

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL CAMPUS DE LA ESFOT (ZONA 1)

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

AUGUSTO GEOVANNY CASTILLO SANDOYA

augusto.castillo@epn.edu.ec

DARWIN MIGUEL CHAMBA FERNÁNDEZ

darwin.chamba@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. PABLO ANDRÉS PROAÑO CHAMORRO

pablo.proano@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Noviembre, 2019

DECLARACIÓN

“Nosotros, Augusto Geovanny Castillo Sandoya y Darwin Miguel Chamba Fernández 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 114 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 el 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”.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Augusto Geovanny Castillo Sandoya

C.I. 1711672459

Darwin Miguel Chamba Fernández

C.I. 1717131336

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Augusto Geovanny Castillo Sandoya y el Sr. Darwin Miguel Chamba Fernández, bajo nuestra supervisión.

Ing. Pablo Proaño Chamorro

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Carlos Romo Herrera

CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento muy especial a mis hijos Joel y Jeremy, a mi esposa Ana María, quienes con su apoyo y respaldo permanente, han sido mi principal impulso para cristalizar con éxito esta aspiración.

Un cordial agradecimiento a mi director de tesis Ing. Pablo Proaño y codirector Ing. Carlos Romo, por toda su retroalimentación aportada, para culminar satisfactoriamente con el presente proyecto integrador.

Y por supuesto a todos los docentes de la ESFOT, que en su determinado momento fueron guías y formadores de la carrera que hoy culmino.

AUGUSTO

Gracias padres y familiares, personas que fueron los principales promotores de mis sueños y alegrías, y también por el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

Además el agradecimiento a los docentes de la ESFOT, por haber compartido sus conocimientos que fueron esenciales para el desarrollo de este proyecto.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

DARWIN

DEDICATORIA

El presente proyecto integrador lo dedico principalmente a Dios por darnos la fuerza necesaria para concluir satisfactoriamente uno de los más grandes anhelos.

A la memoria de mis padres Ulvia y Jorge quienes con su ejemplo de amor, sacrificio y responsabilidad fueron un estímulo permanente durante toda mi preparación, que a pesar de nuestra distancia física siento que están conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que éste momento hubiera sido tan especial para ustedes como lo es para mí.

AUGUSTO

El presente trabajo se los dedico a mis queridos padres que con sus consejos, comprensión, amor y apoyo en los momentos difíciles de mi vida supieron guiarme hacia la culminación de este proyecto.

A mis hermanos Carolina y Edgar, por haberme brindado su tiempo y un hombro para descansar.

Esto fue posible gracias a ustedes.

DARWIN

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
• General:.....	3
• Específicos:.....	3
2. METODOLOGÍA.....	4
2.1 Tipo de investigación.....	4
2.2 Técnicas y herramientas utilizadas en el proyecto.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	6
3.1 Diseño del sistema de iluminación.....	7
• Características de la zona a ser implementada.....	10
• Cálculo del índice K (cavidad).....	11
• El coeficiente de utilización.....	12
• Flujo luminoso.....	13
• Dimensionamiento de luminarias.....	15
• Altura de ubicación de las luminarias.....	17
3.2 Simulación mediante programa Dialux.....	18
• Incorporación del plano.....	18
• Integración de luminarias.....	19
• Representación en colores falsos del área iluminada.....	20
3.3 Instalación del sistema.....	21

• Cálculo de la corriente a circular en la instalación.	21
• Cálculo del tipo de conductor.....	22
• Cálculo de la protección.....	23
• Cálculos de consumo eléctrico del sistema.	24
• Alimentación eléctrica del sistema.	24
• Determinación del tipo de canaletización.....	25
• Instalación de la canaletización.	26
• Instalación del cableado eléctrico.	27
3.4 Pruebas y análisis de resultados.	31
• Pruebas	31
• Análisis de resultados	32
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
4.1 Conclusiones.....	37
4.2 Recomendaciones.....	38
5. BIBLIOGRAFÍA	40
6. ANEXOS	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Área intervenida.....	6
Figura 3.2	Zona 1 (Vista lateral derecha área 1).....	7
Figura 3.3	Zona 1 (Vista lateral izquierda área 2).....	7
Figura 3.4	Medición de lux en el área antes de ser intervenida (00,0 lx).....	9
Figura 3.5	Área total ZONA 1.....	10
Figura 3.6	Luminaria tipo led.....	16
Figura 3.7	Incorporación del plano al programa Dialux.....	18
Figura 3.8	Representación en 3D del área intervenida.....	19
Figura 3.9	Incorporación de luminarias.....	19
Figura 3.10	Representación en colores falsos en escala de grises.....	20
Figura 3.11	Representación en colores falsos (vista en 3D).....	20
Figura 3.12	Rango de lux en colores falsos del área iluminada.....	21
Figura 3.13	Alimentación del circuito ubicado en el área 2.....	25
Figura 3.14	Medidor de luz se encuentra en el área 2.....	25
Figura 3.15	Instalación de canaletización.....	26
Figura 3.16	Posición de las luminarias ZONA 1.....	27
Figura 3.17	Diagrama de las conexiones eléctricas ZONA 1.....	28
Figura 3.18	Instalación del cableado eléctrico y luminarias.....	28
Figura 3.19	Conexión al tablero de control.....	29
Figura 3.20	Ubicación tablero de control.....	29
Figura 3.21	Tablero de control.....	30
Figura 3.22	Características del Luxómetro.....	31
Figura 3.23	Luxómetro HD 450.....	32
Figura 3.24	Mediciones con el Luxómetro antes de implementar el proyecto.....	32
Figura 3.25	Medición después de implementar el proyecto (99,3 lx).....	34
Figura 3.26	Vista lateral izquierda área 1 (Bombonerita).....	35
Figura 3.27	Vista lateral derecha área 1.....	35
Figura 3.28	Vista lateral izquierda área 2.....	36
Figura 3.29	Vista frontal área 2.....	36

Figura D. 1	Medidor de luz EEQ.	52
Figura D. 2	Ubicación medidor de luz.	52
Figura D. 3	Tablero de distribución.	53
Figura D. 4	Ubicación tablero de distribución.	53
Figura D. 5	Tablero de control.	54
Figura D. 6	Ubicación tablero de control.	55
Figura D. 7	Accionamiento manual.	55
Figura D. 8	Breaker bipolar (C1).	56
Figura D. 9	Temporizador (T1).	56
Figura D.10	Funciones del temporizador.	57
Figura D.11	Luminaria tipo led.	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Nivel de iluminación.	8
Tabla 3.2	Nivel de iluminación sugerida para vías de circulación de uso habitual.	9
Tabla 3.3	Características de la ZONA 1.....	11
Tabla 3.4	Factor de reflexión	12
Tabla 3.5	Factor de utilización.	13
Tabla 3.6	Información de las luminarias instaladas.....	15
Tabla 3.7	Sistema de codificación IP.	17
Tabla 3.8	Altura de instalación de la luminaria.....	17
Tabla 3.9	Selección del calibre de un conductor eléctrico.	23
Tabla 3.10	Tabla de cantidad de conductores admisibles en tubería Conduit	26
Tabla 3.11	Elementos del tablero	30
Tabla 3.12	Primera medición de niveles de iluminación (lx) antes del proyecto.	33
Tabla 3.13	Medición de niveles de iluminación (lx) implementado el proyecto.	34
Tabla E.1	Manual de mantenimiento.....	60
Tabla E.2	Acciones correctivas.....	61

RESUMEN

En el presente proyecto “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL CAMPUS DE LA ESFOT (ZONA 1), se planificó, diseñó e instaló un nuevo sistema, que satisface todas las necesidades y comodidades de sus peatones en cuanto a iluminación se refiere.

El presente documento está organizado en 4 capítulos distribuidos de la siguiente manera:

En el primer capítulo se describe, el estado en que se encontró el área, así como también la justificación para realizar el proyecto y los objetivos planteados.

En el segundo capítulo se menciona tanto la investigación realizada como las técnicas aplicadas para la ejecución del proyecto.

En el tercer capítulo se elaboró el diseño del nuevo sistema mediante planos en Autocad y con la ayuda del programa Dialux se simuló toda el área iluminada.

Además, este capítulo se complementa con la determinación de los elementos a utilizarse y culmina con las respectivas pruebas de resultados obtenidos.

En el cuarto capítulo se detalla las conclusiones y recomendaciones que fueron adquiridas en el transcurso de la realización del proyecto.

ABSTRACT

In the present project “IMPLEMENTATION OF A LIGHTING SYSTEM FOR THE ESFOT CAMPUS (ZONE 1), is a new system which was planned, designed and installed that satisfies all the needs and comforts of its pedestrians as far as lighting is concerned.

This document is organized in 4 chapters distributed as follows:

The first chapter describes the state in which the area was found, and the justification to carry out the project and the objectives set.

In the second chapter, it explains both the research done as the techniques applied for the execution of the Project.

In the third chapter was elaborated the design of the new system through plans in Autocad and with the help of the Dialux program the entire illuminated área was simulated.

Also , this chapter is complemented with the determination of the elements to be used and culminates with the respective tests of results obtained.

The fourth chapter details the conclusions and recommendations that were acquired in the course of carrying out the project.

1. INTRODUCCIÓN.

El presente proyecto da solución a una de las principales necesidades que tiene a la ESFOT, como es la iluminación en áreas verdes y corredores.

La Zona 1 es un sector estratégico de circulación entre la ESFOT y la Facultad de Ingeniería en Petróleos, razón por la cual fue fundamental la implementación del sistema de iluminación.

Su ejecución contó con un análisis previo de la zona, en cuanto al tipo de sistema a instalarse y que vaya acorde a las necesidades básicas de sus transeúntes, contemplando por supuesto todas las características técnicas y de seguridad que la actualidad lo demanda.

El programa DIALUX aportó proyectando una vista preliminar del proyecto culminado, y que corroboró los cálculos efectuados en el diseño.

Se implementó un sistema de iluminación automatizado, realizando el dimensionamiento total del circuito en cuanto a lux necesarios, potencia de las luminarias y flujo de corriente a circular por los conductores, y por supuesto se garantiza que los elementos de protección sean los adecuados para el mismo, a más del uso de un temporizador que controla el tiempo de encendido y apagado de las luminarias, promoviendo un ahorro de energía eléctrica, que se deriva en un ahorro económico para la institución.

Como resultado, un sistema de iluminación óptimo y de calidad, que aporta favorablemente con la seguridad y confort de toda la comunidad politécnica.

1.1 Planteamiento del problema.

La Escuela de Formación de Tecnólogos poseía en áreas verdes y corredores un sistema de iluminación deficiente, lo que se constituyó en un considerable problema tanto para los estudiantes como para el personal docente y de servicio.

La ausencia de luminosidad en un entorno reduce la eficiencia visual, siendo con frecuencia causantes de problemas como fatiga ocular, cansancio, falta de

concentración, baja atención, desánimo, dolor de cabeza, estrés y accidentes. (Comité español de iluminación, 2014)

La inseguridad es otro de los principales aspectos a considerar ante un deficiente sistema de iluminación, muchos accidentes se producen cuando una persona no puede identificar objetos u obstáculos en la vía y peor aún si se trata de contenidos peligrosos. (Guamán, 2015).

Motivos suficientes por los que se propuso implementar un sistema de iluminación automatizado y amigable con el medio ambiente, que cumpla técnicamente con todas las condiciones de calidad y seguridad que el sistema lo requiere.

1.2 Justificación.

Se Implementó un nuevo sistema de iluminación para la ESFOT, generando un ambiente óptimo de funcionalidad, para reducir al máximo situaciones que afecten directamente a estudiantes, personal docente, administrativo o de servicio, tal como se mencionó las citas señaladas anteriormente.

La seguridad, condiciones de salud, confort y ahorro energético, son algunas de las razones por las que se implementó el sistema, a más de brindar al personal de mantenimiento mediante la información que se proporcionó, procedimientos para prevenir desperfectos y reducir consistentemente, tiempos de reparación.

Lo que se propuso, es plasmar un sistema íntegro, versátil que permite reducir en parte el consumo de energía eléctrica en la ESFOT, efectuando estudios de cargas eléctricas, así como, la identificación de zonas y horarios con prioridad, con el objeto de contribuir en forma radical con la solución de este problema.

Entre las principales ventajas con las que cuenta el sistema son:

- Ahorro energético.
- Ahorro en servicios de mantenimiento.
- Supervisión de consumo eléctrico.
- Mejora de la eficiencia del trabajador en la ESFOT.

- Aumento del confort de los usuarios y estética.
- Detección y gestión eficaz de la seguridad en la ESFOT.

1.3 Objetivos.

- **General:**

Implementar un sistema de iluminación para el campus de la ESFOT (Zona 1).

- **Específicos:**

- Determinar las condiciones del sistema de iluminación existente.
- Determinar los requerimientos de iluminación de la Zona 1.
- Diseñar el sistema de iluminación.
- Implementar el sistema de iluminación en la Zona 1.
- Realizar las pruebas de funcionamiento.
- Redactar un manual de operación y mantenimiento.

2. METODOLOGÍA.

2.1 Tipo de investigación.

Para llevar a cabo el proyecto se realizó un tipo de investigación exploratoria y aplicativa.

Exploratoria, porque en base a la información proporcionada por parte de los estudiantes y personal de seguridad, quienes manifestaron las pésimas condiciones del sitio en cuanto a iluminación se refiere, se tomó datos para la ejecución del proyecto.

Aplicativa, porque en base a los conocimientos adquiridos a lo largo de toda la carrera se realizó la implementación del sistema de iluminación, considerando los requerimientos establecidos por cada uno de sus usuarios.

2.2 Técnicas y herramientas utilizadas en el proyecto.

Haciendo un reconocimiento del área se comprobó que el nivel de iluminación era muy deficiente, por el rango de lux demasiado bajo que se registra con el Luxómetro en diferentes puntos de la zona.

Con este antecedente, se realizó la medición del área total a ser intervenida y se procedió a diseñar el plano en el programa AUTOCAD para tener una mejor visión del sector.

Dicho plano, se vinculó al programa DIALUX 4.12, seleccionando un tipo de luminaria del catálogo descargado, en función a su potencia y lúmenes adecuados, proyectándose posteriormente una simulación del sistema requerido.

En vista que el encendido de las luminarias es únicamente en horarios preestablecidos se contribuye al ahorro energético y a la prolongación de su vida útil.

Con el cálculo de los elementos de mando y protección para el sistema, se procedió al montaje del tablero de control, así como de todas las luminarias con su alimentación respectiva.

Finalmente se hizo una nueva medición de lux con el sistema en funcionamiento, verificando que los valores calculados en el diseño se ajustan a los reales en la zona implementada.

Se complementa el presente proyecto, elaborando el respectivo manual de operación y mantenimiento a fin de contribuir con información técnica al personal asignado para su manejo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

El enfoque fue dar solución permanente al problema de iluminación que tiene la ESFOT en la ZONA 1, que es el sector al que se debe el presente proyecto.

Dicho punto carecía de luminarias, lo que lo convertía en un lugar de difícil tránsito y hasta peligroso en horas nocturnas, ya que a pesar de que existen dos postes de 11 (m) de alto, propios de la institución, ninguna de sus luminarias se encontraba funcionando.

La Zona 1 diseñada en el programa Autocad, se la visualiza marcada en color verde en la figura 3.1, presentada a continuación:

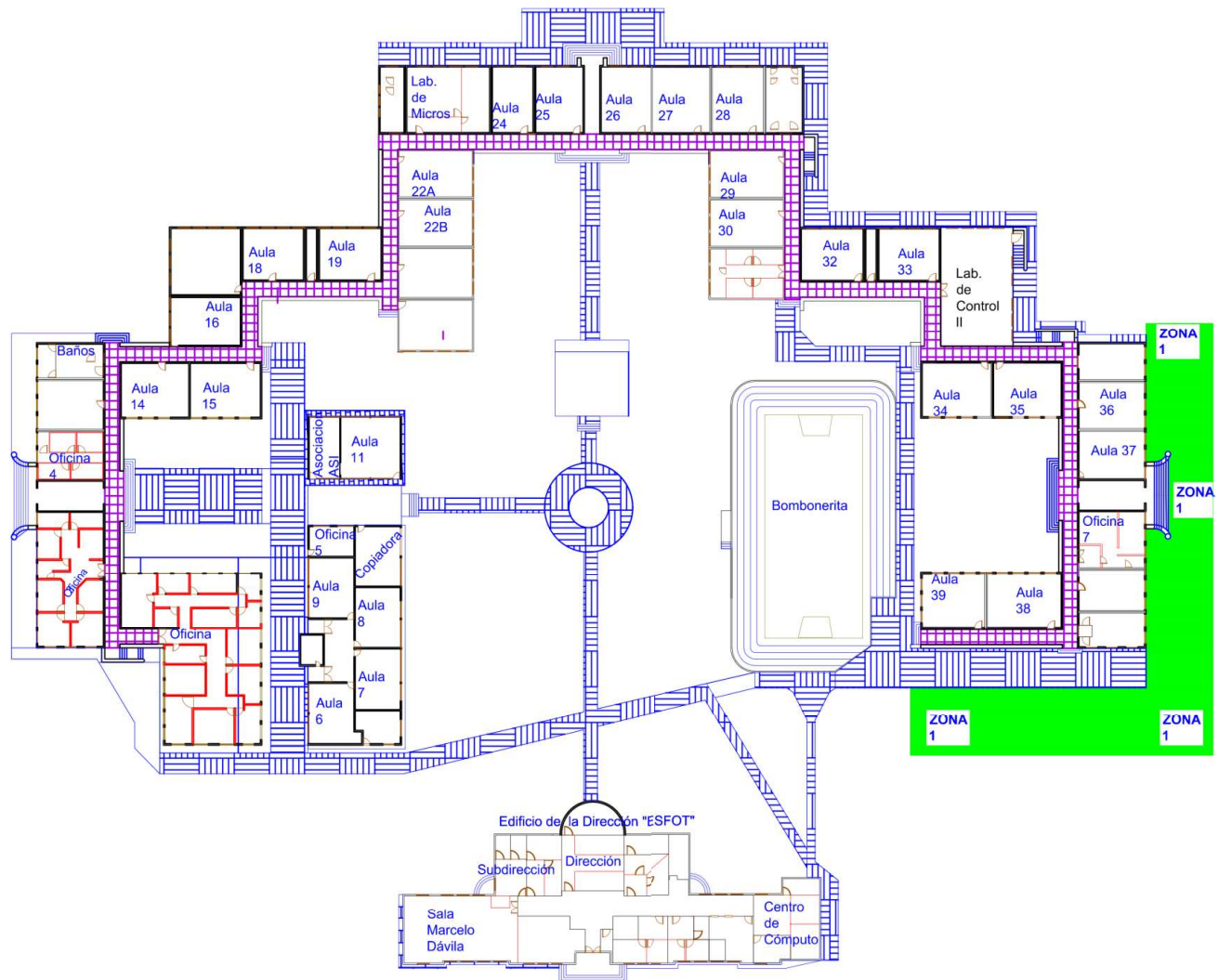


Figura 3.1 Área intervenida

El propósito principal del proyecto es proveer al sector una iluminación adecuada a fin de que los usuarios puedan transitar y realizar sus actividades sin inconveniente alguno, todo enmarcado dentro de los estándares técnicos de calidad y seguridad. En la figura 3.2 y 3.3 se puede observar el sitio asignado como Zona 1.



Figura 3.2 Zona 1 (Vista lateral derecha área 1)



Figura 3.3 Zona 1 (Vista lateral izquierda área 2)

3.1 Diseño del sistema de iluminación.

Al hacer un recorrido por el espacio correspondiente a la ZONA 1, se identificó el deficiente sistema de iluminación y el mal estado de las luminarias en los postes existentes que no contribuía en nada a la iluminación del lugar.

La iluminación adecuada en un sitio está en función del tipo de actividad y de la calidad durante el desarrollo de un trabajo. Por lo cual, es fundamental respaldarse en especificaciones técnicas con referencia a los niveles mínimos de iluminación, como las detalladas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Nivel de iluminación.

ZONA O PARTE DEL LUGAR DE TRABAJO (*)	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN (Lux)
ZONAS DONDE SE EJECUTAN TAREAS CON:	
Bajas exigencias visuales	100
Exigencias visuales moderadas	200
Exigencias visuales altas	500
Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Fuente: ((INSHT), 2015)

El área al carecer de luminarias dispone de un rango de lux que estaba muy por debajo de los 50 lux que se recomienda en la tabla 1, con este antecedente se procedió a realizar la medición de los niveles de iluminación con ayuda de un LUXÓMETRO de marca EXTECH.

Únicamente en ciertos espacios del área existen pocos reflejos de luz de edificaciones colindantes como lo es la facultad de Ingeniería en petróleos.

Durante el proceso se registró valores mínimos de hasta 0,0 lux, tal como se muestra en la figura 3.4.



Figura 3.4 Medición de lux en el área antes de ser intervenida (00,0 lx)

Los valores registrados en la medición no son los óptimos para un área altamente transitada, y que forma parte de la Zona Colonial en la Escuela Politécnica Nacional.

En la tabla 3.2 se detalla el rango de lux necesarios para la iluminación en este tipo de áreas.

Tabla 3.2 Nivel de iluminación sugerida para vías de circulación de uso habitual.

NIVEL DE ILUMINACIÓN	VALOR	UNIDADES
Mínimo	25	(lux)
Medio	50	(lux)
Alto	100	(lux)

Fuente: (Sanchez, 2015)

Considerando las actividades que realizan sus usuarios en los horarios nocturnos, se determina en base a la tabla citada, que la mejor opción es disponer de una iluminancia de 50 lux.

- **Características de la zona a ser implementada.**

El sitio se encuentra seccionado en dos frentes estratégicos, formando una “L”.

La Zona 1 está conformada por dos áreas que en la figura 3.5 se pueden distinguir de la siguiente forma:

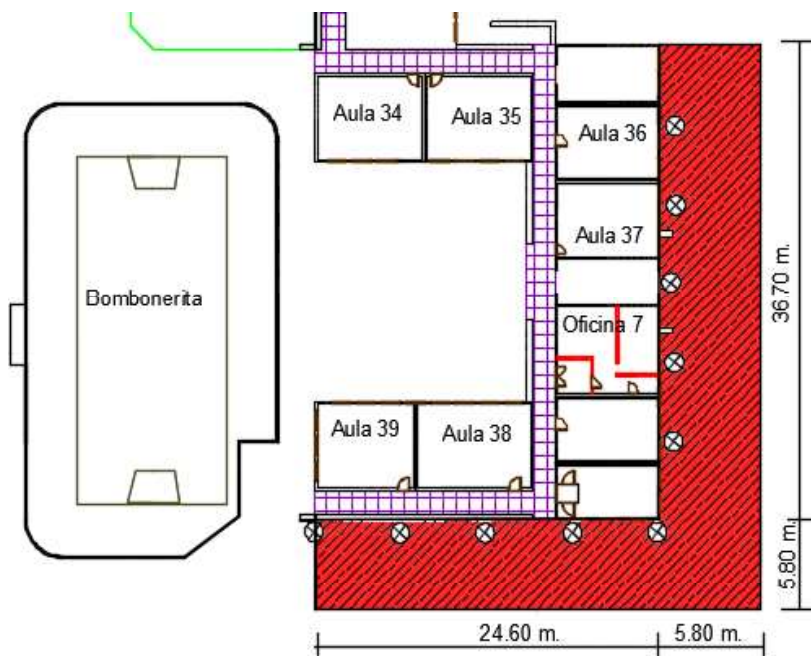


Figura 3.5 Área total ZONA 1

Área 1: es la sección horizontal marcada con color rojo

Área 2: es la sección vertical marcada con color rojo

$$\text{Área 1} = 5,8[\text{m}] \cdot 24,60[\text{m}] = 142,68 [\text{m}^2]$$

$$\text{Área 2} = 5,8[\text{m}] \cdot 36,70[\text{m}] = 212,86 [\text{m}^2]$$

$$\text{Área total} = \text{Área 1} + \text{Área 2} = 355,54 [\text{m}^2]$$

A pesar que es una zona de tránsito, la altura de trabajo fue considerada en 0,85 (m), debido a que frecuentemente los estudiantes y de seguridad realizan actividades de lectura o escritura en horario nocturno, a más del uso continuo del celular.

A continuación, en la tabla 3.3, se encuentran tabulados los parámetros propios de la zona y muy útiles para los cálculos del flujo luminoso.

Tabla 3.3 Características de la ZONA 1.

DATO	VALOR	UNIDADES
Altura de Instalación	3,85	(m)
Largo	61,30	(m)
Ancho	5,80	(m)
Nivel de iluminación	50,00	(lux)
Altura de trabajo	0,85	(m)
Área total	355,54	(m ²)

Con la información obtenida de la Zona 1 y utilizando el método de los lúmenes, comenzamos calculando el nivel medio de iluminancia dándonos un dato acorde a las necesidades de iluminación requeridas.

- **Cálculo del índice K (cavidad).**

El lugar al ser un área exterior, demanda un tipo de luminarias con iluminación directa es decir con proyección hacia abajo, para lo cual es fundamental el cálculo del índice K, y se lo hace en función de las dimensiones del sitio donde se implementa el sistema y que es necesario para la determinación del flujo luminoso.

La ecuación 1 a continuación permite el cálculo del índice “K”:

$$K = \frac{a \cdot b}{h (a + b)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

a = es el ancho del área a ser iluminada.

b= es el largo total del área a ser iluminada.

h = es la altura de ubicación de las luminarias.

$$K = \frac{5,8 \text{ [m]} \cdot 61,3 \text{ [m]}}{3,85 \text{ [m]} \cdot (5,8 \text{ [m]} + 61,3 \text{ [m]})}$$

$$K = 1,376$$

- **El coeficiente de utilización.**

También llamado Rendimiento de Iluminación, es el comportamiento que va a tener una luminaria en relación con el local donde será instalada, por lo que está en función con el índice del local (K) y del grado de reflexión del color de sus paredes y techos. (Trasancos, 2011)

De la tabla 3.4 partiremos para obtener los factores de reflexión de paredes y suelo ya que el techo no disponemos y directamente será 0.

Tabla 3.4 Factor de reflexión

	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN
Techo	Blanco o muy claro	0,7
	Medio	0,5
	Claro	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Suelo	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

Fuente: (Trasancos, 2011)

El factor de utilización del suelo fue considerado nulo debido a que existen espacios de tierra y otros con césped que producen mínima de reflexión (0,1) por lo tanto, es cero.

Para el caso de paredes de igual manera, los valores de coeficientes de reflexión (0,1) se encuentran tabulados acorde a los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado, al no haber puntos de reflexión directos que incidan en la zona su factor de reflexión es cero.

De igual manera al no existir techo o cubierta en la zona su factor de utilización es cero.

Conociendo el índice (K) de La ZONA 1, obtenido anteriormente y al ser un sector con características detalladas en cuanto a puntos de reflexión se considerará como factor de utilización de la Zona 1 el valor (0,48) señalado en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Factor de utilización.

Índice del local K	Factor de utilización (η)											
	Factor de reflexión del techo											
	0,8			0,7			0,5			0,3		
	Factor de reflexión de las paredes											
	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1	0
0,6	,39	,35	,32	,38	,34	,32	,38	,34	,31	,33	,31	,30
0,8	,48	,43	,40	,47	,42	,40	,46	,42	,39	,41	,38	,37
1,0	,53	,49	,46	,52	,48	,45	,51	,47	,45	,46	,44	,41
1,25	,58	,54	,51	,57	,53	,50	,55	,51	,49	,50	,48	,47
1,5	,62	,58	,54	,61	,57	,54	,58	,55	,52	,55	,51	,48
2,0	,66	,62	,59	,64	,61	,58	,61	,59	,57	,56	,55	,52
2,5	,68	,65	,63	,67	,64	,62	,64	,61	,60	,59	,57	,54
3,0	,70	,67	,65	,69	,66	,64	,65	,63	,61	,60	,59	,56
4,0	,72	,70	,68	,70	,69	,67	,67	,66	,64	,63	,61	,58
5,0	,73	,71	,70	,71	,70	,68	,68	,67	,66	,64	,63	,59

Fuente: (Sanchez, 2015)

- **Flujo luminoso.**

Es la radiación luminosa percibida por el ojo humano emitida por un haz de luz, su símbolo es (Φ) y su unidad es el lumen (lm).

Mediante la ecuación 2 se puede calcular el flujo luminoso total de la ZONA 1.

$$\phi T = \frac{E [lx] \cdot S [m^2]}{CU \cdot FM [\%]} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\phi T = \frac{50 \cdot 355,54}{0,48 \cdot 0,8} [lm]$$

$$\phi T = 46294,27 [\text{lúmenes}]$$

Con la ecuación 3 se determina el número de luminarias necesarias para el área, de acuerdo con el total de lúmenes calculados.

$$N = \frac{\phi T [lm]}{IL [lm]} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$N = \frac{46294,27}{4500}$$

$$N = 10,2 \quad \text{Equivalente a 10 luminarias.}$$

Si bien es cierto la aproximación se la debe hacer al inmediato superior, en este caso no se lo hizo, porque hay influencia de luminarias desde dos postes que contribuirían a mejorar el nivel de luxes de ser necesario y de esta manera ahorrar la adquisición de otra luminaria.

Dónde:

ϕT = Flujo Total Luminoso

E = Iluminancia media

S = Superficie de la zona intervenida

Cu = Factor de Utilización

Fm = Factor de Mantenimiento

N = Número de Luminarias

IL = Emisión luminosa de la luminaria

- **Dimensionamiento de luminarias.**

La ZONA 1, es un sector de tránsito obligatorio entre la facultad de Ingeniería en Petróleos y la ESFOT, motivo por el cual fue necesario la implementación del sistema, con luminarias tipo LED, que son las idóneas por su flujo luminoso y eficientes en cuanto al ahorro energético.

Con la información obtenida se eligió el tipo de luminaria y con las características tal, que garantizan un funcionamiento óptimo en toda la instalación.

A continuación, en la tabla 3.6 se detalla las especificaciones técnicas de dicha luminaria.

Tabla 3.6 Información de las luminarias instaladas.

FABRICANTE	LEDVANCE/OSRAM
DESCRIPCIÓN	FOODLIGHT LED 50 W 4500L BK
NUMERO DE CATÁLOGO	4567403
EMISIÓN LUMINOSA	4500 (lm)
NÚMERO DE LUMINARIA/LÁMPARA	1
CLASIFICACIÓN/ IP PROTECCIÓN	IP 65
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0,8 %
VOLTAJE NOMINAL (V)	120/220
POTENCIA NOMINAL (W)	50
LARGO (mm)	216
ANCHO (mm)	187
ALTO (mm)	62

Fuente: (SOLISLUX, 2017)

La seleccionada fue la luminaria LEDVANCE/ OSRAM DE 50 (W) que se muestra en la figura 3.6.



Figura 3.6 Luminaria tipo led

La luminaria cumple con todos los requerimientos del área.

Las luminarias instaladas cuentan con una protección IP 65, ideal para sus condiciones de trabajo por encontrarse a la intemperie.

El IP es un sistema de codificación que proporciona los grados de protección de una envolvente contra el ingreso de elementos sólidos (indicado en el primer dígito) o a su vez el ingreso de agua al dispositivo (expresado en el segundo dígito).

En la Norma IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) indica los números que se agrega al código para interpretar el grado de protección que brinda la envoltura al elemento. (SCRIBD, 2019)

Como dato adicional se informa que en algunos países se le añade incluso un tercer dígito para indicar el grado de resistencia al impacto.

En la tabla 3.7 se puede observar combinaciones de las características en protección IP.

Tabla 3.7 Sistema de codificación IP.

		2º Cifra-Protección contra la entrada perjudicial de agua								
		IP 0	IP 1	IP 2	IP 3	IP 4	IP 5	IP 6	IP 7	IP 8
1º Cifra-		No	Goteo	Goteo	Rociado	Rociado en	Lanzamiento	Golpes	Protegido	protegido
Protección contra		protegido	vertical	hasta	hasta	todas	en todas	de mar	contra	contra
cuerpos solidos			de agua	15° de	60° de la	direcciones	direcciones	(olas)	inmersión	submersión
de diámetro				la	vertical	(360°)	(360°)			
mayor a:				vertical						
IP 0	Sin	IP 00								
	Protección									
IP 1	50 mm	IP 10	IP 11	IP 12						
IP 2	12mm	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23					
IP 3	2,5 mm	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34				
IP 4	1,0 mm	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46		
IP 5	Protegido	IP 50				IP 54	IP 55	IP 56		
	contra el									
	polvo									
IP 6	Libre	IP 60					IP 65	IP 66	IP 67	IP 68
	contra el									
	polvo									

Fuente: (SCRIBD, 2019)

- **Altura de ubicación de las luminarias.**

Para determinar la altura de ubicación de las luminarias, se tomó en cuenta sus características tales como su flujo en (lm), la altura del plano de trabajo que es 0,85 (m) y como referencia la tabla 3.8 para establecer el rango del punto de instalación.

Tabla 3.8 Altura de instalación de la luminaria.

ALTURA DEL PUNTO DE LUZ	FLUJO DE LA LUMINARIA (lm)
< 7.5	< 15000
7,5 – 9	15 000 -20 000
9 – 12	00 – 40 000
>12	40 000

Fuente: (Trasancos, 2011)

Como la emisión de la luminaria es 4500 (lm), valor inferior a 15000 (lm), la altura de instalación es de 3,85 (m). que es un dato que está dentro del rango < a 7,5 (m), determinado en la tabla 3.8.

3.2 Simulación mediante programa Dialux.

Para obtener una perspectiva del proyecto culminado, se realizó una simulación con la ayuda del programa Dialux 4.12, herramienta esencial que permite la visualización de toda el área iluminada en escala de lux, únicamente realizando los siguientes procedimientos:

- **Incorporación del plano.**

La incorporación del plano es para seleccionar el área a ser intervenida por medio de las herramientas que ofrece el programa tal como se muestra en la figura 3.7.

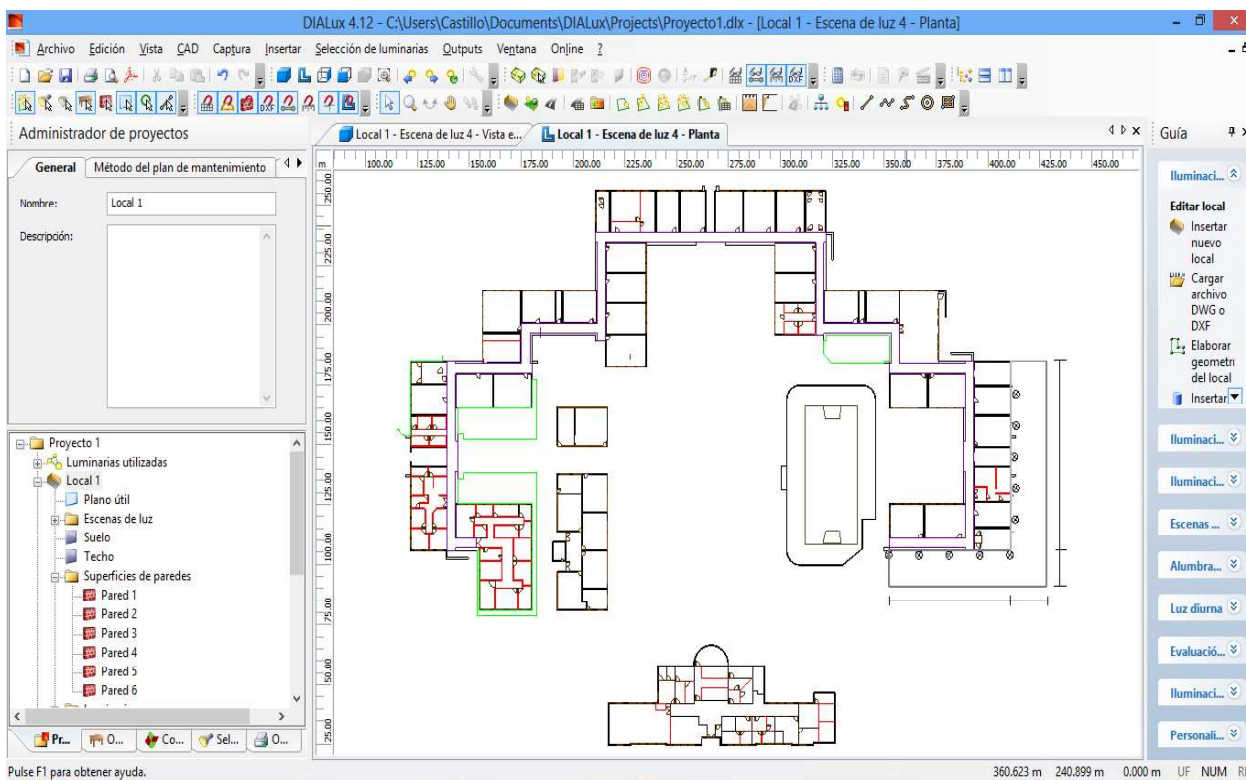


Figura 3.7 Incorporación del plano al programa Dialux

La figura 3.8 indica el espacio de la Zona 1 en formato 3 D.

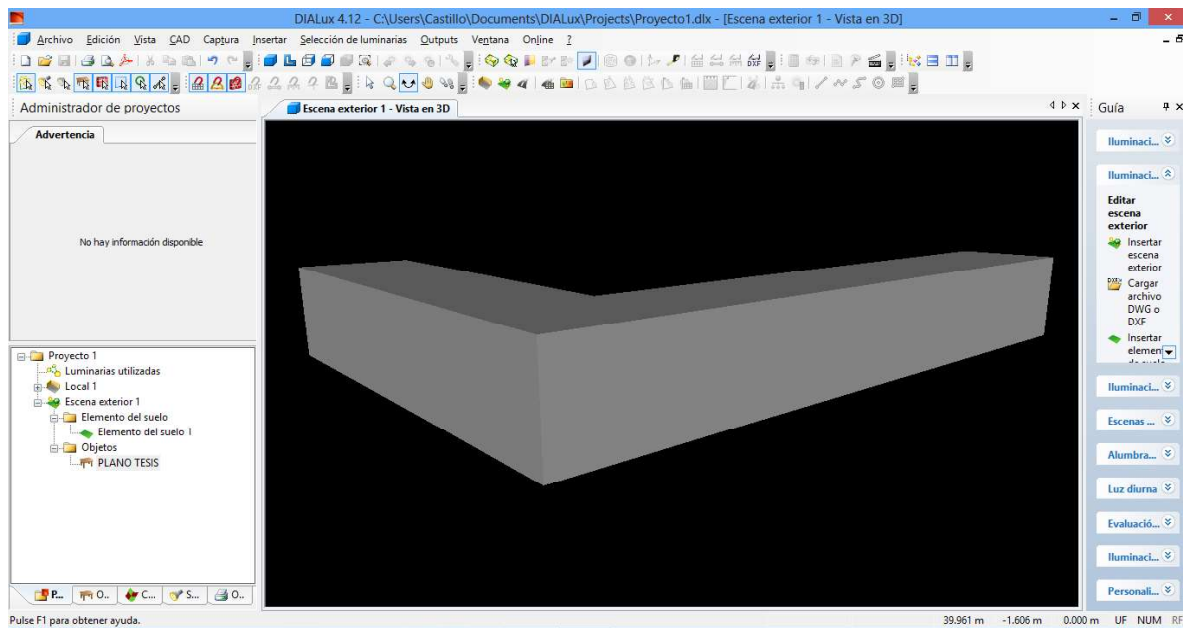


Figura 3.8 Representación en 3D del área intervenida

- **Integración de luminarias.**

Una vez elegida la sección del plano, se procedió a adjuntar y distribuir las luminarias del catálogo descargado en el programa, tal como se muestra en la figura 3.9.

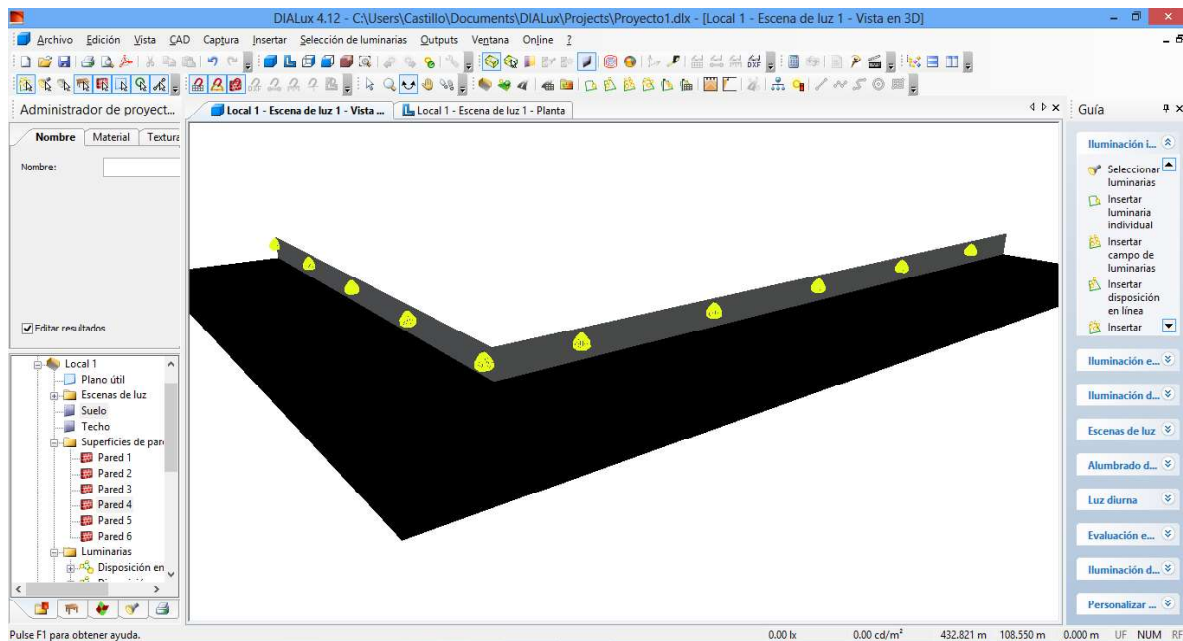


Figura 3.9 Incorporación de luminarias

- **Representación en colores falsos del área iluminada.**

Con el programa utilizado se simuló el área total iluminada. Las figuras 3.10 y 3.11 muestran en base a la representación de colores falsos, el rango de luminosidad de la zona, equilibrando la cobertura de los lux, proporcionados por las luminarias.

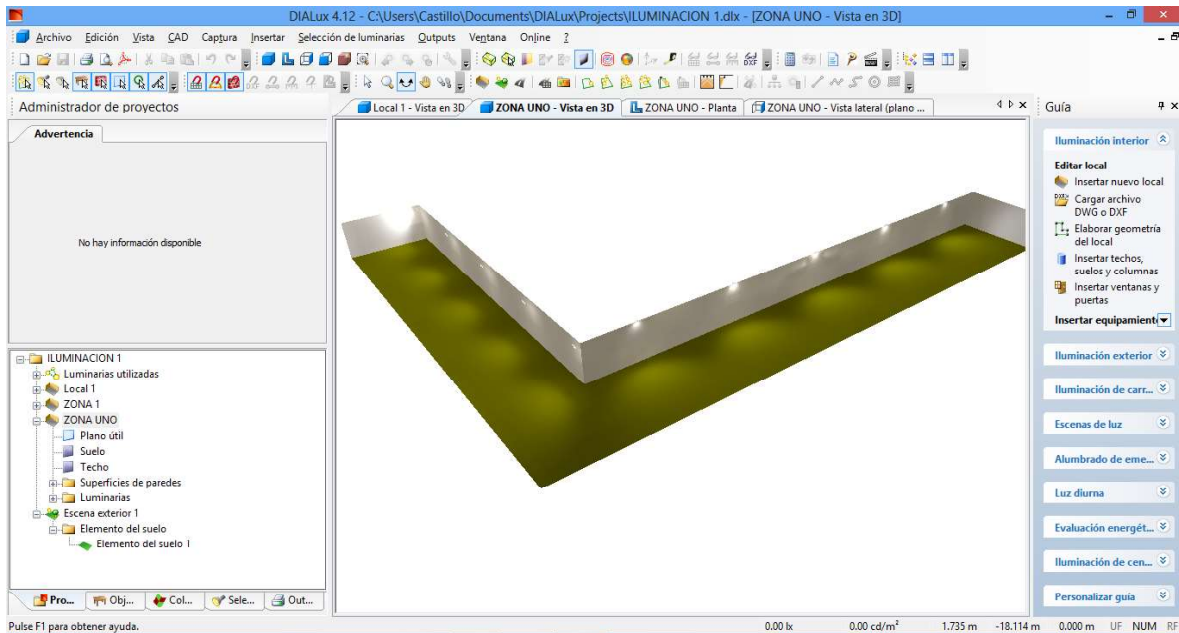


Figura 3.10 Representación en colores falsos en escala de grises.

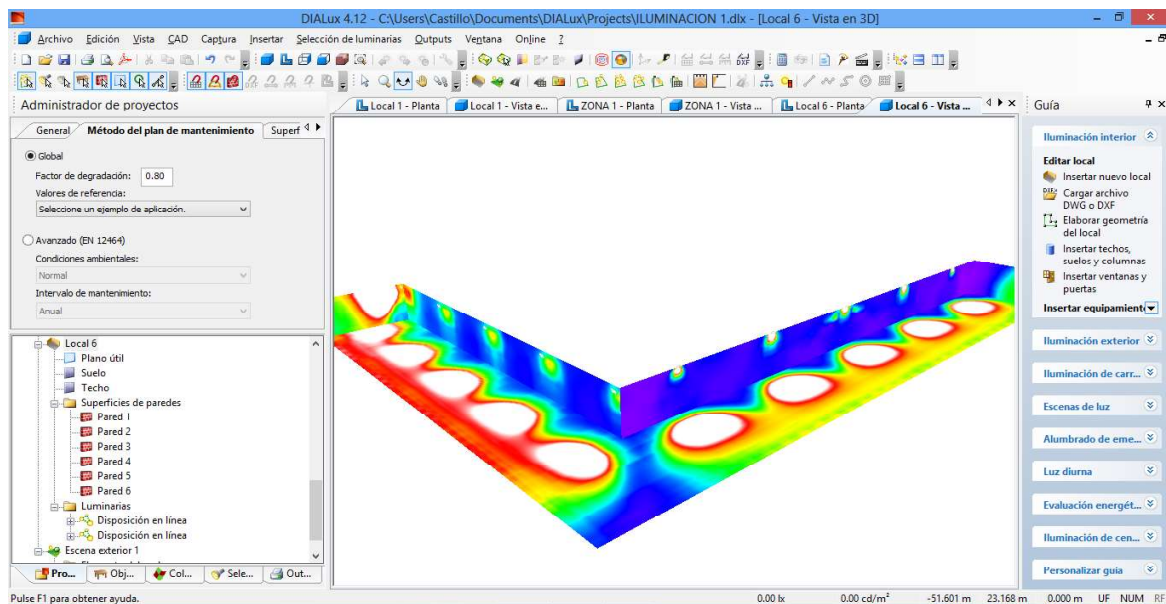


Figura 3.11 Representación en colores falsos (vista en 3D).

Una representación del rango de lux implementado se observa en la figura 3.12.

En el que de acuerdo con el color que se muestra en la escala, se registra el número correspondiente de lux para el punto.

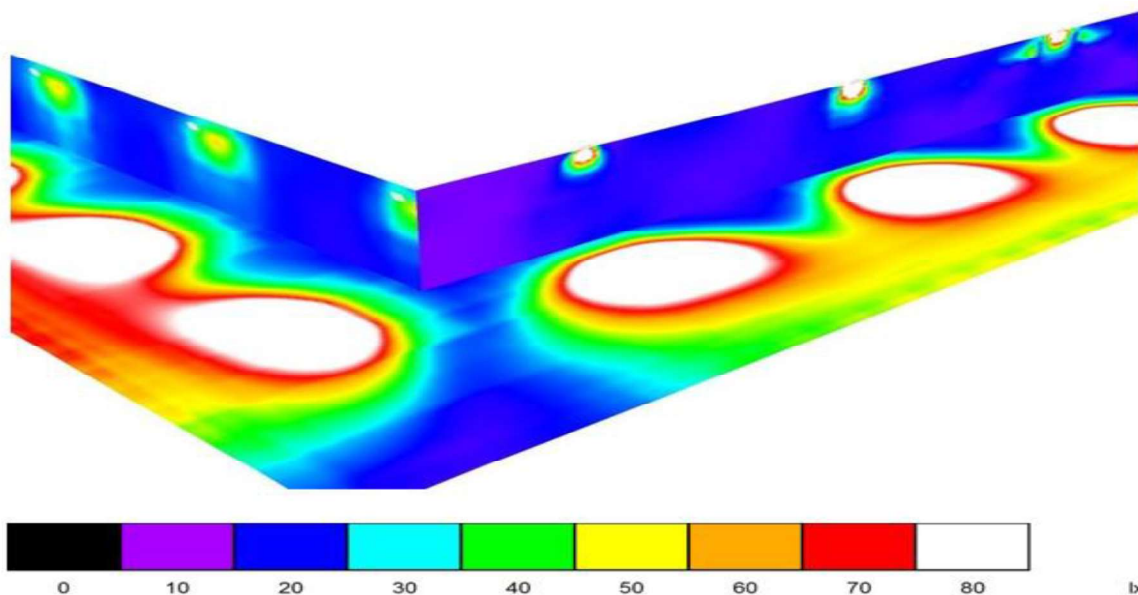


Figura 3.12 Rango de lux en colores falsos del área iluminada.

Además, en la sección de Anexos se encuentran los informes emitidos por el programa, en donde se detalla con más claridad los datos del Sistema implementado.

3.3 Instalación del sistema

- **Cálculo de la corriente a circular en la instalación.**

El valor de la corriente se obtiene para dimensionar el tipo de conductor y protecciones para el sistema, y al tratarse de un circuito monofásico el valor de la corriente se lo obtiene de los valores nominales tanto de voltaje como de potencia total del circuito.

Voltaje Nominal: 120 [V]

Potencia Nominal de cada Luminaria (PL): 50 [W]

El cálculo de la corriente a circular por el sistema se obtiene con las ecuaciones 4 y 5 referidas a continuación.

$$IT [A] = \frac{\text{Potencia activa [W]}}{\text{Voltaje Nominal [V] . Factor de potencia}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$IT = \frac{N \cdot PL}{V \cdot \cos \theta} \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$IT = \frac{10 \cdot 50 [W]}{110 [V] \cos(0,9)}$$

$$IT = 4,55 [A]$$

Dónde:

IT = Corriente Total

N = Número de luminarias

Factor de potencia = $\cos \theta$

PL= Potencia de cada luminaria

- **Cálculo del tipo de conductor.**

Para calcular el tipo de conductor a instalarse se lo hizo en función de las peores condiciones posibles a realizarse que es utilizando luminarias incandescentes.

Utilizando la ecuación 5 y con 10 luminarias incandescentes:

$$IT = \frac{10 \cdot 200 [W]}{110 [V]}$$

$$IT = 18,18[A]$$

En función del flujo de corriente a circular por el sistema obtenido anteriormente, se busca el conductor de cobre que por su mejor rango de conductividad otorgue un buen funcionamiento a toda la instalación, se toma como referencia la tabla 3.9 para la correcta selección.

Tabla 3.9 Selección del calibre de un conductor eléctrico.

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc.	Tamaño nominal mm ² (AWG O kcmil)	
(A)	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	-
20	3,307 (12)	-
30	5,26 (10)	-
40	5,26 (10)	-
60	5,26 (10)	-
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)

Fuente: (Secretaría de Educación Pública, 2014)

De la tabla 3.9 se eligió el cable # 12 AWG porque cumple con las características técnicas para conducir el amperaje del circuito, con una sección de 3,307 (mm²) permitirá el paso de hasta 20 (A) por su línea, sin que se genere un incremento de temperatura que afecte su cobertura aislante.

- **Cálculo de la protección.**

La capacidad de las protecciones eléctricas para los circuitos está en función de las NTIE (Norma Técnica de Infraestructura Educativa), siempre tomando en consideración que los conductores deben protegerse contra sobrecorriente según su capacidad de conducción, siendo aceptable una protección mínima del 125 % de la corriente de régimen de la carga calculada al 100%. (Secretaría de Educación Pública, 2014, pág. 10)

La ecuación 6 permite determinar el valor de la corriente del sistema, para seleccionar el fusible de protección.

Corriente de protección = $I_T \cdot FP$

(Ecuación 6)

Corriente de protección = $4,55 \cdot 1,25$

Corriente de protección = $5,7 \text{ [A]}$

Dónde:

IT = Corriente total del sistema

FP = Factor de protección

Los fusibles instalados para protección son de 6 (A) porque las luminarias instaladas son de tipo led y su corriente de protección obtenida es de 5,7 (A)

- **Cálculos de consumo eléctrico del sistema.**

Si se considera que la permanencia de encendido de las luminarias será exclusivamente en horarios de mayor demanda, es decir:

En la mañana desde las 04:00 h hasta las 06:00 h

En la noche desde las 18:30 h hasta las 22:00 h

El consumo de energía en este intervalo de tiempo será equivalente a:

Mediante la ecuación 7 se puede calcular el consumo de energía estimado para un mes.

Consumo de energía = $0,5 \text{ [Kw]} \cdot 5,5 \text{ [h]} \cdot 7 \text{ [días]} \cdot 4 \text{ [semanas]}$ (Ecuación 7)

Consumo de energía = 77 [Kwh]

Costo total = $77 \text{ [Kwh]} \cdot 0,08 \text{ [USD]}$

Costo total = $6,23 \text{ [USD]}$ al mes

- **Alimentación eléctrica del sistema.**

La alimentación del circuito se tomó de la caja de distribución que se deriva del medidor ubicado en el área 2 (ver figuras 3.13 y 3.14), la misma que al contar con su correspondiente instalación a tierra otorga una mayor protección al sistema.

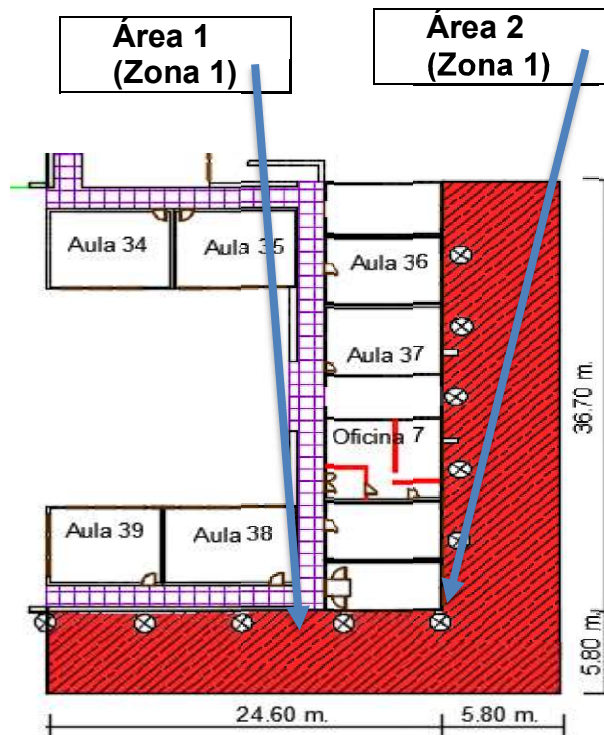


Figura 3.13 Alimentación del circuito ubicado en el área 2.

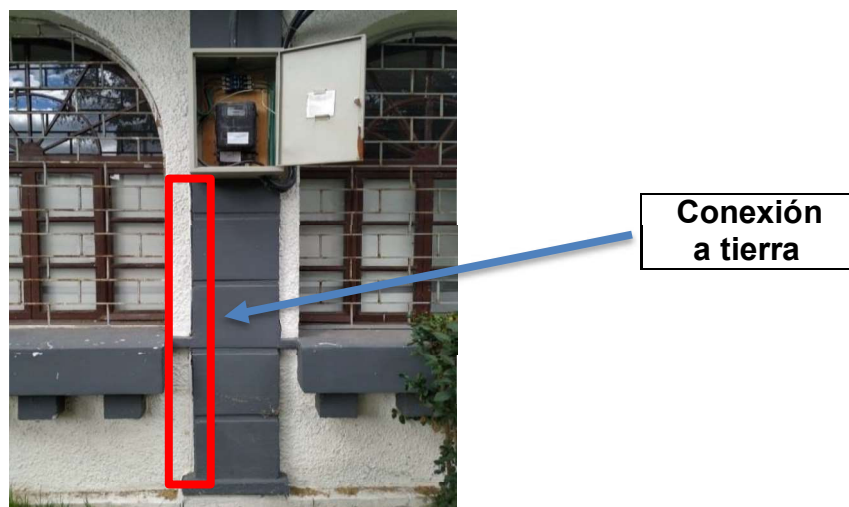


Figura 3.14 Medidor de luz se encuentra en el área 2.

- **Determinación del tipo de canaletización.**

Para proceder con la canaletización, previamente se eligió la tubería según la tabla 3.10 citada a continuación.

Tabla 3.10 Tabla de cantidad de conductores admisibles en tubería Conduit

CALIBRE AWG o kcmil	DIÁMETRO NOMINAL DEL TUBO (Pulgada, mm)									
	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4
	13	19	25	32	38	51	64	76	89	102
14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81
4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31

Fuente: (Maintprog, 2015)

Se seleccionó la Tubería Conduit galvanizada de ½ pulgada o lo que es lo mismo 13 (mm) de diámetro, que es la que permite el paso de hasta un máximo de 6 conductores, calibre # 12 AWG por su interior, garantizando el libre desplazamiento del cableado por toda la instalación.

- **Instalación de la canaletización.**

En la figura 3.15 se puede observar las canaletas instaladas y la alta concurrencia del estudiantado en el sector, por lo que la implementación del sistema es fundamental y urgente.



Figura 3.15 Instalación de canaletización.

La canaletización se instaló bajo la estructura de la cubierta existente en la ESFOT, a fin de proteger de la lluvia a todo el circuito.

Durante el montaje de la canaletización se requirió el uso de uniones, acoples, cajetines, que al igual a la tubería Conduit son de material galvanizado, para prevenir su corrosión.

En la figura 3.16 se observa la distribución de las luminarias a lo largo de toda la zona.

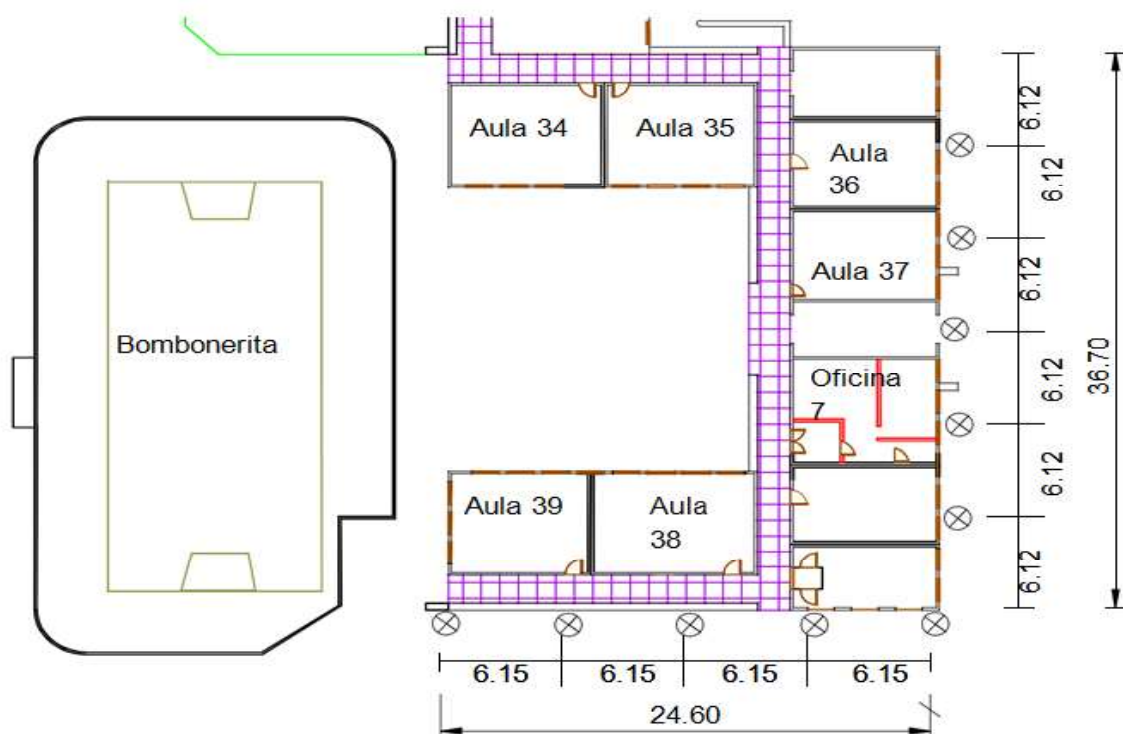


Figura 3.16 Posición de las luminarias ZONA 1.

- **Instalación del cableado eléctrico.**

Para realizar el tendido del cableado eléctrico, se empleó los conductores seleccionados en la tabla 3.9 que son los de calibre 12 AWG.

Un alambre galvanizado fue la guía que permitió el avance de los conductores a través de la tubería, dejando 20 (cm) de cables libres en cada uno de los cajetines para la conexión de las luminarias.

En la figura 3.17 se observa la conexión realizada de conductores y luminarias.

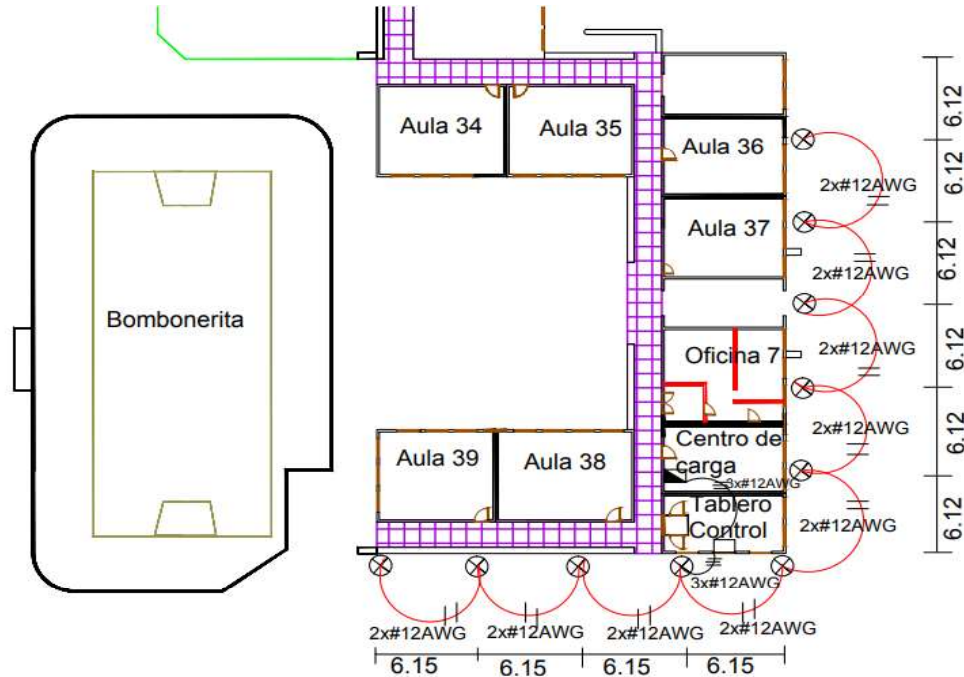


Figura 3.17 Diagrama de las conexiones eléctricas ZONA 1.

Con los conductores seleccionados se conectó las luminarias utilizando exclusivamente la fase con el cable color rojo, y el conductor de color verde que es el neutro, debido a que su funcionamiento es a 120 (V).

Sin embargo, queda pasada por la tubería la fase con el cable color negro si se desea utilizar el sistema a 220 (V) posteriormente.

Con la figura 3.18 se grafica la instalación de luminarias y cableado eléctrico.

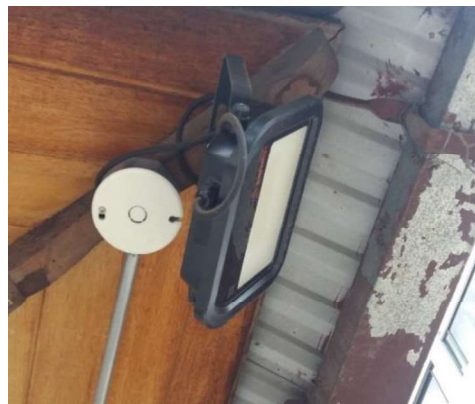


Figura 3.18 Instalación del cableado eléctrico y luminarias.

Para que el sistema funcione de forma correcta en base a los requerimientos dispuestos por la Escuela de Formación de Tecnólogos, se ha establecido construir un tablero de control cuyo diagrama unifilar se puede observar en el anexo B.

Cabe señalar que el tablero de control referido en la figura 3.19, cuál cuenta con los elementos de protección y mando para el funcionamiento correcto del sistema



Figura 3.19 Conexión al tablero de control.

. El tablero de control es el punto central desde donde se comanda el encendido y apagado de las luminarias, la correcta conexión entre sus componentes se ve reflejado en el buen funcionamiento del sistema, se encuentra localizado en el área 1 de la zona, a la salida del corredor junto al aula 38. (ver figura 3.20)

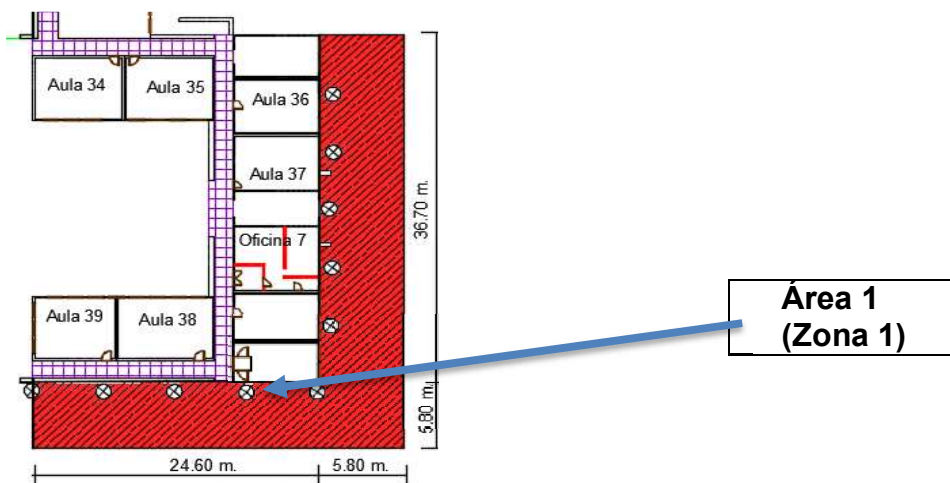


Figura 3.20 Ubicación tablero de control

El tablero de control dispone de sus partes principales en cuanto a elementos como temporizador digital programable 15 (A), 110v/220 (V); breaker bipolar 16 (A), 220 (V); accionamiento manual; fusible de cartucho 10 (A) y que son los que van a permitir el accionamiento del sistema con el siguiente horario de funcionamiento:

En la mañana desde las 04:00 h hasta las 06:00 h

En la noche desde las 18:30 h hasta las 22:00 h

Se puede observar los elementos del tablero de control identificados uno por uno, en la figura 3.21 que se presenta a continuación.

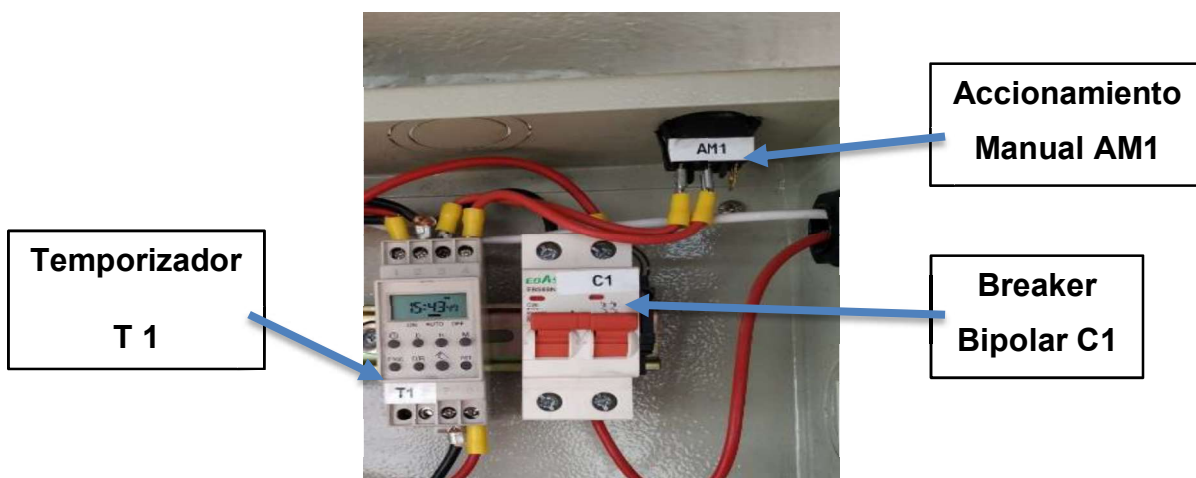


Figura 3.21 Tablero de control

En la tabla 3.11 se detalla los elementos que forman parte del tablero de control

Tabla 3.11 Elementos del tablero

ELEMENTOS TABLERO ZONA 1	
CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS
1	Breaker 2p, 16 (A), 220 (V)
1	Timmer dig, 15 (A), 110v/220 (V)
1	Fusible de cartucho Ø10x38; 6 (A)

3.4 Pruebas y análisis de resultados.

- **Pruebas**

Con el fin de verificar el buen funcionamiento del proyecto se procedió a medir los niveles de iluminación existentes, tanto antes como después de implementado el sistema.

Para realizar las mediciones se utilizó un LUXÓMETRO marca EXTECH, el cual mediante una célula fotoeléctrica se encarga de convertir la luz captada en impulsos eléctricos, que serán representados en valores de lux a través del display, y que cuyas características se cita en la figura 3.22:



Figura 3.22 Características del Luxómetro

- 1.- Enchufe del cable sensor
- 2.- Conexión USB para PC (bajo la tapa plegadiza)
- 3.- Pantalla LCD
- 4.- Juego de botones con función alta
- 5.- Juego de botones con función baja
- 6.- Botón de encendido y apagado
- 7.- Sensor de Luz

El luxómetro digital HD450 (ver figura 3.23) mide iluminancia en Lux. Es un registrador de datos que incluye una conexión para PC y un programa compatible

Windows para descarga de datos. El dispositivo permite ver 99 lecturas directamente en la pantalla LCD, además tiene una capacidad de guardar hasta 16.000 lecturas en el medidor y descargarlas a una PC.



Figura 3.23 Luxómetro HD 450

- **Análisis de resultados**

Al hacer un recorrido por toda el área con el equipo de medición, se verificó su lectura con los datos obtenidos en el programa DIALUX, registrándose valores superiores, especialmente en el área 2 que es donde cuenta con dos luminarias de postes que ya fueron reparadas y que contribuyen aún más a mejorar la iluminación.

La figura 3.24 indica una de las mediciones (0,4 lx) realizadas con el luxómetro antes de la implementación del sistema.



Figura 3.24 Mediciones con el Luxómetro antes de implementar el proyecto.

La tabulación de los valores registrados con el Luxómetro antes de implementado el sistema se refiere en la tabla 3.12.

Tabla 3.12 Primera medición de niveles de iluminación (lx) antes del proyecto.

# de Luminaria	Ubicación de la luminaria	Primer punto de medición frente a luminaria	Segundo punto de medición entre luminarias	Promedio de medición en lux (Em)
1	Área 1	4,66	1,87	3,27
2	Área 1	1,94	2,64	2,29
3	Área 1	0,83	1,95	1,39
4	Área 1	0,40	1,84	1,12
5	Área 1	1,62	0,89	1,26
6	Área 2	2,41	3,21	2,81
7	Área 2	1,95	5,67	3,81
8	Área 2	2,26	4,88	3,57
9	Área 2	1,88	5,23	3,56
10	Área 2	3,94	4,75	4,35
Promedio de luxes medidos		2,17	3,30	2,74

Para una correcta medición con el Luxómetro es necesario ubicarlo en el piso del sitio y proceder con las lecturas.

Cabe señalar que la hora de medición fue a las 20:00 h en el área 2, razón por la que se genera una combinación de luz blanca (luminaria led) y luz amarilla (luminaria de los postes), que se distingue en la figura 3.25



Figura 3.25 Medición después de implementar el proyecto (99,3 lx).

En la tabla 3.13 se tabula las mediciones realizadas con el sistema implementado.

Tabla 3.13 Medición de niveles de iluminación (lx) implementado el proyecto.

# de Luminaria	Ubicación de la luminaria	Punto frente a luminaria ubicado 3 (m)	Punto entre luminarias ubicado 5.8 (m)	Promedio de medición en lux (Em)
1	Área 1	70,82	48,61	59,72
2	Área 1	78,92	45,65	62,29
3	Área 1	80,54	40,81	60,68
4	Área 1	68,46	42,57	55,52
5	Área 1	77,91	47,43	62,67
6	Área 2	99,30	44,51	71,91
7	Área 2	94,12	40,67	67,40
8	Área 2	89,56	41,89	65,73
9	Área 2	94,24	43,58	68,91
10	Área 2	89,63	42,41	66,02
Promedio de luxes medidos		84,36	43,81	64,08

En las figuras 3.26 y 3.27 se puede observar la Zona Uno (área 1) iluminada desde diferentes ángulos de ubicación, para la primera imagen fue tomada desde un punto en la Bombonerita y para el caso de la segunda imagen fue tomada desde un punto de ubicación entre la ESFOT y la facultad de ingeniería en petróleos.



Figura 3.26 Vista lateral izquierda área 1 (Bombonerita).



Figura 3.27 Vista lateral derecha área 1.

En cambio, en las figuras 3.28 y 3.29 se puede observar la Zona Uno (área 2) iluminada desde una vista lateral observada desde un sitio alto intermedio entre la

ESFOT y la facultad de ingeniería en petróleos y la segunda imagen es una foto frontal del sitio donde se puede observar una de las hermosas fachadas con las que cuenta la institución.

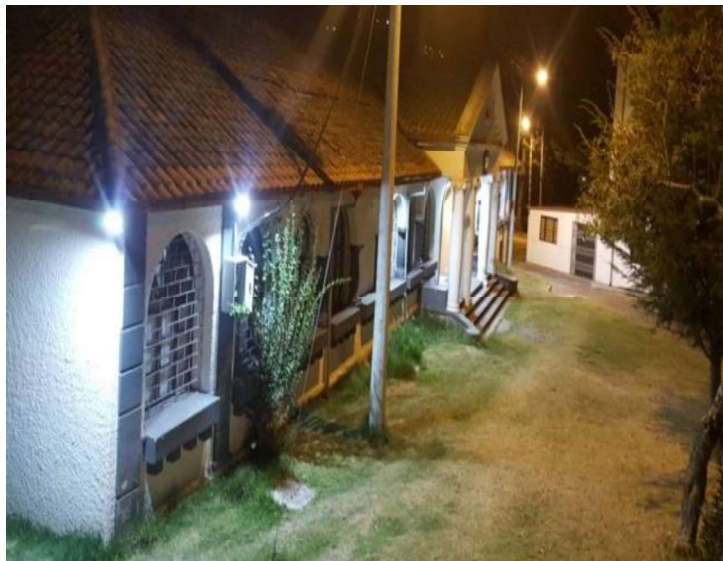


Figura 3.28 Vista lateral izquierda área 2.



Figura 3.29 Vista frontal área 2.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

- Al realizar el estudio de la iluminación se logró determinar que la cantidad de lux existentes no eran los más adecuados para transitar con facilidad.
- Las mediciones realizadas previamente con el LUXÓMETRO fueron fundamentales para determinar las insuficiencias lumínicas existentes.
- Para obtener una vista preliminar del proyecto culminado, el programa DIALUX 4.12 jugó un papel muy importante ya que advertía la cantidad lumínica a proyectarse según la luminaria seleccionada.
- Al ser un sistema automatizado, omite la intervención del hombre para su encendido y apagado, derivándose por lo tanto en un ahorro considerable en el consumo de energía, especialmente en horarios que no es necesario su funcionamiento.
- La luminaria led seleccionada al tener su luz de tipo blanca fría brinda mejor potencia en áreas abiertas, adecuada a la zona motivo del presente proyecto.
- Las pruebas de iluminancia del sitio con el luxómetro, efectuadas posterior a la implementación del sistema, corrobora que la selección de los elementos instalados fueron los correctos.
- La implementación del sistema de iluminación incidió positivamente en la luminosidad de la zona 1 debido a que en dicho sitio existía poca visibilidad en las noches.
- La correcta selección de elementos en el diseño del tablero de control para la implementación del proyecto contribuyó con un ahorro energético al permitir su accionamiento únicamente en horarios establecidos y necesarios.
- Además, se refleja un buen funcionamiento del sistema en cuanto a encendido y protecciones, para garantizar la seguridad del personal o equipos en el caso de producirse accidentes e incidentes.

4.2 Recomendaciones.

- Al ser una solución integral de iluminación se recomienda revisar el correcto funcionamiento de los elementos del tablero de control según lo establecido en el manual de usuario.
- Para manipular los conductores y elementos de control del circuito se recomienda desactivar los breakers de alimentación que se encuentran en el tablero de distribución dentro de la oficina 6 de la ESFOT, con el fin de garantizar la seguridad del personal que se encuentre trabajando en el lugar.
- En el caso de realizar modificaciones al sistema, hay que considerar que se encuentra funcionando a 120 (V) y al incorporar elementos adicionales, apoyarse en respaldos técnicos para su uso y aplicación.
- Para evitar cualquier tipo de fugas de corriente se sugiere realizar un correcto empalme de los conductores en uniones o a su vez el uso de borneras.
- En la manipulación de todo elemento energizado es muy importante contar con los EPI (Equipos de Protección Personal) como son zapatos dieléctricos, guantes, etc. y evitar el uso de elementos metálicos sin aislamiento.
- Para tomar lecturas con el Luxómetro se recomienda ubicar al sensor a nivel del piso, que es el lugar correcto para la medición en este tipo de áreas.
- Disponer de condiciones inadecuadas de iluminación produce consecuencias negativas en la salud y seguridad de sus usuarios, ya que la reducción de la eficacia visual puede ser causa de errores, accidentes y fatiga durante la realización de las tareas.
- Al ser un sistema que forma parte de un proyecto grande que comprendió la iluminación de toda la ESFOT, una posibilidad de mejora podría ser centralizar todas las zonas en base a un Logo o PLC, dándole variedad de funcionamientos y seguridades.
- En caso de daño de luminarias se recomienda su cambio por otras de similares condiciones y tipo led para que el ahorro energético prevalezca.

- Al haber utilizado conductores y protecciones para una corriente nominal de hasta de 20 (A) el factor de ampliación estimado para el sistema es de 30 %, si se deseara por ejemplo incrementar el número de luminarias.

5. BIBLIOGRAFÍA

- (INSHT), I. N. (2015). Iluminación en el Puesto de Trabajo. Madrid.
- Comité español de iluminación. (11 de 06 de 2014). *LUCES*.

Obtenido de ERCO Tesis led: La nueva referencia para la iluminación de exteriores:

<http://www.lucescei.com/noticias-y-eventos/noticias/news/detail/News/erco-tesis-led-la-nueva-referencia-para-la-iluminacion-de-exterior/>

- Guamán, M. P. (MARZO de 2015). diseño de iluminación con luminarias tipo led basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas. guayaquil, ecuador.

- Iluminación, C. d. (18 de Diciembre de 2018). *Cálculos en la Iluminación*.

Recuperado el 18 de Diciembre de 2018, de Cálculos en la Iluminación: Cálculos de la Iluminación <http://www.lumika.com.mx/files/Calculos%20en%20la%20iluminacion.pdf>

- Maintprog. (2015). Obtenido de <http://www.maintprog.com.co/>

- Sanchez, S. M. (2015). Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación interior y alumbrado exterior. Elearning S.L.

- SCRIBD. (2019). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/203518439/Tabla-de-Grados-de-Proteccion-IP>

- Secretaría de Educación Pública.

(2014). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105540/Tomo_I__Instalaciones_Electricas_V_2.1.pdf. Recuperado el 2019, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105540/Tomo_I__Instalacione_Electricas_V_2.1.pdf.

- SOLISLUX. (2017). Obtenido de <https://solislux.eu/en/product/ledvance-floodlight-50w-4000%D0%BA-ip65-black/>
- SQUARE, A. (s.f.). TABLAS TECNICAS. QUITO.
- Trasancos, J. G. (2011). *Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión*.

6. ANEXOS

ANEXO A: Croquis de la ubicación del sistema.

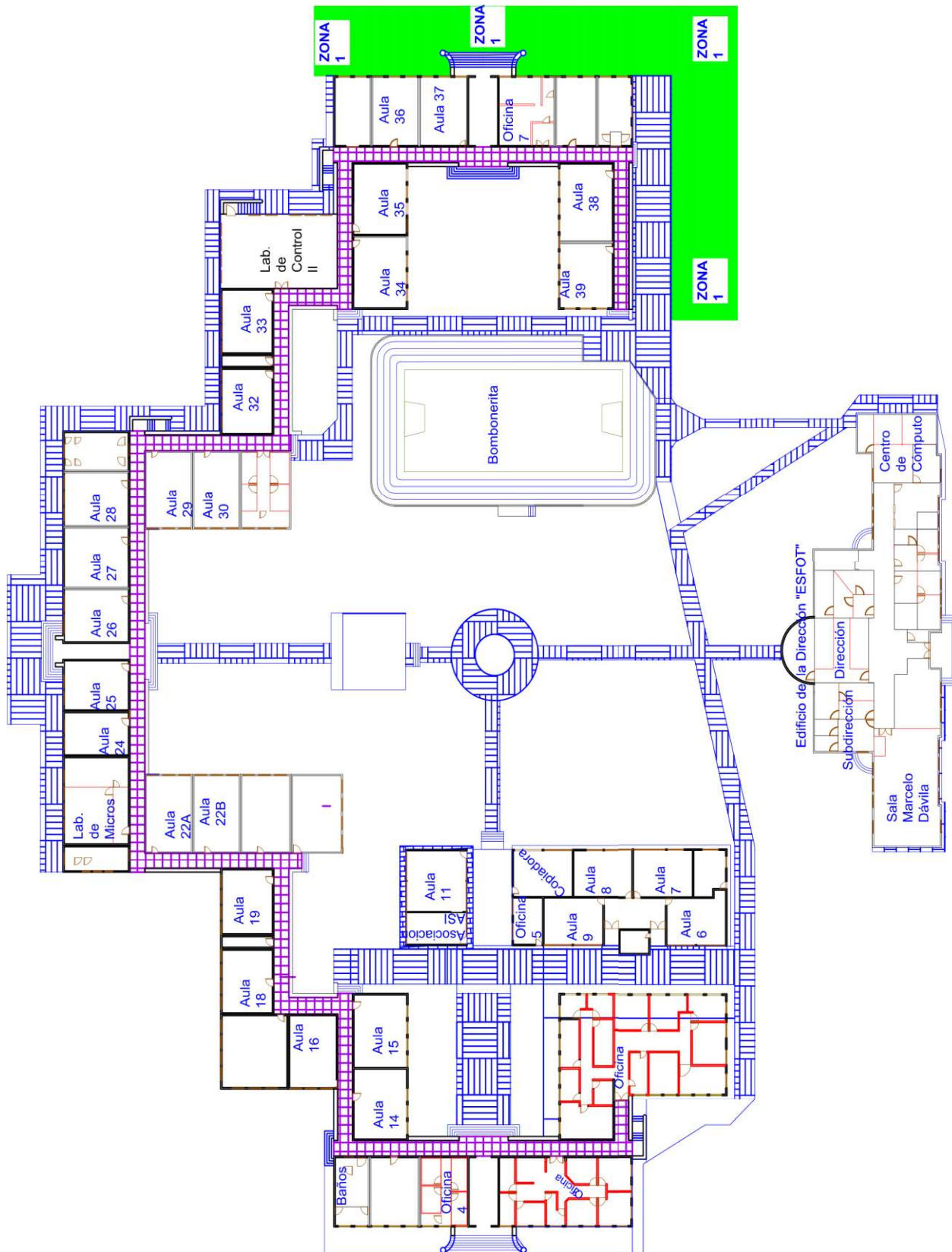
ANEXO B: Planos y diagrama unifilar de la instalación.

ANEXO C: Informes del programa DIALUX.

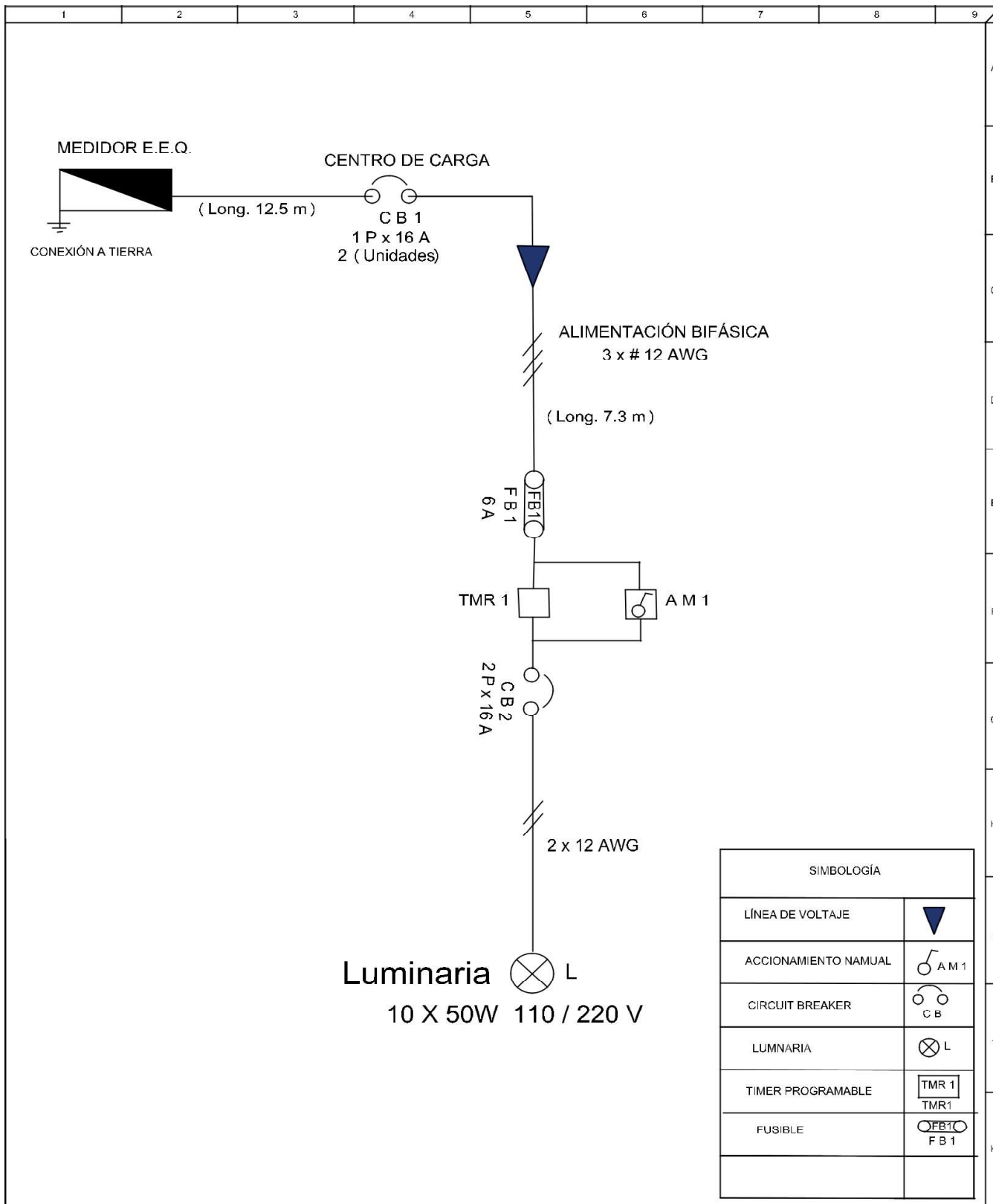
ANEXO D: Manual de usuario.

ANEXO E: Manual de mantenimiento

ANEXO A: Croquis de la ubicación del sistema.



ANEXO B: Planos y diagrama unifilar de la instalación.



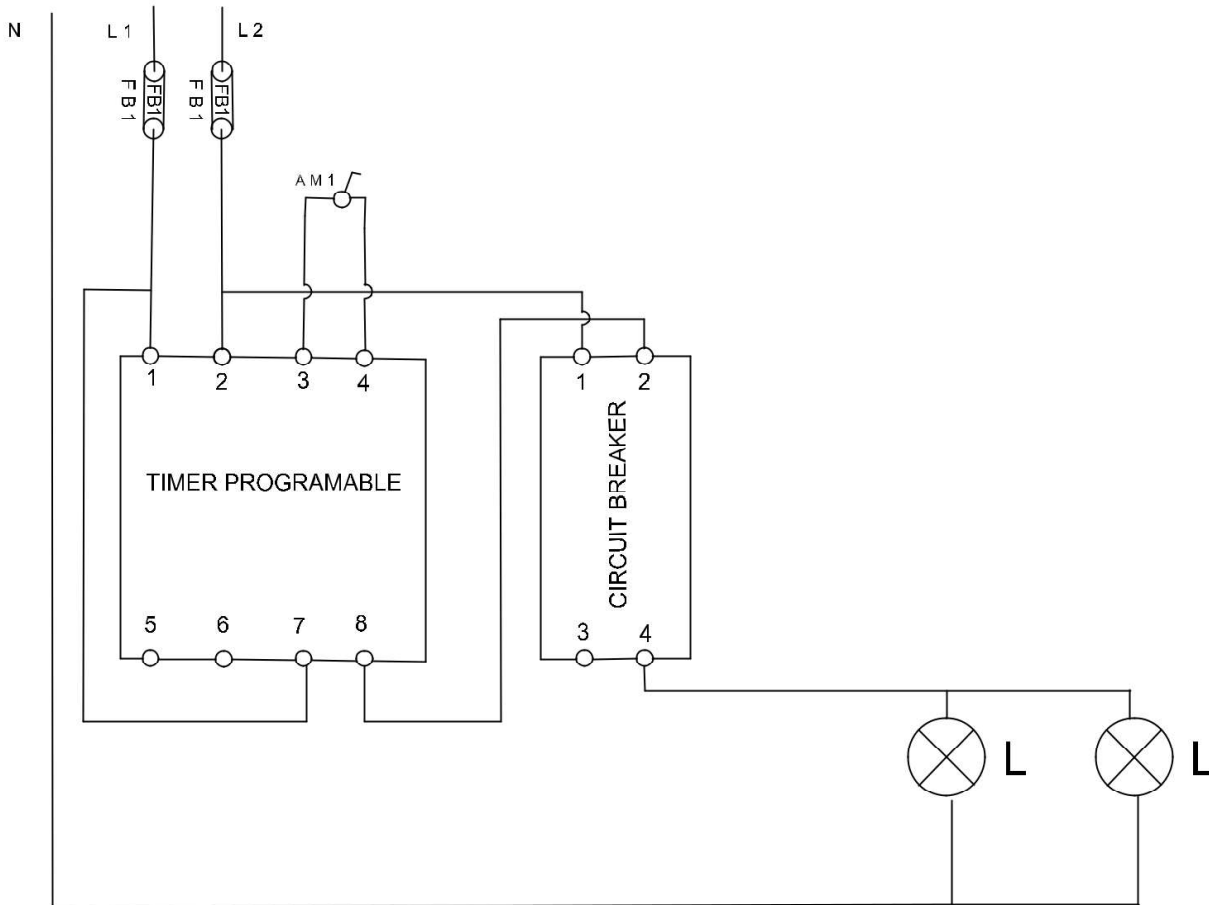
"ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL "
" ESFOT "

PROYECTO DE TESIS CASTILLO - CHAMBA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN
PARA EL CAMPUS DE LA ESFOT "ZONA 1"

POR:	DIBUJADO	COAUTOR	APROBADO	ESCALA:	TAMAÑO	HOJA
FECHA:	06/02/2019	06/02/2019	01/07/2019	1:20	A 4	1 De 2

ALIMENTACIÓN DESDE EL CENTRO DE CARGA



SIMBOLOGÍA	
LÍNEA DE VOLTAJE	
ACCIONAMIENTO MANUAL	
CIRCUIT BREAKER	
LUMNARIA	
TIMER PROGRAMABLE	
FUSIBLE	



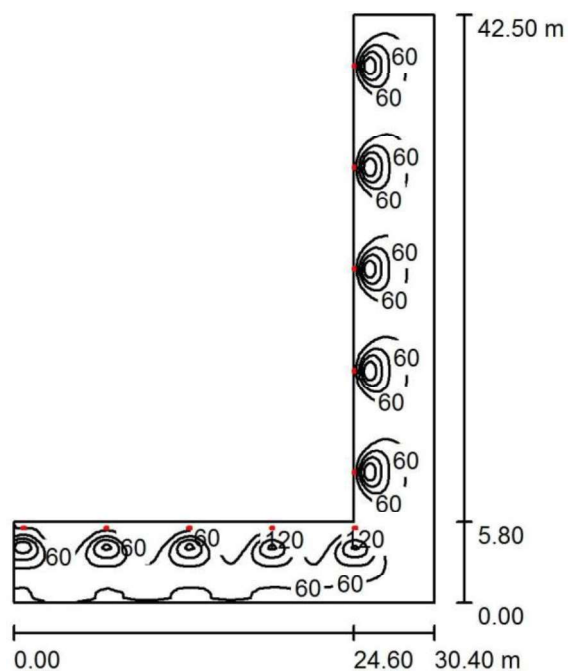
"ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL "
" ESFOT "

PROYECTO DE TESIS CASTILLO - CHAMBA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN
PARA EL CAMPUS DE LA ESFOT "ZONA 1"

DIBUJADO	COAUTOR	APROBADO	ESCALA:	TAMANO	HOJA
POR: Augusto Castillo	Darwin Chamba	Ing. Pablo Proaño	1:20	A 4	2 de 2
FECHA: 06/02/2019	06/02/2019	01/07/2019			

ANEXO C: Informes del programa DIALUX

ZONA UNO / Resumen

Altura del local: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80
Escala 1:546

Valores en Lux,

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	70	12	302	0.168
Suelo	20	61	14	156	0.234
Techo	70	25	8.84	5396	0.355
Paredes (6)	50	48	11	1210	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m

Trama: 128 x 128 Puntos

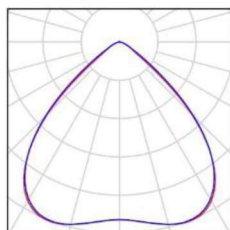
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	□ (Luminaria) [lm]	□ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	10	PHILIPS BVP110 1 xLED42/NW S (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	50.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 45000	Total: 45000	500.0

Valor de eficiencia energética: $1.28 \text{ W/m}^2 = 1.84 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 389.18 m^2)

ZONA UNO / Lista de luminarias



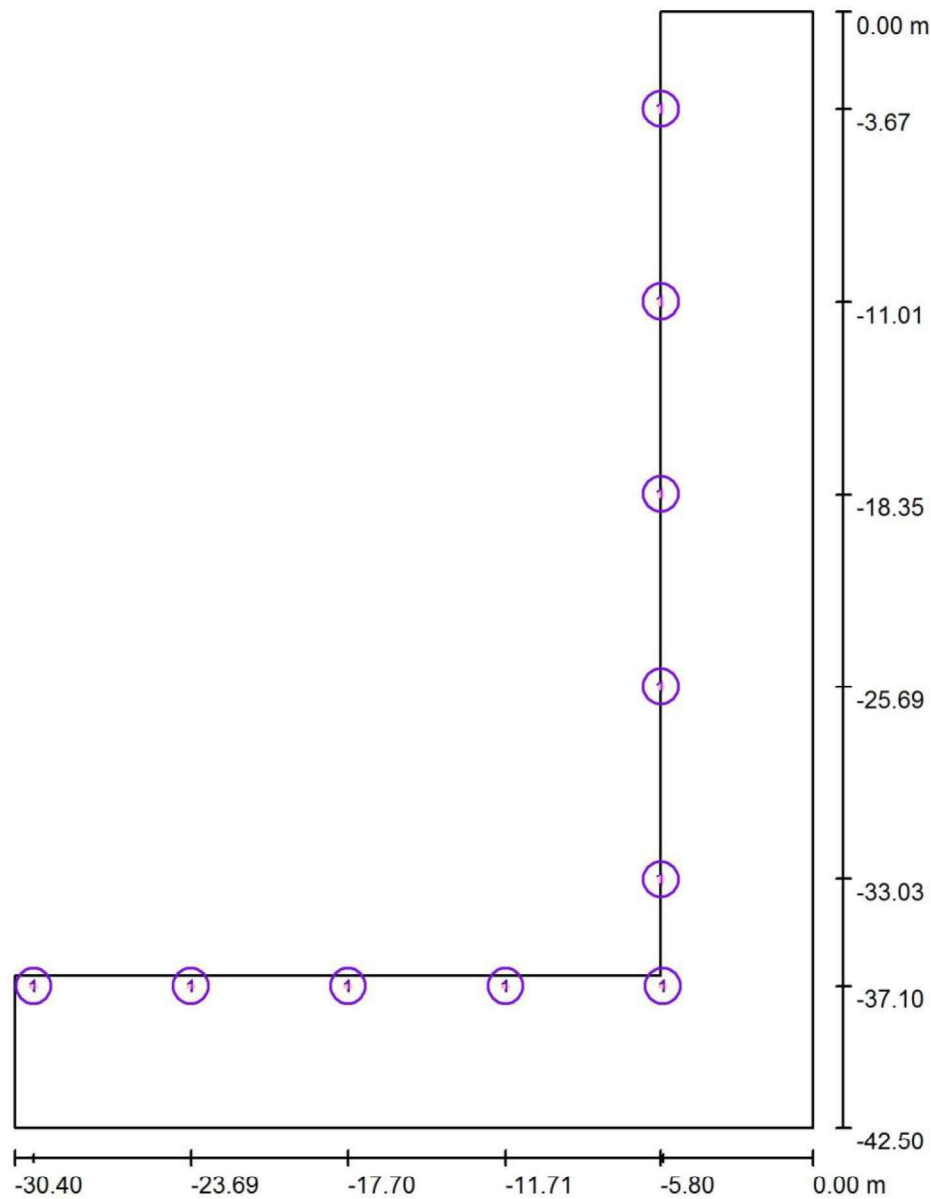
10 Pieza PHILIPS BVP110 1 xLED42/NW S (Tipo 1)

N° de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 4500 lm Flujo luminoso (Lámparas):
4500 lm Potencia de las luminarias: 50.0 W Clasificación luminarias
según CIE: 100 Código CIE Flux: 72 96 100 100 100

Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

ZONA UNO / Luminarias (ubicación)

Escala 1 : 288

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	10	PHILIPS BVP110 1 xLED42/NW S (Tipo 1)*

*Especificaciones técnicas modificadas

ZONA UNO / Resultados

luminotécnicos

Flujo luminoso
total: 45000 lm
Potencia total:

500.0 W Factor
mantenimiento:

0.80 Zona marginal:

0.000 m

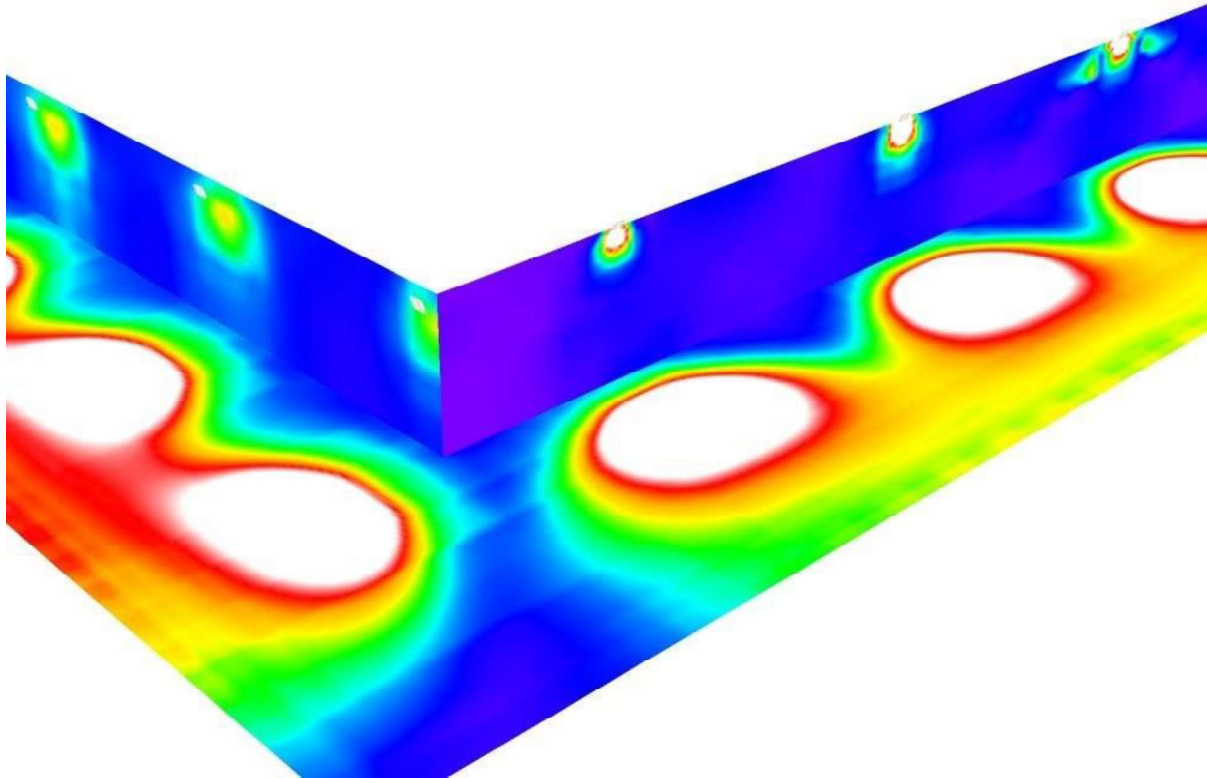
Superficie	Intensidades medias	[lx] indirecto total	luminicas directo	Grado de reflexión [%] media [cd/m ²]	Densidad lumínica
Plano útil	50	19	70	/	/
Suelo	42	20	61	20	3.91
Techo	7.75	17	25	70	5.55
Pared 1	14	13	27	50	4.36
Pared 2	1.09	19	20	50	3.16
Pared 3	0.07	26	26	50	4.21
Pared 4	64	29	94	50	15
Pared 5	64	16	80	50	13
Pared 6	45	12	57	50	9.12

Simetrías en
el plano útil
E_{min} / E_m:
0.168 (1:6)

E_{min} / E_{max}: 0.039 (1:26)

Valor de eficiencia energética: 1.28 W/m² = 1.84 W/m²/100 lx (Base: 389.18 m²)

ZONA UNO / Rendering (procesado) de colores falsos



0

10

20

30

40

50

60

70

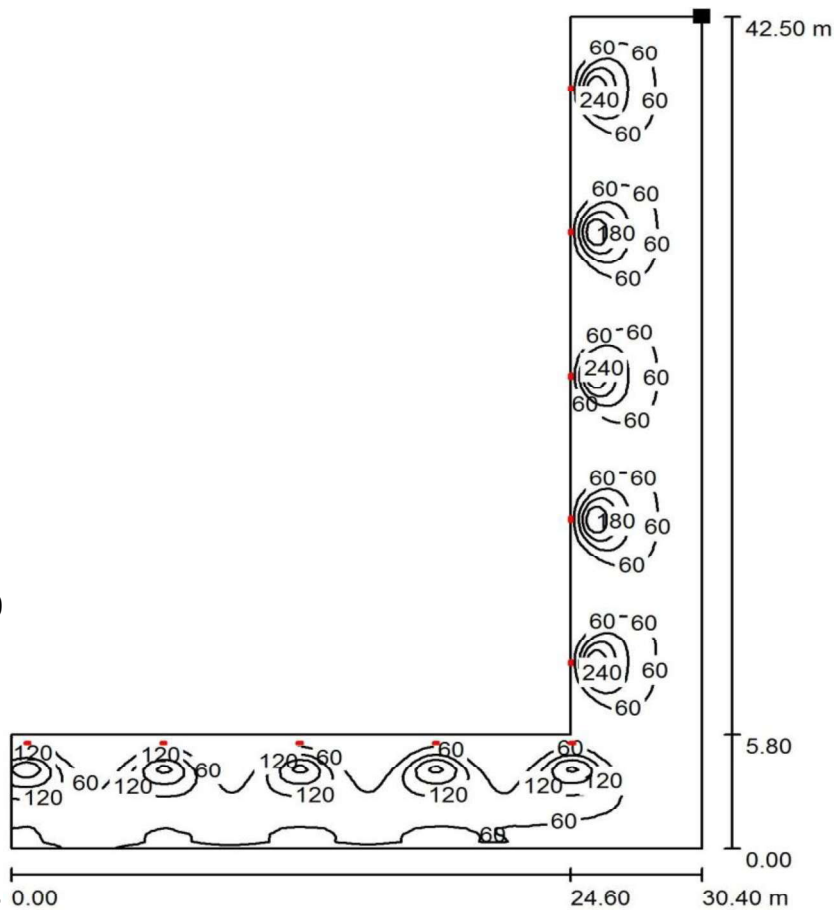
80

lx

ZONA UNO / Plano útil / Isolíneas



Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Valores en Lux, Escala 1 : 333

Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}	/	E_m
	E_{min} / E_{max} 70	12	302		0.168

ANEXO D: Manual de usuario.

En el manual de usuario se detalla todos los elementos que forman parte del sistema, tanto para su manipulación como para su tipo de mantenimiento preventivo o correctivo según lo amerite.

Fuente de alimentación

La alimentación energética proviene del medidor de luz (ver figura D.1) proporcionado por la Empresa Eléctrica Quito y que se encuentra ubicado en el Área 2 frente a la Facultad de Ingeniería de Petróleos (ver figura D.2) cuenta con la debida conexión a tierra a través de la varilla copperweld para protección.



Figura D. 1 Medidor de luz EEQ.

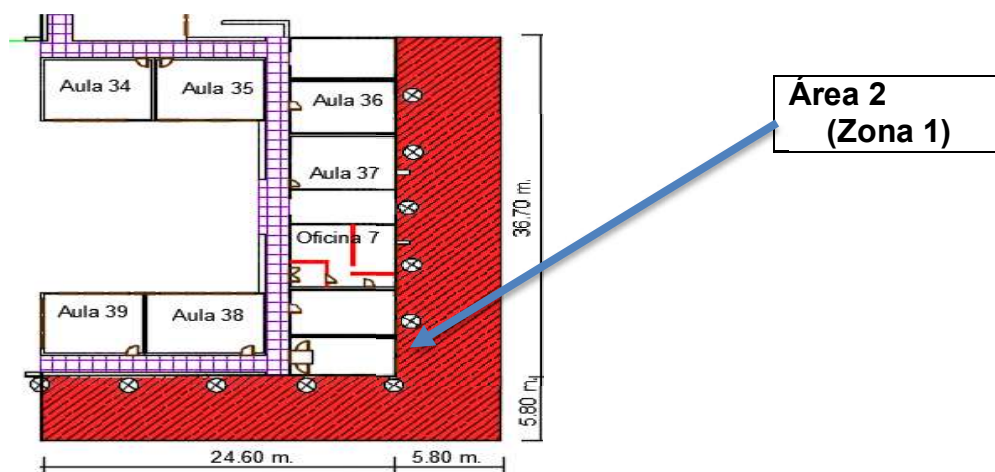


Figura D. 2 Ubicación medidor de luz.

Tablero de distribución.

El tablero de distribución (ver figura D.3) se encuentra ubicado dentro de la oficina 6 de la ESFOT (ver figura D.4), y a través de dos Breakers de 16 (A) se derivan las dos fases de alimentación al tablero de control identificadas con el conductor de color negro como la FASE 1 y el conductor de color rojo como la FASE 2, además del cable de color blanco que es el NEUTRO del circuito.

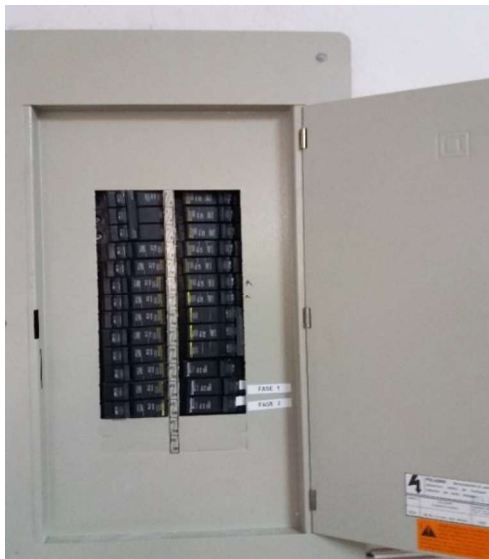


Figura D. 3 Tablero de distribución.

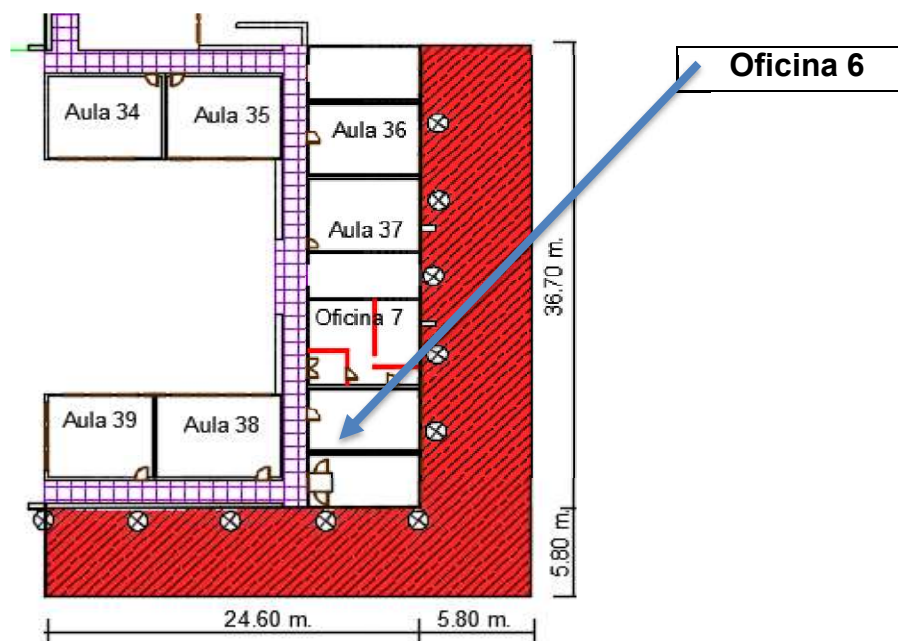


Figura D. 4 Ubicación tablero de distribución.

Tablero de Control

El tablero de control es el punto central desde donde se comanda el encendido y apagado de las luminarias, la correcta conexión entre sus componentes se ve reflejado en el buen funcionamiento del sistema.

Los elementos que forman parte del tablero de control de la ZONA 1 se detallan en la figura D.5.

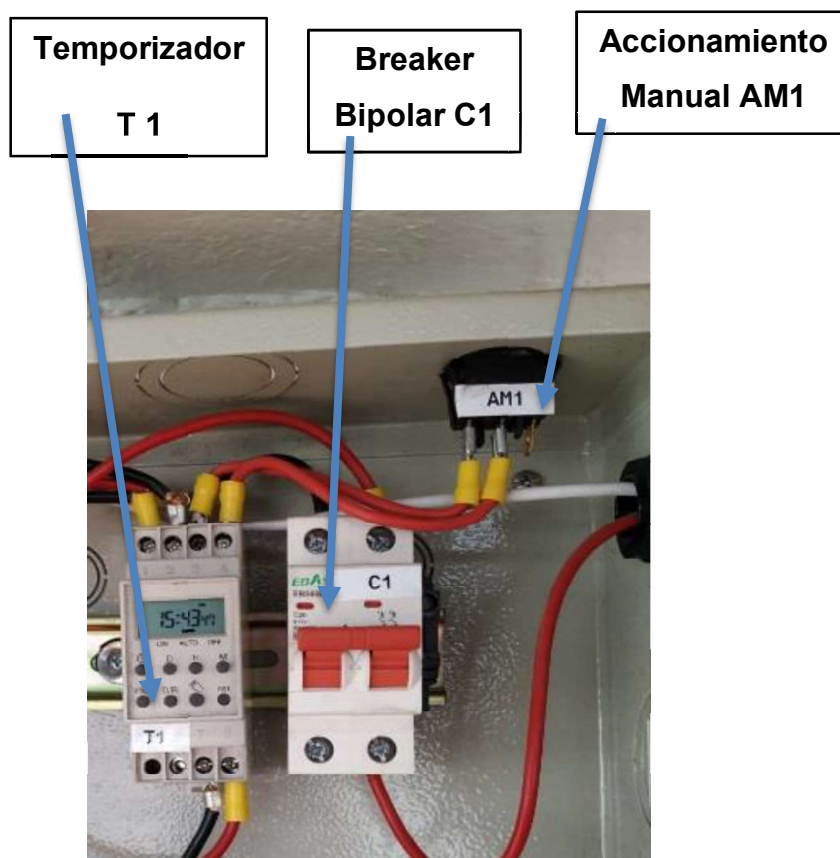


Figura D. 5 Tablero de control.

Los elementos que forman parte del tablero de control fueron dimensionados para trabajar tanto a 110 como a 220 (V), lo que les da la versatilidad en lo que a modo de funcionamiento se refiere.

Se encuentra localizado en el área 1 de la zona, a la salida del corredor junto al aula 38 (ver figura D.6).

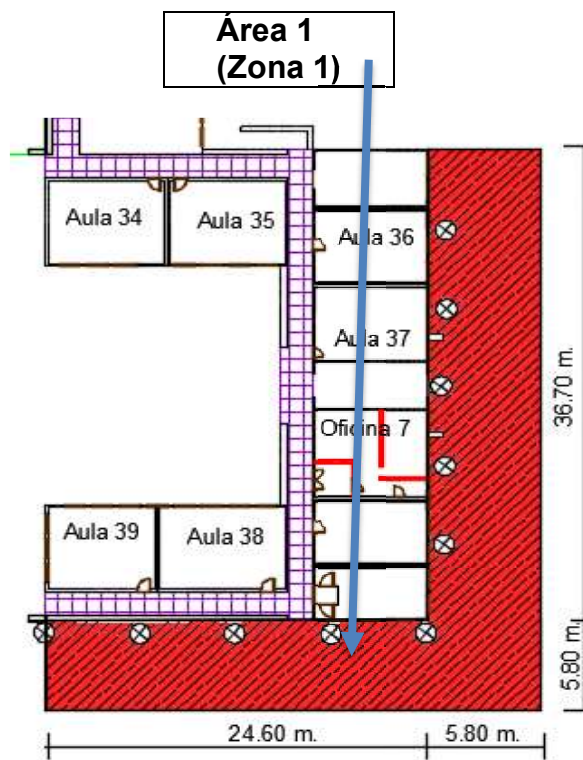


Figura D. 6 Ubicación tablero de control.

- **Accionamiento Manual (AM 1)**

Dispositivo de accionamiento mecánico cuya función es encender o apagar las luminarias de forma manual, es decir sin intervención de la parte automática que la ejecuta el temporizador. (ver figura D.7)



**Accionamiento
Manual AM1**

Figura D. 7 Accionamiento manual.

- **Breaker Bipolar 1 (C1)**

En la figura D.8 se puede apreciar al Breaker de protección térmica bifásico para el sistema de iluminación, que al detectar un incremento del valor nominal de corriente actuará inmediatamente abriendo el circuito, impidiendo de esta manera el paso de energía a la instalación y evitando que se produzcan daños en el sistema.

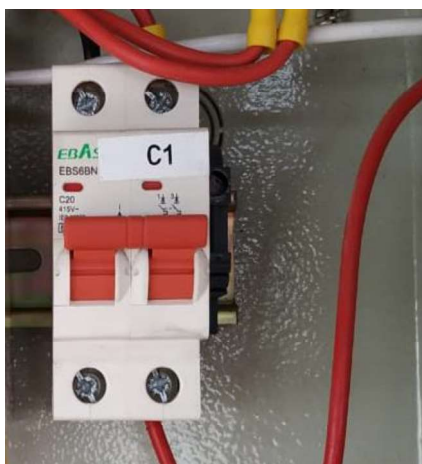


Figura D. 8 Breaker bipolar (C1).

- **Temporizador (T1)**

Dispositivo de control mediante el cual se determinará en base a sus diferentes modelos de programación, la activación o desactivación de las luminarias, optimizando el tiempo de funcionamiento y prolongando su vida útil. (ver figura D.9)



Figura D. 9 Temporizador (T1).

Cuenta con una batería interna irremplazable y su duración es de aproximadamente 10 años.

En la figura D.10 se detalla las funciones de cada uno de los pulsantes con los que cuenta.

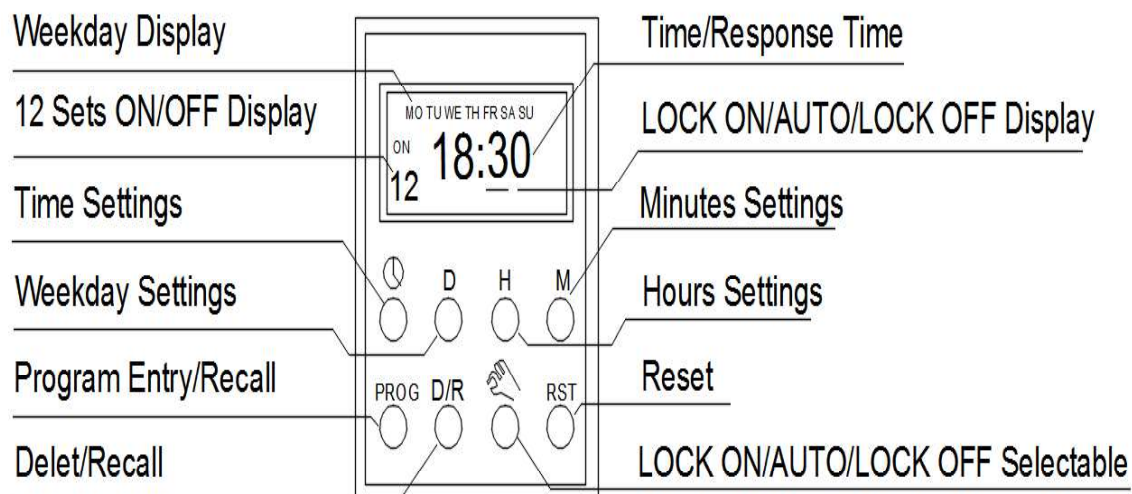


Figura D.10 Funciones del temporizador.

La versatilidad que tiene el temporizador para asignar diferentes programaciones se detalla en las siguientes pautas:

INSTRUCCIONES:


(I) FUNCIÓN DE BOTÓN A PRESIONAR

- (1) 🕒 : Indicación del reloj
- (2) D : Reiniciar programación del día
- (3) H : Reiniciar programación de la hora
- (4) M : Reiniciar programación de los minutos
- (5) PROG: 12 combinaciones de programaciones ON-OFF. Configuraciones, Pantalla 1 ON, 1 OFF12 ON, 12 OFF.
- (6) D/R : Borrar/Recordar
- (7) 🛑 : Selector LOCK ON / AUTO / LOCK OFF


(II) CONFIGURACIÓN DEL RELOJ

- (1) Pulsar “ ⌚ ” y “D” juntos hasta que indique la fecha correcta.
- (2) Pulsar “ ⌚ ” y “H” juntos hasta que indique la hora correcta.
- (3) Pulsar “ ⌚ ” y “M” juntos hasta que indique los minutos correctos.

(III) CONFIGURACIÓN DEL TEMPORIZADOR

- (1) Pulsar “PROG” (Temporizador 1^{er} modo ON)
- (2) Pulsar “D” detenerse en la fecha requerida (15 Modos distintos seleccionables :
 - 1) MO TU WE TH FR SA SU;
 - 2) MO; 3) TU; 4) WE; 5) TH; 6) FR; 7) SA; 8) SU;
 - 9) MO TU WE TH FR; 10) SA SU 11) MO TU WE TH FR SA;
 - 12) MO WE FR; 13) TU TH SA; 14) MO TU WE; 15) TH FR SA.
- (3) Pulsar “ H “ detenerse en la hora deseada.
- (4) Pulsar “ M “ detenerse en el minuto deseado.
- (5) Pulsar “PROG” (Temporizador 1^{er} modo OFF.
- (6) Repetir 2-4
- (7) Volver a ejecutar los pasos del 1 al 6 hasta que el modo 12^{vo} apagado del temporizador se encuentre configurado.
- (8) Para doble comprobación pulsar “ PROG”
- (9) Pulsar “  ” a “AUTO” para el temporizador inicial.
- (10) Pulsar “ ⌚ ” para reestablecer la hora actual.

(IV) Una vez encendido el dispositivo tiene que estar en modo “AUTO” el temporizador.

(V) Pulsar “  ”, LCD Display “ LOCK ON” \rightleftarrows “AUTO” \rightleftarrows “LOCK OFF” para operación manual. Parar en “AUTO” para un funcionamiento automático.

(VI) Para suprimir programaciones presionar “D/R” luego “__ __” se observa en el display para ratificar la cancelación. Para rehabilitar la configuración inicial pulsar “D/R”.

NOTA:

- (1) En el selector “ON/AUTO/OFF”, únicamente la posición “AUTO” permite el funcionamiento automático. En el caso que en el display aparezca la opción “LOCK ON” el dispositivo permanecerá en “ON” sin desactivarse automáticamente, en cambio si en el display aparece la opción “LOCK OFF” el dispositivo permanecerá en “OFF” sin activarse automáticamente.
- (2) La corriente nominal de los elementos conectados debe estar entre el rango del Temporizador.
- (3) Previo a la configuración es imprescindible reiniciar el interruptor de tiempo.
- (4) En caso que la pantalla del display desaparece o no está clara, recargar la batería de Ni-Cd que viene incluida por 10 minutos. Además se necesita reiniciar el interruptor del temporizador.

Luminarias

Un total de 10 luminarias cubren el área intervenida, son de luz blanca fría tipo led, ideal para una zona de tránsito por generar estímulo y relajamiento entre sus peatones.

Se consideran frías por su temperatura de color sobre los 5000 ° Kelvin en el foco led y su tiempo de vida útil es 30.000 horas o 10 años aproximadamente.

Un ejemplar se muestra en la figura D.11.



Figura D.11 Luminaria tipo led.

ANEXO E: Manual de mantenimiento.

Todo sistema mecánico o eléctrico requiere se realice un mantenimiento programado o preventivo a sus componentes, con el fin de garantizar un buen funcionamiento del circuito o posibles fallas en sus elementos.

O a su vez en situaciones que se amerite un mantenimiento correctivo para restablecer el servicio de iluminación.

En la tabla E.1 se detalla las principales actividades que forman parte del manual de mantenimiento sugerido, que contribuyen a conservar y prevenir cualquier tipo de anomalía en la operación o funcionamiento del sistema.

Tabla E.1 Manual de mantenimiento.

ELEMENTO	ACTIVIDAD	PERIODICIDAD	MATERIAL
Limpieza de tableros	Limpieza interior	Semestral	Brocha y franela
Limpieza de luminarias	Limpieza exterior	Semestral	Franela
Ángulo de iluminación	Reajuste	Cuatrimestral	Hexagonal # 6
Conductores y Uniones	Chequeo o reajuste	Cuatrimestral	Destornillador estrella

En cambio, un mantenimiento correctivo es cuando la falla ya se ha producido y requiere de la asistencia del personal técnico calificado para su respectiva intervención que conlleve a una reparación o reactivación del sistema.

Si bien es cierto la

En la tabla E.2 se tabula acciones correctivas ante posibles desperfectos en los elementos componentes de sistema.

Tabla E.2 Acciones correctivas.

PROBLEMA	ACCIÓN	COMPONENTE
No se encienden las luminarias.	Revisar y reactivar protección Termomagnética.	Breaker Bipolar C1 de 220 (V) y 16 (A).
Sistema de Iluminación desenergizado	Chequear condición de fusible.	Fusible de 10 (A); Ø 10 x 38
Alteración en horarios de encendido del sistema.	Reprogramar temporizador de acuerdo con instrucciones.	Temporizador T1
Tubería Conduit energizada	Inspeccionar posibles fugas de corriente en los conductores	Conductores eléctricos en tensión