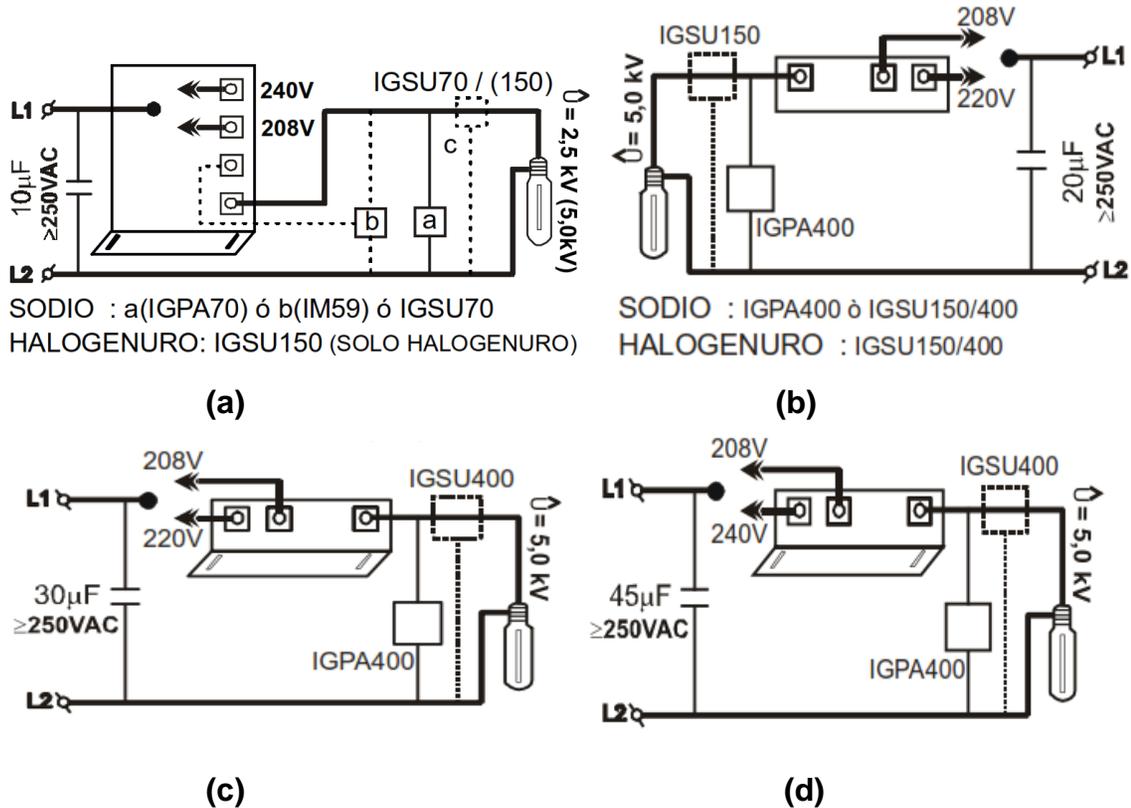


Figura 27: a) Diagrama de conexión 70W, b) Diagrama de conexión 150W, c) Diagrama de conexión 250W, d) Diagrama de conexión 400W [5].

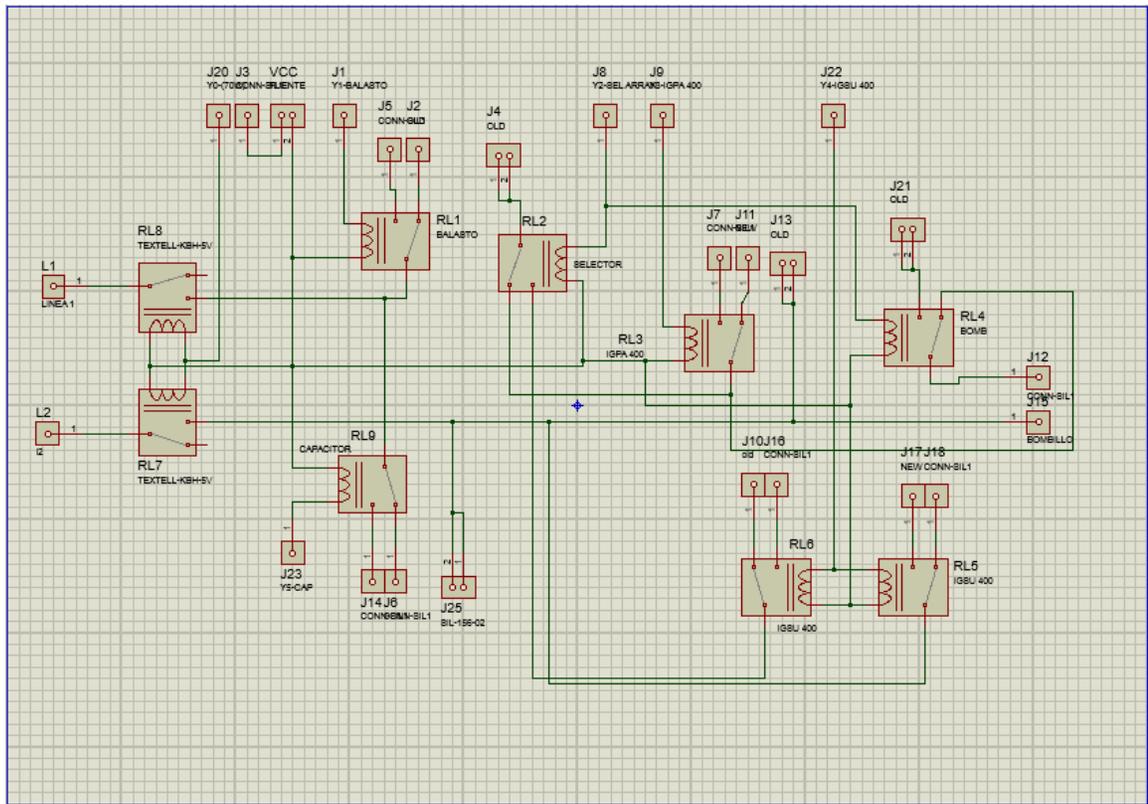
Revisando los diagramas de conexión, encontramos que solo varía las conexiones en los balastos lo cual hace que con el diseño de una sola placa de circuitos se puedan controlar las 4 potencias que vamos a manejar.

### 3.1.1 Selección de componentes.

Se necesitan controlar alrededor de 18 conexiones para poder controlar la entrada o salida de un componente del circuito.

Este control se puede realizar con Triacs, IGBT, etc. Pero estos deben ir acoplados con otros componentes, sin resaltar que son de un alto costo y que se necesitarían alrededor de 18 de estos para cada tarjeta de actuadores. En cambio los actuadores de tipo relé alcanzan a soportar hasta 10A.

La placa de circuitos diseñada para este banco debe ser robusta, capaz de soportar tensiones de 220v y corrientes cercanas a los 6 amperios, para que pueda cubrir a cabalidad las características que exigen estos dispositivos.



**Figura 28:** Esquemático para tarjeta de actuadores [Fuente. El autor].

En la figura se puede apreciar que se hace necesario implementar una conexión extra que cumple la función de selector, es se te crea con la finalidad de poder conmutar entre 2 tipos de arrancadores. Así como la utilización de otra conexión para conmutar la entrada del bombillo gracias a que estos dos tipos de arrancadores presentan una conexión completamente diferente.

Para este banco de pruebas necesitaremos 4 placas del mismo tipo, para controlar las 4 potencias de luminarias de manera independiente.

Atendiendo las características del circuito a emplear se debe tener en cuenta el ancho de las pistas, ya que la corriente que pasará a través de ellas es bastante elevada y las pistas serán considerablemente anchas, por ende procedemos a colocar conexiones por cable para reducir el tamaño de la tarjeta.

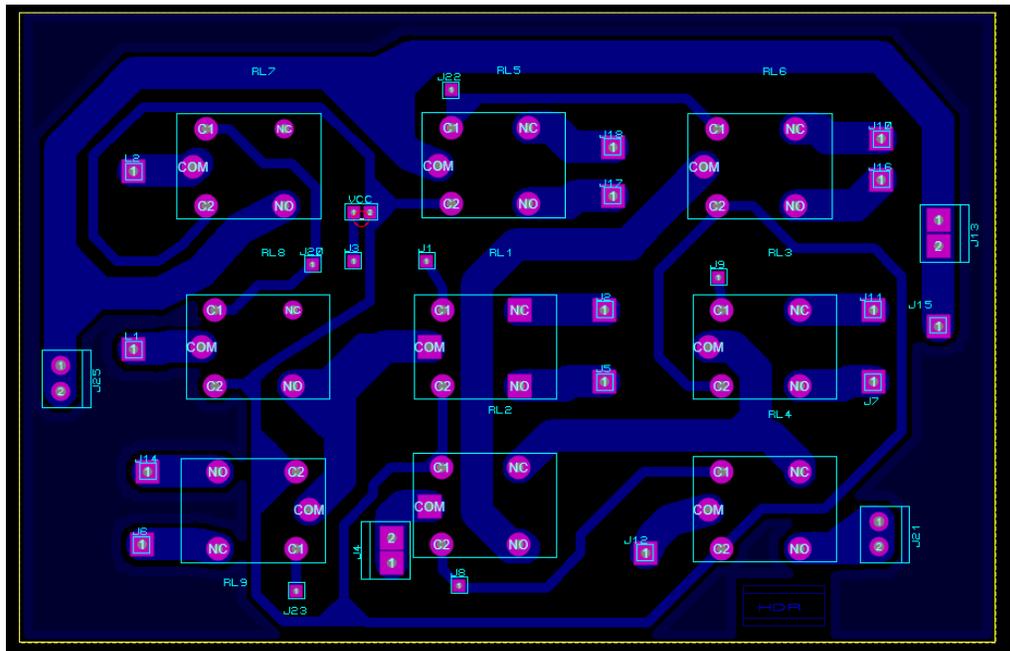


Figura 29: Diseño de la PCB para la placa de actuadores [Fuente. El autor].

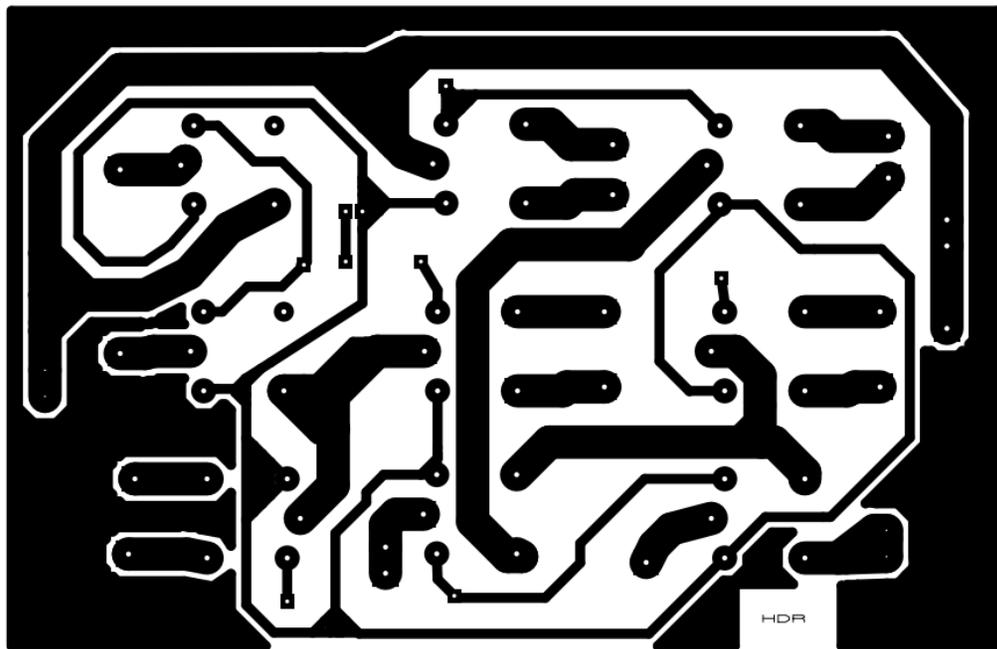
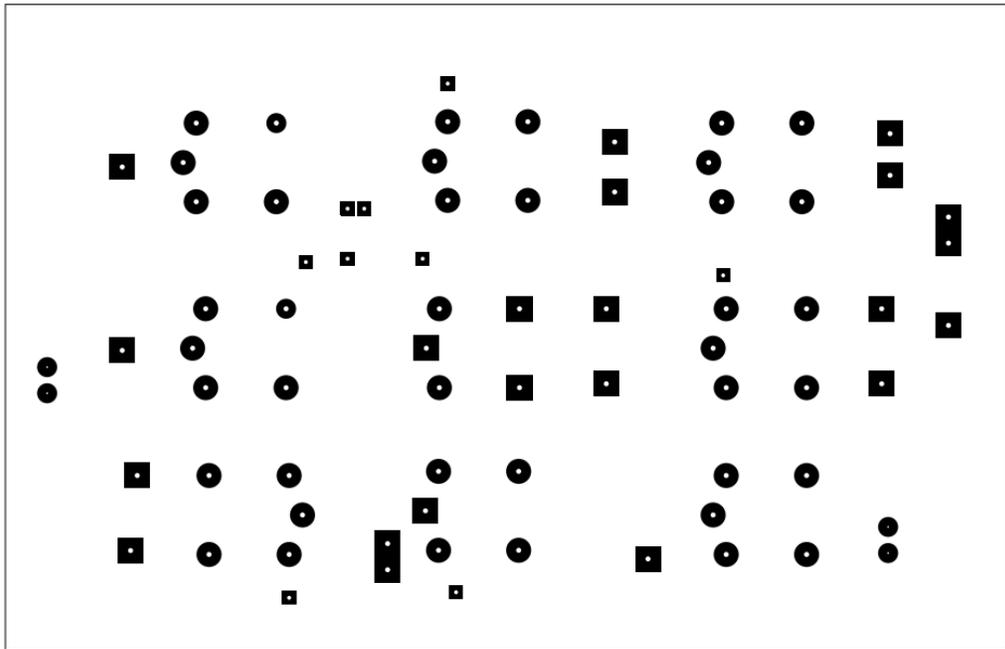
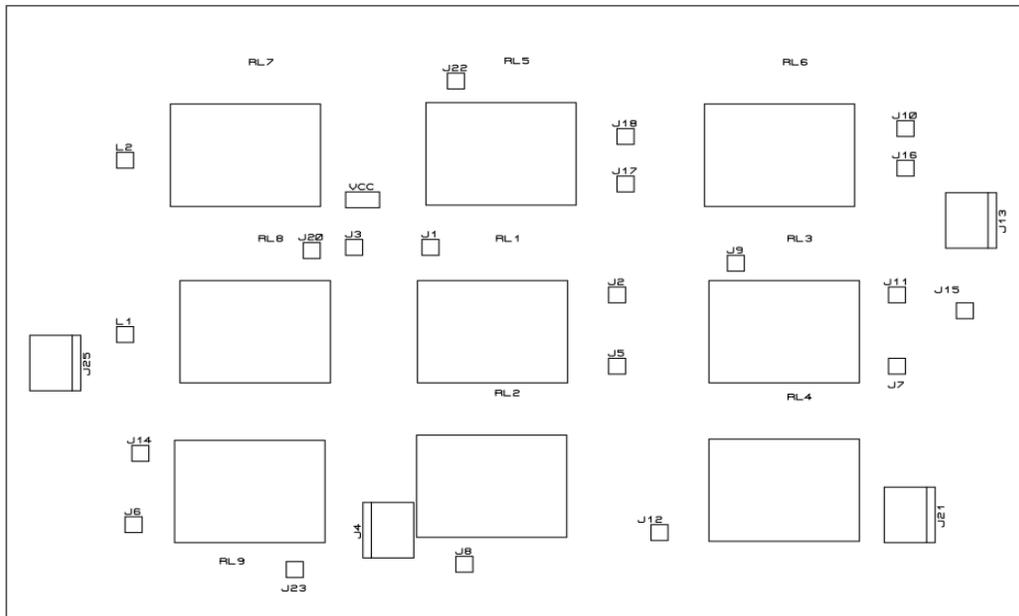


Figura 30: PCB placa de actuadores [Fuente. El autor].

Para realizar una placa de circuito impreso, es necesario aplicarle una capa de pintura protectora para la corrosión.



**Figura 31:** Mascara para antisolder [Fuente. El autor].



**Figura 32:** Mascara de componentes [Fuente. El autor].

Y por último una máscara de componentes para facilitar la colocación de los componentes electrónicos y disminuir las posibilidades de cometer errores en el ensamble de la placa.

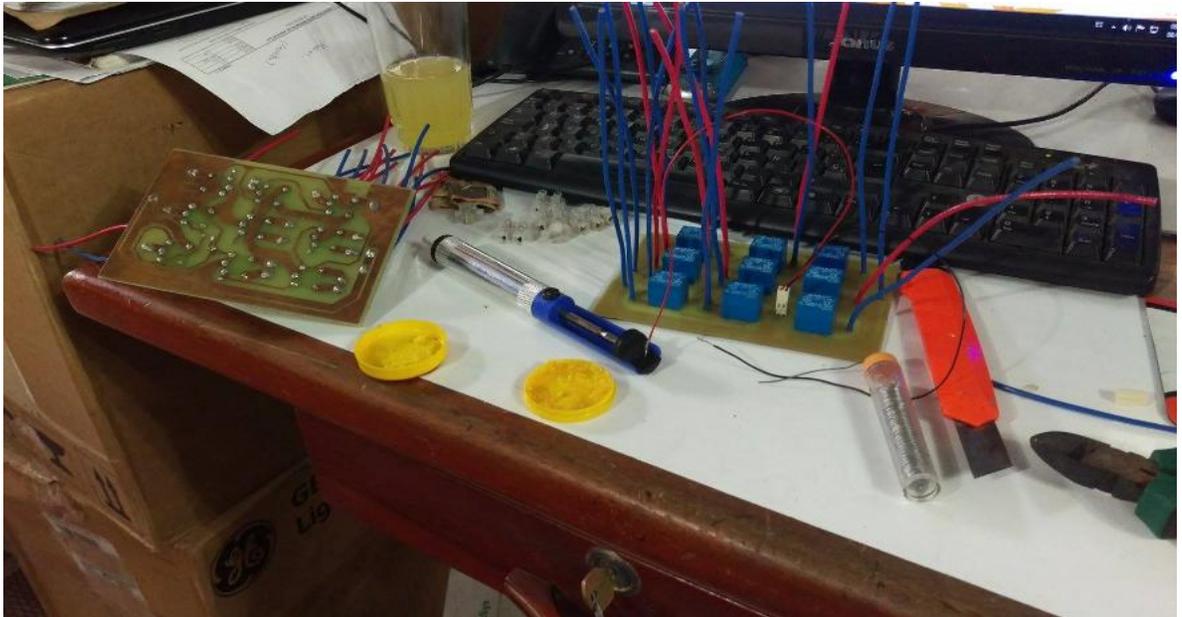
Construcción de las placas de actuadores.



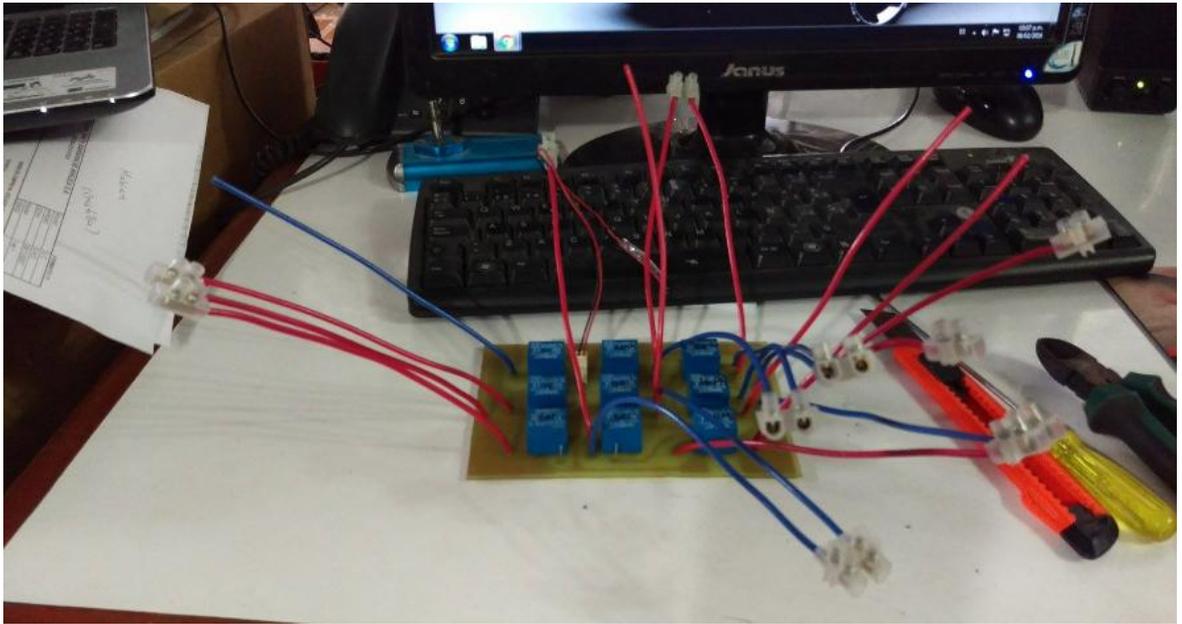
(a)

(b)

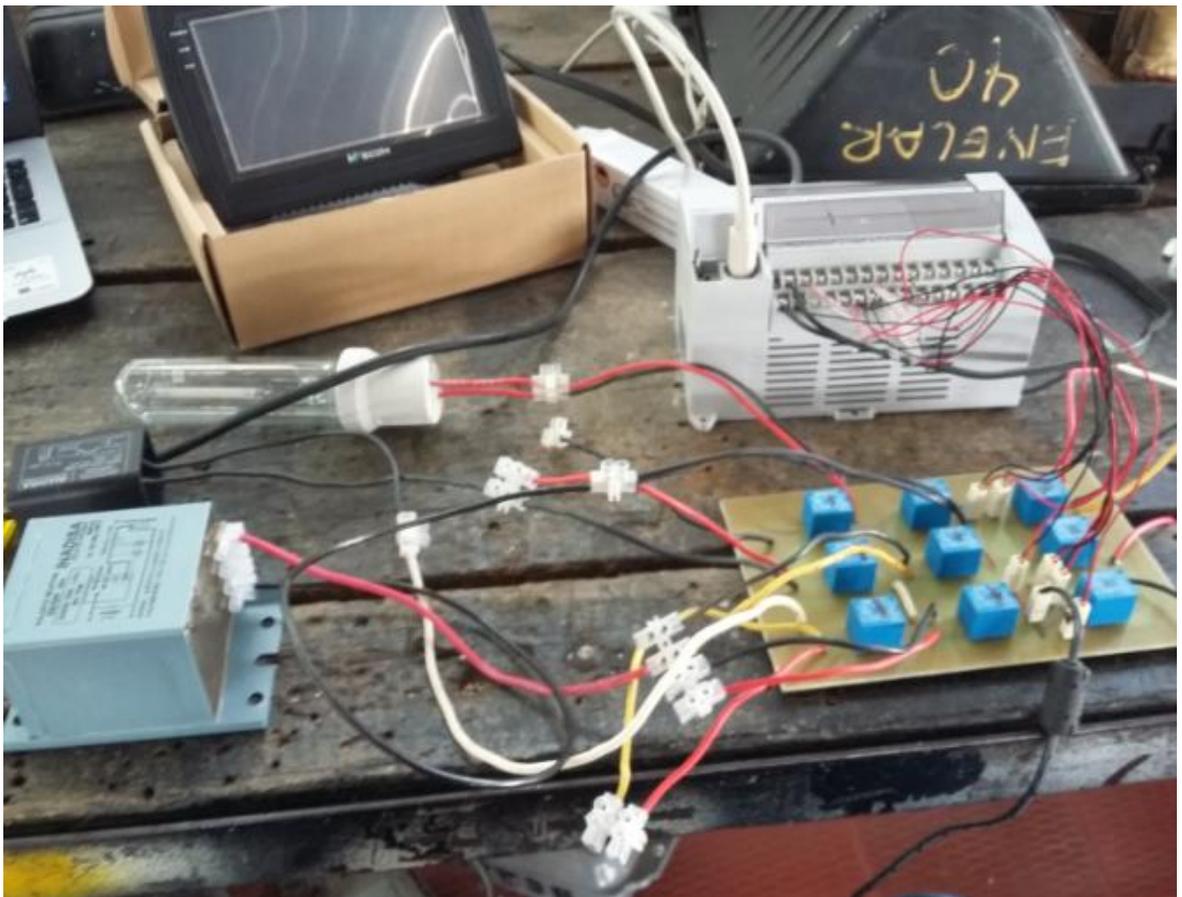
**Figura 33:** a) y b) Impresión de la PCB en baquela [Fuente. El autor].



**Figura 34:** Fijación de los componentes a la baquela [Fuente. El autor].



**Figura 35:** Tarjeta de 70W [Fuente. El autor].



**Figura 36:** Prueba de funcionamiento [Fuente. El autor].

### 3.1.2 Placa de circuito para voltiamperímetro digital en AC.

Se hace necesario la elaboración de una placa de circuito impreso para controlar la conexión y desconexión del instrumento de medida, ya que este es autoalimentado, por esta razón es necesario aislarlo mientras pasa el impulso generado por el arrancador ya que este compartiría la alimentación de la luminaria y no permite iniciar la descarga eléctrica en las bombillas necesario para encender las bombillas de sodio de alta presión y halogenuros metálicos.

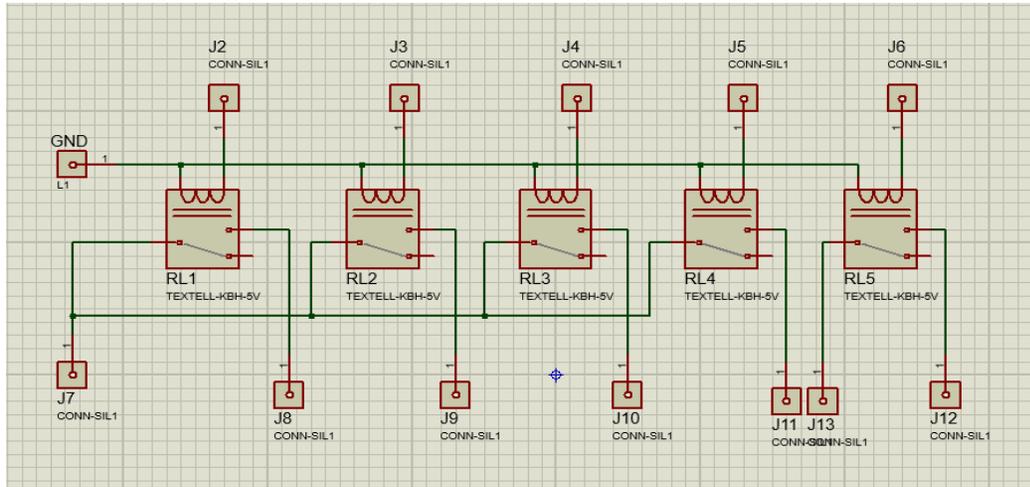


Figura 37: Circuito de control para el voltiamperímetro digital [Fuente. El autor].

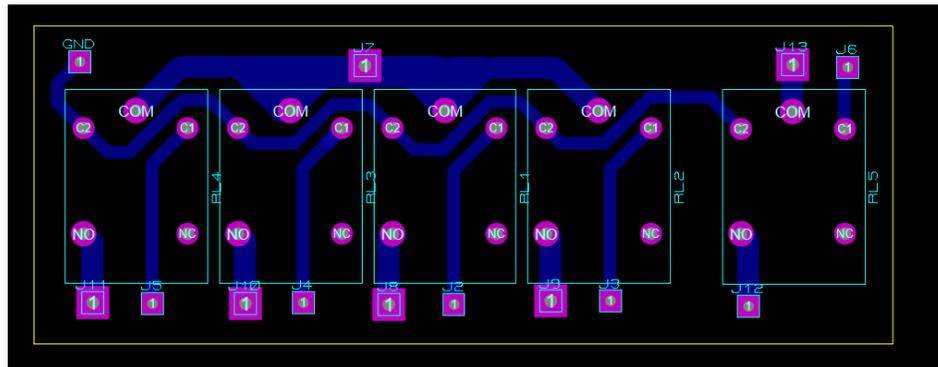


Figura 38: PCB placa de control para el voltiamperímetro digital [Fuente. El autor].

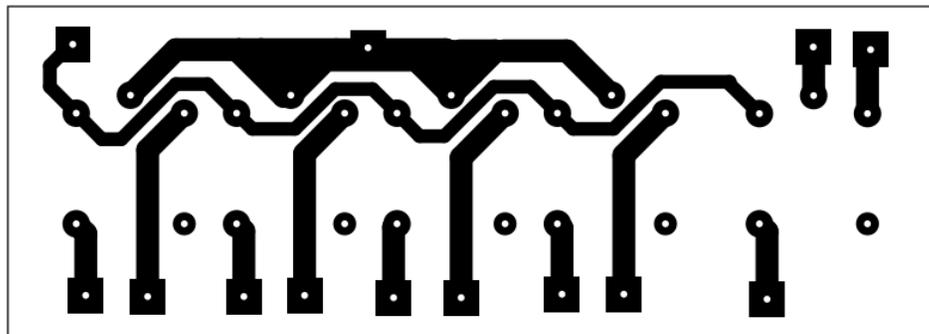


Figura 39: PCB voltiamperímetro [Fuente. El autor].

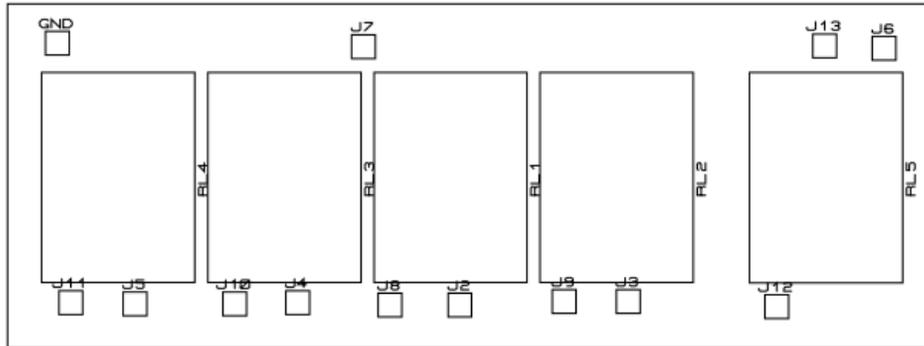


Figura 40: Mascara de componentes para control del voltiamperímetro [Fuente. El autor].

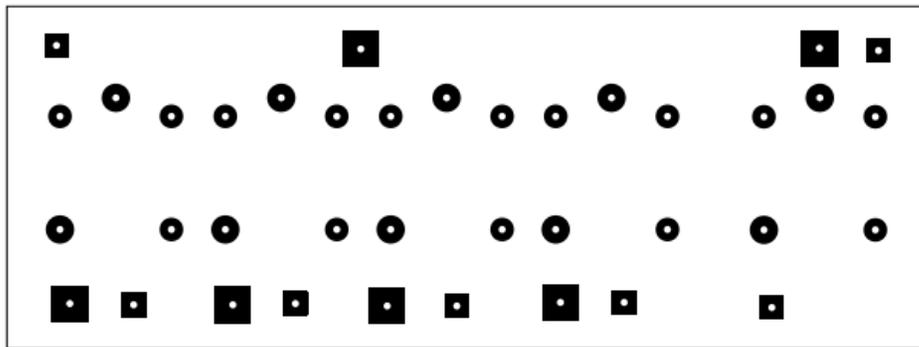


Figura 41: Mascara antisolder control voltiamperímetro [Fuente. El autor].

Diseñados los circuitos necesarios para la construcción de nuestro banco de pruebas podemos establecer una relación costo beneficio para verificar la viabilidad del proyecto y proceder a su construcción en caso de ser viable.

### 3.1.3 Listado de materiales.

A continuación se hace la relación de los materiales necesarios para la construcción del banco de pruebas y las cantidades.

Elemento	Referencia	Cantidad
PLC	Wecon Lx3v	1
HMI	Levi 777A	1
Voltímetro digital	Ac 0v~300v, 0.1 A~100 A	2
Balasto reactor	70W	1
	150W	1
	250W	1
	400W	1

<b>Arrancador</b>	IGPA 70	1
	IGPA 150-400	3
	IGSU 70	1
	IGSU 150-400	3
<b>Capacitor</b>	10uF	1
	20uF	1
	30uF	1
	45uF	1
<b>Bombillo</b>	70W	1
	150W	1
	250W	1
	400W	1
<b>Socket</b>	E-27	1
	E-40	3
<b>Base para fotocontrol</b>	N/A	1
<b>Fotocontrol</b>	N/A	1
<b>Breaker totalizador</b>	Schneider electric C-16	1
<b>Luz piloto</b>	LED	1
<b>Bornera</b>	5mm	8
<b>Conector Mol 2 pin</b>	1mm	16
<b>Conector Mol 2 pin</b>	0.5mm	4
<b>Conector Mol 1 pin</b>	0.5mm	4
<b>Relé electromecánico</b>	SRD-12VDC-SL-C	41
<b>Baquelita</b>	20x20	2
<b>Acido</b>	N/A	6
<b>Mesa en madera</b>	N/A	1

Tabla 8: Listado de materiales [Fuente: El autor].

Al haber culminado el proceso de construcción de las tarjetas de actuadores, se procede a la codificación para el controlador lógico programable y la interfaz HMI.

### 3.1.4 variables del sistema.

Este banco ha sido diseñado para realizar diagnósticos en luminarias de vapor sodio de alta presión y lámparas a base halogenuro metálico (MH), este tipo de luminarias en particular constan de 4 componentes básicos para su funcionamiento, los cuales se tomarán como las variables de entrada. Con la creación de un control para la conmutación de cada componente.

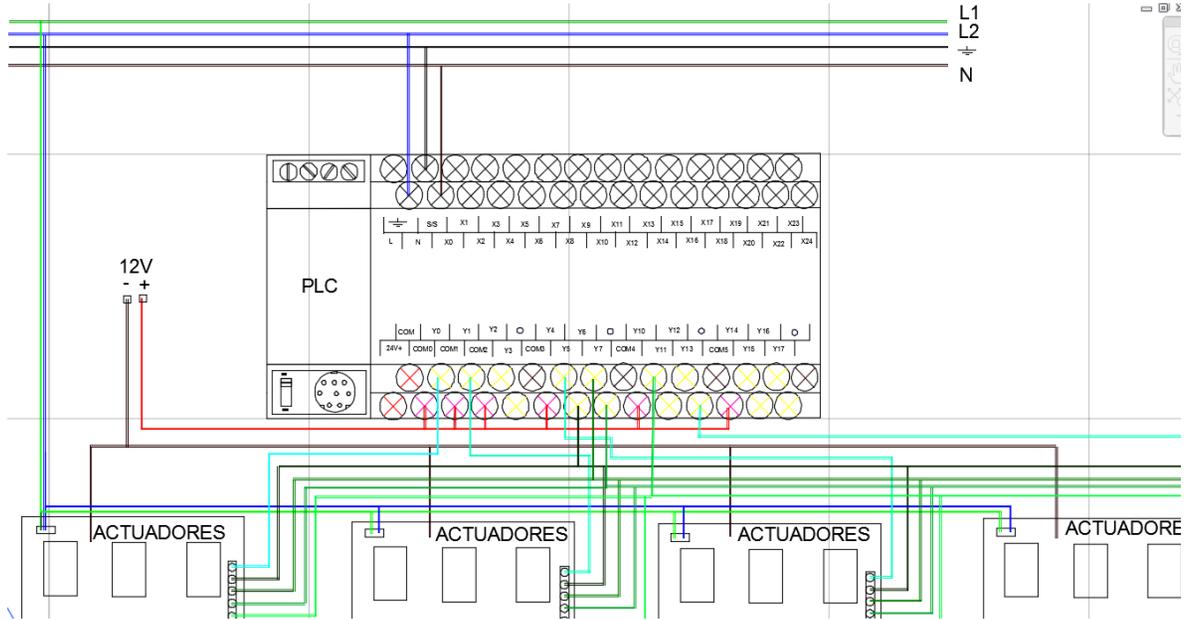
- Balasto reactor
- Arrancador
  - ❖ IGPA
  - ❖ IGSU
- Bombillo
  - ❖ NA
  - ❖ MH
- Fococelda

ENTRADA			VARIABLE
POTENCIA	70W		X0
	150W		X1
	250W		X2
	400W		X3
COMPONENTES	ARRANCADOR	IGPA	X4
		IGSU	X5
	BALASTO		X6
	BOMBILLO		X9
	FOTOCELDA		X10
VOLTIMETRO	70W		X11
	150W		X12
	250W		X13
	400W		X14

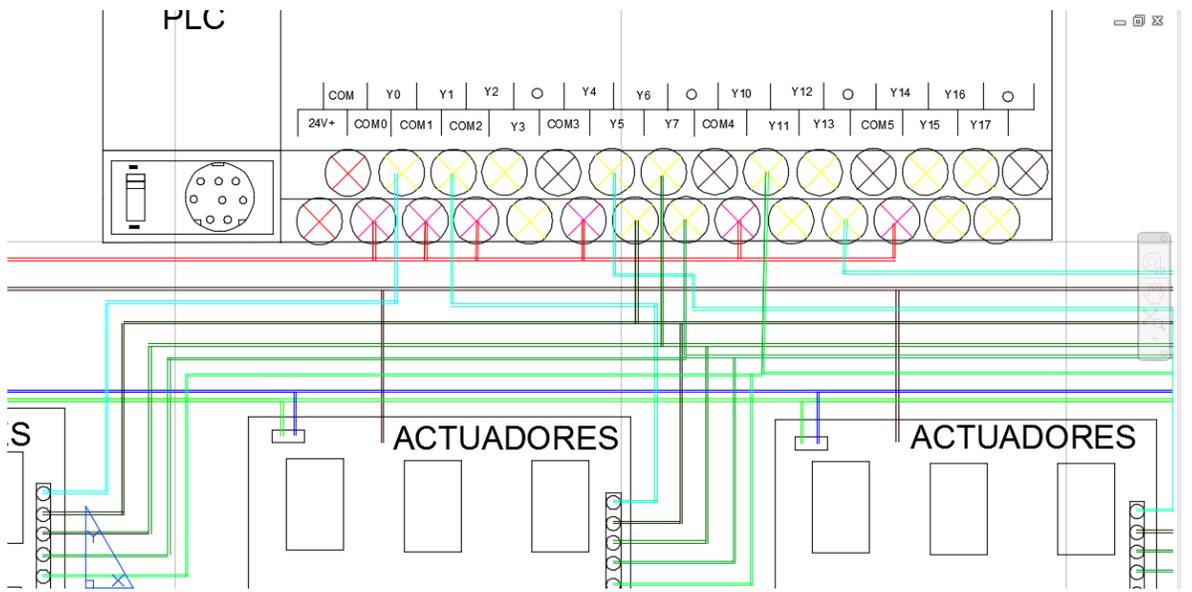
Tabla 9: Asignación de variables de entrada [Fuente. El autor].

VARIABLE			SALIDA
POTENCIA	70W		Y0
	150W		Y1
	250W		Y4
	400W		Y12
COMPONENTES	ARRANCADOR	IGPA	Y7
		IGSU	Y10
	BALASTO		Y5
	FOTOCELDA		Y11
VOLTIMETRO	70W		Y13
	150W		Y14
	250W		Y15
	400W		Y16
SELECTOR			Y6

Tabla 10: asignación de variables de salida [Fuente. El autor].



(a)



(b)

**Figura 42:** Figuras a y b diagrama de conexión del PLC [Fuente. El autor].

Una vez establecidas las variables de entrada, las variables de salida, sus direcciones y su esquema, procedemos a programar la interfaz HMI y el PLC.

### 3.1.5 Programación de la interfaz HMI.

Esta interfaz en particular se programa con el software LeviStudioU, la cual cuenta con los comandos necesarios para la tarea que queremos realizar. Esta interfaz se realiza de forma muy sencilla importando las imágenes que han sido creadas para cada componente presionando click derecho sobre la función, nos vamos a parts properties, graphics, y una vez allí podemos establecer la apariencia de dicha función. Estas imágenes se pueden insertar en los botones, en la pantalla principal, en una función del dispositivo, etc. Para la realización de este banco de pruebas se crean 11 pantallas, con diferentes propiedades abarcando las diferentes combinaciones de los componentes e incluyendo una pantalla de presentación en el dispositivo.

Los botones de selección se crean con la función Bit switch, estos son programados en modo interruptor y le son asignadas las respectivas direcciones para su posterior vinculación con el dispositivo PLC.

También se incluyen imágenes con los respectivos diagramas de conexión de cada luminaria para uso instructivo, la cual ayuda que el operario no cometa errores a la hora de realizar las conexiones.

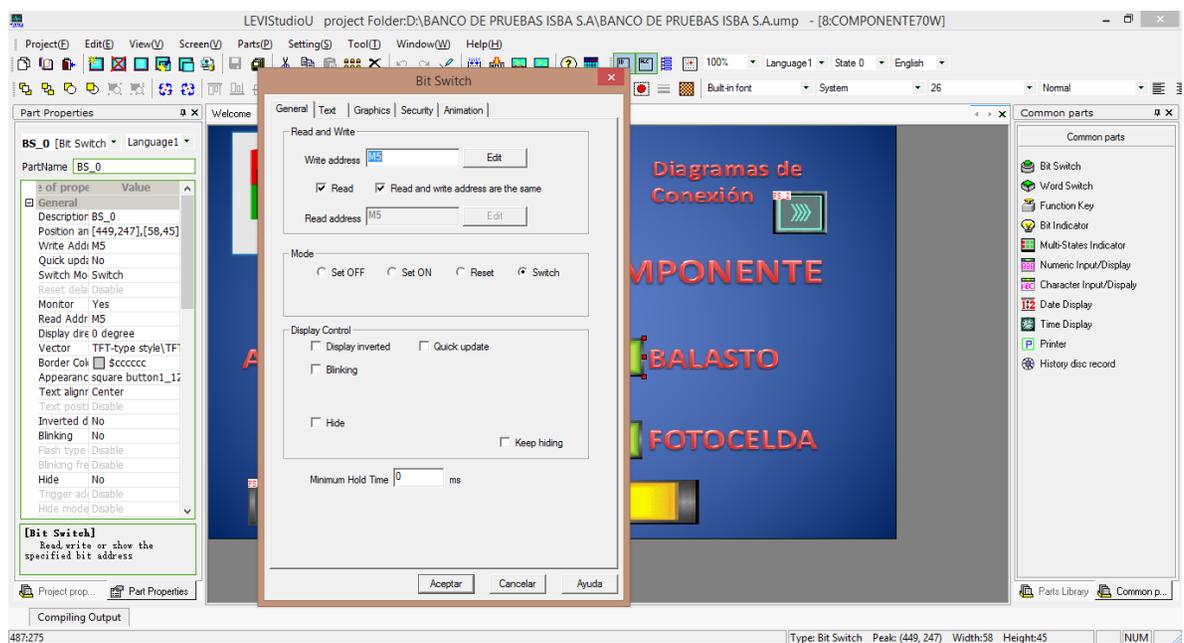


Figura 43: Programación de switches [Fuente. El autor].

Para cambiar de screen utilizamos el Function Key la cual en la casilla screen display se selecciona el cambio de screen que sea necesario realizar.

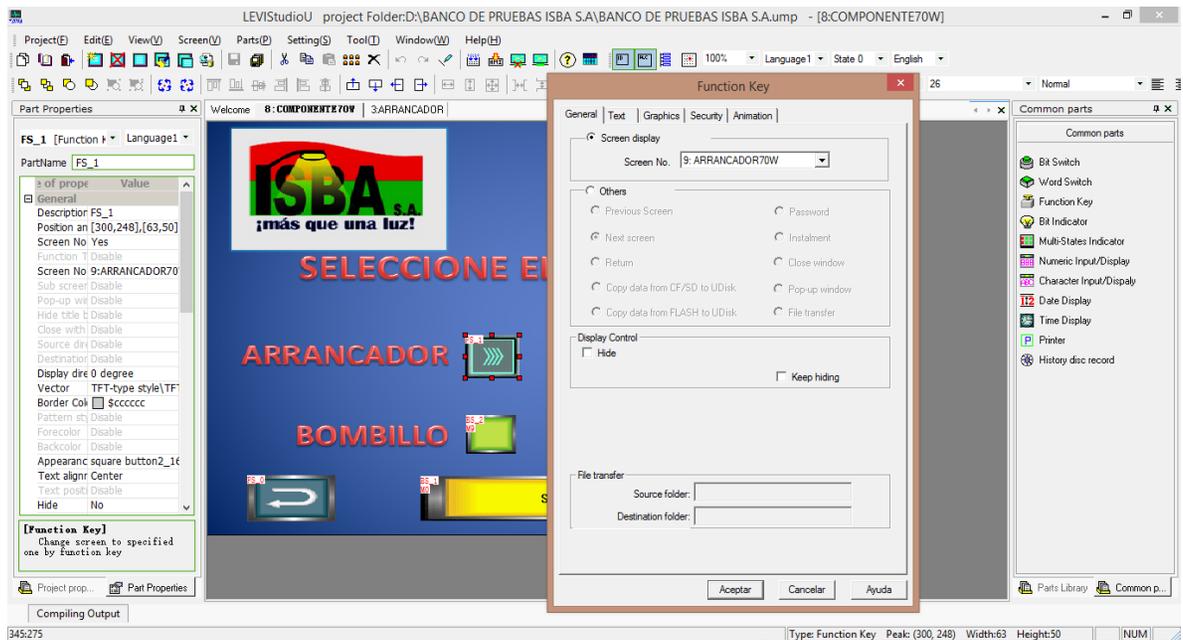


Figura 44: Programación de Function Key [Fuente. El autor].

Sabiendo esto se procede con la creación de todas las screens necesarias para la realización de la interfaz para el banco de pruebas.

Una vez creada la interfaz, podemos ir haciendo pruebas mediante el simulador del software para ir verificando su funcionamiento.



Figura 45: Simulación de la interfaz HMI [Fuente. El autor].

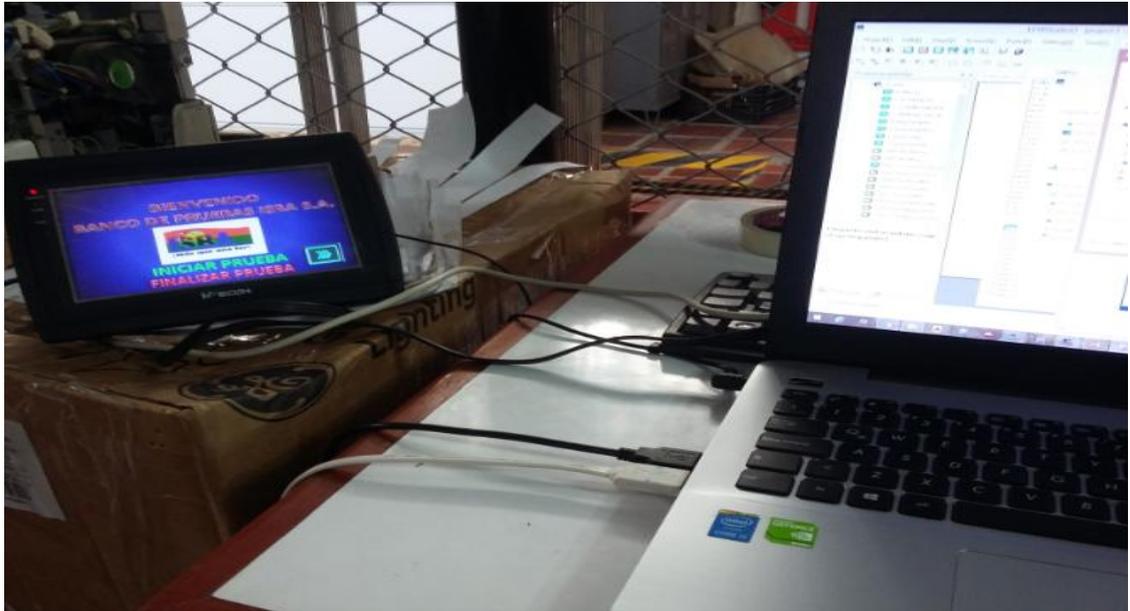


Figura 46: Selección de potencia en interfaz HMI [Fuente. El autor].



Figura 47: Selección de componentes en interfaz HMI [Fuente. El autor].

Una vez finalizada la interfaz, procedemos a programarla en nuestro dispositivo por medio de cable USB.



**Figura 48:** Prueba de funcionamiento [Fuente. El autor].

Para el plc utilizado en particular se utiliza el software Wecon PLC Editor, y su programación se realiza en lenguaje de escalera (LADDER) o en lista de instrucciones. Para este caso se ha realizado en ladder.



**Figura 49:** Prueba de código [Fuente. El autor].

Ahora se procede a diseñar el mueble para montar el banco de pruebas con ayuda del software AutoCAD.

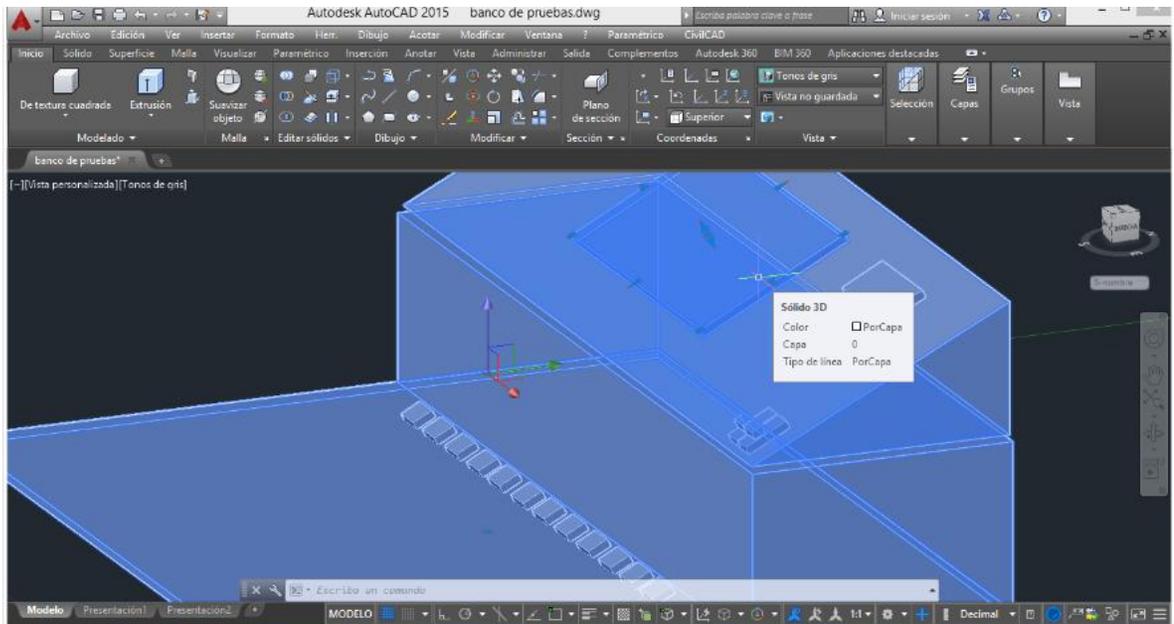


Figura 50: Diseño de banco de pruebas [Fuente. El autor].

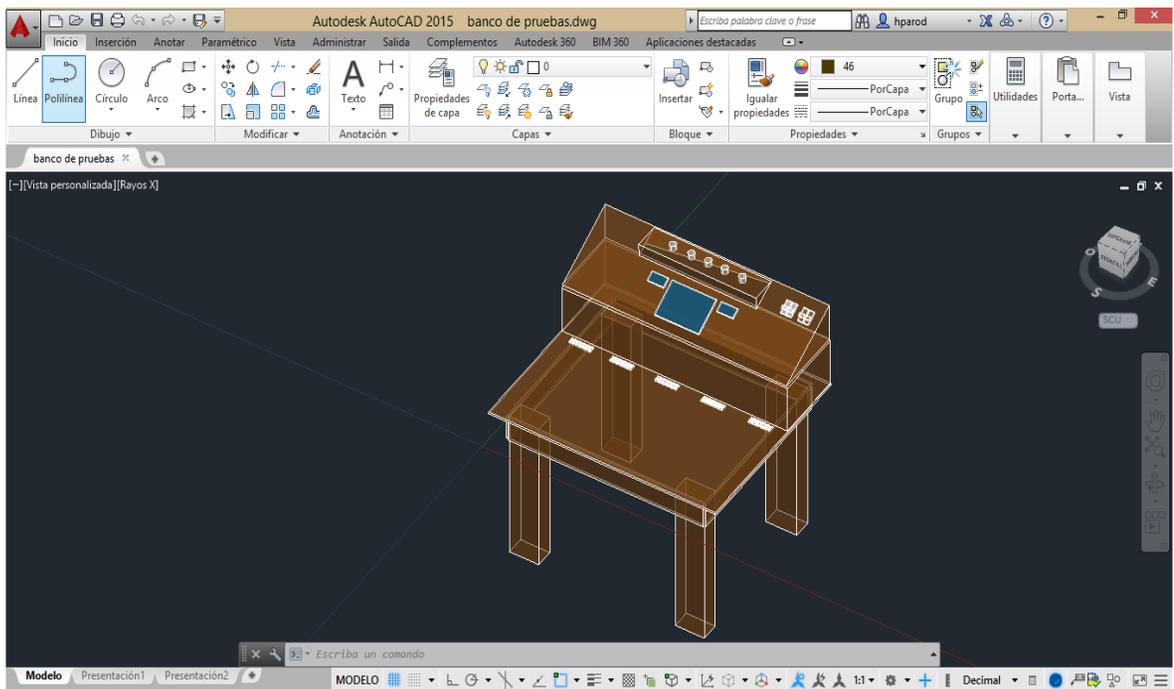


Figura 51: Prototipo de mueble para banco de pruebas [Fuente. El autor].

Ahora procedemos con el proceso de montaje de todos los componentes y ensamblado del banco.



**Figura 52:** Adecuaciones del banco para fijación de componentes [Fuente. El autor].

Este proceso toma varias horas o incluso un par de días, ya que se hace necesario la realización de muchos agujeros a media para que los componentes no queden flojos o sueltos

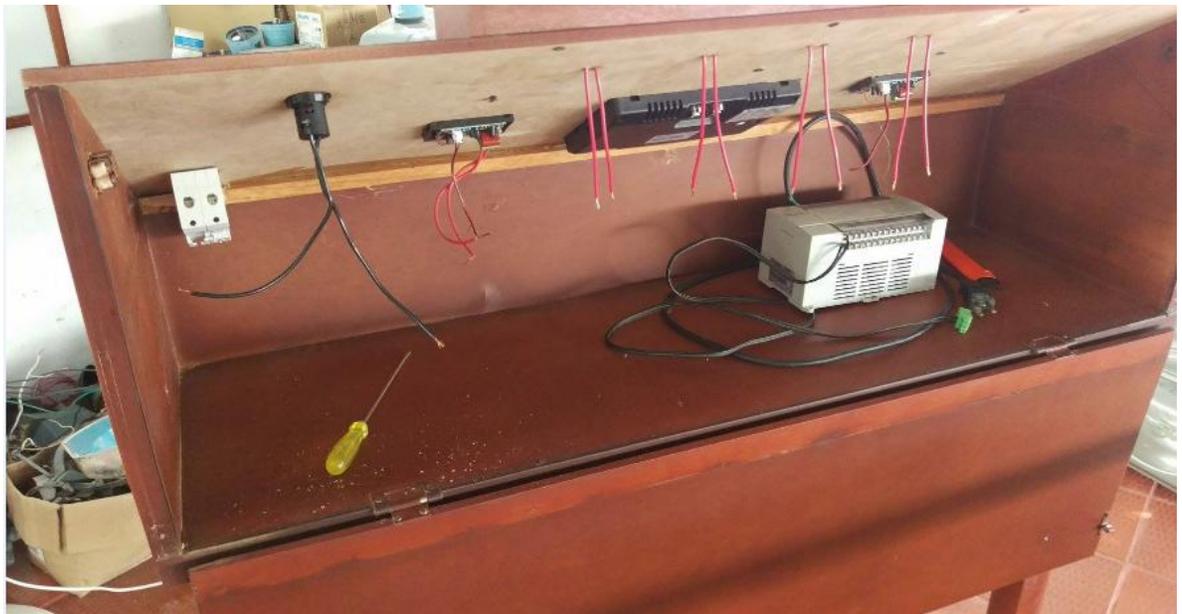


**Figura 53:** Instalacion de componentes superficiales [Fuente. El autor].



**Figura 54:** Componentes superficiales Instalados [Fuente. El autor].

Una vez fijados todos los componentes superficiales se procede a la instalación de las tarjetas de control, el PLC y los demás componentes necesarios en la parte interna del banco de pruebas.

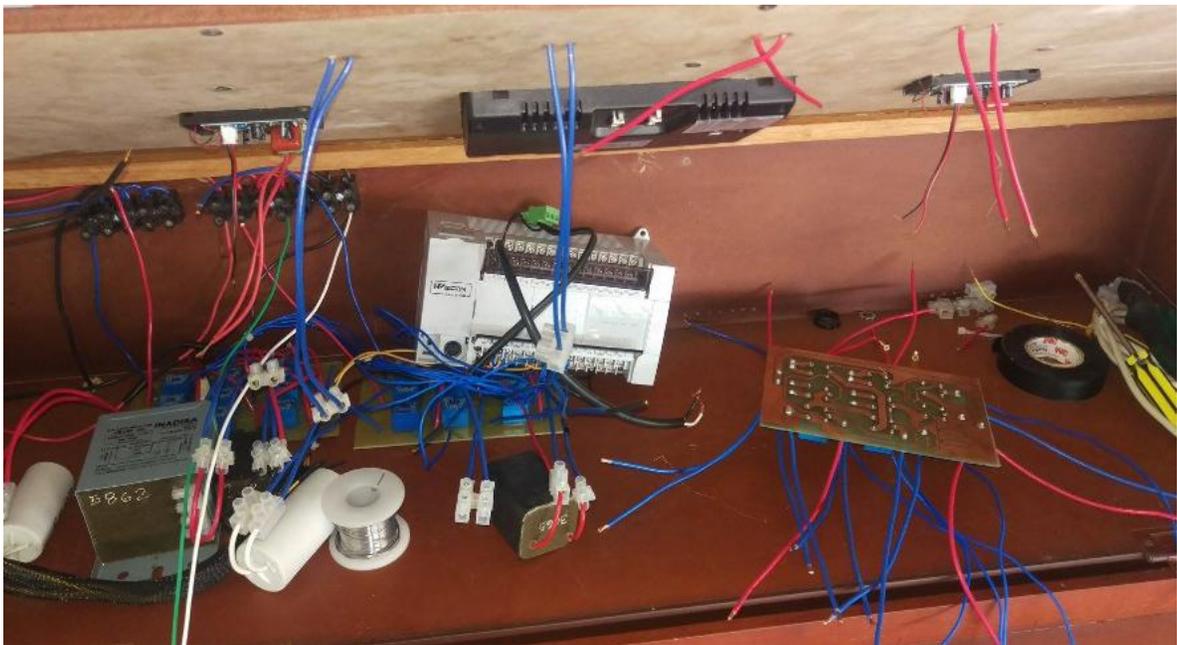


**Figura 55:** Parte posterior banco de pruebas [Fuente. El autor].

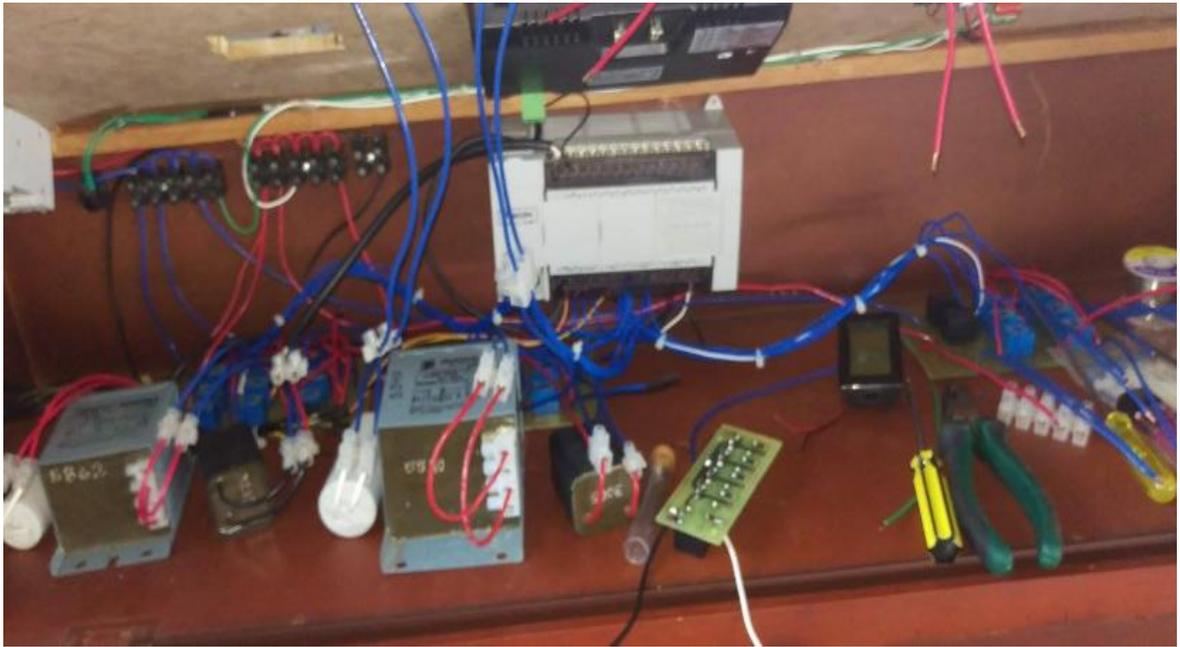
Se utiliza una fuente de poder a 12v para energizar las tarjetas de actuadores, la cual es incorporada al interior del equipo.



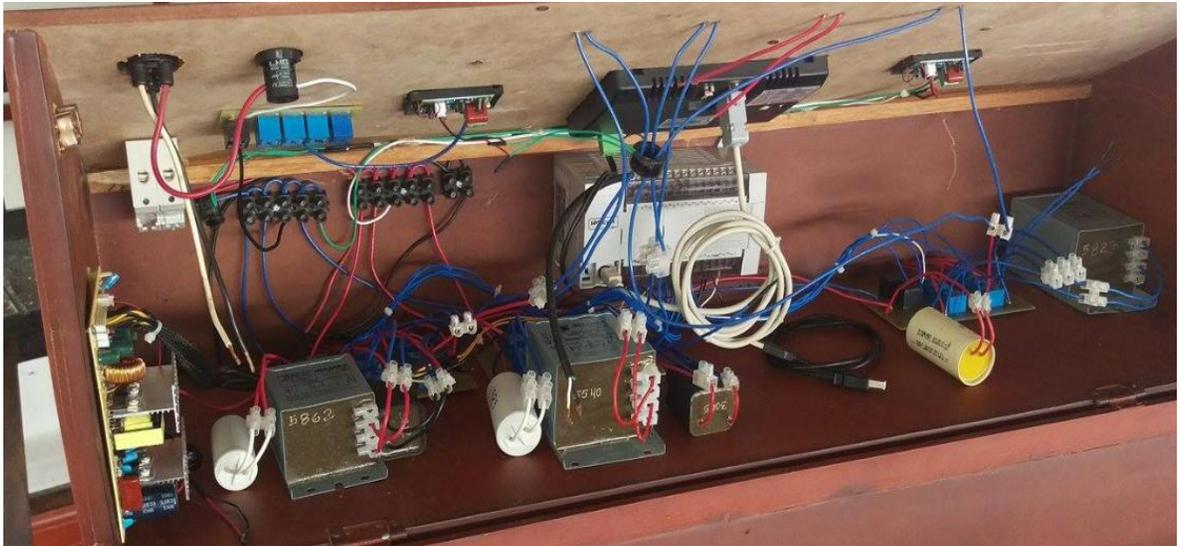
**Figura 56:** Instalación de fuente de poder y kit de 70W [Fuente. El autor].



**Figura 57:** Instalación de PLC y kits de 150W y 250W [Fuente. El autor].



**Figura 58:** Conexión salidas del PLC [Fuente. El autor].



**Figura 59:** Instalación de tarjeta de control del voltiamperímetro [Fuente. El autor].

### 3.2 Análisis y Resultados.

Para la realización de este proyecto, se tuvo una inversión muy cercana a los 2,300,000 COP en materiales, distribuidos de la siguiente manera.

Elemento	Referencia	Cantidad	Costo por unidad	Sub-total
PLC	Wecon Lx3v	1	1,110,000	1110000

<b>HMI</b>	Levi 777A	1	385,000	385000
<b>Voltímetro digital</b>	Ac 0v~300v, 0.1 A~100 A	2	50,000	100000
<b>Balasto reactor</b>	70W	1	14,627	14627
	150W	1	22,320	22320
	250W	1	33,750	33750
	400W	1	33900	33900
<b>Arrancador</b>	IGPA 70	1	5488	5488
	IGPA 150-400	3	9000	27000
	IGSU 70	1	8000	8000
	IGSU 150-400	3	9000	27000
<b>Capacitor</b>	10uF	1	3000	3000
	20uF	1	3000	3000
	30uF	1	3000	3000
	45uF	1	3000	3000
<b>Bombillo</b>	70W	1	13251	13251
	150W	1	16950	16950
	250W	1	19050	19050
	400W	1	44377	44377
<b>Socket</b>	E-27	1	3600	3600
	E-40	3	4350	4350
<b>Base para fotocontrol</b>	N/A	1	3600	3600
<b>Fotocontrol</b>	N/A	1	8550	8550
<b>Breaker totalizador</b>	Schneider electric C-16	1	45000	45000
<b>Luz piloto</b>	LED	1	4000	4000
<b>Bornera</b>	5mm	8	4000	32000
<b>Conector Mol 2 pin</b>	1mm	16	1,000	16,000
<b>Conector Mol 2 pin</b>	0.5mm	4	400	1600
<b>Conector Mol 1 pin</b>	0.5mm	4	300	1200
<b>Relé electromecánico</b>	SRD-12VDC-SL-C	41	1,500	61,500
<b>Baquelita</b>	20x20	2	12,000	24,000
<b>Ácido</b>	N/A	6	1,500	9,000

<b>Mesa en madera</b>	N/A	1	200000	200000
<b>Total</b>				2,287,113

Tabla 11: Relación de costo [Fuente. El autor].

Una vez finalizado todo el proceso de ensamblaje de nuestro equipo, podemos proseguir a realizar pruebas de funcionamiento y así realizar la recuperación de los primeros componentes, tomando una muestra de 40 balastos, 60 arrancadores y 50 bombillos. Equivalentes a un 50% de los materiales desmontados un periodo de un mes.

Luego de realizada la revisión de los componentes comprobando sus propiedades eléctricas, se consigue recuperar 10 balastos, 20 arrancadores y 9 bombillos, tal como se muestra en la siguiente tabla.

COMPONENTES		PROBADOS	RECUPERADOS
<b>BALASTOS</b>	70W	20	6
	150W	10	3
	250W	5	1
	400W	5	0
<b>BOMBILLOS</b>	70W	20	4
	150W	10	2
	250W	10	3
	400W	10	0
<b>ARRANCADORES</b>	IGSU	30	12
	IGPA	30	8
<b>TOTAL</b>		150	39

Tabla 12: Muestra de componentes probados [Fuente. El autor].

COMPONENTES		RECUPERADOS	COSTO X UND	COSTO TOTAL
<b>BALASTOS</b>	70W	6	14,627	87762
	150W	3	22,320	66960
	250W	1	33,750	33750
	400W	0	33900	0
<b>BOMBILLOS</b>	70W	4	13251	53004
	150W	2	16950	33900
	250W	3	19050	57150
	400W	0	44377	0
<b>Arrancador</b>	IGPA 70	8	5488	43904
	IGPA 150-400	0	9000	0
	IGSU 70	0	8000	0

	IGSU 150-400	12	9000	108000
			<b>TOTAL</b>	<b>484430</b>

**Tabla 13:** Costo de los materiales recuperados [Fuente. El autor].

Atendiendo a esto podemos afirmar que el material recuperable está calculado alrededor del 26% del total de los materiales, haciendo que se recupere aproximadamente 1,000,000 COP mensualmente, recuperando la inversión de este proyecto en no más de 3 meses.



**Figura 60:** materiales recuperados en las primeras pruebas [Fuente. El autor].

## 4 Conclusiones.

Para establecer una buena metodología de análisis de fallas y recuperación de componentes, estos deben ser puestos a prueba por periodos de no menos de 3 minutos, debido a que se debe esperar que la bombilla este totalmente abierta, e incluso para realizar varias pruebas con una misma bombilla de MH se debe esperar un largo tiempo, por que debido a la naturaleza de sus componentes no trabaja en caliente.

De acuerdo a lo observado en las pruebas realizadas a los distintos componentes se determina que las luminarias de halogenuros metálicos presentan luz en los espectros de color blanco y azul, mientras que las lámparas de sodio de alta presión presentan un espectro de luz amarillo y rojo.

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión presentan una mayor eficiencia que las lámparas de halogenuros metálicos, ya que estas producen más lúmenes por vatio, debido a que estas no contienen mercurio.

Con la implementación de esta herramienta se logra evitar el desperdicio de materiales, ayudando a la empresa iluminación santa bárbara de arauca a minimizar los costos de mantenimiento en el sistema de alumbrado público mediante la reutilización de los componentes recuperados.

## **5 Recomendaciones y Trabajos Futuros.**

Se recomienda que los componentes revisados con este equipo sean verificados con otros instrumentos como por ejemplo luxómetros, porque el sistema de alumbrado público debe garantizar la cantidad de lúmenes necesarios y evitar el encandilamiento, propiedades que no son medibles con este equipo.

Como recomendación se deja el uso de medidores volt-ampéricos que no sean auto alimentados para evitar que estos consuman parte del impulso generado por los arrancadores.

Como trabajo a futuro se desea entablar una conexión entre el equipo y una base de datos donde se registre la entrada y salida de los componentes encontrados en el inventario mediante protocolos de comunicación serial con los equipos de la empresa para tener un monitoreo en tiempo real del inventario.

Uno de los trabajos que se plantea a futuro es implementar en el banco de pruebas un dispositivo con el cual se pueda obtener información más asertiva sobre la vida útil de los componentes.

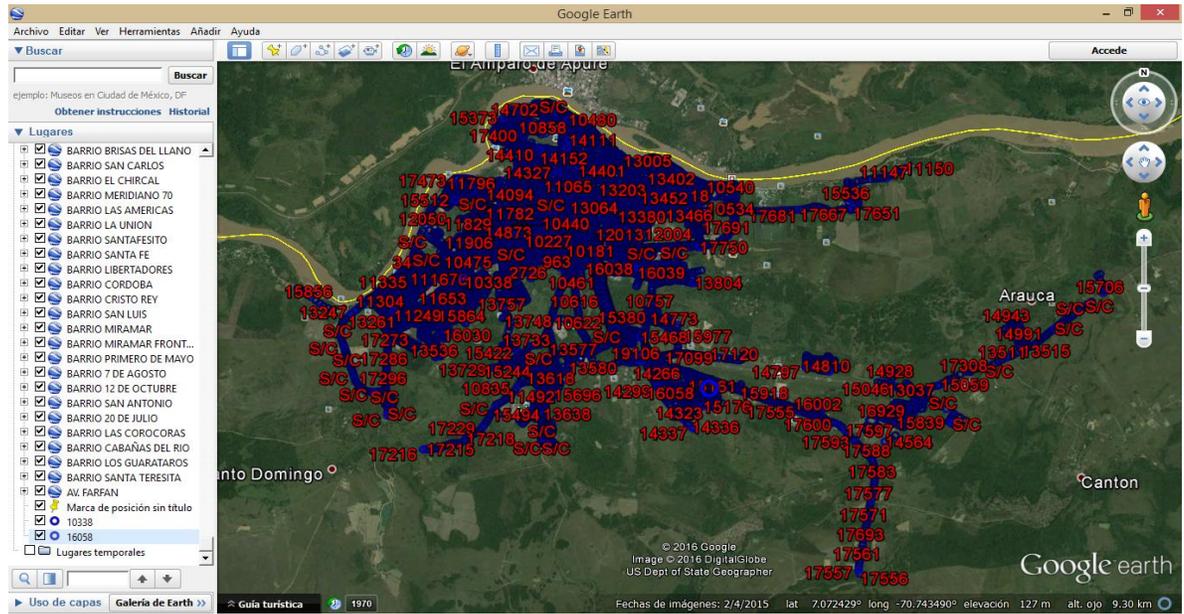
## 6 Referencias Bibliográficas

- [1] Rubén Darío Cárdenas Espinosa, E- basura: las responsabilidades compartidas en la disposición final de los equipos electrónicos en algunos municipios del departamento de caldas, vistos desde la gestión del mantenimiento y los procesos de gestión de calidad. Manizales, 2010, 125p. Candidato a Doctor en Ciencias de Ingeniería Electrónica, Atlantic International University, facultad de ingenierías.
- [2] Luminotecnia, "Lámparas de alumbrado público", guía práctica, {En línea}. {2014} Disponible en :(<http://www.tuveras.com/luminotecnia/lamparasyluminarias.htm>)
- [3] C. eduardo garcía, " Manual de procedimientos correctivos y preventivos de luminarias tipo exterior para bombillas HID de sodio y halogenuros metálicos utilizadas en alumbrado público", Pereira, p 125, 2011.
- [4] inadisa, "Usos de los arrancadores", guía práctica, {En línea}. {2010} Disponible en :([http://www.empresario.com.co/inadisa/pdf/uso\\_de\\_arrancadores.pdf](http://www.empresario.com.co/inadisa/pdf/uso_de_arrancadores.pdf)).
- [5] inadisa, "Usos de los balastos", guía práctica, {En línea}. {2010} Disponible en :([http://www.empresario.com.co/inadisa/pdf/uso\\_de\\_balastos.pdf](http://www.empresario.com.co/inadisa/pdf/uso_de_balastos.pdf)).
- [6] C. No and C. Nc, "Conceptos de PLC," 86p. capitulo 1 "metodo de exploracion del plc", 2012.
- [7] B. Nivel, A. Nivel, P. De Contactos, "Lección 6 Lenguajes de Programación Lección 7 Operaciones Lógicas Lección 8 Lenguaje de Plano de Contactos Lección 9 Temporizadores y Contadores", pp. 1–37, 2005.
- [8] Colección de tesis digitales, "controlador logico programable PLC Capítulo 4", universidad de las americas puebla, {En línea}. {2015} Disponible en :([http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmt/maza\\_c\\_ac/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo4.pdf)).
- [9] R. Dahl-Skog, "Introducción a la Programación controladores lógicos", pp. 1–43, 2012.
- [10] A. F. M. Hincapié, "Diseño y simulación del sistema de automatización y control del proceso de floculación para una planta de tratamiento de agua potable utilizando protocolo de comunicación Canopen," p. 157, 2012.
- [11] L. Karina and D. Bautista, "Plataforma Hardware/Software abierta para aplicaciones industriales de automatización", candidata a maestria en automatización industrial, universidad nacional de colombia, pp-123, 2014 .

- [12] C. Para, "Integración HMI-PLC Integración HMI-PLC." {En línea}. {2013} Disponible en :([http://www.control.sdindustrial.com.mx/imagenes/septiembre13/integracion\\_hmi\\_plc.pdf](http://www.control.sdindustrial.com.mx/imagenes/septiembre13/integracion_hmi_plc.pdf)).
- [13] R. D. Cárdenas, "La invisibilidad de la basura electronica y su incidencia en el medio ambiente," *DELOS Desarro. local Sosten.*, vol. 3, pp. 1–17, 2010.
- [14] "Instructivo para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - raee. 1.," no. 32, 2013.
- [15] GREENPEACE ARGENTINA, "Basura Informática: la otra cara de la tecnología," p. 25, 2011.
- [16] PA. velez, "E-WASTE : LA BASURA DEL SIGLO XXI , E-waste : the waste of the XXI Century , ¿ What to do with it ?," 2010.
- [17] Wecon Technology, Fichas técnicas, {En línea}. {2013} Disponible en :([http://www.we-con.com.cn/en/down/list\\_36\\_1.html](http://www.we-con.com.cn/en/down/list_36_1.html)).
- [18] Prensa CORPOELEC, artículo publicado, {En línea}. {2015} Disponible en :(<http://www.corpoelec.gob.ve/noticias/trabajadores-construyeron-banco-de-pruebas-para-elementos-de-iluminaci%C3%B3n> ).
- [19] Carvajal García Fredy Armando y Portilla Pozo Washington Pablo, "Diseño y montaje de un tablero didactico de lamparas de alumbrado público equipado con sistemas de proteccion y medicion," p. 84, 2010.
- [20] GSMA latin américa, ewaste en Colombia, artículo publicado, {En línea}. {2015} Disponible en :(<http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/02/ewaste-colombia.pdf>).
- [21] Inadisa, catálogo de productos, {En línea}. {2015} Disponible en :(<http://www.inadisa.com/site/productos>).
- [22] inadisa, Ficha técnica arrancador IGPS 70-04, {En línea}. {2015} Disponible en :([http://www.inadisa.com/uploads/archivos/1409672447\\_igpa70.-04-temp.pdf](http://www.inadisa.com/uploads/archivos/1409672447_igpa70.-04-temp.pdf)).

## 7 Anexos

En la empresa iluminación santa bárbara se realizaron una serie de labores como ingeniero electrónico pasante, entre las cuales se destaca la elaboración de un inventario de luminarias en la ciudad de arauca con sus respectivas coordenadas de geo posicionamiento como se muestra en las siguientes imágenes.



En este mapa se hacen las respectivas marcas de posición con los datos de la luminaria (código, potencia, código de sitio, dirección, barrio, etc).

