

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTOMÁTICA PARA EL ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL LABORATORIO LTI-IE-ESFOT

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

ALEXIS DAVID FLORES RIVERA

alexis.flores@epn.edu.ec

JONATHAN ALBERTO SARANGO CARRIÓN

jonathan.sarango01@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. PABLO PROAÑO

pablo.proano@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ROMO, MSC

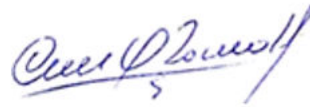
carlos.romo@epn.edu.ec

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los Sres. Flores Rivera Alexis David y Sarango Carrión Jonathan Alberto como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



ING. PABLO PROAÑO, MSC.
DIRECTOR DEL PROYECTO



ING. CARLOS ROMO, MSC
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros Flores Rivera Alexis David con CI: 1751313980 y Sarango Carrión Jonathan Alberto con CI: 110422576-6 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.

Firma:



Alexis David Flores Rivera
C.I: 1751313980
Teléfono: 0958866613 – (02) 2782161
E-mail: alexis.flores@epn.edu.ec



Jonathan Alberto Sarango Carrión
C.I: 110422576-6
Teléfono: 0984712949
E-mail: jonathan.sarango01@epn.edu.ec

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mi familia quienes han sido mis pilares de apoyo en los buenos y malos momentos, quienes supieron aconsejarme a seguir adelante, que a pesar de tener malos días me dieron ánimos y supieron guiarme por el camino del bien para cumplir con mi logro. A mis profesores por los buenos consejos y enseñanzas impartidas en cada clase durante toda mi carrera universitaria, a mis amigos y compañeros que he conocido durante todo este tiempo académico. Finalmente a todos aquellos estudiantes y profesores que se beneficiarán del laboratorio LTI-IE-ESFOT.

Alexis

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padre por apoyarme económicamente tras el esfuerzo realizado a diario en mi época de universidad, ya que con su sacrificio me dio ánimos a continuar adelante día tras día para cumplir este sueño.

A mi madre Charito por su amor y valentía ante su adversidad de su enfermedad supo darme muchos ánimos y consejos de continuar mi carrera universitaria en los peores momentos de mi vida.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que forman la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional por haber guiado a la correcta formación académica, principalmente quiero agradecer al ingeniero Pablo Proaño por haber entregado su confianza y paciencia durante el tiempo compartido en la realización de este proyecto previo a la obtención de mi título como Tecnólogo.

Alexis

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a toda mi familia quienes me han incentivado siempre a seguir adelante y entregar todo mi esfuerzo en el cumplimiento de mis objetivos, que mediante la unidad y apoyo nos han permitido superar las adversidades que se han presentado y me han mostrado el camino correcto a seguir. A todos los docentes que han sido parte de este proceso de formación que han compartido sus conocimientos y cuyo fruto se ve plasmado en este proyecto, a mis compañeros y amigos que han sido claves en el proceso de aprendizaje, y a todos aquellos estudiantes que se beneficiarán de este proyecto y que son la razón de la continua mejora de nuestras instalaciones.

Jonathan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y hermano por todo su apoyo, comprensión y confianza que siempre depositaron en mí de manera incondicional, por alentarme a la autosuperación buscando en todo momento mi bienestar, por todos sus sacrificios durante esta etapa enseñándome el valor del esfuerzo y perseverancia.

A mi hermana y a mi sobrina que han sido pilares fundamentales en toda la etapa de mi formación, siendo un apoyo incondicional, brindándome confidencialidad, han sido una constante motivación para proseguir en este proceso entregándome las fuerzas necesarias día a día para alcanzar este objetivo.

Agradezco a la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional, que siempre ha velado por la correcta formación de todos sus estudiantes, a todos aquellos que conforman la carrera de Electromecánica por aportar con su conocimiento a nuestra formación académica y personal, forjándonos como grandes profesionales, especialmente agradezco al Ingeniero Pablo Proaño director del presente proyecto, quien se ha mantenido pendiente del desarrollo del mismo y nos ha brindado su apoyo y guía.

Jonathan

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	2
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos	3
1.3	Fundamentos.....	3
	UPS	3
2	Metodología	5
2.1	Descripción de la metodología usada	5
2.2	Estudio de requerimientos técnicos del laboratorio.	5
2.3	Implementación de las instalaciones eléctricas.....	5
2.4	Realización del sistema de control automático para la iluminación.	6
3	Resultados y Discusión.....	7
3.1	Requerimientos técnicos del laboratorio LTI-IE-ESFOT.....	7
	Sistema de iluminación anterior	7
	Tipo de luminarias utilizadas.....	7
	Distribución de Luxes.....	10
	Diseño de iluminación.....	10
3.2	Implementación de las instalaciones y Protecciones Eléctricas.	13
	Calibre del cable para la acometida	14
	Dimensionamiento de protecciones	18
	Caída de tensión.....	20
	Diagrama Unifilar	21
	Ubicación y dimensionamiento del Tablero de Control.....	22
3.3	Sistema de control automático para la iluminación.....	23
	Algoritmo de Control	23
3.4	Dimensionamiento de UPS	23
	Criterios para dimensionamiento.....	25
3.5	Pruebas y Análisis de Resultados	26
	Prueba 1: Pérdida de voltaje.....	26
	Prueba 2: Luxes entregados en un área determinada.....	27
	Prueba 3: Prueba de funcionamiento de elementos.....	29
	Prueba 4: Tiempo de respaldo del UPS	30
3.6	Manual de Uso y Mantenimiento.....	30
4	Conclusiones y Recomendaciones	32
4.1	Conclusiones	32
4.2	Recomendaciones	33

5	Referencias Bibliográficas.....	35
	ANEXOS.....	36
	Anexo 1 Certificado de Funcionamiento.....	i
	Anexo 2 Especificaciones técnicas del UPS	ii
	Anexo 3 Código del proyecto	iii
	Anexo 4 Diagrama de flujo	iv
	Anexo 5 UPS utilizado	vii
	Anexo 6 Costo total de proyecto	viii

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Características físicas UPS	3
Figura 3.1 Primera luminaria dispuesta por el software Dialux	8
Figura 3.2 Segunda luminaria dispuesta por el software Dialux	8
Figura 3.3 Características lámpara led de 24 (W)	9
Figura 3.4 Lámpara Led 24 (W)	9
Figura 3.5 Lámpara Led 32 (W)	10
Figura 3.6 Distribución de los luxes obtenidos en el diseño.....	10
Figura 3.7 Ubicación de Luminarias	11
Figura 3.8 Plano 2D de la distribución de Luminarias.....	11
Figura 3.9 Plano de situación de luminarias dentro del espacio designado.	12
Figura 3.10 Sistema de cable y carga	14
Figura 3.11 Diagrama Unifilar.....	22
Figura 3.12 UPS utilizado	25
Figura 3.13 Datos obtenidos en el Luxómetro	27
Figura 3.14 Distribución de luxes por área designada	29
Figura 3.15 QR Manual de Uso y Mantenimiento	31
Figura 5.1 Diagrama de flujo modo <i>Standby</i>	iv
Figura 5.2 Diagrama de flujo modo Trabajo	v

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Características de la Lámpara Led	9
Tabla 3.2 Localización de las luminarias de la Figura 3.2	12
Tabla 3.3 Localización de las luminarias de la Figura 3.1	13
Tabla 3.4 Tabla de calibres de Cables	15
Tabla 3.5 Colores de cables recomendados	18
Tabla 3.6 Valores de corriente de Interruptores	19
Tabla 3.7 Voltajes medidos.....	20
Tabla 3.8 Valores obtenidos en los elementos.....	21
Tabla 3.9 UPS similares	24
Tabla 3.10 Valores de voltaje obtenido en la prueba	26
Tabla 3.11 Valores de pérdida de voltaje.....	27
Tabla 3.12 Luxes entregados por cada metro cuadrado	28
Tabla 3.13 Color asignado por rango.....	28
Tabla 3.14 Pruebas de funcionamiento	30

RESUMEN

El presente proyecto muestra el manejo de un sistema de iluminación en un horario determinado gracias al contactor conectado a la salida del controlador LOGO Siemens, el mismo que comanda dos circuitos independientes y una salida para cada circuito y por programación activa y desactiva el mismo sistema, además, cuenta con un accionamiento manual. Mediante los niveles de iluminación de cada circuito se suministra una cierta cantidad de iluminancia de 500 a 1000 luxes por cada uno de ellos, así también para el cumplimiento de prácticas con una iluminación uniforme de acuerdo con la norma NEC_SB_IE la cual garantiza no tener molestias o afecciones visuales. La finalidad del proyecto es apoyar en el proceso de formación de estudiantes y profesores de las carreras de Electromecánica, Electrónica y Telecomunicaciones.

El capítulo uno contiene la introducción acerca del proyecto de titulación, finalmente en los objetivos se detallan las metas que se requieren alcanzar.

El capítulo dos describe la metodología utilizada para la ejecución del proyecto; también se realiza un breve análisis de la iluminancia disponible para proveer la cantidad adecuada de la misma. Por otra parte se muestra el desarrollo realizado durante el proyecto, la creación y por último los cálculos de los elementos utilizados para el laboratorio.

El capítulo tres describe los resultados y discusiones obtenidos así como también las pruebas de funcionamiento y de comunicación realizadas.

El capítulo cuatro muestra las conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir de la implementación y el funcionamiento del sistema de iluminación automático realizado en el Laboratorio LTI-IE-ESFOT.

ABSTRACT

This project shows the management of a lighting system at a specific time thanks to the contactor connected to the output of the LOGO Siemens controller, the same one that commands two independent circuits and one output for each circuit and by programming activates and deactivates the same system in addition, it has a manual override. By means of the lighting levels of each circuit, a certain amount of illuminance of 500 to 1000 lux is supplied for each one of them, as well as for the fulfillment of practices with a uniform illumination in accordance with the NEC_SB_IE standard, which guarantees not to have visual discomfort or affections. The purpose of the project is to support the training process for students and teachers in Electromechanics, Electronics and Telecommunications careers.

Chapter one contains the introduction about the degree project, finally in the objectives the goals to be achieved are detailed.

Chapter two describes the methodology used for the execution of the project; a brief analysis of the available illuminance is also performed to provide the appropriate amount of it. On the other hand, the development carried out during the project, the creation and finally the calculations of the elements used for the laboratory is shown.

Chapter three describes the results and discussions obtained as well as the performance and communication tests performed.

Chapter four shows the conclusions and recommendations obtained from the implementation and operation of the automatic lighting system carried out in the LTI-IE-ESFOT Laboratory.

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación responde a la escasa iluminancia que se evidenció en el laboratorio, la cual no cumplía con los estándares de luminosidad según la norma NEC_SB_IE en la cual se muestra que se debe proveer de 500 – 1000 (luxes) en un laboratorio. El proyecto dispone de 2 circuitos diferentes de luminarias ubicados en el aula 33, el modo *STANDBY* se orienta a actividades como mantenimiento o no relacionadas con el Laboratorio y el otro modo de TRABAJO se enfoca al uso de las instalaciones y módulos del laboratorio con un fin educativo.

Se dispone de un pulsador de color verde para activar las luminarias de manera independiente; un primer pulso activa el modo *Standby* y un segundo pulso activa el modo de Trabajo. Además, se dispone de otro pulsador rojo para desactivar las luminarias; un primer pulso apagará el modo *Standby* o el modo de Trabajo si cualquiera de estos modos se encontrara encendido, por último un segundo pulso apagará el modo de *Standby*.

Se dispone de una protección principal para todo el sistema así como también 2 protecciones para proteger cada circuito de luminarias. Además, se tiene un controlador módulo lógico programable LOGO, el cual recepta señales de los pulsadores y el sensor, los cuales activan 2 contactores Schneider.

El modo *Standby* dispone de 2 horarios diferentes de activación y desactivación: el primer horario de 6:00 a 9:05 y por último el segundo horario de 16:00 a 21:05 momento en el cual se activa el funcionamiento del sensor de presencia activando el mismo modo.

Como adicional al proyecto se utilizó un (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) UPS el cual respalda al controlador en caso de desabastecimiento eléctrico en la red por aproximadamente 3 horas y un interruptor simple ubicado en la parte delantera comanda las luces delanteras del modo *Standby* para el uso del proyector.

1.1 Objetivo general

Implementar un sistema de iluminación automática para el área de Instalaciones Eléctricas del laboratorio LTI-IE-ESFOT.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio de los requerimientos técnicos de las instalaciones eléctricas del laboratorio.
- Implementar las instalaciones eléctricas.
- Implementar el sistema de control automático para la iluminación.
- Realizar pruebas y análisis de resultados.

1.3 Fundamentos

UPS

El UPS con sus siglas traducidas al español Sistema de Alimentación Ininterrumpida, está diseñado para la protección de varios aparatos electrónicos como es el caso de: consolas de videojuegos, routers, PC, modem, etc. Este equipo protege a los aparatos electrónicos contra la sobre tensión mientras utiliza la red eléctrica para cargar su batería interna la cual brinda un respaldo al mismo aparato electrónico siempre y cuando la red eléctrica no se encuentre disponible. [1]

A continuación, se muestra en la Figura 1.1 el aparato con sus características principales las cuales son:

1. Led indicador.
2. Botón de encendido/apagado.
3. Respaldo para aparatos electrónicos UPS/AVR.
4. Breaker de protección.
5. Supresor de picos y protección contra sobretensiones.
6. Cable de poder con derivación a tierra.

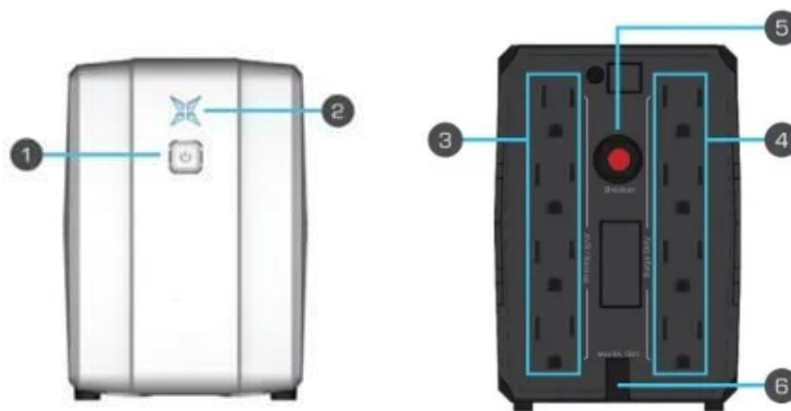


Figura 1.1 Características físicas UPS [1]

Cuenta con controles potentes basados en microprocesadores para una mayor confiabilidad con regulación automática de la tensión, diseñado para proveer años de protección a los equipos de computación y sus periféricos [1]. Existen algunos UPS de diferente capacidad con el fin de cumplir la capacidad requerida al momento que lleva a cabo un trabajo el equipo conectado, en resumen estos aparatos electrónicos disponen de 4 tomas de respaldo y 4 de protección contra sobretensión con la misma capacidad cada uno.

En el anexo 1 se muestra a detalle las características técnicas que posee un UPS, en el mismo se detalla el cumplimiento de su funcionalidad y cada requerimiento que debe poseer para adquirir un UPS.

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

Se construyó un tablero de control en donde se tienen dos circuitos eléctricos con sus respectivas protecciones. El primer circuito de iluminación funciona en modo *Standby* el cual dispone de un temporizador el cual es gobernado mediante un LOGO Siemens, el mismo que solo funciona en un horario establecido en donde proporciona un total de 150 luxes para el tránsito de personas en el laboratorio [2]. El segundo circuito funciona de manera manual, que también es gobernado por el mismo controlador, el cual proporciona un total de 500 a 1000 luxes que estuvieron destinados para la realización de las prácticas en el laboratorio [3], [4].

2.2 Estudio de requerimientos técnicos del laboratorio.

Se realizó un reconocimiento de la funcionalidad de las instalaciones eléctricas anteriores con el fin de verificar el estado y así poder establecer las posibles modificaciones que se puede realizar en la misma.

Se midió la cantidad de flujo luminoso de las luminarias que se ubicaban en este laboratorio.

Se realizó la medición del voltaje disponible para el sistema, en el cual se determinó que es un sistema independiente.

Se consultó las normativas vigentes de instalaciones luminosas para ser utilizadas en el diseño.

Se realizó un análisis de costos entre empresas que suministren material eléctrico y se escogió la mejor opción.

2.3 Implementación de las instalaciones eléctricas.

Se diseñó el sistema de iluminación mediante el software Dialux para la ubicación adecuada de las lámparas en el laboratorio.

Se diseñó un diagrama unifilar de los circuitos, los cuales dispone de un diagrama de control para los dos circuitos.

Se realizó el dimensionamiento adecuado de las protecciones eléctricas, de acuerdo con la carga nominal de cada sistema y del sistema en general.

Se adquirió material eléctrico para la realización de las instalaciones eléctricas de acuerdo con el análisis que se efectuó entre empresas.

Se realizó el cableado eléctrico tanto para el primer circuito en modo de Standby y el segundo circuito en modo de prácticas.

Se reemplazó la acometida actual por una independiente del Laboratorio.

Se ubicó las luminarias adicionales de acuerdo con el estudio realizado en el software DIALUX.

Se dimensionó el tamaño del tablero de control con el propósito de ubicar el LOGO SIEMENS y con sus contactores.

2.4 Realización del sistema de control automático para la iluminación.

Se creó el algoritmo de control mediante el software LOGO Soft comfort para el nuevo sistema de iluminación.

Se cargó el programa a la memoria del controlador del LOGO Siemens, mediante un cable de ethernet.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestra el cumplimiento de los objetivos específicos, así como también los resultados esperados del proyecto y la comparación de cada uno de ellos.

3.1 Requerimientos técnicos del laboratorio LTI-IE-ESFOT.

Se realizó un reconocimiento de la funcionalidad de las instalaciones eléctricas anteriores en el laboratorio, en donde se midió la cantidad de iluminancia de cada una de las luminarias; las cuales no fueron adecuadas para los nuevos requerimientos en el nuevo sistema de iluminación, por lo que se reemplazó ya que no cumplen con la norma NEC_SB_IE para el uso adecuado del laboratorio.

Sistema de iluminación anterior

Antes de implementar el presente proyecto existían 9 lámparas de 18 (W) cada una, las cuales se las encendía con un pulsador de color verde y de igual manera se las apagaba con otro pulsador de color rojo. Estas lámparas se las utilizaba con el fin de iluminar el aula de clases, puesto que el lugar era el aula 33.

A continuación se muestra con detalle el tipo de luminarias utilizadas y el diseño de iluminación para el presente proyecto, también los planos que se utilizó con el fin de distribuir el tipo de luminarias.

Tipo de luminarias utilizadas

Para escoger el tipo de luminarias se realiza el estudio de luxes requeridos para cada mesa de trabajo y el aula en general, de igual manera para las actividades ajenas al laboratorio como es el tránsito de personal del laboratorio; para el modo de trabajo dentro del mismo son requeridos desde 500 a 1000 (luxes) y para el tránsito de personal en modo *Standby* son requeridos desde 300 a 500 luxes conforme se establece en la norma NEC [2].

Los luxes que se requieren son la cantidad de lúmenes que entrega la luminaria por el área requerida: “Entre mayor área, se reduce el número de luxes que entrega la luminaria y viceversa”. A continuación, se muestra en las Figura 3.1 y Figura 3.2. un listado de luminarias que cumplen con lo establecido para utilizar en el proyecto de acuerdo con el software Dialux.

SYLVANIA Insaver HO Topper LED II 205 RO 21W NW

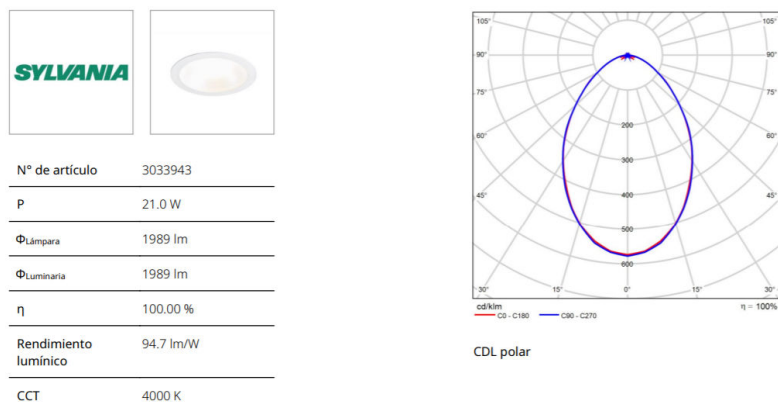


Figura 3.1 Primera luminaria dispuesta por el software Dialux

SYLVANIA RANA LINEAR R 3KLM NW LOUV+PRI D

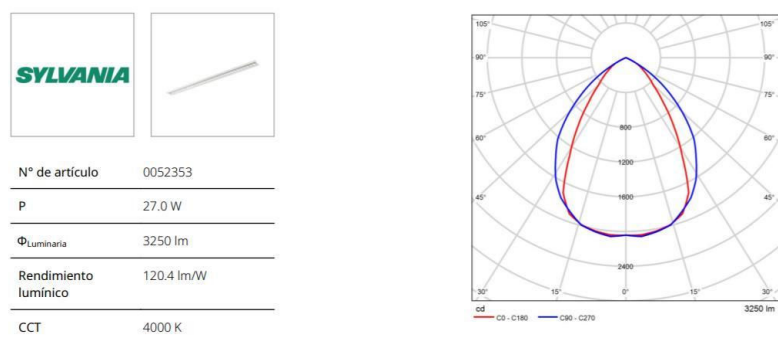


Figura 3.2 Segunda luminaria dispuesta por el software Dialux

Las lámparas dispuestas por el software son difíciles de encontrar por su modelo específico; para la primera luminaria de la Figura 3.1 se la reemplaza por una de 24 (W) que existe en el mercado con características similares, mientras que la segunda luminaria de la Figura 3.2 se la reemplaza por una de 32 (W) con similares características.

Lámpara de 24 (W)

Se utiliza una lámpara tipo LED de 24 (W) empotrable para mayor estética en la visualización y ubicación de las lámparas en el techo del laboratorio, cada lámpara entrega un flujo luminoso de 1680 (lm) la cual dispone de 25000 (Hrs) de vida útil a partir de su funcionamiento. A continuación, en la figura 3.3 se muestra a detalle cada característica que posee esta lámpara y en la figura 3.4 detalla la forma y dimensiones de la misma.

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500 K (DL)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	24 W
Flujo luminoso	1680 lm	Grado de protección IP	IP20	Tensión de operación	100-240 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	120°	Dimensiones (DxH)	∅295x20 mm	Corriente de entrada	0.2 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Incrustar	Factor de potencia	>0.50
Reproducción de color (IRC)	70	Chasis	Aluminio + PC	Distorsión armónica (THD)	
Vida útil	25000 h L70	Óptica	Difusor opalizado	Tipo de driver	Independiente CC
Eficacia	70 lm/W	Temperatura de operación Ta	-20°C ~ +50°C	Atenuable	NO

Figura 3.3 Características lámpara led de 24 (W) [5]

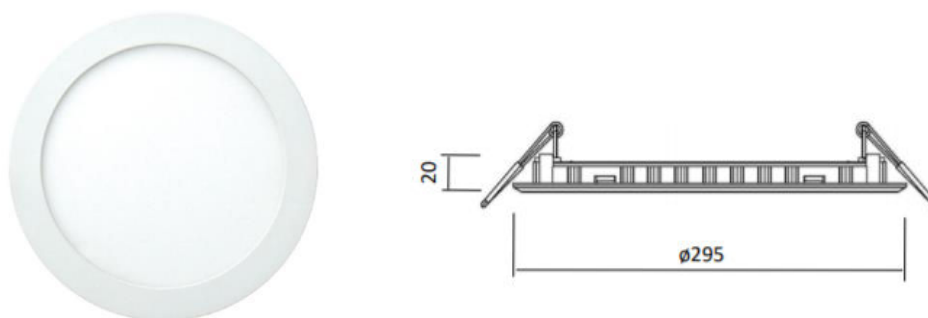


Figura 3.4 Lámpara led 24 (W) [5]

Lámpara de 32 (W)

Se utiliza una lámpara de 32 (W) tipo LED para una iluminación más eficiente y uniforme al momento de distribuir en el laboratorio por lo que entrega un flujo luminoso de 2560 (lm) cada una de las mismas, además dispone de una vida útil de hasta 30000 (Hrs) como se muestra sus características en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Características de la Lámpara Led [5]

Descripción Comercial	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	CCT (K)	Tensión de Línea (V)	Equivalencia FTL	Vida útil
Dustproof led 32 (W) 6000K	32	2560	6000	100-240	2x32W	30000

Su alta luminosidad no genera parpadeos y su encendido es instantáneo, este tipo de luminaria es esencial para evitar el cansancio visual, esta lámpara que se utiliza es de dimensiones (120x10x1.5) cm el cual se muestra en la Figura 3.5.



Figura 3.5 Lámpara Led 32 (W) [5]

Distribución de Luxes

Para la distribución uniforme tanto de las lámparas como de los lúmenes entregados se procede a realizar una simulación del número de luxes distribuidos alrededor del laboratorio según los valores requeridos por la norma NEC [2]; en el mismo se observa que existen zonas en donde la iluminancia no es variable, mediante las curvas ISO se pueden observar los valores teóricos que se estiman conseguir en las zonas de trabajo y en los lugares donde se transita por el laboratorio, los cuales se muestran en la Figura 3.6.

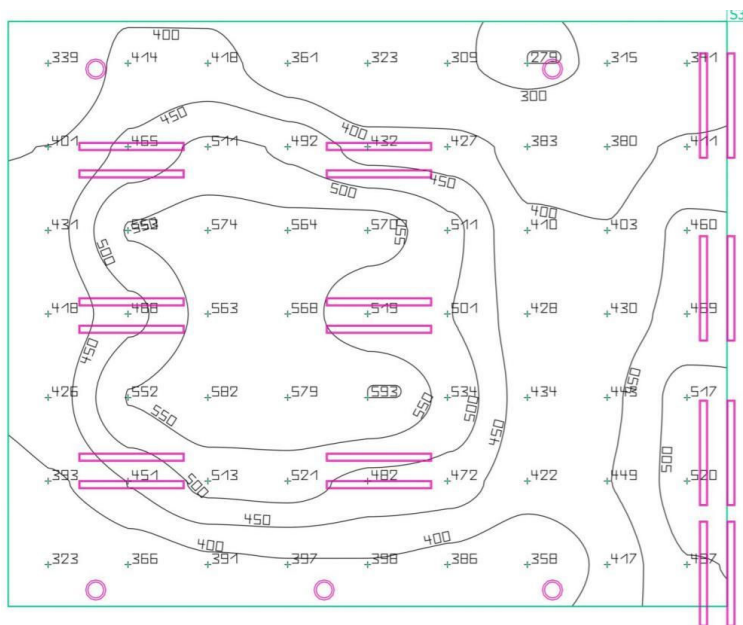


Figura 3.6 Distribución de los luxes obtenidos en el diseño

Diseño de iluminación

Se diseñó el sistema de iluminación mediante el software Dialux para la ubicación adecuada de las lámparas en el laboratorio, con el propósito de determinar la capacidad

que se requiere y el tipo de luminarias que se utiliza; así como se muestra a continuación en la Figura 3.7.



Figura 3.7 Ubicación de Luminarias

Además, se muestra la distribución en 2 dimensiones de las luminarias respecto a las mesas de trabajo en el laboratorio, en la Figura 3.8 cada mesa de trabajo de la zona central se encuentra separadas entre sí por 1.10 (m) cada una, de igual manera su superficie se ubica a una altura de 0.90 (m) desde el piso.

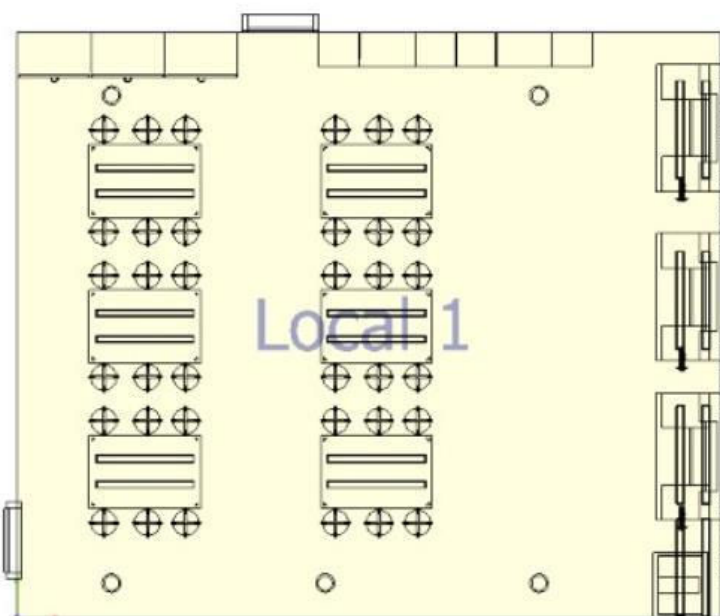


Figura 3.8 Plano 2D de la distribución de Luminarias

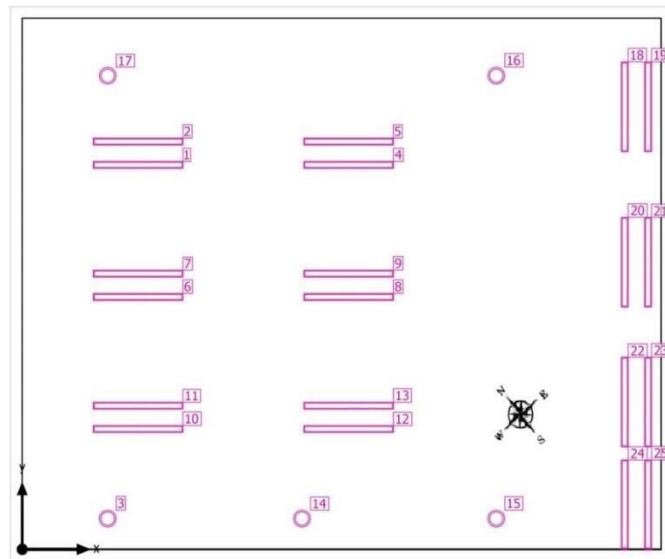


Figura 3.9 Plano de situación de luminarias dentro del espacio designado.

En la Figura 3.9 se muestra la ubicación de las luminarias diseñadas dentro del Laboratorio, descartando el resto de los objetos en el espacio para una mejor apreciación, de igual manera se observa una estrella cardinal que indica la ubicación del laboratorio dentro de la ESFOT, limitando al suroeste con el Laboratorio de Control Industrial, al sureste con el estadio de la EPN, al noroeste con un pasillo, y al noreste con una bodega y con el aula 32.

Tabla 3.2 Localización de las luminarias de la Figura 3.2

X (m)	Y (m)	ALTURA DE MONTAJE (m)	LUMINARIA
1.491	4.952	2.800	1
1.491	5.252	2.800	2
4.200	4.952	2.800	4
4.200	5.252	2.800	5
1.491	3.252	2.800	6
1.491	3.552	2.800	7
4.200	3.253	2.800	8
4.200	3.553	2.800	9
1.491	1.552	2.800	10
1.491	1.852	2.800	11
4.200	1.553	2.800	12
4.200	1.853	2.800	13
7.752	5.700	2.800	18
8.052	5.700	2.800	19
7.752	3.700	2.800	20
8.052	3.700	2.800	21
7.752	1.900	2.800	22
8.052	1.900	2.800	23
7.752	0.577	2.800	24
8.052	0.577	2.800	25

Tabla 3.3 Localización de las luminarias de la Figura 3.1

X (m)	Y (m)	ALTURA DE MONTAJE (m)	LUMINARIA
1.100	0.400	2.800	3
3.600	0.400	2.800	14
6.100	0.400	2.800	15
6.100	6.100	2.800	16
1.100	6.100	2.800	17

En la Figura 3.1 y Figura 3.2 se muestran los lóbulos de radiación de las luminarias y de igual manera en las Tabla 3.2 y Tabla 3.3 se muestra la ubicación de las luminarias por tipo y su locación dentro del espacio con una numeración correspondiente a la Tabla 3.3.

3.2 Implementación de las instalaciones y Protecciones Eléctricas.

Potencia total

En modo *Standby* se dispone de 10 lámparas de 32 (W) cada una y 5 lámparas de 24 (W) cada una, mientras que en modo Trabajo existen 10 lámparas de 32 (W) las cuales se encuentran distribuidas uniformemente en el laboratorio LTI-IE-ESFOT. Adicionalmente en el Laboratorio se dispone de un proyector ubicado en la parte delantera el cual posee una potencia igual a 355 (W).

$$\text{Potencia total} = N \text{ Lámparas} * P_{cu}$$

Ecuación 3.1: Potencia total en función de la potencia individual

Donde:

$N \text{ lámparas}$: Número de lámparas
 P_{cu} : Potencia individual

Usando la ecuación 3.1 se obtiene:

$$P \text{ total Standby} = 440 \text{ (W)}$$

$$P \text{ total Trabajo} = 320 \text{ (W)}$$

En base a los valores calculados usando la Ecuación 3.2, se obtiene la potencia total del sistema:

$$\text{Potencia total} = P_{t_{STANDBY}} + P_{t_{TRABAJO}} + P_{t_{PROYECTOR}}$$

Ecuación 3.2: Potencia total del sistema

Donde:

- Pt Standby : 440 (W) Potencia total del modo *Standby*
- Pt Trabajo : 320 (W) Potencia total del modo de Trabajo
- Pt Proyector : 355 (W) Potencia total del Proyector

Se obtiene:

$$\text{Potencia total} = 1115 \text{ (W)}$$

Calibre del cable para la acometida

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Ecuación 3.3: Potencia en función del voltaje y resistencia

Donde:

- Pt : 1115 (W) Potencia total sistema
- V : 127 (V) Voltaje

Usando la Ecuación 3.3 se obtiene:

$$R_{\text{carga}} = 14.46 \text{ } (\Omega)$$

Se calcula la resistencia mediante el criterio del factor del 1% ya que para voltajes de media tensión se tiene un máximo del 3% para caídas de tensión, como es el caso de las acometidas; así como lo muestra la norma NEC [3], además se calcula el calibre de la acometida el cual se realiza un bosquejo de la resistencia que posee el sistema, como se muestra en la Figura 3.10, como es el siguiente caso:

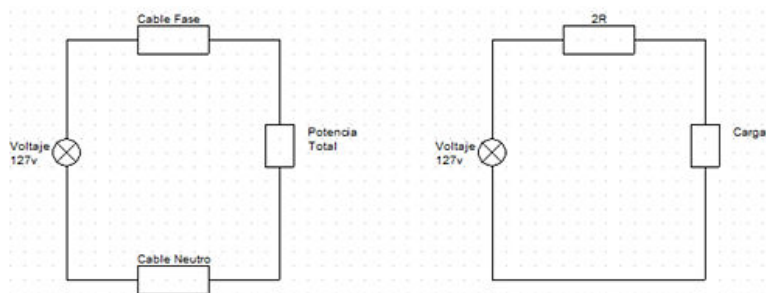


Figura 3.10 Sistema de cable y carga

$$V_{\text{cable}} = f_{ct} \times V_{\text{cable}} = V \times \frac{R_t}{R_t + \text{Carga}}$$

Ecuación 3.4: Divisor de voltaje

Donde:

- f_{ct} : 1% Factor para acometidas
- V_{cable} : 127 (V) Voltaje
- R_t : 2R (Ω) Resistencia total

Carga : 14.46 (Ω) Resistencia de la carga

Usando la ecuación 3.4 se obtiene:

$$R = 0.07 (\Omega)$$

Para el calibre del cable se toma en cuenta los siguientes parámetros para determinar su área que se requiere y de igual manera teniendo en cuenta la caída de voltaje que existe en el mismo, puesto que dispone de una longitud de 16 (m), una resistencia de 0.07 (Ω) y así como una resistividad el conductor de 1.71×10^{-8} (Ωm).

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Ecuación 3.5: Resistencia en función de la resistividad

Donde:

- ρ : 1.71×10^{-8} (Ωm) Resistividad
- l : 16 (m) Longitud
- A : (mm^2) Área o Sección
- R : 0.07 (Ω) Resistencia

Usando la Ecuación 3.5 se obtiene:

$$A = 3.90 (\text{mm}^2)$$

Para una sección de 3.90 (mm^2) se requiere un calibre conductor de 10 AWG ya que este es un calibre superior al obtenido por lo que soportará un amperaje de 30 (A) según la siguiente Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Tabla de calibres de Cables [6]

Calibre Conductor (AWG/MCM)	Sección nominal (mm^2)	Amperaje (A)
14	2.1	20
12	3.3	25
10	5.3	30
8	8.4	40
6	13.3	55
4	21.1	70
2	33.6	95
1/0	53.4	125
2/0	67.4	145
3/0	85.1	165
4/0	107.2	195

Calibre de los circuitos

Usando la Ecuación 3.3 se calcula la resistencia del cable para el circuito de *Standby*.

Donde:

P : 440 (W) Potencia total *Standby*
V : 127 (V) Voltaje

Se obtiene:

$$R = 36.65 (\Omega)$$

Usando la Ecuación anterior 3.3 se calcula la resistencia del cable para el circuito de Trabajo.

Donde:

P : 320 (W) Potencia total Trabajo
V : 127 (V) Voltaje

Se obtiene:

$$R = 50.40 (\Omega)$$

Se procede a calcular las caídas de voltaje según la Ecuación 3.4 en cada uno de los circuitos utilizando el factor de carga del 3% para cargas:

- ***Standby***

Donde:

fct : 3% Factor para cargas
V_{cable} : 127 (V) Voltaje
R_t : 2R (Ω) Resistencia total
Carga : 36.65 (Ω) Resistencia de la carga

Se obtiene:

$$R = 0.561 (\Omega)$$

Al final se calcula el área por medio de la ecuación 3.5.

Donde:

ρ : 1.71×10^{-8} (Ωm) Resistividad
l : 8 (m) Longitud
A : (mm²) Área o Sección
R : 0.561 (Ω) Resistencia

Se obtiene:

$$A = 2.43 \text{ (mm}^2\text{)}$$

- **Trabajo**

Donde:

- f_{ct} : 3% Factor para cargas
- V_{cable} : 127 (V) Voltaje
- R_t : $2R$ (Ω) Resistencia total
- Carga* : 50.40 (Ω) Resistencia de la carga

Se obtiene:

$$R = 0.779 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Al final se calcula el área por medio de la ecuación 3.5.

Donde:

- ρ : 1.71×10^{-8} (Ωm) Resistividad
- l : 10 (m) Longitud
- A : (mm^2) Área o Sección
- R : 0.779 (Ω) Resistencia

Se obtiene:

$$A = 2.1 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Según la Tabla 3.4 se dispone un calibre de 14 AWG para ambos circuitos de igual manera con un amperaje de 20 (A).

De igual manera para el uso de los cables se lo hace respecto a la Tabla 3.5 con el fin de evitar accidentes por error de interpretación de tensión por lo que se utiliza cable de color negro para la Fase, color blanco para el Neutro y por último el color verde para Tierra todo esto para la conexión de 1 hilo o monofásica como es el caso del proyecto.

Tabla 3.5 Colores de cables recomendados [6]

Sistema C.A.	1 Hilo	1 Hilo
Tensión nominal (V)	120	240/120
Conductor activo	1 Fase 2 Hilos	2 Fases 3 Hilos
Fase	Color negro	Color negro
Neutro	Blanco	Blanco
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde
Tierra aislada	Verde o Verde/Amarrillo	Verde o Verde/Amarrillo

Dimensionamiento de protecciones

Para el dimensionamiento se toma en cuenta el voltaje a plena carga que entrega el tablero del proyecto, el cual es de 127 (V). A continuación se detalla el cálculo de la potencia total del sistema el cual permite calcular la corriente total del mismo, así como también las corrientes individuales tanto en modo *Standby* como en modo de trabajo; teniendo en cuenta que para los conductores de alimentación y los circuitos se los dimensiona para soportar una corriente no menor al 125% de su corriente de carga máxima. [7]

Corriente modo *Standby*

$$P_t = V * I$$

Ecuación 3.6: Potencia en base al voltaje y corriente

Donde:

P_t : 440 (W) Potencia total *Standby*
V : 127 (V) Voltaje

Usando la Ecuación 3.6 se obtiene:

$$I_t = 3.46 \text{ (A)}$$

Se utiliza un factor de seguridad para dimensionar las protecciones de acuerdo con el valor de 1.25.

$$I_t = I_t * \text{factor de seguridad}$$

Ecuación 3.7: Corriente en función del factor de seguridad

Se obtiene:

$$I_t = 4.33 \text{ (A)}$$

Se busca en la tabla de interruptores termomagnéticos de la Tabla 3.6 y se obtiene que para una corriente de 4.33 (A) el valor más cercano para este valor es uno de 6 (A).

Tabla 3.6 Valores de corriente de Interruptores [6]

Corriente nominal del dispositivo de protección (A)
2
4
6
10
16
20

Corriente modo de Trabajo

Usando la Ecuación 3.7 se obtiene que:

Pt : 320 (W) potencia total Trabajo
V : 127 (V) voltaje

$$I_t = 2.51 \text{ (A)}$$

Usando la Ecuación 3.7 se obtiene:

$$I_t = 3.13 \text{ (A)}$$

De igual manera se usa la tabla de interruptores termomagnéticos de la Tabla 3.6 y se obtiene que se debe utilizar un interruptor de 4 (A), pero en el país no se encuentran interruptores de 4 (A) por lo que se utiliza uno de 6 (A).

Corriente Proyector

Usando la ecuación 3.6 se obtiene que:

Pt : 355 (W) potencia total Proyector
V : 127 (V) voltaje

$$I_t = 2.79 \text{ (A)}$$

Usando la ecuación 3.7 se obtiene:

$$I_t = 3.48 \text{ (A)}$$

El dispositivo Infocus provee una corriente de $I = 5.3$ (A) según sus datos de fabricante por lo que se usa un interruptor de 6 (A).

Corriente Total

Utilizando la ecuación 3.6 se obtiene que:

$$\begin{aligned} P_t &: 1115 \text{ (W) Potencia total Trabajo} \\ V &: 127 \text{ (V) Voltaje} \end{aligned}$$

$$I_t = 8.77 \text{ (A)}$$

Usando la ecuación 3.7 se obtiene:

$$I_t = 10.96 \text{ (A)}$$

Corriente total teórica

Para la corriente total teórica se realiza la suma de las corrientes individuales calculadas, adicionalmente en el proyecto se incluye un Infocus por lo que la corriente total teórica sería la siguiente:

$$I_t = \sum \text{corrientes calculadas} = I_{STANDBY} + I_{TRABAJO} + I_{PROYECTOR}$$

Ecuación 3.8: Corriente total teórica

Donde:

$$\begin{aligned} I_{standby} &: 4.33 \text{ (A) Corriente teórica Standby} \\ I_{trabajo} &: 3.13 \text{ (A) Corriente teórica Trabajo} \\ I_{proyector} &: 3.48 \text{ (A) Corriente teórica Proyector} \end{aligned}$$

Usando la Ecuación 3.8 se obtiene:

$$I_t = 10.94 \text{ (A)}$$

Teóricamente se obtiene una corriente de 10.94 (A), obtenida de acuerdo con la potencia total del sistema por lo que sería recomendable utilizar un interruptor magnetotérmico de 16 (A).

Caída de tensión

Se calcula la pérdida de voltaje de los elementos mostrados en la Tabla 3.7 en relación con los voltajes medidos con un multímetro Industrial FLUKE 115 True RMS.

Tabla 3.7 Voltajes medidos

ELEMENTOS	MODO TRABAJO ENCENDIDO
Tablero Laboratorio de Control	120.4 (V)
Tablero Iluminación	119.6 (V)
Contactador modo <i>Standby</i>	119.4 (V)
Contactador modo de Trabajo	119.3 (V)
Lámparas modo de <i>Standby</i>	119.3 (V)
Lámparas modo de Trabajo	119.3 (V)

$$e = \frac{2 * L * P}{Y * S * V}$$

Ecuación 3.9: Caída de tensión

$$\%e = \frac{100 * e}{V}$$

Ecuación 3.10: Caída de tensión en %

Donde:

- e : (V) Caída de voltaje
- V : 127 (V) Voltaje
- S : 2.1 (mm²) Sección del conductor
- L : (m) Longitud del conductor
- y : 1.71×10^{-8} (Ω. mm²) Conductividad del conductor
- P : 1115 (W) Potencia total del sistema
- %e : Caída de voltaje en %

Usando la Ecuación 3.9 y la Ecuación 3.10 se obtiene:

Tabla 3.8 Valores obtenidos en los elementos

ELEMENTOS	e (V)	e (%)
Tablero Iluminación	1,005	0,835
Contactador modo <i>Standby</i>	0,051	0,042
Contactador modo Trabajo	0,051	0,042
Lámparas modo <i>Standby</i>	0,941	0,788
Lámparas modo Trabajo	0,961	0,805

Diagrama Unifilar

El diagrama unifilar se lo representa en base al sistema completo como es el caso de los modos de *Standby* y Trabajo con el fin de representar el calibre del cable, en la Figura 3.11 se visualiza el calibre del cable de la acometida de 10 AWG para conservar el voltaje por la distancia transmitida hacia el laboratorio LTI-IE-ESFOT, luego se utiliza un calibre menor de 14 AWG para los 2 circuitos independientes. Como adicional se complementa con un circuito añadido como es el caso del circuito del Proyector para el mismo laboratorio.

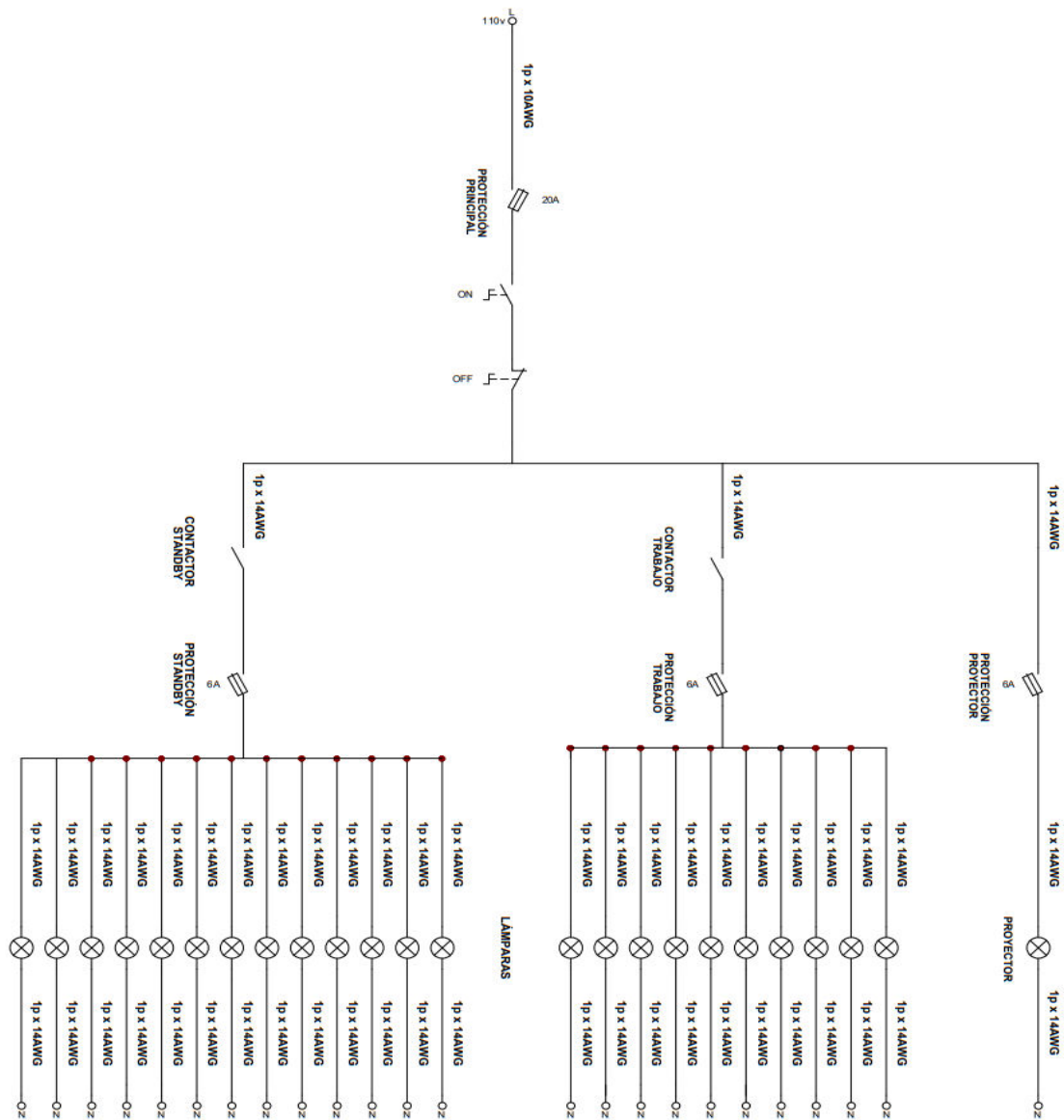


Figura 3.11 Diagrama Unifilar

Ubicación y dimensionamiento del Tablero de Control

El gabinete metálico se encuentra ubicado en la parte posterior del laboratorio junto a los demás gabinetes que se encuentran en el sitio, este se lo dimensiona de acuerdo con el número de elementos que se encuentran en su interior como es el caso de:

- 1 Controlador módulo lógico programable LOGO.
- 2 Contactores Schneider de 127 (V) a 18 (A) cada uno.
- 3 Interruptores magnetotérmicos Schneider de 6 (A) de 1 Polo cada uno.
- 1 Interruptor de 20 (A) Siemens.

- 1 UPS de la marca CDP el cual protege al controlador Logo durante una desconexión eléctrica durante alrededor de 3 horas.

Adicionalmente se ubica 3 luces indicadores las cuales muestra lo siguiente:

- La primera luz naranja indica la energización del gabinete.
- Existe una luz verde al lado izquierdo la cual indica el encendido del modo Standby.
- En el lado derecho se visualiza otra luz verde para el encendido del modo de Trabajo.

3.3 Sistema de control automático para la iluminación.

Algoritmo de Control

Se creó el algoritmo de control mediante el software LOGO Soft comfort para el nuevo sistema de iluminación, el cual gobierna al mismo y realiza toda la acción del encendido y apagado de las luminarias. El lenguaje usado para comandar al controlador es el Diagrama de funciones, los cuales se interconectan entre sí formando un algoritmo el cual comanda toda acción dispuesta para el sistema en general, así como se muestra en el anexo 3.

Para mayor entendimiento y visualización se realiza un diagrama de flujo el cual tiene la finalidad de simplificar el código para comprender su funcionalidad, se lo aprecia en el anexo 4.

3.4 Dimensionamiento de UPS

Antes de dimensionar el UPS se realiza un estudio del porqué se debe utilizar el mismo: el UPS brinda protección ante el desabastecimiento de energía eléctrica en la red, por lo que al controlador Logo se lo protege para que no se desconfigure su horario establecido en este, puesto que de él depende el encendido y apagado automático que posee el sistema de iluminación.

Una vez establecido el criterio de la protección del controlador LOGO se verifica el voltaje y la corriente que se tiene para respaldar al mismo, este opera a una tensión de 127 (V) y a una corriente de 1.8 (A) y posee una potencia de 228 (W).

$$VA = \frac{\text{Watts}}{Fp}$$

Ecuación 3.11: Convertidor de Watts a Voltamperios [8]

Donde:

VA : Voltamperios
 Watts : 228 (W)
 Fp : 0.7 factor de potencia del controlador

Usando la Ecuación 3.11 se obtiene:

$$VA = 325.71 \text{ (W)}$$

De igual manera se utiliza un valor de seguridad del 25% para proteger al equipo, por lo que se utiliza la Ecuación 3.7 y se obtiene lo siguiente: [8]

$$VA = 407.14 \text{ (VA)}$$

Al tener presente que el controlador LOGO tiene un consumo de potencia igual a 228 (W) y una potencia aparente de 407.14 (VA) y teniendo en cuenta que: En el mercado existen varios UPS de valores similares a los datos obtenidos como se lo muestra en la tabla 3.9; se ha investigado el tipo de requerimientos similares a los obtenidos.

Tabla 3.9 UPS similares [1]

MODELO		R-UPR508	R-UPR758	R-UPR1008
Capacidad		500/250 (W)	750/375 (W)	1000/500 (W)
Entrada	Voltaje	120 (VCA)		
	Rango de Voltaje	85 – 145 (VCA)		
	Corriente Máxima	5.6 (A) / 672 (W)	8 (A) / 960 (W)	10 (A) / 1200 (W)
	Frecuencia	50 o 60 (Hz) (Ajuste Automático)		
Salida	Modo de Regulación de Voltaje (CA)	120 (VCA)		
	Frecuencia	50 o 60 (Hz) +/- 1 (Hz)		
	Tipo de Salidas nema 5 – 15R	4 con regulación + 4 con Supresor de picos		
	Breaker	5.6 (A) Máx	8 (A) Máx	10 (A) Máx
Batería	Voltaje	12 (VDC)		
	Tipo	12 (V) / 4.5 (AH)	12 (V) / 7 (AH)	12(V) / 9 (AH)
	Tiempo de Recarga	4 (hrs) a 90% después de completar la recarga		
	Protección	Protección contra Sobrecarga y protección contra Sobre descarga		
	Tiempo de Respaldo	15 Minutos	30 Minutos	40 Minutos
Alarma	Indicador de Modo de Batería	Dos tonos cortos cada 8 segundos		
	Batería Baja	Cuatro tonos cada segundo		
	Sobrecarga	Zumbido continuo		
	Falla	Pitido continuo		
Funciones	Reinicio Automático	Si		
	Silenciar Alarma	Si		
	Indicador de Modo de Carga	Si		
	Protección contra Cortocircuito	Si		
	Supresor de Picos	300 Joules		
Ambiente	Temperatura	0 °C – 40 (°C)		
	Humedad	0 – 95% (sin condensación)		
	Dimensiones	300*95*140 (mm)		

El UPS modelo R-UPR508 de la Figura 3.12 cumple con la potencia real y aparente puesto que este tiene una capacidad de 500 (VA) y una potencia de 250 (W) por lo que cumple para abastecer al controlador módulo lógico programable LOGO.

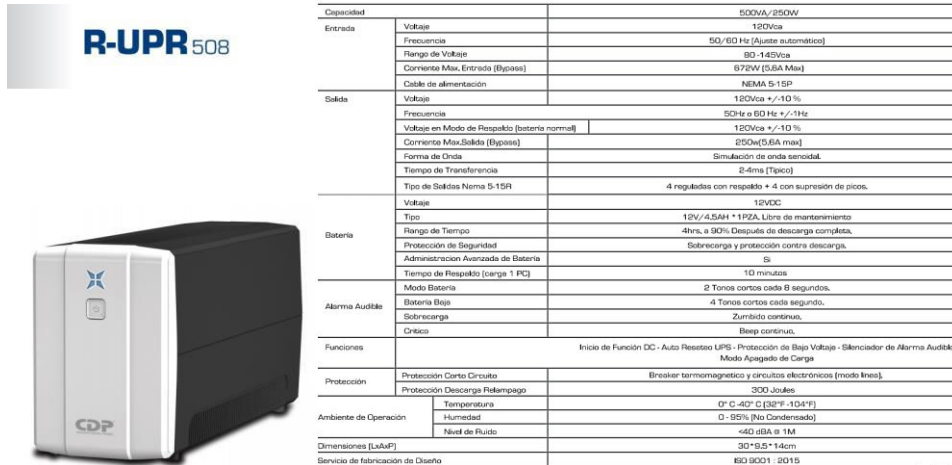


Figura 3.12 UPS utilizado [1]

Para apreciar la Figura 3.12 de mejor manera se lo muestra en el Anexo 5.

Criterios para dimensionamiento

Después de obtener la capacidad del UPS, se estima utilizar una sola batería con un voltaje de 12 (Vdc), la cual tendrá una eficiencia del 95%, además, el Ministerio de Energía y Recursos Naturales y No Renovables establece que:

Un tiempo de respuesta para la reconexión después de interrupción en el servicio eléctrico es de 3 (hrs) en el sector urbano, ya que si se toma en cuenta el factor de seguridad de 1.66 frente al tiempo de restablecimiento de energía este es del 97,64% [9]. Por lo que se establece que para 3 horas de desabastecimiento de energía y con un factor de seguridad de restablecimiento es estima un valor de 4.98 (Hrs) necesarias a proteger el controlador LOGO.

Además un (AH) es un Amperio consumido por cada hora en funcionamiento de la batería del UPS, para este caso de 4.98 (Hrs). Se conoce que estas baterías son dimensionas para entregar 1.13 (A), entonces por cada hora de funcionamiento de esta, se estima un valor de 5.63 (AH).

$$\text{Tiempo} = \frac{N * V * AH * Eff}{VA} * 60 \text{ minutos}$$

Ecuación 3.12: Tiempo de un SAI en modo batería [8]

Donde:

N : 1 Número de baterías
 V : 12 (Vdc) Voltaje de batería
 AH : 5.63 (AH) Amperio por horas en baterías
 Eff : 95% Eficiencia del UPS
 VA : 500 (VA)
 Tiempo : Minutos

Usando la Ecuación 3.12 se obtiene:

$$\text{Tiempo} = 7.702 \text{ (min)}$$

El valor obtenido es el tiempo de carga máxima de la batería para alcanzar el 100% a partir de la reconexión automática de la red eléctrica. A continuación, se muestra los datos que se tiene del UPS, R-UPR 508 de la marca CDP el cual dispone de las siguientes características.

- Capacidad del UPS: 500 (VA)
- Voltaje de Batería: 12 (V_{DC})
- Tiempo estimado: Alrededor de 4.8 (hrs)
- Amperio por hora entregado: 5.63 (AH)
- Voltaje de entrada: 127 (V_{AC})
- Potencia requerida: 220 (W)
- Tiempo de carga de batería: 7,702 (min)

3.5 Pruebas y Análisis de Resultados

Prueba 1: Pérdida de voltaje

La prueba tiene como fin verificar los valores de pérdida de voltaje de los circuitos como es el caso de los modos de: *Standby* y de Trabajo, así como también en el tablero principal del proyecto.

$$P_v = V_{\text{real}} - V_{\text{obtenido}}$$

Ecuación 3.13: Pérdida de voltaje

Donde:

P_v : Pérdida de voltaje
 V_{real} : 127 (V) Voltaje de la fuente
 V_{obtenido} : (V) Voltaje entregado por los elementos de la Tabla 3.10

Tabla 3.10 Valores de voltaje obtenido en la prueba

ELEMENTOS	P _v (V)
Tablero Iluminación	119.6
Lámparas modo de <i>Standby</i>	119.3
Lámparas modo de Trabajo	119.1

Usando la Ecuación 3.13 se obtiene:

Tabla 3.11 Valores de pérdida de voltaje

ELEMENTOS	Pv (V)
Tablero Iluminación	7.4
Lámparas modo de <i>Standby</i>	7.7
Lámparas modo de Trabajo	7.9

Prueba 2: Luxes entregados en un área determinada

Se mide la cantidad de luxes entregados en un área determinada de 1 metro cuadrado cada uno; los cuales se dividen en todo el laboratorio, en cada área se realizó tres lecturas diferentes de flujo de luxes con el fin de verificar la uniformidad que existe en la iluminación. La Figura 3.13 muestra una medición realizada con el luxómetro el cual se lo obtuvo sobre la superficie de la mesa de trabajo, en la Tabla 3.12 se observa los valores obtenidos en luxes, el aula se lo ha dividido en 7 columnas y 8 filas.










Figura 3.13 Datos obtenidos en el Luxómetro

Tabla 3.12 Luxes entregados por cada metro cuadrado

	A	B	C	D	E	F	G
1	798	719	638	612	542	493	338
	813	743	639	616	576	486	371
	801	720	688	528	594	437	383
2	941	900	777	735	697	590	489
	935	895	789	755	701	624	462
	903	857	787	758	727	585	455
3	899	981	812	664	766	701	577
	850	940	797	682	730	670	545
	858	854	780	764	745	626	499
4	452	933	754	787	769	731	533
	502	902	762	794	766	729	499
	566	857	742	768	752	712	483
5	889	934	900	790	790	769	513
	860	904	896	847	778	752	527
	790	893	853	773	745	712	492
6	669	889	897	795	778	756	579
	689	850	894	806	773	736	528
	695	804	850	771	771	696	460
7	780	769	779	773	736	721	484
	763	753	760	739	701	665	458
	740	696	701	620	623	514	402
8	486	444	452	425	482	453	423
	576	498	499	477	510	491	364
	676	619	574	539	590	513	312

Una vez obtenido los valores en cada cuadrante del laboratorio se determinó 7 zonas de colores diferentes así como se lo muestra en la Tabla 3.13 con el fin de mostrar de mejor manera la distinción de luz en cada zona o cuadrante; en la Figura 3.14 se visualiza 3 colores en cada área ya que se obtuvo 3 valores distintos de luxes, se destaca el color amarillo ya que indica la prevalencia lumínica sobre el área de trabajo.

Tabla 3.13 Color asignado por rango

RANGO (Luxes)	COLOR ASIGNADO
300-399	 99,100,102
400-499	 254,204,102
500-599	 Azul
600-699	 Magenta
700-799	 Amarillo
800-899	 Rojo
900-999	 Verde

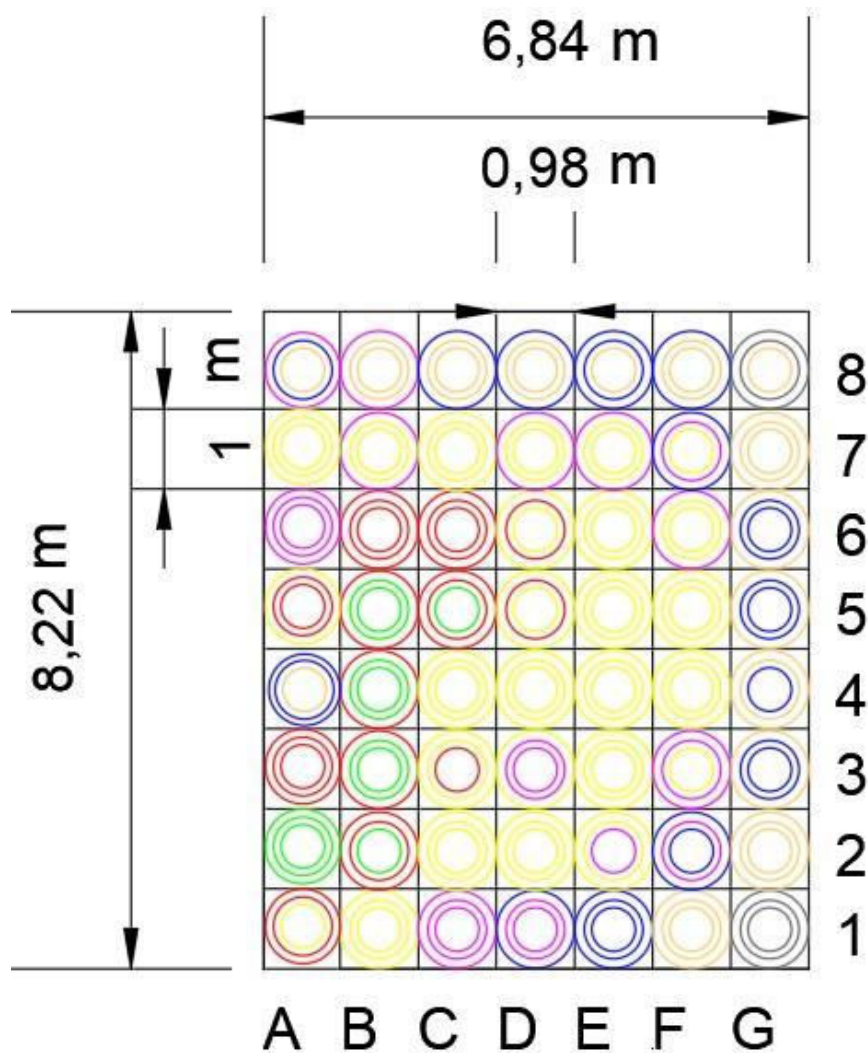


Figura 3.14 Distribución de luces por área designada

Prueba 3: Prueba de funcionamiento de elementos

Se realiza una exhaustiva prueba de funcionamiento a cada elemento del proyecto mediante la manipulación, activación y desactivación de cada uno para verificar su correcto funcionamiento.

Ningún elemento presenta anomalías en las pruebas realizadas. A continuación, se muestra la Tabla 3.14, la cual indica las pruebas realizadas a cada elemento.

Tabla 3.14 Pruebas de funcionamiento

Elementos		Funciona	No funciona
Pulsador On	Pulso 1	✓	
	Pulso 2		
Pulsador Off	Pulso 1	✓	
	Pulso 2		
Interruptor delantero	Encendido	✓	
	Apagado		
Luminarias <i>Standby</i>		✓	
Luminarias Trabajo		✓	
Logo (elemento y programa)		✓	
Contactor <i>Standby</i>		✓	
Contactor Trabajo		✓	
Protección Principal		✓	
Protección <i>Standby</i>		✓	
Protección Trabajo		✓	
Luz indicadora (tablero principal)		✓	
Luz indicadora (<i>Standby</i>)		✓	
Luz indicadora (trabajo)		✓	
Sensor de presencia		✓	
UPS		✓	

Prueba 4: Tiempo de respaldo del UPS

Se realizó una prueba de funcionamiento al UPS con el propósito de verificar su tiempo estimado de respaldo. Primero es desconectado de la red eléctrica y se verifica su correcto funcionamiento mediante su batería interna, esta batería fue dimensionada para soportar 4.8(hrs) después del desabastecimiento de la energía, después de ser desconectado de la red eléctrica se evidencia que el UPS deja de funcionar en un tiempo transcurrido de 4 (hrs) y 27 (min).

Demostrando que su uso para el controlador LOGO es adecuado ya que la empresa eléctrica no puede desabastecer por más de 3 horas la energía eléctrica, además, se evidenció el tiempo de carga máxima de la batería después de la reconexión de la energía eléctrica, con un valor muy cercano siendo este de 7.1 (min), se logró visualizar gracias a la desconexión de la energía en la prueba realizada.

3.6 Manual de Uso y Mantenimiento

A continuación, se utiliza el código QR de la Figura 3.15 con el fin de redirigir al lector al video del manual de uso.



Figura 3.15 QR Manual de Uso y Mantenimiento

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Al concluir con el proyecto se realizaron pruebas exhaustivas a cada uno de los elementos, dentro de las cuales se sometió a pulsos diversos que diferían de lo programado, el cual presentó un problema en el pulso de apagar las luminarias, este problema fue corregido mediante programación en el bloque respectivo del mismo, para garantizar el buen funcionamiento del proyecto.
- Las características del controlador Logo lo convirtieron en un dispositivo ideal y recomendable para controlar un sistema de luminarias, dado que el mismo permitió visualizar la capacidad del estado de sus entradas como salidas mediante su pantalla, además, el controlador permitió modificar sus parámetros de programación sin la necesidad de un equipo adicional.
- El buen dimensionamiento de los conductores es primordial a la hora de proveer de una buena alimentación a los equipos como se ha demostrado en el presente documento, se garantiza que las pérdidas en el conductor son bajas que promedian un valor de 0,5% y se aprovecha al máximo la potencia que se puede suministrar.
- Las mediciones realizadas por el luxómetro otorgaron la capacidad de modificar el espacio y ubicar nuevos elementos como módulos sobre las mesas de trabajo sin que estos produzcan sombras o se oscurezca el espacio, comprometiendo con esto la calidad de iluminación, además, se garantiza las condiciones luminosas de 500 a 1000 (luxes) para el uso del laboratorio.
- En la instalación del sistema de respaldo como es el caso del UPS se realizó pruebas de interrupción de la corriente eléctrica para verificar su adecuado funcionamiento y que no exista un retraso en el horario del controlador Logo, el mismo que afectaría directamente a las actividades del proyecto. La prueba realizada fue exitosa y el UPS no presentó ninguna anomalía o fallas al momento de funcionar su sistema de batería interna.
- El tiempo de respaldo del UPS según su hoja de datos es un dato orientativo, así como el dimensionamiento puesto que este tiempo va a depender directamente de la carga que esté conectada al dispositivo, para el controlador Logo su respaldo abarca las 4 (hrs) y 27(min); si se respalda también el funcionamiento de las luminarias este respaldo se reduciría a 1,5 (hrs) aproximadamente.

- Los elementos disponibles en el proyecto de titulación son de buena calidad y de marcas reconocibles en el mercado con el fin de garantizar un funcionamiento correcto, además, se los adquirió con el fin de donar todos los elementos para el laboratorio LTI-IE-ESFOT. El costo total de proyecto redunda alrededor de los \$700 dólares americanos, además, se lo puede apreciar en el anexo 6.
- La elaboración de un manual de uso y mantenimiento es crucial para aclarar las condiciones del uso del sistema implementado, las variantes de uso que se disponen en el mismo en el encendido y apagado de las luminarias, así como el modo automático, así mismo para orientar y establecer un periodo para mantenimiento de elementos que lo requieren, a fin de alargar la vida útil de los elementos y el proyecto en sí mismo.
- Mediante las pruebas y resultados se ha podido detectar anomalías existentes y subsanar las mismas, comprobar el cumplimiento de los requerimientos establecidos y obtener una recopilación de datos que sirven para el análisis y redacción del documento, con esto presentar una información completa a fin de futuras replicas de proyectos futuros con semejanzas.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que previo a una fase de diseño exista un reconocimiento del entorno para conocer los elementos que son capaces de proveer en el mercado para obtener resultados fiables.
- Se recomienda el uso de dispositivos robustos y reconocidos dado que, con el tiempo o por su manipulación es probable que sus elementos internos se modifiquen o se dañen con el tiempo, llevando consigo la falla de este y por lo tanto del proyecto, pudiendo incluso provocar la avería de diversos equipos que se encuentran en contacto con los dispositivos.
- Se recomienda que al momento de realizar derivaciones o empalmes se utilicen dispositivos como borneras que son prácticos para su conexión y cuentan con un aislante, además, evitan tener que modificar el conductor para que exista un contacto.
- No realizar empalmes de más de 3 conductores buscando con esto reducir los puntos críticos que se forman, por último evitar el uso de dispositivos aislantes, adhesivos como es la cinta adhesiva que dejan residuos en el conductor, ya que en una posible modificación dificulta que tenga un buen contacto lo cual sería necesario nuevamente modificar el conductor.

- Para el desarrollo de un algoritmo de control se recomienda inicialmente definir las entradas y salidas que se van a utilizar en el controlador, dejar claro todos los modos de funcionamiento que va a tener el proyecto y organizar el algoritmo de control de tal manera que se identifiquen con facilidad todos sus componentes comentando todo lo que sea posible dentro del mismo, de esta manera se evita tener que realizar modificaciones que supongan un problema con largos análisis y pérdidas de tiempo.
- Se recomienda el uso de luminarias que posean ángulos de apertura desde los 65° para lugares que requieren 500 luxes o más, ya que estas incrementan el área que son capaces de iluminar, por lo tanto se reduce la cantidad de elementos a utilizar y se evitan las zonas oscuras que se producen como sucede con algunas luminarias que son focalizadas en un punto exacto.
- En cualquier aplicación de diseño de proyectos es recomendable utilizar siempre factores de protección o sobredimensionamiento para los elementos de protección en un valor de 1,25 orientativamente, otorgando un margen de modificación, ampliando la capacidad de elección de dispositivos y garantizando que se van a cumplir los requerimientos.
- Para sistemas de iluminación en los que se requieren cantidades específicas de luxes como en este proyecto, es recomendable que los espacios utilicen colores con un coeficiente de reflexión de la luz alto para incrementar el alcance de la iluminación que entregan las luminarias.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. D. E. Bernal, «Administración Informática,» 31 Agosto 2012. [En línea]. Available: <https://administracioninformatica.wordpress.com/2012/08/31/definicion-de-ups-y-su-funcion/>.
- [2] P. V. S. ZAMBRANO, «NORMAS DE CIRCUITO DE ALUMBRADO,» de *PROYECTO DE NORMAS PARA ILUMINACION DE INTERIORES Y EQUIPO DE ALUMBRADO*, QUITO, ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2013, pp. 38, 39, 40.
- [3] C. N. D. E. CONELEC, «REGULACION ELECTRICA,» ABRIL 2018. [En línea]. Available: https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/Regulaci%C3%B3n-No.-CONELEC-005_14-Prestaci%C3%B3n-APG_.pdf. [Último acceso: 4 MARZO 2020].
- [4] N. C. P. M. Miguel Paul Castro Guaman, «COMSIDERACIONES DE DISEÑO,» de *DISEÑO DE ILUMINACION CON LUMINARIAS TIPO LED BASADA EN EL CONCEPTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT VISUAL,*, GUAYAQUIL, UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL, 2015, pp. 80, 81, 82, 83, 87.
- [5] H. SYLVANIA, «ToLEDo striplight,» de *Catálogo de lámparas LED Sylvania*, Havells, julio, 2015, p. 14.
- [6] ELECTROCABLES, «Conductores de Cobre,» *CATÁLOGO DE PRODUCTOS*, vol. 3, nº 2, pp. 12,16,18,25, 2018.
- [7] C. d. C. d. Quito, «NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCION,» ENERO 2015. [En línea]. Available: <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>. [Último acceso: 3 MARZO 2020].
- [8] E. Vera, «Intelligenio Energía y Telecomunicaciones,» 6 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://intelligenio.com/calculadora-para-ups/>.
- [9] M. d. E. y. R. N. y. N. Renovables, «Ministerio de Energía y Recursos Naturales y No Renovables,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2018/12/TIEMPO-PROMEDIO-ATENCION-CLIENTES-SDCE-VF.pdf>. [Último acceso: 04 Diciembre 2020].

ANEXOS

ANEXO 1

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO

ANEXO 2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL UPS

ANEXO 3

CÓDIGO DEL PROYECTO

ANEXO 4

DIAGRAMA DE FLUJO

Figura 5.1 Diagrama de flujo modo *Standby*

Figura 5.2 Diagrama de flujo modo Trabajo

ANEXO 5

UPS UTILIZADO

ANEXO 6
COSTO TOTAL DE PROYECTO