

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTOMÁTICO PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECAÁNICA**

CARLOS VICENTE PAILLACHO CHICAIZA

DIRECTOR: ARACELY INÉS YANDÚN TORRES

DMQ, febrero 2022

CERTIFICACIONES

Yo, CARLOS VICENTE PAILLACHO CHICAIZA declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



CARLOS VICENTE PAILLACHO CHICAIZA

carlos.paillacho@epn.edu.ec

carlos.vicenpch@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por CARLOS VICENTE PAILLACHO CHICAIZA bajo mi supervisión.



ARACELY INÉS YANDÚN TORRES

DIRECTOR

aracely.yandun@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

CARLOS VICENTE PAILLACHO CHICAIZA

DEDICATORIA

A mis padres, Carlos y Fanny y a mis hermanas Daniela y Valeria por brindarme su apoyo incondicional y la fuerza para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme salud y vida, por brindarme una familia muy especial que siempre está apoyándome incondicionalmente.

A mis padres Carlos y Fanny porque son el pilar fundamental de que siga siempre adelante, brindándome su inmenso amor y sacrificio arduo. Gracias por darme la oportunidad de auto superación, enseñándome el valor del esfuerzo y la constancia.

A mis hermanas Daniela y Valeria, por su confianza y comprensión. Gracias por estar siempre conmigo, alentándome a seguir adelante, por hacerme sentir de lo mejor con sus ocurrencias, son mi inspiración y motivación para cumplir mis sueños

A mis abuelitas Rosa y Delia, por brindarme todo su cariño, sus buenos consejos y su ternura al expresar sus sentimientos.

A los angelitos del cielo, a mi abuelito Segundo por toda su sabiduría y buenos consejos, por enseñarme el amor al trabajo, su lealtad y sobre todo por haberme regalado una madre maravillosa, a mi abuelito Vicente por haber sido un padre ejemplar, luchador, enseñando a sus hijos el valor del esfuerzo y por haberme obsequiado un padre extraordinario y a mi tía Lucia por inculcar valores de auto superación, ser una luchadora y siempre buscar el bienestar de su familia.

A toda mi familia tíos y primos por todos sus buenos consejos, por estar siempre unidos en las buenas y en las malas, por compartir muchos momentos gratos y por ser la hermosa familia que somos.

A la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional por brindarle una correcta formación académica, con profesores de jerarquía que siempre buscan la excelencia académica, y por permitirme conocer maravillosas amistades a lo largo de mi carrera estudiantil.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	2
Sistemas de iluminación	2
Norma NEC	3
Programa DIALux.....	3
Luminarias tipo led	4
Conductores eléctricos.....	5
Empalmes.....	6
Aislamientos	7
Llave termomagnética.....	7
2 METODOLOGÍA.....	8
2.1 Descripción de la metodología utilizada.....	8
2.2 Estudio de requerimientos técnicos del laboratorio	8
2.3 Diseño del sistema eléctrico de iluminación	10
Diseño en el programa Dialux.....	10
Luminarias propuestas por el programa Dialux.....	11

Dimensionamiento de protecciones para el área de control.....	11
Dimensionamiento de protecciones para el área de instrumentación	13
Dimensionamiento de protección para el laboratorio LTI.....	14
Dimensionamiento de conductores	15
3 RESULTADOS	20
3.1 Instalación del sistema eléctrico de iluminación	20
Selección de luminarias	20
Distribución de luminarias en el área de control	20
Distribución de cada luminaria en el área de instrumentación	22
Selección e instalación de protecciones.....	25
Calibre de cable seleccionado	26
Diagrama unifilar	27
3.2 Pruebas y análisis.....	27
Luxes entregados por área	28
Corriente consumida	29
Costo total del proyecto integrador.....	30
Video de funcionamiento.....	30
4 Conclusiones	31
5 Recomendaciones	32
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
7 ANEXOS.....	34
ANEXO I. Reporte de similitud generado por turnnitiin	34
ANEXO II. Certificado de funcionamiento de trabajo de integración curricular	35
ANEXO III. Calibre de conductores.....	36
ANEXO IV. Diagrama unifilar	37
ANEXO V. Costo total del trabajo de integración	38
ANEXO VI. Código QR.....	39

RESUMEN

El presente proyecto se basa en implementar un sistema de iluminación apropiado para el laboratorio de tecnología industrial según la norma NEC, mediante un sistema de iluminación tipo led. El laboratorio será dividido en dos áreas para un mejor diseño e implementación de luminarias, una de control y una de instrumentación. Donde cada una de ellas tendrá dos circuitos, uno de espera que tendrá un nivel de iluminación mayor o igual a 150 [lx] y un segundo circuito de trabajo que conjuntamente con el primero tendrá un nivel de iluminación mayor o igual a 500 [lx].

El capítulo uno detalla una breve introducción sobre lo que abarca el trabajo de integración, especificando su alcance, así como los objetivos del presente proyecto y una explicación breve de la teoría fundamental para su desarrollo.

El capítulo dos hace referencia a la metodología utilizada para cumplir con los objetivos del proyecto, en este capítulo se detalla: los requerimientos técnicos del laboratorio, el diseño del sistema de iluminación y el dimensionamiento de cables y protecciones.

El capítulo tres describe los resultados obtenidos al finalizar el proyecto, donde se muestra las luminarias seleccionadas, cables y protecciones seleccionados y finalmente una tabla comparativa del antes y después con las respectivas mediciones de nivel de iluminación.

El capítulo cuatro detalla las conclusiones y en el capítulo cinco se describen las recomendaciones establecidas al concluir la instalación del sistema de iluminación.

Este proyecto está ligado directamente con el componente "CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN" desarrollado por Chilig Paneluisa Cristian David para la activación y desactivación de cada modo de iluminación en las 2 áreas del laboratorio.

PALABRAS CLAVE: luxes, luminarias, NEC, instalación eléctrica

ABSTRACT

This project is based on implementing an appropriate lighting system for the industrial technology laboratory according to the NEC standard, through a LED-type lighting system. The laboratory will be divided into two areas for a better design and implementation of the project, one for control and one for instrumentation. Where each of them will have two circuits, a standby circuit that will have a lighting level greater than or equal to 150 [lx] and a second working circuit that together with the first will have a lighting level greater than or equal to 500 [lx].

Chapter one details a brief introduction about the integration work, specifying its extent as well as the objectives of this project and a brief explanation of the fundamental theory for its development.

Chapter two refers to the methodology used to meet the objectives of the project, this chapter details: the technical requirements of the laboratory, the design of the lighting system and the dimensioning of cables and protections.

Chapter three describes the results obtained at the end of the project, where the selected luminaires, cables and selected protections are shown and finally a comparative table of before and after with the respective lighting level measurements.

Chapter four details the conclusions and chapter five describes the recommendations established at the end of the installation of the lighting system.

This project is directly linked to the "AUTOMATIC LIGHTING CONTROL" developed by Chilig Paneluisa Cristian David component for the activation and deactivation of each lighting mode in the 2 areas of the laboratory.

KEY WORDS: luxes, luminaires, NEC, electrical installation

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El presente trabajo de titulación se propone para responder a la falta de iluminación que presentaba el laboratorio de tecnología industrial, ya que no cumplía con los estándares de luminancia como lo establece la norma NEC_SB_IE, la cual indica que un laboratorio debe proveer entre 500 - 1000 [lx] para evitar fatiga ocular. El proyecto dispone de un sistema de iluminación para el laboratorio, que cuenta con dos áreas, una de control y otra de instrumentación, donde cada área tendrá 2 circuitos de iluminación diferentes: el modo de espera, mismo que se orienta al tráfico de personas que circulan por el laboratorio y el modo de trabajo mismo, que se enfoca en las prácticas del laboratorio y uso de equipos con fin educativo.

El sistema consta de un accionamiento manual accionado por pulsadores, el cual será activado cuando se lleven a cabo las prácticas dentro del laboratorio, con un nivel de iluminación equilibrada mayor o igual a 500 luxes y otro circuito que será activado para la circulación general de personas, con un nivel de iluminación mayor o igual a 150 luxes. El sistema de iluminación está constituido por luminarias tipo led.

Se dispone en cada área de un pulsador de color verde para activar las luminarias en modo de espera y trabajo. Además, se dispone de un pulsador de color rojo que desactiva cada modo respectivamente y finalmente se dispone de un pulsador rojo adicional colocado a lado de la puerta del laboratorio para desactivar las luminarias de las dos áreas. El sistema también dispone de una protección termomagnética general para todos los circuitos establecidos, así también como de 4 protecciones para resguardar cada circuito de iluminación y finalmente 1 protección para el resguardo de un proyector que ya se encuentra previamente instalado en el laboratorio.

Toda la instalación eléctrica se encuentra realizada con cable tipo AWG número 14, tipo THHN, el cual abastece satisfactoriamente la corriente que necesita todo el circuito de iluminación. Además, consta de cables de diferente color para una fácil identificación, color rojo para la línea y color negro para el neutro. Adicionalmente los circuitos se encuentran etiquetados.

El presente proyecto está ligado directamente con el componente de CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN para la activación y desactivación de cada modo de iluminación en las 2 áreas del laboratorio, cumpliendo así con todas las especificaciones generales del trabajo de integración.

1.1 Objetivo general

Realizar la instalación eléctrica de los circuitos de iluminación del proyecto “Implementación de un sistema de iluminación automático para el laboratorio de tecnología industrial”.

1.2 Objetivos específicos

1. Realizar un estudio técnico y evaluar el sistema de iluminación anterior del laboratorio de tecnología industrial.
2. Diseñar e implementar el circuito de iluminación en cada área del laboratorio.
3. Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de iluminación.

1.3 Alcance

Se implementará un sistema de iluminación estándar que contará con un accionamiento manual controlado por pulsadores, el cual será activado cuando se lleven a cabo las prácticas dentro del laboratorio con un nivel de iluminación equilibrada mayor o igual a 500 luxes y otro circuito que será activado para la circulación general de personas, con un nivel de iluminación mayor o igual a 150 luxes. Todo el sistema de iluminación estará constituido por luminarias tipo led.

1.4 Marco teórico

Sistemas de iluminación

Un sistema de iluminación consta de varios elementos conectados entre sí para cumplir un mismo objetivo, el cual es proporcionar una visibilidad óptima y estándares de iluminación, donde se requiera realizar ciertas actividades con mayor luminancia evitando así la fatiga ocular. El sistema de iluminación se encuentra de dos tipos:

Iluminación de interiores en edificaciones, donde constan los sectores residencial, industrial y comercial por lo que utilizan casi las mismas tecnologías de iluminación. Los sectores industrial y comercial son más semejantes en tecnología de iluminación y uso de las mismas, ya que tienen largas horas de funcionamiento y necesitan lúmenes más altos. En estos sectores la tecnología fluorescente lineal (larga vida útil y alta eficiencia) y HID (Descarga de Alta Intensidad) son los más utilizados, donde los leds son proyectados para mejoras de estas tecnologías en corto plazo, mejorando rendimiento, precio y reduciendo el consumo de energía eléctrica [1].

Iluminación de exteriores comprende: carreteras, submercados de iluminación de vías, donde se debe proveer una iluminación adecuada para el tráfico de personas y automotores, estableciendo seguridad y atención a negocios. Las luminarias fluorescentes y HID son las tecnologías que dominan estas instalaciones [1].

Norma NEC

Se refiere a la norma ecuatoriana de la construcción que establece parámetros y metodologías que deberán ser aplicados en el diseño sísmo resistente de edificios y a otras estructuras. La disposición de esta norma se aplicará a la construcción y mantenimiento de sistemas eléctricos que cumplan con un voltaje inferior a 600 V [2].

Tiene como objetivo poner condiciones mínimas de seguridad y por lo tanto tienen que ser cumplidas dentro del sistema eléctrico a bajo voltaje [2].

En la Tabla 1.1 se muestra los niveles de iluminación según la norma NEC.

Tabla 1.1. Niveles de iluminación NEC [2].

Tipo de Recinto	Iluminancia [lx]
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	300
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía	500
Salas de clase	300
Salas de dibujo	600

Programa DIALux

Es un programa que ayuda al momento de diseñar un sistema de iluminación, el cual cuenta con una función de simulación que permite observar el grado de luxes que presenta un determinado lugar. Dialux permite diseñar, planificar y visualizar la distribución de luminarias en interiores y exteriores según las especificaciones requeridas [3].

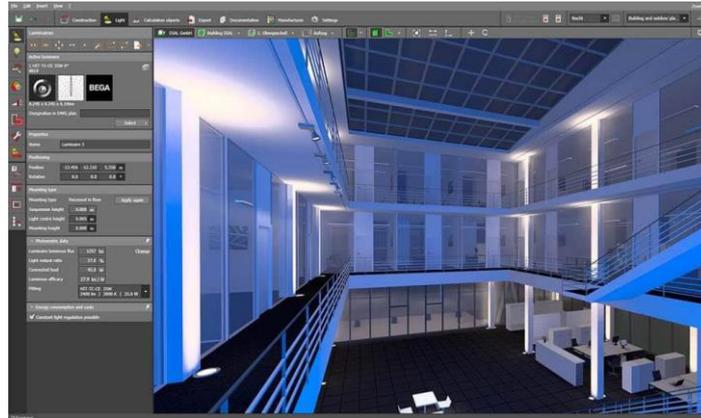


Figura 1.1. DIALux [3].

Luminarias tipo led

En el mercado existen varios tipos de luminarias las cuales se pueden escoger por sus diversas características:

- Incandescentes halógenas
- Tubos fluorescentes lineales
- Lámparas fluorescentes compactas
- Lámparas de inducción
- Lámparas de alta intensidad
- Diodo emisor de luz

LED es conocido por sus siglas en inglés (Light Emitting Diode), estas son tecnologías más recientes de alta eficiencia que aún son novedad en el mercado actual. Se espera que se conviertan en líderes en tecnologías de iluminación. En 1962 se produjo el primer LED comercial que emitía solo luz roja tenue, por lo que solo se utilizaba para señaléticas o en dispositivos electrónicos. A partir de los años 90 incrementa sustancialmente su rendimiento conquistando la industria automovilística y paneles luminosos (displays) y finalmente, en la última década se expande exponencialmente el uso de LED blanco e inicia la conquista de industrias de iluminación. Una de sus principales características es que cuenta con una eficiencia de 90 – 120 [lm/W] y un tiempo de vida mayor a 50.000 horas [4].

Dentro de las ventajas de las luminarias tipo led se tiene:

- Vida útil teóricamente larga

- Alta eficiencia energética
- Colores sin filtros
- Menor dispersión de luz gracias a su control óptico
- Encendido instantáneo 100%
- No produce radiación infrarroja ni ultravioleta

Dentro de las desventajas de las luminarias tipo led se tiene:

- No cuenta con un formato estandarizado
- Retorno de la inversión larga casi 8 años
- El aumento de la potencia causa la decadencia del LED
- La temperatura afecta el rendimiento del LED

Conductores eléctricos

Los conductores eléctricos se encuentran recubiertos por un material aislante que generalmente están constituidos por material orgánico, donde estos están clasificados considerando la temperatura de operación permisible, tal que una sección de cobre puede tomar diferente capacidad de conducción de corriente, esto según el aislante seleccionado [5] [6].

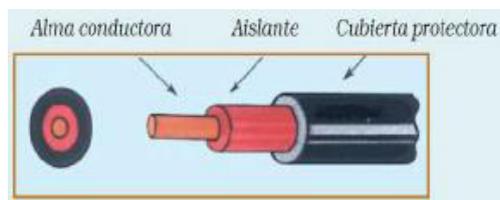


Figura 1.2. Elementos de un conductor eléctrico [7].

Existen varios tipos de conductores como:

Alambre: Este conductor eléctrico está constituido por solo un hilo conductor cubierto por el material aislante. Por sus características es empleado en líneas aéreas ya sea desnudo o aislado.



Figura 1.3. Conductor tipo alambre [7].

Cable: Este conductor eléctrico está constituido por varios hilos conductores o alambres delgados, provocando así una gran flexibilidad y una mayor manipulación.



Figura 1.4. Conductor tipo cable [7].

El tamaño de los conductores se designa por su sección o área determinada en milímetros cuadrados o bien se elige en la designación usada en los Estados Unidos de la American Wire Gauge (AWG) en el cual su unidad de referencias es el mil. Bajo este sistema los conductores se escogen por número o calibre, estos números decrecen a medida que el conductor aumenta su tamaño [6]. En el ANEXO III se muestra la tabla de conductores AWG con dimensiones y amperaje soportado.

Empalmes

Las uniones o conexiones que se ejecute en una instalación eléctrica deben garantizar seguridad y calidad entre los cables expuestos, para ello se debe tener elementos adecuados como lo son las cintas aislantes. Los empalmes se suelen usar en las derivaciones de los conductores para tomacorrientes y luminarias, también para la conexión de cables con los equipos de protección en el tablero general. No se debe usar con el fin de conectar tramos de cables pequeños ya que puede producir posibles falsos contactos entre conductores y ocasionar posibles cortos circuitos por el deterioro de su aislamiento [7]. La Figura 1.5 muestra los tipos de empalmes que se puede ejecutar.

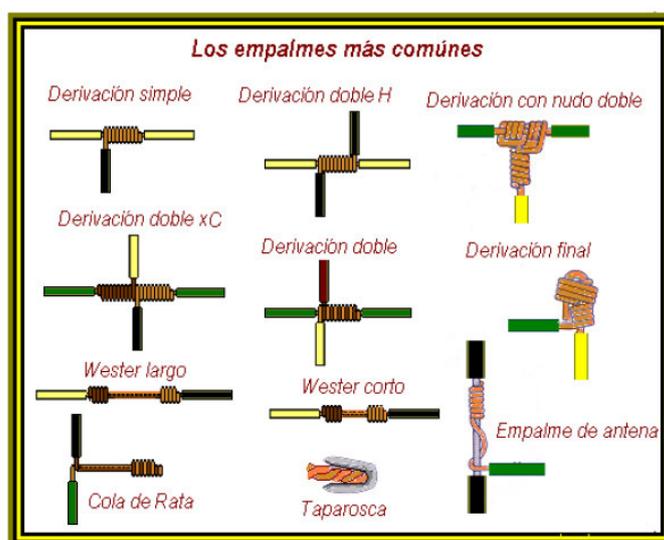


Figura 1.5. Tipo de empalmes [7].

Los capuchones también permiten realizar empalmes aislando los cables fácilmente, sin la necesidad de una cinta aislante para protegerlos, estos se fabrican de varios colores y medidas que pueden ser utilizados en los empalmes tipo derivación final [6].

Aislamientos

En una instalación eléctrica el aislamiento evita que la energía eléctrica que circula por él no entre en contacto con personas u objetos, también evita que conductores de diferente voltaje entren en contacto entre sí y puedan provocar un cortocircuito o hasta incendios [7].

Se encuentran varios tipos de aislamientos ya sea por su comportamiento técnico y mecánico, estos se escogen considerando el lugar, condiciones de canalización, tipo de conductor, resistencia, temperatura, humedad, etc. Entre los materiales utilizados para los aisladores se encuentran el PVC o cloruro de polivinilo, caucho, goma y nylon [7].

Llave termomagnética

La llave termomagnética o llave térmica cumple la misma función de un fusible, la cual deja de funcionar o conducir cuando circula una corriente superior a la establecida, con la facilidad de que se puede volver a activar de forma manual sin la necesidad de cambiar o reparar algún componente. La llave térmica se escoge mediante la corriente que se desea circular y el número de polos que puede ser monopolar, bipolar y tetrapolar [8].



Figura 1.6. Llave termomagnética, [8].

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología utilizada

Se implementó un tablero de control, donde cada área del laboratorio (área de control industrial y área de análisis instrumentación) consta de dos circuitos eléctricos debidamente protegidos. El primer circuito de iluminación es utilizado para el tráfico de personas dentro del laboratorio con una luminosidad mayor o igual a 150 luxes como lo indica la norma NEC. El segundo circuito de iluminación es utilizado para realizar las prácticas en el laboratorio con una luminosidad de 500 a 1000 luxes según lo establecido por la norma NEC.

Los dos circuitos de iluminación son comandados mediante pulsadores que activan y desactivan cada uno de ellos.

2.2 Estudio de requerimientos técnicos del laboratorio

Se realizó una revisión técnica del funcionamiento de los circuitos eléctricos ya instalados en el laboratorio con la finalidad de verificar su estado para optar por un posible mantenimiento y realizar modificaciones para cumplir con los objetivos propuestos en el presente proyecto.

En la Tabla 2.1 se muestra el flujo luminoso que presentó el laboratorio, para lo cual se dividió en 4 partes iguales para un mejor análisis como se muestra en la Figura 2.1. A partir de esta tabla, se observa un promedio de 91 [lx] en el área de control y 97 [lx] en el área de instrumentación.

Tabla 2.1. Flujo luminoso en el laboratorio

Área de control	Luxes [lx]
Parte A	90
Parte B	93
Parte C	90
Parte D	91
Área de instrumentación	Luxes [lx]
Parte A	98
Parte B	98
Parte C	95
Parte D	97

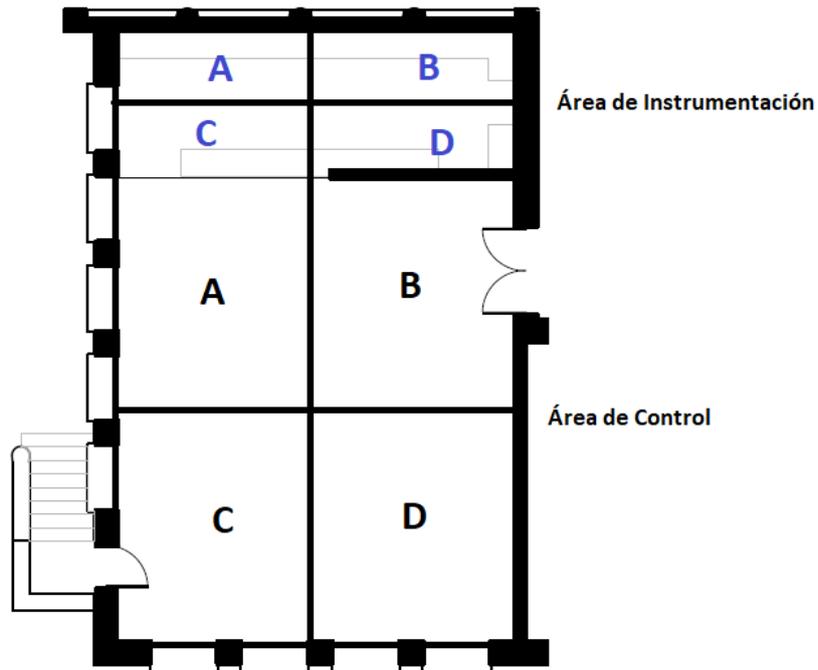


Figura 2.1. Plano LTI dividido en partes.

En el área de control se encuentra ya implementado un sistema de luminarias tipo dicroicos que contienen un foco led, sus características se encuentran especificadas en la Tabla 2.2, mientras que en el área de instrumentación se encuentra un sistema de luminarias tipo tubo led con las características establecidas en la Tabla 2.3

Tabla 2.2. Características foco led

Descripción comercial	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	CCT(K)	Tensión de línea (V)	Vida útil
OSRAM	9	800	6500	120	15000

Tabla 2.3. Características tubo fluorescente

Descripción comercial	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	CCT(K)	Tensión de línea (V)	Vida útil
NERVA F32T8/D	32	2850	4100	120	40000

2.3 Diseño del sistema eléctrico de iluminación

Diseño en el programa Dialux

Para una distribución eficiente de las lámparas en el laboratorio, así como para cumplir con el nivel de luminancia requerido, se diseñó el sistema de iluminación en el programa Dialux, que permite visualizar la cantidad de luxes mediante simulación.

Para una mejor distribución de luminarias se realizó el diseño para el área de control y para el área de instrumentación por separado.

En la Figura 2.2 se muestra la distribución de luminarias para el área de control realizado en el programa Dialux, mientras que en la Figura 2.3 se muestra la distribución de luminarias para el área de instrumentación diseñado en el mismo programa.

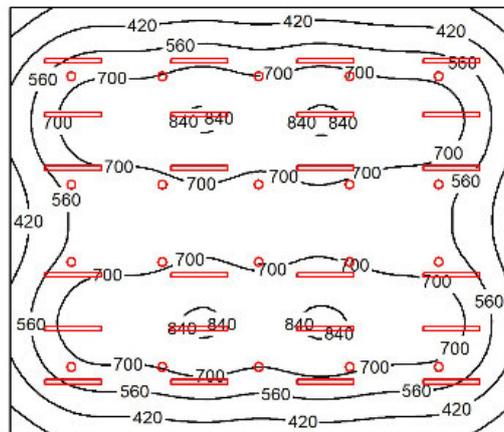


Figura 2.2. Distribución de luminarias área de control.

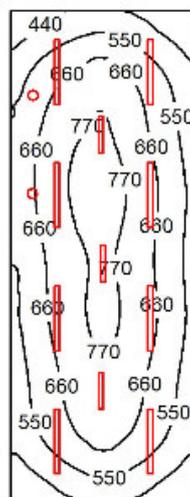


Figura 2.3. Distribución de luminarias área de instrumentación.

Luminarias propuestas por el programa Dialux

Las luminarias propuestas para el LTI por el programa Dialux son de la marca Sylvania (RANA LINEAR R 3KLM NW LOUV +PRI D) que cuenta con una iluminancia de 3250 [lm], con una potencia de 27 [W] y un CCT de 4000k. En la Figura 2.4 se muestra las características de la luminaria establecida por el programa.



Figura 2.4. Luminaria propuesta por el programa Dialux

La luminaria Sylvania Rana linear es escogida para las dos áreas del laboratorio. En el área de control es necesario instalar 24 luminarias, donde 16 luminarias servirán para el circuito de tráfico de personas que cumple con una luminosidad mayor o igual a 150 luxes tal y como lo establece la norma NEC [2]. Mientras que las 8 luminarias restantes, más las 20 luminarias tipo dicroicos servirán para el circuito de prácticas de laboratorio que conjuntamente con el circuito de tráfico de personas cumple con una luminosidad mayor o igual a 500 luxes como lo indica la norma NEC.

Para el área de instrumentación se debe instalar 8 luminarias adicionales para cumplir con las especificaciones establecidas, donde 4 de ellas más 6 tipo tubo fluorescente y 2 tipo dicroico servirán para el circuito de tráfico de personas cumpliendo con una luminosidad mayor o igual a 150 luxes. Las 4 luminarias restantes servirán para el circuito de prácticas de laboratorio que, conjuntamente con el circuito de tráfico de personas cumple con una luminosidad de 500 a 1000 luxes.

Dimensionamiento de protecciones para el área de control

En el modo de trabajo se tiene 8 luminarias de 36 [W] cada una, distribuidas uniformemente cumpliendo con las especificaciones establecidas. Para su dimensionamiento se toma el voltaje a plena carga que entrega el laboratorio de 127 [V], también se tiene en cuenta en el dimensionamiento que los circuitos deben soportar una corriente menor al 125% de la corriente de carga máxima, teniendo así un factor de

seguridad del 25%. Con la Ecuación 2.1 se puede determinar la potencia total de las luminarias.

$$Pt = \# \text{ luminarias} * Pcu$$

Ecuación 2.1. Potencia total de luminarias

Donde:

Pt: Potencia total

luminarias: Número de luminarias

Pcu: Potencia individual

Utilizando la Ecuación 2.1 se tiene:

$$Pt \text{ modo espera} = 288 [W]$$

Con la Ecuación 2.2 se puede determinar la corriente consumida por cada circuito.

$$Pt = V * I$$

Ecuación 2.2. Potencia en base al voltaje y corriente

Donde:

V: 127 [V]

Pt: 288 [W]

Despejando la Ecuación 2.2 se tiene:

$$I = 2.27 [A]$$

Para el dimensionamiento de la protección se multiplica por el factor de seguridad

$$It = I * \text{Factor de seguridad}$$

Ecuación 2.3. Corriente con factor de seguridad

Multiplicando por el factor de seguridad de 25% se obtiene:

$$It = 2.84 [A]$$

En el modo de espera se tiene 16 luminarias de 32 [W], y 20 focos de 9[W] cada una, todas las luminarias se encuentran distribuidas uniformemente cumpliendo con las especificaciones establecidas. Para este modo se realiza dos circuitos separados de 18 luminarias cada uno, donde la protección tendrá el mismo valor.

Utilizando la Ecuación 2.1 se tiene:

$$Pt \text{ trabajo} = 346 [W]$$

Con la Ecuación 2.2 se determina la corriente consumida. Donde:

$$V: 127 [V]$$

$$Pt: 346 [W]$$

Despejando la Ecuación 2.2 se tiene:

$$I = 2.72 [A]$$

Multiplicando por el factor de seguridad de la Ecuación 2.3 se obtiene:

$$It = 3.4 [A]$$

Dimensionamiento de protecciones para el área de instrumentación

En el modo de espera se tiene 4 luminarias de 32 [W], 6 tubos fluorescentes de 32 [W] y 2 tipo dicróico de 9 [W] cada uno, todas las luminarias se encuentran distribuidas uniformemente cumpliendo con las especificaciones establecidas. Para su dimensionamiento se toma el voltaje a plena carga que entrega el laboratorio de 127 [V].

Utilizando la Ecuación 2.1 se tiene:

$$Pt \text{ modo espera} = 338 [W]$$

Con la Ecuación 2.2 se determina la corriente consumida. Donde:

$$V: 127 [V]$$

$$Pt: 338 [W]$$

Despejando la Ecuación 2.2 se tiene:

$$I = 2.66 [A]$$

Multiplicando por el factor de seguridad de la Ecuación 2.3 se obtiene:

$$It = 3.33 [A]$$

En el modo de trabajo se tiene 4 luminarias de 36 [W] cada una, donde las luminarias se encuentran distribuidas uniformemente cumpliendo con las especificaciones

establecidas. Para su dimensionamiento se toma el voltaje a plena carga que entrega el laboratorio de 127 [V].

Utilizando la Ecuación 2.1 se tiene:

$$Pt \text{ trabajo} = 144 [W]$$

Con la Ecuación 2.2 se determina la corriente consumida. Donde:

$$V: 127 [V]$$

$$Pt: 144 [W]$$

Despejando la Ecuación 2.2 se tiene:

$$I = 1.13 [A]$$

Multiplicando por el factor de seguridad de la Ecuación 2.3 se obtiene:

$$It = 1.41 [A]$$

También se tiene un proyector de 296 [W] el cual necesita ser protegido por lo que con la Ecuación 2.2 se determina la corriente consumida. Donde:

$$V: 127 [V]$$

$$Pt: 296 [W]$$

Despejando la Ecuación 2.2 se tiene:

$$I = 2.33 [A]$$

Multiplicando por el factor de seguridad de la Ecuación 2.3 se obtiene

$$It = 2.91 [A]$$

Dimensionamiento de protección para el laboratorio LTI

Para el dimensionamiento de la protección de los circuitos del LTI se suma todos los valores de potencia encontrados en cada área establecida por las luminarias. La Ecuación 2.4 muestra la suma de potencias de cada circuito establecido por área.

$$PLTI = Ptespera \text{ Contr.} + Pt \text{ trabajo Contr.} + Ptespera \text{ Inst} + Pt \text{ trabajo Inst} + Pproye$$

Ecuación 2.4. Potencia total LTI

Donde:

PLTI: Potencia del laboratorio de tecnología insdustrial

Utilizando la Ecuación 2.4 se tiene:

$$PLTI = 1742 [W]$$

Con la Ecuación 2.2 se tiene:

$$I = 13.72 [A]$$

Multiplicando por el factor de seguridad de la Ecuación 2.3 se obtiene:

$$It = 17.15 [A]$$

Dimensionamiento de conductores

Para el dimensionamiento del cable para la acometida, la norma NEC indica que para voltajes de media tensión se tiene un máximo del 3% en caídas de tensión [2], por lo tanto se calcula la resistencia del conductor mediante un factor del 1% a través del sistema de cable y carga que se muestra en la Figura 2.5.

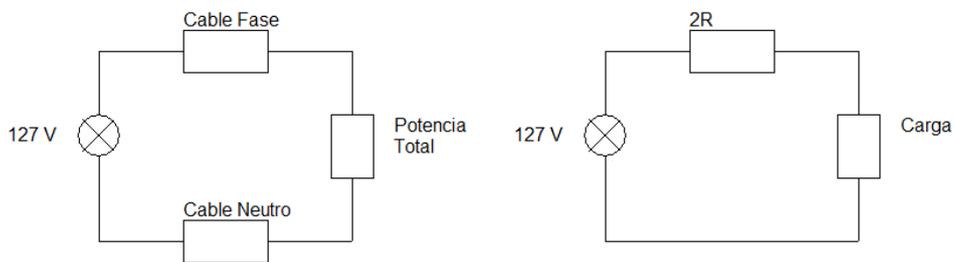


Figura 2.5. Sistema de cable y carga

La Ecuación 2.5 muestra un divisor de voltaje, a partir de la **Figura 2.5**.

$$V_{cable} = factor * V = V * \frac{2R}{2R + Carga}$$

Ecuación 2.5. Divisor de voltaje

Donde:

factor: 1% factor para acometidas

V: 127 [V] voltaje del sistema

Carga: resistencia de la carga [Ω]

Para encontrar la resistencia de la carga se utiliza la Ecuación 2.6 que indica la potencia en función del voltaje y resistencia.

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

Ecuación 2.6. Potencia en función del voltaje y resistencia

Donde:

V : 127 [V]

P_t : 1742 [W] *potencia del sistema*

Despejando la Ecuación 2.6 se tiene la resistencia de carga:

$$R = 9.26 [\Omega]$$

Utilizando la Ecuación 2.5 se tiene la resistencia total:

$$R = 0.05 [\Omega]$$

Para determinar el área de calibre se tiene en cuenta lo siguiente: la longitud del cable hacia el tablero es de 4 [m], la resistencia total de 0.05 [Ω] y la resistividad del conductor de $1.71 * 10^{-8}$ [Ωm].

La Ecuación 2.7 muestra la resistencia en función de la resistividad y el área

$$R = \rho * \frac{L}{A}$$

Ecuación 2.7. Resistencia en función de la resistividad y el área

Donde:

ρ : *resistividad* $1.71 * 10^{-8}$ [Ωm]

L : *longitud* 4 [m]

A : *Area* [mm^2]

R : *resistencia de la carga* 0.05 [Ω]

Despejando la Ecuación 2.7 se tiene:

$$A = 1.37 [mm^2]$$

- **Área de Control**

Usando la Ecuación 2.6 se calcula la resistencia de carga en el modo de espera con una potencia de 256 [W] y voltaje de 127 [V].

Obteniendo:

$$R = 63 [\Omega]$$

Utilizando la Ecuación 2.5 se obtiene la resistencia total, con un factor de cargas del 3%, resistencia de carga de 63 $[\Omega]$ y voltaje de 127 [V].

Se tiene:

$$R = 0.97 [\Omega]$$

Finalmente se encuentra el área mediante la Ecuación 2.7 con una resistividad de $1.71 * 10^{-8}[\Omega m]$, longitud de 9.05 [m] y resistencia total de 0.97 $[\Omega]$

Obteniendo:

$$A = 0.16 [mm^2]$$

Usando la Ecuación 2.6 se calcula la resistencia de carga en el modo de trabajo con una potencia de 362 [W] y voltaje de 127 [V].

Obteniendo:

$$R = 44.56 [\Omega]$$

Utilizando la Ecuación 2.5 se obtiene la resistencia total, con un factor de cargas del 3%, resistencia de carga de 44.56 $[\Omega]$ y voltaje de 127 [V].

Se tiene:

$$R = 0.69 [\Omega]$$

Finalmente se encuentra el área mediante la Ecuación 2.7 con una resistividad de $1.71 * 10^{-8}[\Omega m]$, longitud de 9.05 [m] y resistencia total de 0.69 $[\Omega]$

Obteniendo:

$$A = 0.22 [mm^2]$$

- **Área de instrumentación**

Usando la Ecuación 2.6 se calcula la resistencia de carga en el modo de espera con una potencia de 338 [W] y voltaje de 127 [V].

Obteniendo:

$$R = 47.72 [\Omega]$$

Utilizando la Ecuación 2.5 se obtiene la resistencia total, con un factor de cargas del 3%, resistencia de carga de 47.72 [Ω] y voltaje de 127 [V].

Se tiene:

$$R = 0.74 [\Omega]$$

Finalmente se encuentra el área mediante la Ecuación 2.7 con una resistividad de $1.71 \cdot 10^{-8}$ [Ωm], longitud de 7.38 [m] y resistencia total de 0.74 [Ω]

Obteniendo:

$$A = 0.17 [mm^2]$$

Usando la Ecuación 2.6 se calcula la resistencia de carga en el modo de trabajo con una potencia de 128 [W] y voltaje de 127 [V].

Obteniendo:

$$R = 126 [\Omega]$$

Utilizando la Ecuación 2.5 se obtiene la resistencia total, con un factor de cargas del 3%, resistencia de carga de 126 [Ω] y voltaje de 127 [V].

Se tiene:

$$R = 1.95 [\Omega]$$

Finalmente se encuentra el área mediante la Ecuación 2.7 con una resistividad de $1.71 \cdot 10^{-8}$ [Ωm], longitud de 7.38 [m] y resistencia total de 1.95 [Ω]

Obteniendo:

$$A = 0.064 [mm^2]$$

Se utiliza el mismo método para el cálculo del cable para el proyector de 296 [W], donde usando la Ecuación 2.6 se calcula la resistencia de carga en el modo de trabajo con una potencia de 128 [W] y voltaje de 127 [V].

Obteniendo:

$$R = 54.48 [\Omega]$$

Utilizando la Ecuación 2.5 se obtiene la resistencia total, con un factor de cargas del 3%, resistencia de carga de 54.48 [Ω] y voltaje de 127 [V].

Se tiene:

$$R = 0.84 [\Omega]$$

Finalmente se encuentra el área mediante la Ecuación 2.7 con una resistividad de $1.71 * 10^{-8}[\Omega m]$, longitud de 7.38 [m] y resistencia total de 1.95 [Ω]

Obteniendo:

$$A = 0.10[mm^2]$$

3 RESULTADOS

3.1 Instalación del sistema eléctrico de iluminación

Selección de luminarias

Las luminarias establecidas por el programa Dialux son difíciles de encontrar, por lo tanto, se dispuso de unas luminarias que tengan características similares y no afecte al diseño establecido. Las luminarias a ser utilizadas son de marca Sylvania (LED LINEAL ECO 32W DL MV) que cuenta con un flujo luminoso de 2400 [lm], una potencia de 32 [W], CCT de 6500k y una vida útil de 30000 [h]. En la Figura 3.1 se muestra los datos ópticos, físicos y eléctricos de la luminaria.

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500 K (DL)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	32 W
Flujo luminoso	2400 lm	Grado de protección IP	IP20	Tensión de operación	85-265 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	120°	Dimensiones (LxWxH)	1240x75x25 mm	Corriente de entrada	0.267 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Sobreponer	Factor de potencia	>0.70
Reproducción de color (IRC)	>70	Chasis	Aluminio + PC	Distorsión armónica (THD)	<35%
Vida útil	30000 h L70	Óptica	Difusor opal	Tipo de driver	Integrado
Eficacia	75 lm/W	Temperatura de operación Ta	-10°C ~ +40°C	Atenuable	NO

Figura 3.1. Datos técnicos luminaria 32 [W] [9]

Por falta de stock de las luminarias led de 32 [W] se adquiere los 12 restantes de tipo (MAVIJU LINEAL FLAT) que tienen características similares con una potencia de 36 [w], flujo luminoso de 3240 [lm], CCT de 6500k y una vida útil de 25000 [h].

La conexión de las luminarias se realizó en paralelo para mantener su voltaje, sin embargo su corriente aumenta conforme al número de luminarias. En total se obtiene 4 circuitos de iluminación que se encuentran separados para las dos áreas del laboratorio, dos para el tráfico de personas y los otros dos para las prácticas de laboratorio.

Distribución de luminarias en el área de control

En la Figura 3.2 se muestra el plano de distribución de las luminarias diseñado para el área de control que cuenta con una superficie de 10.3 x 8.79 metros y una altura de 3 metros para la distribución de luminarias. Mientras que en la Figura 3.3 se muestra la distribución de dicroicos instalados en años pasados.

En la Tabla 3.1 se observa la separación de cada luminaria nueva, mediante los ejes x, y, z y en la Tabla 3.2 se observa la separación de cada luminaria tipo dicroico, mediante los ejes x, y, z

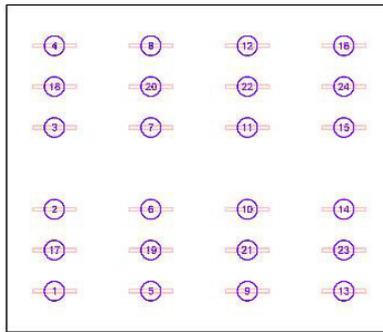


Figura 3.2. Plano de distribución control luminarias nuevas

Tabla 3.1. Distribución de luminarias área de control

N°	Posición [m]		
	X	Y	Z
1	1.288	1.099	3.005
2	1.288	3.296	3.005
3	1.287	5.495	3.005
4	1.287	7.691	3.005
5	3.863	1.099	3.005
6	3.863	3.296	3.005
7	3.863	5.494	3.005
8	3.863	7.691	3.005
9	6.438	1.099	3.005
10	6.438	3.296	3.005
11	6.438	5.494	3.005
12	6.438	7.691	3.005
13	9.013	1.099	3.005
14	9.013	3.296	3.005
15	9.013	5.494	3.005
16	9.013	7.691	3.005
17	1.288	2.197	3.005
18	1.288	6.593	3.005
19	3.863	2.197	3.005
20	3.863	6.593	3.005
21	6.438	2.197	3.005
22	6.438	6.593	3.005
23	9.013	2.197	3.005
24	9.013	6.593	3.005

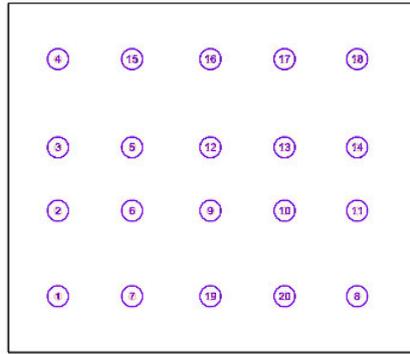


Figura 3.3. Plano de distribución control dicroicos

Tabla 3.2. Distribución de luminarias área de control dicroicos

N°	Posición [m]		
	X	Y	Z
1	1.25	1.41	3.005
2	1.25	3.56	3.005
3	1.25	5.16	3.005
4	1.25	7.38	3.005
5	3.11	5.16	3.005
6	3.11	3.56	3.005
7	3.11	1.41	3.005
8	8.75	1.41	3.005
9	5.07	3.56	3.005
10	6.93	3.56	3.005
11	8.75	3.56	3.005
12	5.07	5.16	3.005
13	6.93	5.16	3.005
14	8.75	5.16	3.005
15	3.11	7.38	3.005
16	5.07	7.38	3.005
17	6.93	7.38	3.005
18	8.75	7.38	3.005
19	5.07	1.41	3.005
20	6.93	1.41	3.005

Distribución de cada luminaria en el área de instrumentación

En la Figura 3.4 se muestra el plano de distribución de las luminarias diseñado para el área de instrumentación que cuenta con una superficie de 3.30 x 8.79 metros y una altura de 3 metros para la distribución de luminarias. Mientras que en la Figura 3.5 se

muestra la distribución de los tubos fluorescentes y en la Figura 3.6 se muestra las luminarias tipo dicroico instalados en años pasados.

En la Tabla 3.3 se observa la separación de cada luminaria nueva, mediante los ejes x, y, z. Mientras que en la Tabla 3.4 y en la Tabla 3.5 se observa la separación de cada luminaria tipo tubo led y tipo dicroico respectivamente mediante los ejes x, y, z.

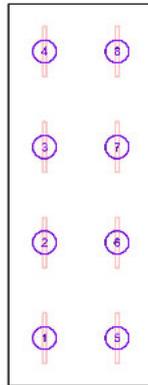


Figura 3.4. Plano de distribución instrumentación luminarias nuevas

Tabla 3.3. Distribución de luminarias área de instrumentación

N°	Posición [m]		
	X	Y	Z
1	0.825	1.099	3.005
2	0.825	3.296	3.005
3	0.825	5.494	3.005
4	0.825	7.691	3.005
5	2.475	1.099	3.005
6	2.475	3.296	3.005
7	2.475	5.494	3.005
8	2.475	7.691	3.005

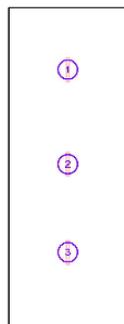


Figura 3.5. Plano de distribución instrumentación tubo fluorescente

Tabla 3.4. Distribución de luminarias área de instrumentación tubo fluorescente

N°	Posición [m]		
	X	Y	Z
1	1.6	6.58	3.005
2	1.64	4.28	3.005
3	1.6	2.00	3.005

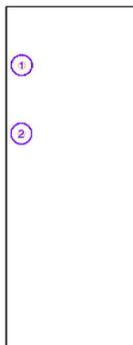


Figura 3.6. Plano de distribución instrumentación dicroico

Tabla 3.5. Distribución de luminarias área de instrumentación dicroico

N°	Posición [m]		
	X	Y	Z
1	0.40	7.28	3.005
2	0.39	5.52	3.005

La Figura 3.7 muestra la instalación de las luminarias en el LTI.



Figura 3.7. Instalación de luminarias

Selección e instalación de protecciones

Para la selección del interruptor termomagnético se utiliza la Tabla 3.6, resumida de protecciones comerciales.

Tabla 3.6. Protecciones comerciales.

Protección comercial Corriente nominal [A]
2
4
6
10
16
20

Para la selección de protecciones termomagnéticas se lo hace a través de la corriente encontrada en el capítulo 2 para cada circuito, tomando un valor comercial cercano al obtenido, tal como se muestra en la Tabla 3.7. Las protecciones se escogen mediante la norma NEC que propone utilizar un interruptor termomagnético para circuitos de iluminación de 16 [A].

Tabla 3.7. Selección de protecciones para cada modo.

Circuito	Corriente [A]	Protección comercial [A]	Seleccionado por la NEC [A]
Modo espera Control	3.4	4	16
Modo trabajo Control	2.84	4	16
Modo espera Instrumentación	3.33	4	16
Modo trabajo Instrumentación	1.41	2	16

Para el proyector se tiene una corriente de 2.91 [A] por lo cual se selecciona una protección de 4 [A]. Finalmente, la corriente general del laboratorio con todas sus cargas es de 17.15 [A] y se escoge una protección de 20 [A].

En la Tabla 3.8 se observa todas las protecciones utilizadas y en la Figura 3.8 se muestra la instalación de cada protección.

Tabla 3.8. Protecciones seleccionadas.

Cantidad	Circuito	Protección [A]
1	Modo espera Control	16
2	Modo trabajo Control	16
1	Modo espera Instrumentación	16
1	Modo trabajo Instrumentación	16
1	Proyector	4
1	Total LTI	20



Figura 3.8. Instalación de protecciones

Calibre de cable seleccionado

Para la selección del cable se utilizó la Tabla 3.9 que muestra las características resumidas de los conductores donde, mediante esta se escoge el calibre del cable. En la Tabla 3.10 se muestra el cable seleccionado que es el AWG número 16 como lo dice la norma NEC.

Tabla 3.9. Calibre del cable

Calibre cable AWG	Área o sección [mm ²]	Amperaje [A]
14	2.1	25
12	3.3	30
10	5.3	40
8	8.4	55
6	13.3	75
4	21.1	95
2	33.6	130
1	42.4	150
1/0	53.4	170
2/0	67.4	195
3/0	85.1	225
4/0	107.2	280

Tabla 3.10. Cable seleccionado.

Circuito	Área o sección [mm²]	Corriente [A]	Numero cable según la NEC AWG
Modo espera Control	0.16	2.02	14
Modo trabajo Control	0.22	2.85	14
Modo espera Instrumentación	0.17	2.66	14
Modo trabajo Instrumentación	0.064	1.01	14
Proyector	0.10	2.33	14
Total LTI	1.37	13.72	14

Se selecciona el cable AWG 14, tipo THHN ya que la norma indica que el calibre del cable para circuitos de iluminación debe ser desde el número 14 en instalaciones eléctricas de iluminación residenciales. Es importante mencionar que los circuitos de iluminación ya instalados también cuentan con un cable AWG 14, tipo THHN cumpliendo con lo establecido por la norma.

El dimensionamiento de las protecciones y conductores eléctricos están diseñados específicamente para las luminarias establecidas y si en algún momento se desea cambiar las luminarias se debe tener en cuenta que las protecciones soportan un amperaje máximo de 16 [A], la protección general soporta 20 [A] y los conductores eléctricos soportan una corriente máxima de 25 [A].

Diagrama unifilar

El diagrama unifilar consta del sistema total instalado en el laboratorio de tecnología industrial, en el cual se presenta los cuatro circuitos de iluminación con sus respectivas protecciones, número de cable utilizado y el número de luminarias asignadas por cada área. Adicionalmente, se indica el circuito que pertenece al funcionamiento del proyector respectivamente protegido. En el ANEXO IV se muestra el diagrama unifilar.

3.2 Pruebas y análisis

Para la toma de luxes se utilizó el instrumento luxómetro digital el cual capta la luminosidad y entrega valores en [lx]. En la Figura 3.9 se muestra la medición mediante este instrumento.



Figura 3.9. Medición con el luxómetro

Luxes entregados por área

En la Tabla 3.11 se muestra la comparación de luxes antes vs actual, donde ahora en el área de control se tiene un promedio de 665 [lx] de lo que antes se tenía 91 [lx], con el aumento de 574 [lx] se cumple con lo establecido por la norma NEC. Mientras que en el área de instrumentación se tiene un promedio de 614 [lx] de lo que antes se tenía 97 [lx] con el aumento de 517 [lx] también se cumple con lo establecido por la norma NEC.

Tabla 3.11. Tabla comparativa [lx] por área

	Antes	Actual
Área de control	Luxes [lx]	Luxes [lx]
Parte A	90	678
Parte B	93	640
Parte C	90	685
Parte D	91	656
Área de instrumentación	Luxes [lx]	Luxes [lx]
Parte A	98	598
Parte B	98	629
Parte C	95	605
Parte D	97	622

En la Tabla 3.12 y Tabla 3.13 se muestran los luxes medidos en cada metro cuadrado del área de control y el área de instrumentación, donde se tiene 90 mediciones con el fin de observar el cumplimiento total de las especificaciones establecidas. Además, se observa que en el área de control en la columna I, algunos valores se encuentran menores de 500 [lx], esto se debe a que en el laboratorio se encuentran algunas perchas que impiden la entrada total de luxes, estos espacios se utilizan para el tráfico de

personas ya que en las perchas se encuentran algunos elementos que permiten las prácticas de laboratorio.

La medición de luxes se tomó a una altura de 90 [cm] del piso, ya que esa es la altura de las mesas de trabajo.

Tabla 3.12. Medición luxes área control

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	450	612	716	622	513	533	756	632	442
2	618	770	794	741	508	740	800	788	480
3	540	679	700	738	668	727	893	790	422
4	510	850	773	708	573	700	947	810	481
5	540	707	750	747	685	738	805	785	400
6	570	754	707	805	580	630	850	700	408
7	602	738	808	853	719	730	970	946	600
8	505	695	736	690	622	741	758	707	520
9	512	640	742	765	600	693	746	744	527
10	510	638	743	691	539	606	845	542	438

Tabla 3.13. Medición luxes área instrumentación

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	524	588	570	574	509	757	668	520	518
2	582	595	664	690	672	766	670	612	501
3	541	665	770	779	774	783	689	665	505
4	501	507	510	610	585	623	540	640	503

Corriente consumida

En la Tabla 3.14 se muestra la corriente medida en el laboratorio por cada circuito y la corriente general de todo el circuito de iluminación. Es importante mencionar que estas corrientes son a plena carga.

Tabla 3.14. Corriente consumida

Área de Control	Corriente [A]
Espera 1	5.5
Espera 2	5
Trabajo	2.5
Área de Instrumentación	Corriente [A]
Espera	2.7
Trabajo	1.3
Total LTI	16.9

Se observa que las corrientes medidas están dentro de las corrientes nominales establecidas por el cable y protecciones previamente instalados.

Costo total del proyecto integrador

El ANEXO V muestra el costo total del trabajo de integración “Implementación de un sistema de iluminación automático para el laboratorio de tecnología industrial”.

Video de funcionamiento

En el ANEXO VI se encuentra el código QR del funcionamiento del proyecto integrador “Implementación de un sistema de iluminación automático para el laboratorio de tecnología industrial”.

4 CONCLUSIONES

El presente proyecto cumple con los objetivos propuestos, donde mediante un estudio técnico se obtuvo el diseño de iluminación y se estableció los elementos necesarios para la instalación del sistema de iluminación, el cual otorga un nivel de iluminación recomendado por la norma NEC.

El diseño previo del sistema de iluminación en el programa dialux ayuda a determinar algunos parámetros como: características de las luminarias, luxes deseados por área y la distribución general de cada luminaria, facilitando así un adecuado diseño del sistema y su posterior instalación.

Se observa que las corrientes que circulan por todos los circuitos a plena carga no sobrepasan los niveles de corriente nominal establecidos por los conductores y protecciones, teniendo así la seguridad de que cumplen con su dimensionamiento y pueden soportar hasta los valores establecidos.

Mediante los datos medidos en el laboratorio con el luxómetro, se verifica el cumplimiento de iluminación que es mayor o igual a 500 luxes. Sin embargo, en ciertas partes del laboratorio no cumple con el nivel de iluminación establecido, ya que existen perchas que impiden el paso directo de iluminación.

5 RECOMENDACIONES

En el dimensionamiento de protecciones y cables se debe tener en cuenta un factor de seguridad mínimo del 25% ya que con esto se establece un rango mayor a la carga nominal que va a ser utilizada. Permitiendo un margen de sobredimensionamiento de 1.25.

Se recomienda que, en el caso de que la vida útil de una luminaria led finalice, se cambie por una luminaria de las mismas características ya que su diseño y dimensionamiento está expuesto para soportar dichos parámetros.

El dimensionamiento de las protecciones y conductores eléctricos están diseñados específicamente para las luminarias establecidas y si en algún momento se desea cambiar las luminarias se debe tener en cuenta que las protecciones soportan un amperaje máximo de 16 [A], la protección general soporta 20 [A] y los conductores eléctricos soportan una corriente máxima de 25 [A].

Al momento de realizar los empalmes se debe asegurar que estos queden perfectamente ajustados aplicando fuerza en las extremidades del cable, ya que si este no es el caso se puede tener falsos contactos, presentar sobre calentamiento en el conductor y con ello provocar un posible corto circuito.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Saavedra, F. Rey, y J. Luyo, «Sistemas de Iluminación, situación actual y perspectivas», pp. 44-62, 2017.
- [2] Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana del Ecuador, «Norma Ecuatoriana De Construcción Nec Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas», *Nec*, p. 173, 2013.
- [3] Dialux, «DIALux», 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.dialux.com/es-ES/dialux>.
- [4] F. J. S. Carlos Herranz Dorremocha, Josep M^a Ollé Martorell, «La Iluminación Con Led Y El Problema De La Contaminación Lumínica», *Astronomía*, vol. 144, pp. 36-43, 2011.
- [5] N. Bratu Serbán y C. Littlewood, *Instalaciones Electricas, conceptos básicos y diseño*. 1995.
- [6] E. Harper, *El ABC DEL ALUMBRADO Y LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN*. 2004.
- [7] H. D. Quishpe Quishpe, «Diseño y construcción de un tablero práctico para controlar de forma manual o automática del encendido de luminarias para un parqueadero», 2013.
- [8] M. Soldevilla y D. Portaro, «Seguridad, Riesgo Eléctrico y Protecciones», pp. 0-10, 2019.
- [9] «Luminarias LED Lineal Ultra Delgado», *FEILO SYLVANIA*, p. 1.

7 ANEXOS

ANEXO I. REPORTE DE SIMILITUD GENERADO POR TURNITIN

DMQ, 16 de febrero de 2022

Yo, Aracely Inés Yandún Torres, como Director del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

Fecha de entrega: 16-feb-2022 07:20p.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 1764183011
Nombre del archivo: Trabajo_de_Integraci_n_-_Paillacho_Carlos.pdf (1.32M)
Total de palabras: 7289
Total de caracteres: 34513

Trabajo de Integración - Carlos Paillacho

INFORME DE ORIGINALIDAD



Para el reporte de similitud las secciones a ser analizadas fueron: la carátula, resumen, abstract, capítulo 1, capítulo 2, capítulo 3, capítulo 4 y capítulo 5.



DIRECTOR

Ing. Aracely Inés Yandún Torres.

ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 10 de febrero de 2022

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como Administrador del Laboratorio de Tecnología Industrial, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del sistema de iluminación automático para el LTI en las áreas de Control Industrial y Análisis Instrumental, el cual fue implementado por los estudiantes Paillacho Carlos y Chilig Cristian.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar el tablero con seguridad para los equipos y las personas.



Firmado electrónicamente por:
**PABLO ANDRES
PROANO CHAMORRO**

Administrador de Laboratorio

Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro., Msc.

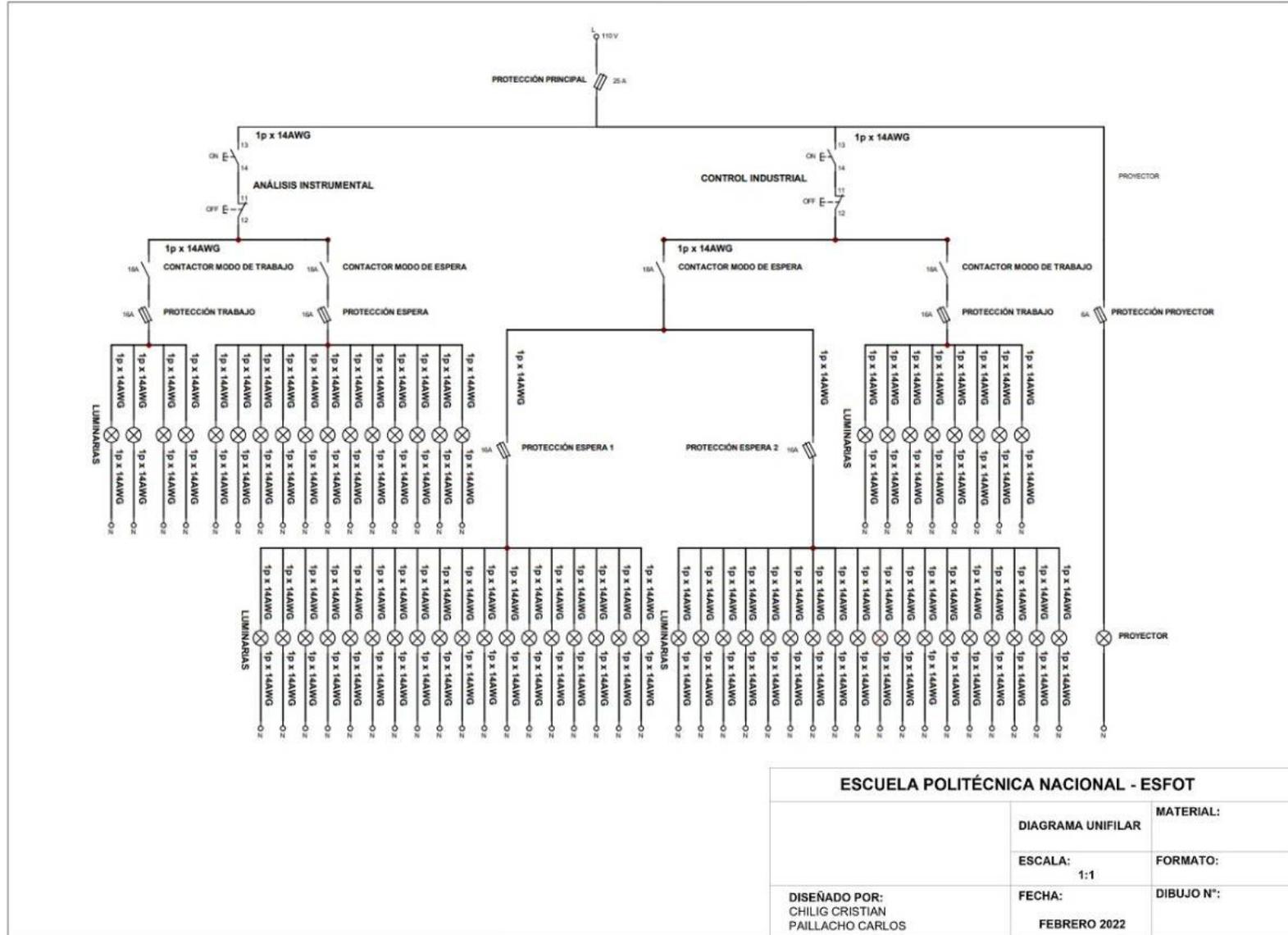
Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 28

Correo: pablo.proano@epn.edu.ec | **Ext:** 2729

ANEXO III. CALIBRE DE CONDUCTORES

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Chaqueta (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg/ km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos					
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO							
14	2,08	1	0,38	0,10	2,59	22,56	25
12	3,31	1	0,38	0,10	3,01	34,32	30
10	5,261	1	0,51	0,10	3,61	54,74	40
8	8,367	1	0,76	0,13	5,04	89,55	55
6	13,3	7	0,76	0,13	5,48	94,93	55
6	13,3	7	0,76	0,13	6,44	144,57	75
4	21,15	7	1,02	0,15	8,22	231,68	95
FORMACIÓN UNILAY							
14	2,08	19	0,38	0,1	2,76	23,56	25
12	3,31	19	0,38	0,1	3,26	35,93	30
10	5,261	19	0,51	0,1	4,11	57,28	40
8	8,367	19	0,76	0,13	5,40	93,62	55
6	13,3	19	0,76	0,13	6,34	142,58	75
4	21,15	19	1,02	0,15	8,08	226,51	95
2	33,62	19	1,02	0,15	9,59	350,90	130
1	42,4	19	1,27	0,18	11,04	448,66	150
1/0	53,49	19	1,27	0,18	12,05	560,77	170
2/0	67,44	19	1,27	0,18	13,17	697,21	195
3/0	85,02	19	1,27	0,18	14,43	866,29	225
4/0	107,2	19	1,27	0,18	15,65	1063,04	260
FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO							
250	126,7	37	1,52	0,2	16,06	1269,56	290
300	152	37	1,52	0,2	19,44	1533,76	320
350	177	37	1,52	0,2	20,74	1774,71	350
400	203	37	1,52	0,2	21,93	2023,66	380
500	253	37	1,52	0,2	24,10	2502,47	430
600	304	61	1,78	0,23	26,70	3015,86	475
750	380	61	1,78	0,23	29,37	3740,80	535
1000	507	61	1,78	0,23	33,28	4947,40	615

ANEXO IV. DIAGRAMA UNIFILAR



ANEXO V. COSTO TOTAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN

Cantidad	Elemento	V. Unitario	V. Total
20	Led SILVANIA 32 [W]	12	240
12	Led Maviju 36 [W]	11.5	138
1	Cable AWG 14 rojo	40	40
1	Cable AWG 14 negro	40	40
1	Modulo logo 230 RCE-ETHERNET	145	145
4	Contactador 3RT2015 18 [A]	18.5	74
5	Interruptor termomagnético 16 [A]	2.91	14.55
1	Interruptor termomagnético 4 [A]	2.91	2.91
1	Caja borneras 4 polos	25.4	25.4
5	Luz piloto	1.3	6.5
1	Canaleta 25x40 [mm]	5.5	5.5
1	Canaleta 60x40 [mm]	9.9	9.9
1	Riel Din 35 [mm]	0.45	0.45
1	Cinta aislante rojo	2.5	2.5
1	Cinta aislante negro	2.5	2.5
1	Rollo manguera liza	13	13
6	Cajetín hexagonal	0.38	2.28
1	Pegatinas	16	16
TOTAL			778.49

ANEXO VI. CODIGO QR

