

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**DISEÑO DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN E ILUMINACIÓN  
PÚBLICA DE LA ESFOT**

**COMPONENTE**

**SIMULACIÓN EN 3D DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE  
ALUMBRADO PÚBLICO**

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

**MATEO SEBASTIÁN MORALES MUELA**

**DIRECTOR: ING. ABRAHAM ISMAEL LOJA ROMERO. MSc.**

**DMQ, agosto 2022**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, MATEO SEBASTIAN MORALES MUELA 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.



---

**MATEO SEBASTIAN MORALES MUELA**

**mateo.morales@epn.edu.ec**

**mateomoralesmuela@gmail.com**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por MATEO SEBASTIAN MORALES MUELA, bajo mi supervisión.



---

**ING. ABRAHAM ISMAEL LOJA ROMERO. MSc.**

**DIRECTOR**

**abraham.loja@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.

MATEO SEBASTIAN MORALES MUELA

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es dedicado a mi familia y amigos que me apoyaron para culminar mis estudios con mucho cariño.

Además, de mis familiares y amigos dedico mi trabajo curricular a toda la comunidad de la ESFOT con el fin de que mis experiencias, investigaciones y conocimientos les ayuden a desarrollar proyectos o sueños.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente doy gracias a Dios por permitirme tener esta experiencia dentro de mi universidad, gracias por permitirme culminar mis estudios en algo que me apasiona y me gusta hacer, gracias a mi tutor de tesis por enseñarme y nunca rendirse conmigo, gracias a mi compañera de tesis que me ayudó y apoyó en momentos difíciles, pero sobre todo gracias a mi familia en especial a mis padres y primos los cuales me apoyaron cuando más necesitaba, gracias Santi por siempre ayudarme con los problemas que me surgía sin ti no estaría aquí, a punto de conseguir una meta más, gracias Juan por ser un soporte aunque te encuentres lejos esas llamadas donde me dabas ánimos ayudaron bastante a lo largo de este viaje.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado.

# 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    |
| DIALux.....   | 2    |
| Normas de alumbrado público .....                                   | 3    |
| Flujo luminoso.....   | 3    |
| Luminancia .....  | 4    |
| Iluminancia .....   | 4    |
| Índice de reproducción cromática (IRC).....                         | 4    |
| Temperatura de color.....   | 4    |
| Luxómetro.....  | 4    |
| Potencia activa .....   | 4    |
| Consumo energético.....   | 5    |
| Eficiencia energética.....  | 5    |
| 2 METODOLOGÍA .....   | 5    |
| 2.1 Consumo energético de las actuales luminarias. ....             | 5    |
| 2.2 Luminarias comerciales de alumbrado público.....                | 15   |
| 2.3 Simulación 3D del sistema de alumbrado público de la ESFOT..... | 18   |
| 2.4 Consumo energético del actual sistema frente al diseñado.....   | 27   |
| 3 RESULTADOS.....   | 35   |
| 4 CONCLUSIONES .....  | 43   |
| 5 RECOMENDACIONES .....   | 44   |
| 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                  | 46   |

|  |    |
|--|----|
| 7 ANEXOS.....                                | 48 |
| ANEXO I TURNITIN.....                        | 48 |
| ANEXO II PLANO CON LUMINARIAS COLOCADAS..... | 1  |

## RESUMEN

El sistema actual de iluminación de la Escuela de Formación de Tecnólogos no cumple con la normativa NEC, por este motivo el presente trabajo, desarrolló un diseño óptimo y más eficiente que el actual, se realizó la simulación de iluminación mediante el software DIALux el cual contiene la simulación estructural de la ESFOT y la colocación de luminarias mediante el sitio web Lumsearch.

Para realizar esta simulación se tomaron características y datos de iluminancia media de las actuales luminarias, con el fin de encontrar las mismas luminarias para la simulación, se decidió realizar una comparación entre el consumo energético del sistema actual con el sistema nuevo, con el propósito de verificar si el diseño nuevo es más eficiente.

Por lo tanto, para realizar esta comparación la potencia de las luminarias escogidas tiene que ser la misma que las luminarias actuales, no obstante, sus demás características pueden variar.

**PALABRAS CLAVE:** DIALux, Simulación, Iluminación, Luminarias.

## **ABSTRACT**

The current lighting system of the Escuela de Formación de Tecnólogos does not comply with the NEC regulations, for this reason the present work developed an optimal and more efficient design than the current one, the lighting simulation was carried out using the DIALux software which contains the structural simulation of the ESFOT and the placement of luminaires through the Lumsearch website.

To carry out this simulation, characteristics and average illuminance data of the current luminaires were taken, in order to find the same luminaires for the simulation, it was decided to make a comparison between the energy consumption of the current system with the new system, with the purpose of check if the new design is more efficient.

Therefore, to make this comparison, the power of the chosen luminaires must be the same as the current luminaires, however, their other characteristics may vary.

**KEYWORDS:** DIALux, Simulation, Lighting, Luminaires.

# **1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO**

Este trabajo busca optimizar y complementar la eficacia del sistema de alumbrado público en la ESFOT, reemplazando con una propuesta más innovadora el que se utiliza actualmente, ya que las luminarias llevan a cabo su trabajo encendiéndose mediante temporizadores. Es así que, la propuesta trabaja con el nivel de iluminación en el ambiente para mejorar su funcionamiento.

El alumbrado público de la ESFOT tiene luminarias antiguas las cuales tienen mayor consumo energético que las luminarias led, por lo tanto, el diseño de iluminación que esta implementado en la ESFOT puede ser reestablecido para mejorarse, por esta razón en el proyecto se desarrolla con el diseño y análisis del alumbrado público.

El diseño se lo realiza mediante software computacional de simulación como lo es el DIALUX. EVO, este permite desarrollar levantamientos de estructuras y edificaciones mediante planos de AUTOCAD. Se elaboran todas las edificaciones de la ESFOT en un plano en 3D en donde se despliegan simulaciones de iluminación del sistema actual y del nuevo diseño que permiten descartar errores en el proyecto.

Realizando las simulaciones con las diferentes luminarias públicas correctamente ubicadas, las cuales se encuentran en Lumsearch y en el mercado de Ecuador, se ha implementado el nuevo diseño para la iluminación pública de la ESFOT.

En cuanto el diseño ha sido finalizado, se realiza dos estudios; el primer estudio se realiza con el consumo energético de las diferentes luminarias seleccionadas mediante el software Dialux y cálculos de consumo, en el segundo estudio se realiza una calificación energética de instalación donde según el área iluminada y la potencia activa se da una comparación entre los 2 sistemas, para así determinar la eficiencia conseguida.

## **1.1 Objetivo general**

Diseñar una red de iluminación pública de la ESFOT.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Determinar el consumo energético de las actuales luminarias.
2. Identificar luminarias comerciales de alumbrado público.
3. Desarrollar una simulación 3D del sistema de alumbrado público de la ESFOT.
4. Analizar el consumo energético del actual sistema frente al diseñado.

## **1.3 Alcance**

El trabajo de integración curricular corresponde a la simulación en 3D del sistema de iluminación en todas las edificaciones de la ESFOT, esto con el fin de que la simulación sea lo más exacta posible a la realidad para posteriormente determinar el consumo energético del actual sistema implementado, este se compara entre la posible implementación y el sistema actual.

Este proceso se llevó a cabo con el programa Dialux.EVO en el que se implementó las luminarias que presentan mayor eficiencia, y existen en el mercado de Ecuador, después de un estudio de consumo energético lo que se busca es reducir el consumo energético y mejorar la iluminación actual.

Esto beneficia a la comunidad de la ESFOT tanto como estudiantes como el sector administrativo; ya que, al ser un mejor diseño si se llega a implementar bajaría los costos mensuales y los estudiantes tendrán una mejor calidad de iluminación afuera de las edificaciones.

## **1.4 Marco teórico**

**DIALux**

Software que permite la iluminación interior o exterior de una determinada área, es un programa completo el cual permite ver resultados lumínicos, importar imágenes, gráficos, implementar diferentes luminarias de varios proveedores aparte que permite calcular el consumo energético y modificar la precisión de la luz natural. [1]

### Normas de alumbrado público

La normativa aplicable a la seguridad y salud en el trabajo regida por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) establece que se cumpla los artículos, uno de ellos habla de la iluminación que debe adquirir las diferentes actividades, en donde comenta la cantidad de luxes que debe tener zonas específicas como se muestra en la siguiente tabla. [2]

**Tabla 1.4.1** : Cantidad de luxes en diferentes ubicaciones según IESS. [2]

| Cantidad de Luxes | Ubicaciones   |
|-------------------|---|
| 20 luxes          | Pasillos, patios y lugares de paso.   |
| 200 luxes         | Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.                          |
| 300 luxes         | Siempre que sea esencial la distinción media de detalles como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.                   |
| 50 luxes          | Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desecho de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.                            |
| 500 luxes         | Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo. |

**Flujo luminoso**

La cantidad de luz que emite una luminaria en un intervalo de tiempo, también se la podría definir como la potencia emitida en forma de radiación luminosa se representa como lumen o lúmenes (LM). [3]

### **Luminancia**

Mide la intensidad luminosa en una superficie, es decir, percibe la claridad de la luminaria; por lo que, se encuentra definida como la relación entre la intensidad luminosa y la superficie proyectada, esta mide en candela sobre metro cuadrado. [4]

### **Iluminancia**

Mide la densidad del flujo luminoso en una determinada superficie y el área de esta, aparte que la iluminancia disminuye según la distancia que se encuentre la fuente de luz esta se mide en luxes que equivale a lúmenes sobre metro cuadrado ( $\text{Lm/m}^2$ ). [5]

### **Índice de reproducción cromática (IRC)**

El índice de reproducción cromática o IRC es utilizado para la reproducción del color de una fuente de luz con la comparación de una luz ideal, este se utiliza mayormente en iluminación de interiores entre mayor IRC mejor reproducción de color. [6]

### **Temperatura de color**

La temperatura de color es un rango de luz cálida hasta luz fría, la temperatura de color que varía entre 2000 (K) a 3000 (K) indica colores cálidos, temperatura de 4000 (K) a 6000(K) son colores fríos, su unidad de medida es el Kelvin (K); dependiendo de que temperatura es la luminaria se obtiene luz blanca, amarilla, azul y naranja. [7]

### **Luxómetro**

Es un dispositivo el cual permite medir la iluminación real en el ambiente dentro de una superficie, su unidad de medida es lux (LX), los luxómetros contienen una célula fotoeléctrica, la cual permite determinar los luxes mediante los pulsos eléctricos que genera la luz. [8]

### **Potencia activa**

La potencia eléctrica es la cantidad de energía que genera un elemento en un determinado tiempo, su unidad de medida son los vatios (W), la potencia eléctrica puede ser generada o consumida por dispositivos eléctricos, un ejemplo son las luminarias según su potencia se tiene mayor luminancia y por ende mayor consumo. [9]

### **Consumo energético**

El consumo energético en simples palabras es el gasto total de la energía a través del tiempo, esto puede ser en una semana, mes o año, este consumo de energía se lo mide en kilovatio por hora (KWH). [10]

### **Eficiencia energética**

Es el aprovechamiento óptimo de la energía y busca proteger al ambiente, esto se puede lograr cuando al realizar una actividad consume una cantidad de energía menor, y no se encuentran pérdidas en el circuito eléctrico, además se busca implementación de energías renovables. [11] [12]

## **2 METODOLOGÍA**

El consumo energético se lo determinó mediante un cálculo de (KW/h) sabiendo la tarifa de la zona, la potencia y el número de luminarias, para identificar las luminarias instaladas se realizó la búsqueda de estas en catálogos y el desmontaje de una de estas para verificar la existencia de esta en el mercado de Ecuador. Para la simulación se realizó con ayuda del software Dialux en donde se proyectó todas las estructuras en 3D.

Además, se realizó dos comparaciones entre el nuevo diseño y el sistema actual: en donde se compararon el consumo y la calificación energética de la instalación.

### **2.1 Consumo energético de las actuales luminarias.**

Como primer paso se realizó la separación de los circuitos y el conteo de las luminarias existentes en la ESFOT, esto mediante observación debido a que las 122 luminarias se separan en 6 circuitos, en donde 5 de estos circuitos son controlados por un tablero general (visualizar **Figura 2.1.1**)



**Figura 2.1.1** Tablero general de iluminación.

Se midieron voltajes y corrientes en el tablero general para identificar a que voltaje y amperaje trabajan los circuitos de las luminarias, como se indica en la Figura 2.1.2.



**Figura 2.1.2** Medición de voltaje y amperaje en el tablero general de iluminación.

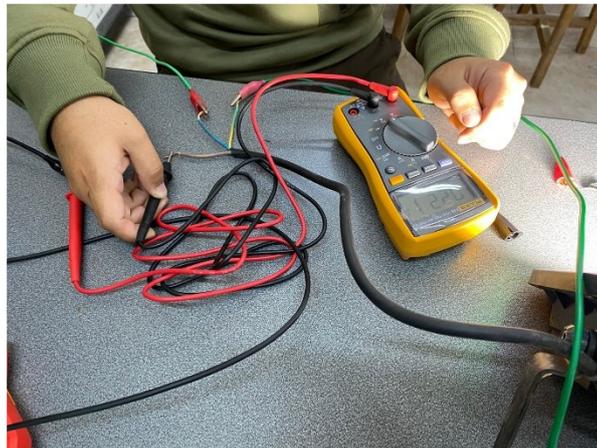
Se encendieron las luminarias del circuito 1 (CP 1) en donde se visualizó que existen 29 luminarias conectadas al circuito 1 y solo funcionan 27 luminarias, de igual manera se realizó lo mismo con los circuitos restantes. (visualizar la **Figura 2.1.3**)



**Figura 2.1.3** Luminarias CP 1 encendidas

Para el circuito 6 el cual corresponde al circuito de iluminación de la dirección de la ESFOT, se encontró que este es independiente a los demás circuitos y consta con su propio tablero de iluminación el cual controla 36 luminarias de las que solo funcionan 29 luminarias.

Una vez determinado que luminarias corresponden a su circuito se realizó la búsqueda de los catálogos de las luminarias, se decidió realizar el desmontaje de una para evidenciar y comprobar que las luminarias trabajan a una potencia de 50(W) las cuales corresponden a los circuitos CP 1-CP 2-CP 3-CP 4-CP 5. (visualizar **Figura 2.1.4**)



**Figura 2.1.4** Medición de voltaje y corriente de luminaria.

Sin embargo, el circuito CP-6, el cual corresponde a las luminarias de la dirección ESFOT se encontró diferentes luminarias públicas, de igual manera se verificó las características de estas y se buscó en catálogos, al cual contener diferentes luminarias se encuentran potencias de 50(W), 10(W) y 20(W). (visualizar **Figura 2.1.5**)



**Figura 2.1.5** Tablero de control de iluminación exterior.

Se realizó la suma de todas las luminarias con sus potencias correspondientes y se comprobó que el alumbrado público de la ESFOT, en horario de clases funcionan de 6 PM hasta 9 PM por 3 horas de uso diario y en vacaciones en donde solo funcionan de 6 PM hasta las 8 PM por 2 horas, teniendo esto en cuenta se determinó el tiempo de uso del alumbrado público en 1 año.

$$\text{Número de Luminarias Totales} = \text{LTCP1} + \text{LTCP2} + \text{LTCP3} + \text{LTCP4} + \text{LTCP5} + \text{LTCP6}$$

**Ecuación 2.1.1** Número de Luminarias Totales.

En donde:

**Tabla 2.1. 1** Datos para la **Ecuación 2.1.1**.

| Circuito | Nombre  | Cantidad |
|----------|---|----------|
| LTCP1    | Luminarias totales que contiene el circuito 1 | 29       |
| LTCP2    | Luminarias totales que contiene el circuito 2 | 18       |
| LTCP3    | Luminarias totales que contiene el circuito 3 | 17       |
| LTCP4    | Luminarias totales que contiene el circuito 4 | 10       |
| LTCP5    | Luminarias totales que contiene el circuito 5 | 12       |
| LTCP6    | Luminarias totales que contiene el circuito 6 | 36       |

Usando la **Ecuación 2.1.1** se obtiene.

$$\text{Número de Luminarias Totales} = 122$$

Con base a estos valores se obtiene el número total de luminarias existentes en la ESFOT, a continuación, se tiene el número de luminarias funcionales dentro de la ESFOT:

$$\text{Número de Luminarias Funcionales} = \text{LCP1} + \text{LCP2} + \text{LCP3} + \text{LCP4} + \text{LCP5} + \text{LCP6}$$

**Ecuación 2.1.2** Número de Luminarias Funcionales.

Donde:

**Tabla 2.1.2** Datos para la **Ecuación 2.1.2**.

| Circuito | Nombre  | Cantidad |
|----------|---|----------|
| LFCP1    | Luminarias funcionales que contiene el circuito 1 | 27       |
| LFCP2    | Luminarias funcionales que contiene el circuito 2 | 14       |
| LFCP3    | Luminarias funcionales que contiene el circuito 3 | 16       |
| LFCP4    | Luminarias funcionales que contiene el circuito 4 | 10       |
| LFCP5    | Luminarias funcionales que contiene el circuito 5 | 10       |
| LFCP6    | Luminarias funcionales que contiene el circuito 6 | 29       |

Usando la **Ecuación 2.1.2** se obtiene.

$$\text{Número de Luminarias Totales} = 106$$

Se debe determinar la potencia por cada circuito tanto de las luminarias totales como de las luminarias funcionales con ayuda de la **Ecuación 2.1.3**

$$\text{Potencia del circuito \#} = \text{LCP\#} \times \text{PL}$$

**Ecuación 2.1.3** Potencia del circuito.

En donde:

LCP# Número de luminarias que contiene el circuito 1,2,3,4,5 y 6

PL Potencia de las luminarias 10 (W), 20 (W) y 50 (W)

Usando la **Ecuación 2.1.3** para el número de luminarias totales se obtiene **Tabla 2.1. 1**

**Tabla 2.1.3** Potencia del circuito con las 122 luminarias.

| Circuito | Potencia (W) |
|----------|--------------|
| LTCP 1   | 1450         |
| LTCP 2   | 900          |
| LTCP 3   | 850          |
| LTCP 4   | 500          |

|        |     |
|--------|-----|
| LTCP 5 | 600 |
| LTCP 6 | 800 |

Usando la **Ecuación 2.1.3** para el número de luminarias funcionales se obtiene la **Tabla 2.1.4**.

**Tabla 2.1.4** Potencia del circuito con las 106 luminarias.

| Circuito | Potencia (W) |
|----------|--------------|
| LFCP 1   | 1350         |
| LFCP 2   | 700          |
| LFCP 3   | 800          |
| LFCP 4   | 500          |
| LFCP 5   | 500          |
| LFCP 6   | 510          |

Mediante el RUC de la ESCUELA POLITECNICA NACIONAL y la página de la EQQ se puede obtener una planilla del servicio eléctrico, con el cual mediante la **Ecuación 2.1.4** se calculó la tarifa en el sector. [13]

$$\text{Tarifa} = \frac{\text{Costo por kilovatio hora}}{\text{kilovatio hora}}$$

**Ecuación 2.1.4** Para determinar la tarifa.

Donde:

Costo por kilovatio hora                      478.56 (\$KWh)

Kilovatio hora                                      6135 (KWh)

Usando **Ecuación 2.1.4** se obtiene.

$$\text{Tarifa} = 0.08 (\$)$$

Como siguiente paso se decidió calcular el costo anual que tiene las luminarias instaladas tanto el costo total como el real para esto se sumó todas las potencias con ayuda de la **Ecuación 2.1.5**.

$$\text{Potencia Total} = \text{PC1} + \text{PC2} + \text{PC3} + \text{PC4} + \text{PC5} + \text{PC6}$$

**Ecuación 2.1.5** Potencia total del sistema

Por lo que se obtiene la siguiente tabla de consumo por circuito:

**Tabla 2.1.5** Potencia total del sistema por circuito (Total)

| Circuito | Nombre                        | Potencia (W) |
|----------|-------------------------------|--------------|
| PTC1     | Potencia total del circuito 1 | 1450         |
| PTC2     | Potencia total del circuito 2 | 900          |
| PTC3     | Potencia total del circuito 3 | 850          |
| PTC4     | Potencia total del circuito 4 | 500          |
| PTC5     | Potencia total del circuito 5 | 600          |
| PTC6     | Potencia total del circuito 6 | 800          |

Usando la **Ecuación 2.1.5** se obtiene.

$$\text{Potencia Total} = 5100 \text{ (W)}$$

Suma de potencias de las luminarias funcionales

$$\text{Potencia actual} = \text{PC1} + \text{PC2} + \text{PC3} + \text{PC4} + \text{PC5} + \text{PC6}$$

**Ecuación 2.1.6** Potencia actual del sistema.

Donde se obtiene el consumo de los circuitos con sus luminarias actuales:

**Tabla 2.1.6** Potencia total del sistema por circuito (Actuales)

| Circuito | Nombre                         | Potencia (W) |
|----------|--------------------------------|--------------|
| PAC1     | Potencia actual del circuito 1 | 1350         |
| PAC2     | Potencia actual del circuito 2 | 700          |
| PAC3     | Potencia actual del circuito 3 | 800          |
| PAC4     | Potencia actual del circuito 4 | 500          |
| PAC5     | Potencia actual del circuito 5 | 500          |
| PAC6     | Potencia actual del circuito 6 | 510          |

Usando la **Ecuación 2.1.6** se obtiene.

$$\text{Potencia Actual} = 4360 \text{ (W)}$$

Tomando en cuenta que el circuito de iluminación no funciona de la misma manera todo un año ya que existe un periodo de clases y un periodo de vacaciones, por lo tanto, la

potencia anual es la suma de la potencia de clases y potencia de vacaciones lo cual se calculó mediante la **Ecuación 2.1.7**.

$$\text{Potencia periodo de clases} = \frac{\text{Potencia Total} * \text{Tiempo clases}}{1000}$$

**Ecuación 2.1.7** Potencia periodo de clases 122 luminarias.

Donde:

Potencia total 5100 (W)

Tiempo clases 576 (Horas)

Usando la **Ecuación 2.1.7** se obtiene.

$$\text{Potencia periodo de clases} = 2937.6 \text{ (KW)}$$

Para el periodo en vacaciones de igual manera se calculó con la **Ecuación 2.1.8**

$$\text{Potencia periodo de vacaiones} = \frac{\text{Potencia Total} * \text{Tiempo vacaciones}}{1000}$$

**Ecuación 2.1.8** Potencia periodo de vacaciones 122 luminarias.

En donde:

Potencia total 5100 (W)

Tiempo vacaciones 192 (Horas)

Usando la **Ecuación 2.1.8** se obtiene.

$$\text{Potencia periodo de vacaciones} = 979.2 \text{ (KW)}$$

Para obtener la potencia anual de las luminarias se suma la potencia en el período de clases más la potencia en el periodo de vacaciones como se puede observar en la siguiente **Ecuación 2.1.9**

$$\text{Potencia anual total} = \text{Potencia clases} + \text{Potencia vacaciones}$$

**Ecuación 2.1.9** Potencia anual Total del sistema.

En donde:

Potencia periodo de clases 2937.6 (KW)

Potencia periodo de vacaciones 979.2 (KW)

Usando la **Ecuación 2.1.9** se obtiene.

$$\text{Potencia anual total} = 3916.8 \text{ (KW)}$$

De igual manera se desarrolló los cálculos para los valores actuales ya que algunas luminarias de la ESFOT no funcionan correctamente, se utiliza las mismas ecuaciones como se puede ver a continuación.

$$\text{Potencia periodo de clases} = \frac{\text{Potencia actual} * \text{Tiempo clases}}{1000}$$

**Ecuación 2.1.10** Potencia periodo de clases 106 luminarias.

En donde:

Potencia actual 4360 (W)

Tiempo clases 576 (Horas)

Usando la **Ecuación 2.1.10** se obtiene.

$$\text{Potencia periodo de clases} = 2511.36 \text{ (KW)}$$

Para el periodo en vacaciones de igual manera se calculó con la **Ecuación 2.1.11**

$$\text{Potencia periodo de vacaiones} = \frac{\text{Potencia actual} * \text{Tiempo vacaciones}}{1000}$$

**Ecuación 2.1.11** Potencia periodo de vacaciones 106 luminarias.

En donde:

Potencia actual 4360 (W)

Tiempo vacaciones 192 (Horas)

Usando la **Ecuación 2.1.11** se obtiene.

$$\text{Potencia periodo de vacaciones} = 837.12 \text{ (KW)}$$

Para obtener la potencia anual de las luminarias se suma la potencia en el perdió de clases más la potencia en el periodo de vacaciones como se puede observar en la siguiente **Ecuación 2.1.12**.

$$\text{Potencia anual actual} = \text{Potencia clases} + \text{Potencia vacaciones}$$

**Ecuación 2.1.12** Potencia anual Actual del sistema.

En donde:

Potencia periodo de clases 2511.36 (KW)

Potencia periodo de vacaciones 837.12 (KW)

Usando la **Ecuación 2.1.12** se obtiene.

$$\text{Potencia anual total} = 3348.48 \text{ (KW)}$$

Una vez teniendo la potencia anual de las luminarias en la ESFOT y la tarifa del consumo eléctrico del sector, se calculó mediante la **Ecuación 2.1.13** el consumo energético de las luminarias ubicadas en la ESFOT, tanto el consumo real como el total. (visualizar **Tabla 2.1.7**)

$$\text{Consumo energético} = \text{Tarifa} \times \text{Potencia anual}$$

**Ecuación 2.1.13** Consumo energético.

En donde:

Tarifa 0.08 (\$)

Potencia anual total 3916.8 (KW)

Potencia anual actual 3348.48 (KW)

Usando la **Ecuación 2.1.13** se obtiene.

$$\text{Consumo energético T} = 313.44 \$$$

$$\text{Consumo energético A} = 267.87 \$$$

A continuación, se detalla en la tabla 3.1 los valores calculados tanto los actuales como los totales.

**Tabla 2.1.7** Datos de luminarias y potencia por circuito de los 2 sistemas.

| Circuito     | Luminarias T | P_Total     | Luminarias A | P_Actual    |
|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 1            | 29           | 1450        | 27           | 1350        |
| 2            | 18           | 900         | 14           | 700         |
| 3            | 17           | 850         | 16           | 800         |
| 4            | 10           | 500         | 10           | 500         |
| 5            | 12           | 600         | 10           | 500         |
| 6            | 36           | 800         | 29           | 510         |
| <b>Total</b> | <b>122</b>   | <b>5100</b> | <b>106</b>   | <b>4360</b> |

Mediante los cálculos realizados con anterioridad se obtiene los datos de los 2 sistemas en donde se obtuvo el consumo energético anual. (visualizar **Tabla 2.1.8**)

**Tabla 2.1.8** Consumo energético anual de los 2 sistemas.

|                    | Sistema Total   |           | Sistema Actual  |           |
|--------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
|                    |                 |           |                 |           |
| Clases día         | 15,36           | KWh       | 13,14           | KWh       |
| Vacaciones día     | 10,24           | KWh       | 8,76            | KWh       |
| Periodo clases     | 2949,12         | KWh       | 2522,88         | KWh       |
| Periodo vacaciones | 983,04          | KWh       | 840,96          | KWh       |
| TOTAL_AÑO          | 3932,16         | KWh       | 3363,84         | KWh       |
| <b>Dinero</b>      | <b>314,5728</b> | <b>\$</b> | <b>269,1072</b> | <b>\$</b> |

Además, la parte trasera de la ESFOT no consta con iluminación por parte de la ESFOT, debido a que no es una zona de paso si no más un parqueadero sin embargo esta zona cuenta con iluminación de la Escuela Politécnica Nacional. (visualizar **Figura 2.1.6** )



**Figura 2.1.6** Parte trasera de la ESFOT.

## 2.2 Luminarias comerciales de alumbrado público

Se identificó las diferentes luminarias instaladas en la ESFOT, por una parte, se encuentran las luminarias de potencia y en mayor número las cuales son de 50 (W) (visualizar **Tabla 2.2.1**)

**Tabla 2.2.1** Luminarias actualmente instaladas.

| LUMINARIA   | DIMENSIONES     | P (W)  | FLUJO LUMINOSO | T DE COLOR (K) | IRC | VIDA UTIL (L80) |
|---|-----------------|--------|----------------|----------------|-----|-----------------|
|  | 150x140x42 (mm) | 50 (W) | 4500 (LM)      | 3000 (K)       | >90 | 30000           |

|   |                    |           |           |          |     |       |
|---|--------------------|-----------|-----------|----------|-----|-------|
|  | 140x130x41<br>(mm) | 20<br>(W) | 1800 (LM) | 3000 (K) | >90 | 30000 |
|  | 115x125x39<br>(mm) | 10<br>(W) | 800 (LM)  | 3000 (K) | >90 | 30000 |
|  | 500x60x220<br>(mm) | 50<br>(W) | 5500 (LM) | 6000 (K) | >90 | 40000 |

Una vez encontradas las luminarias en el mercado nacional con base en las características de potencia, voltaje, IRC, vida útil y luminancia, se realizó la búsqueda de luminarias de igual potencia, pero con mejores características, las cuales se encontraron en diferentes catálogos como: Sylvania, Ledvance, Varton y Ledex.

Mediante la búsqueda de estos 3 proveedores se seleccionó los catálogos de Ledvance y Varton, ya que contaba con luminarias de mayor luminancia y vida útil, el IRC es menor porque las luminarias públicas buscan alumbrar pasillos, lugares de paso, visualizar el camino, más no busca la definición de objetos, además que al tener mayor luminosidad se puede colocar menor luminarias. (visualizar **Tabla 2.2.2** )

**Tabla 2.2.2** Luminarias seleccionadas para nuevo diseño.

| LUMINARIA   | DIMENSIONES        | P<br>(W)  | FLUJO<br>LUMINOSO | T DE<br>COLOR (K) | IRC | VIDA UTIL<br>(L80) |
|---|--------------------|-----------|-------------------|-------------------|-----|--------------------|
|  | 224x67x181<br>(mm) | 50<br>(W) | 6000 (LM)         | 3000 (K)          | >80 | 50000              |
|  | 161x62x135<br>(mm) | 20<br>(W) | 2400 (LM)         | 3000 (K)          | >80 | 50000              |

|   |                     |           |           |          |     |       |
|---|---------------------|-----------|-----------|----------|-----|-------|
|  | 136x57x118<br>(mm)  | 10<br>(W) | 1200 (LM) | 3000 (K) | >80 | 50000 |
|  | 596x136x100<br>(mm) | 50<br>(W) | 6750 (LM) | 5000 (K) | >80 | 60000 |

Con el sitio web Lumsearch se encontraron las luminarias con similares características para realizar su simulación, estas se encuentran en el software para la simulación del diseño actual. (visualizar **Tabla 2.2.3**) [14]

**Tabla 2.2.3** Luminarias seleccionadas para simulación del sistema actual.

| LUMINARIA   | DIMENSIONES         | P<br>(W)  | FLUJO<br>LUMINOSO | T DE<br>COLOR (K) | IRC | VIDA UTIL<br>(L80) |
|---|---------------------|-----------|-------------------|-------------------|-----|--------------------|
|  | 220 x 220<br>(mm)   | 50<br>(W) | 4700 (LM)         | 3000 (K)          | >70 | 30000              |
|  | 168 x 135<br>(mm)   | 20<br>(W) | 1700 (LM)         | 3000 (K)          | >70 | 30000              |
|  | 161 Ø (mm)          | 10<br>(W) | 815 (LM)          | 3000 (K)          | >80 | 30000              |
|  | 570x275x160<br>(mm) | 50<br>(W) | 5500 (LM)         | 4000 (K)          | >70 | 40000              |

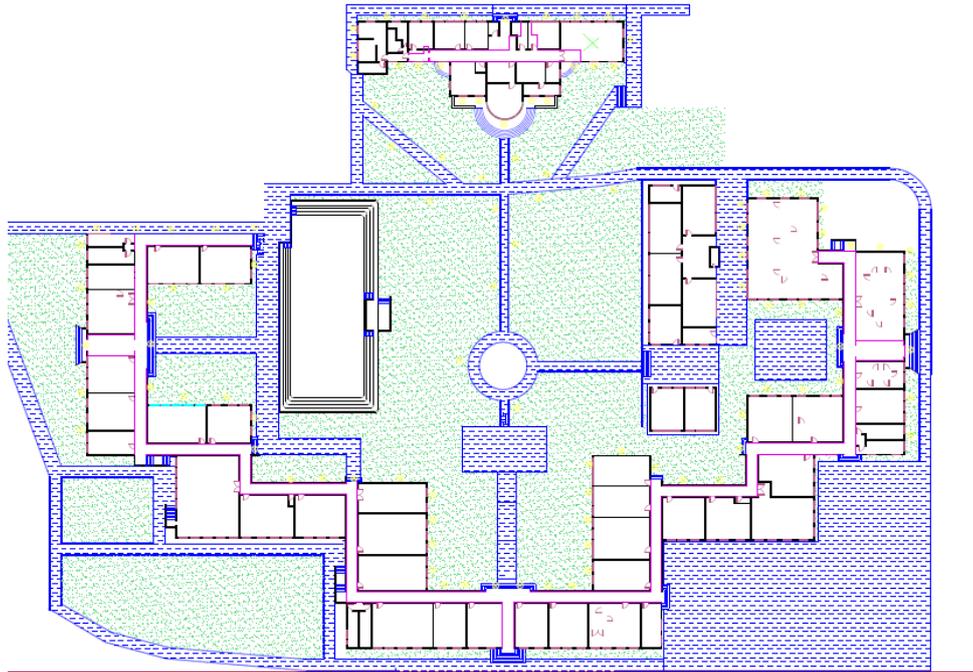
Además, para la simulación del nuevo diseño de igual manera se realizó la búsqueda de luminarias en Lumsearch estableciendo parámetros como luminiscencia y potencia, en esta ocasión al ser luminarias actuales en el comercio si existen en el sitio web. (visualizar **Tabla 2.2.4**).

**Tabla 2.2.4** Luminarias seleccionadas para simulación del nuevo diseño.

| LUMINARIA  | DIMENSIONES      | P (W)  | FLUJO LUMINOSO | T DE COLOR (K) | IRC | VIDA UTIL (L80) |
|--|------------------|--------|----------------|----------------|-----|-----------------|
|   | 223x189x29 (mm)  | 50 (W) | 6000 (LM)      | 4000 (K)       | >80 | 50000           |
|   | 161x62x135 (mm)  | 20 (W) | 2400 (LM)      | 4000 (K)       | >80 | 50000           |
|   | 136x57x118 (mm)  | 10 (W) | 1200 (LM)      | 4000 (K)       | >80 | 50000           |
|  | 596x136x100 (mm) | 50 (W) | 6750 (LM)      | 5000 (K)       | >80 | 60000           |

### 2.3 Simulación 3D del sistema de alumbrado público de la ESFOT.

Para desarrollar la simulación en 3D en el software Dialux lo primero que se realizó fue el plano de AutoCAD (visualizar **Figura 2.3.1**)



**Figura 2.3.1** Plano de la ESFOT en AutoCAD.

En este plano constan todas las edificaciones de la ESFOT en donde se colocaron las luminarias en los puestos correspondientes como se puede visualizar en el Anexo II.

Se tomó datos de iluminación con un luxómetro de todas las luminarias correspondientes al plano, para que al realizar la simulación sean similares y no exista diferencia entre estos. (visualizar **Figura 2.3.2**)



**Figura 2.3.2** Medición de luxes en la ESFOT.

Para facilitar y tener un orden se realizó la toma de luxes en 3 ubicaciones por luminaria, la primera ubicación es debajo de la luminaria (centro), la segunda ubicación con una separación de 2.3 metros diagonal a la derecha y de igual manera a lado izquierdo.

En la **Tabla 2.3.1** que se muestra a continuación especifica los valores de luxes del circuito 1, en donde consta de 29 luminarias las cuales solo funcionan 27.

**Tabla 2.3.1** Datos de iluminación del circuito 1.

| <b>TABLERO 1</b> | <b>CENTRO</b> | <b>IZQUIERDA</b> | <b>DERECHA</b> |
|------------------|---------------|------------------|----------------|
| CP1 - LUM 1      | 187,50        | 182,00           | 174,60         |
| CP1 - LUM 2      | 143,60        | 118,70           | 124,70         |
| CP1 - LUM 3      | 108,50        | 114,60           | 90,18          |
| CP1 - LUM 4      | NF            |                  |                |
| CP1 - LUM 5      | 135,40        | 120,80           | 116,80         |
| CP1 - LUM 6      | 10,50         | 25,60            | 5,40           |
| CP1 - LUM 7      | 100,25        | 112,10           | 110,60         |
| CP1 - LUM 8      | 130,40        | 130,10           | 109,30         |
| CP1 - LUM 9      | 130,00        | 140,20           | 166,30         |
| CP1 - LUM 10     | 146,50        | 166,60           | 131,80         |
| CP1 - LUM 11     | 120,30        | 134,20           | 147,40         |
| CP1 - LUM 12     | 158,30        | 155,70           | 150,00         |
| CP1 - LUM 13     | 240,40        | 180,50           | 184,40         |
| CP1 - LUM 14     | 126,20        | 167,30           | 140,40         |
| CP1 - LUM 15     | 142,20        | 150,70           | 155,10         |
| CP1 - LUM 16     | 88,40         | 133,60           | 140,50         |
| CP1 - LUM 17     | 100,10        | 170,20           | 173,80         |
| CP1 - LUM 18     | 152,60        | 175,10           | 187,80         |
| CP1 - LUM 19     | 166,60        | 163,20           | 172,40         |
| CP1 - LUM 20     | 158,10        | 146,30           | 149,40         |
| CP1 - LUM 21     | 255,00        | 136,00           | 140,00         |
| CP1 - LUM 22     | 163,70        | 93,60            | 90,20          |
| CP1 - LUM 23     | 176,10        | 133,00           | 140,70         |
| CP1 - LUM 24     | 11,90         | 193,40           | 190,40         |
| CP1 - LUM 25     | 134,60        | 150,40           | 128,80         |
| CP1 - LUM 26     | NF            |                  |                |
| CP1 - LUM 27     | 102,80        | 120,10           | 114,70         |
| CP1 - LUM 28     | 148,30        | 118,70           | 113,10         |
| CP1 - LUM 29     | 146,80        | 211,00           | 106,80         |

La tabla a continuación pertenece al circuito 2 la cual está ubicado en el centro o parque de la ESFOT, como se puede visualizar en la tabla 2.3.2 algunas de estas luminarias no funcionan (NF) o simplemente no existen (NE).

**Tabla 2.3.2** Datos de iluminación del circuito 2.

| <b>TABLERO 2</b> | <b>CENTRO</b> | <b>IZQUIERDA</b> | <b>DERECHA</b> |
|------------------|---------------|------------------|----------------|
| CP2-LUM 1        | 176,55        | 160,20           | 150,00         |
| CP2-LUM 2        | 180,40        | 175,90           | 172,40         |
| CP2-LUM 3        | 187,90        | 153,40           | 165,00         |
| CP2-LUM 4        | 186,20        | 173,40           | 162,70         |

|                        |        |        |        |
|------------------------|--------|--------|--------|
| <b>CP2-LUM 5</b>       | 173,50 | 164,55 | 152,63 |
| <b>CP2-LUM 6</b>       | 186,20 | 162,90 | 159,30 |
| <b>CP2-LUM 7</b>       | 190,50 | 166,70 | 175,40 |
| <b>CP2-LUM 8</b>       | NE     |        |        |
| <b>CP2-LUM 9</b>       | 178,80 | 173,65 | 165,30 |
| <b>CP2-LUM 10</b>      | 192,42 | 170,30 | 163,50 |
| <b>CP2-LUM 11</b>      | 186,20 | 168,70 | 162,30 |
| <b>CP2-LUM 12</b>      | 180,50 | 163,55 | 156,30 |
| <b>CP2-LUM 13</b>      | NF     |        |        |
| <b>CP2-LUM 14 - 16</b> | NE     |        |        |

Para obtener los datos del circuito 3 hay que tomar en cuenta que no exista flujo de personas o clases alrededor, ya que la luminosidad de las luminarias del circuito 3 puede verse afectadas por la luz de salones de clases, así como de los pasillos (visualizar **Tabla 2.3.3**)

**Tabla 2.3.3** Datos de iluminación del circuito 3.

| <b>TABLERO 3</b>    | <b>CENTRO</b> | <b>IZQUIERDA</b> | <b>DERECHA</b> |
|---------------------|---------------|------------------|----------------|
| <b>CP3 - LUM 1</b>  | 126,20        | 120,50           | 136,70         |
| <b>CP3 - LUM 2</b>  | 199,40        | 150,50           | 123,20         |
| <b>CP3 - LUM 3</b>  | 141,90        | 175,20           | 172,40         |
| <b>CP3 - LUM 4</b>  | 140,90        | 193,00           | 129,20         |
| <b>CP3 - LUM 5</b>  | 154,70        | 150,60           | 164,20         |
| <b>CP3 - LUM 6</b>  | 128,20        | 121,54           | 153,10         |
| <b>CP3 - LUM 7</b>  | 138,90        | 108,60           | 115,40         |
| <b>CP3 - LUM 8</b>  | 101,90        | 126,90           | 134,40         |
| <b>CP3 - LUM 9</b>  | 150,80        | 113,60           | 104,40         |
| <b>CP3 - LUM 10</b> | 144,10        | 140,00           | 137,40         |
| <b>CP3 - LUM 11</b> | 119,30        | 105,90           | 108,50         |
| <b>CP3 - LUM 12</b> | NF            |                  |                |
| <b>CP3 - LUM 13</b> | 103,10        | 82,10            | 80,40          |
| <b>CP3 - LUM 14</b> | 130,00        | 109,40           | 106,20         |
| <b>CP3 - LUM 15</b> | 126,60        | 110,20           | 113,80         |
| <b>CP3 - LUM 16</b> | 140,60        | 130,40           | 125,30         |
| <b>CP3 - LUM 17</b> | 213,00        | 120,00           | 136,30         |

Por otra parte, el circuito 4 todas las luminarias existen y funcionan por lo tanto se realizó las siguientes mediciones mostradas en la tabla 2.3.4

**Tabla 2.3.4** Datos de iluminación del circuito 4.

| TABLERO 4    | CENTRO | IZQUIERDA | DERECHA |
|--------------|--------|-----------|---------|
| CP4 - LUM 1  | 203,30 | 210,00    | 199,40  |
| CP4 - LUM 2  | 197,50 | 208,80    | 200,60  |
| CP4 - LUM 3  | 218,10 | 211,50    | 205,40  |
| CP4 - LUM 4  | 211,60 | 221,14    | 230,00  |
| CP4 - LUM 5  | 231,25 | 218,10    | 250,60  |
| CP4 - LUM 6  | 214,10 | 148,00    | 143,50  |
| CP4 - LUM 7  | 161,70 | 140,20    | 134,70  |
| CP4 - LUM 8  | 154,80 | 120,50    | 114,00  |
| CP4 - LUM 9  | 145,30 | 114,40    | 110,60  |
| CP4 - LUM 10 | 106,50 | 151,10    | 113,60  |

Además, en el circuito 5 de las 12 luminarias existentes no funcionan 2, así mismo se realizó las medidas de iluminación mostradas en la tabla 2.3.5.

**Tabla 2.3.5** Datos de iluminación del circuito 5.

| TABLERO 5    | CENTRO | IZQUIERDA | DERECHA |
|--------------|--------|-----------|---------|
| CP5 - LUM 1  | 73,00  | 98,10     | 92,30   |
| CP5 - LUM 2  | NF     |           |         |
| CP5 - LUM 3  | 127,80 | 113,70    | 118,00  |
| CP5 - LUM 4  | 118,60 | 140,50    | 160,00  |
| CP5 - LUM 5  | 265,40 | 124,30    | 120,00  |
| CP5 - LUM 6  | 174,40 | 114,20    | 117,30  |
| CP5 - LUM 7  | NF     |           |         |
| CP5 - LUM 8  | 117,60 | 89,00     | 78,90   |
| CP5 - LUM 9  | 112,50 | 63,80     | 61,00   |
| CP5 - LUM 10 | 254,00 | 140,20    | 132,60  |
| CP5 - LUM 11 | 108,10 | 62,60     | 60,30   |
| CP5 - LUM 12 | 100,90 | 78,80     | 70,20   |

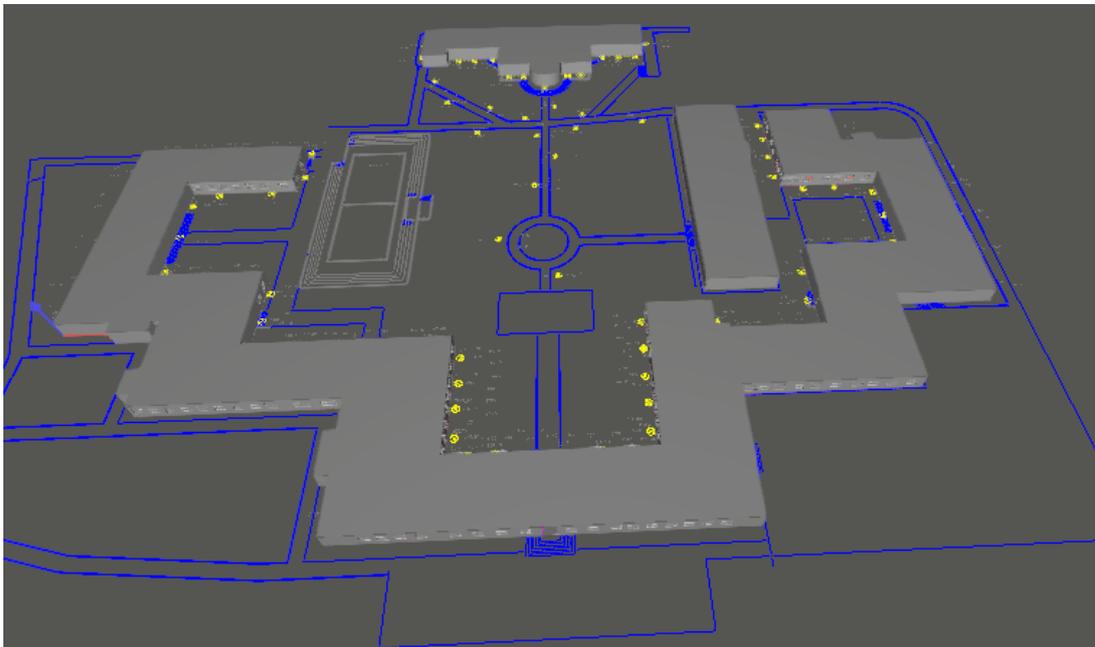
Finalmente, para el circuito 6 el cual pertenece a las luminarias de la dirección de la ESFOT y en donde contiene diferentes luminarias las cuales en la tabla 2.3.6 están representadas como G 50 (Luminarias de potencia 50 (W)) y M 20, (Luminarias de potencia 20 (W)) sin embargo, las luminarias de 10 (W) no están presentes en las medidas ya que estas alumbran a la estructura de la dirección ESFOT y no a pasillos o lugares de paso.

**Tabla 2.3.6** Datos de iluminación del circuito 6.

| TABLERO 6 CP6 | CENTRO | IZQUIERDA | DERECHA |
|---------------|--------|-----------|---------|
| G 50 - LUM 1  | 56,8   | 21,4      | 24,3    |
| G 50 - LUM 2  | 19     | 42,3      | 50,7    |

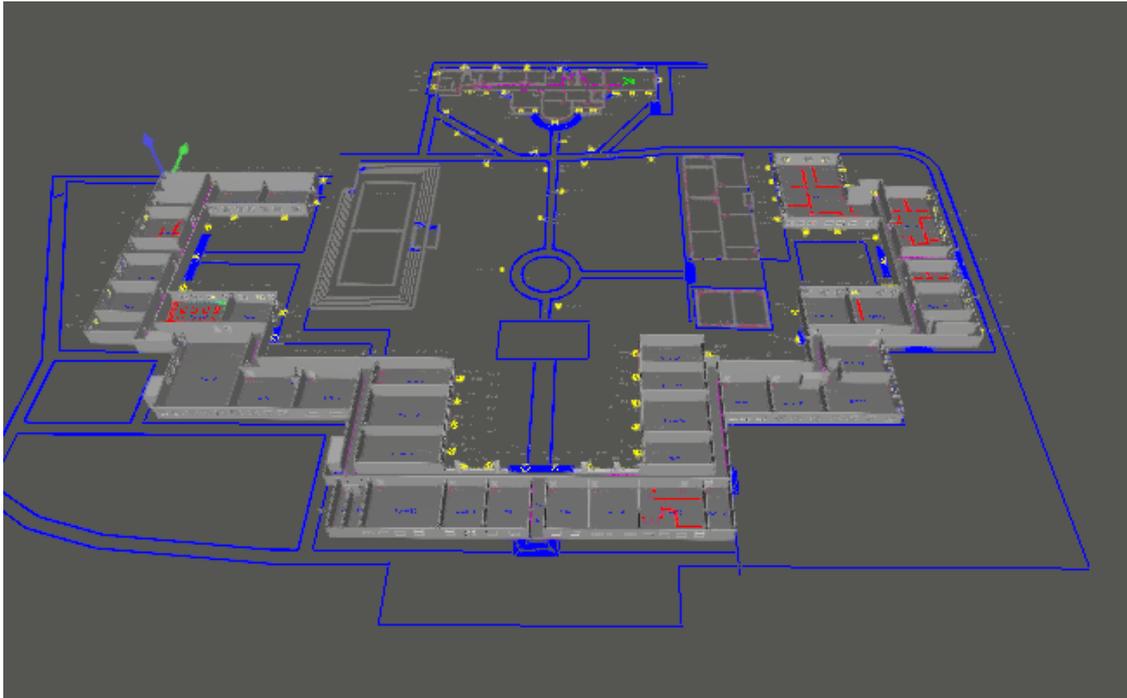
|                       |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| <b>G 50 - LUM 3-7</b> | NF    |       |       |
| <b>G 50 - LUM 8</b>   | 44,9  | 48,3  | 49,5  |
| <b>M 20 - LUM 1</b>   | 78,7  | 62,65 | 60,3  |
| <b>M 20 - LUM 2</b>   | 62,12 | 55,5  | 58,45 |
| <b>M 20 - LUM 3</b>   | 41,5  | 40,1  | 50    |
| <b>M 20 - LUM 4</b>   | 48,2  | 60    | 55,1  |
| <b>M 20 - LUM 5</b>   | 66,8  | 58,3  | 53,5  |
| <b>M 20 - LUM 6</b>   | 80,6  | 63,3  | 65,9  |
| <b>M 20 - LUM 7</b>   | 76,6  | 60,3  | 71,8  |
| <b>M 20 - LUM 8</b>   | 83,4  | 71,5  | 78,6  |
| <b>M 20 - LUM 9</b>   | NF    |       |       |
| <b>M 20 - LUM 10</b>  | 80,4  | 69,33 | 74,4  |
| <b>M 20 - LUM 11</b>  | 65,8  | 70,3  | 75,7  |
| <b>M 20 - LUM 12</b>  | NF    |       |       |
| <b>M 20 - LUM 13</b>  | 72,8  | 78,3  | 73,5  |

Una vez se obtuvo los datos de iluminación y la posición de las luminarias, se realizó el diseño en 3D, se importó el plano de AutoCAD a Dialux y se levantó la estructura como bloques sin definir habitaciones (visualizar en la **Figura 2.3.3**).



**Figura 2.3.3** Levantamiento de estructura en Dialux.

Se definió las habitaciones y pasillos que existen en la ESFOT de todas las estructuras, como siguiente se realizó la ubicación de ventanas y puertas con ayuda del plano importado (visualizar en la **Figura 2.3.4**).



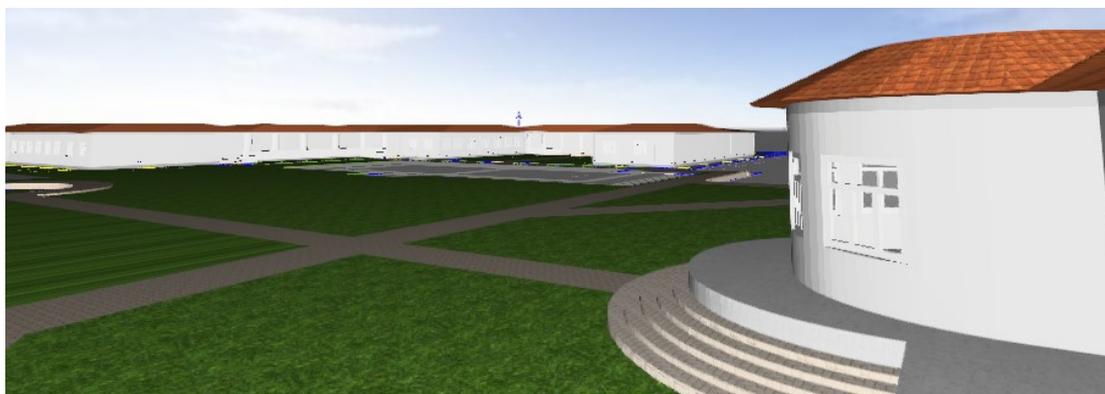
**Figura 2.3.4** Realización de habitaciones y colocación de ventanas y puertas.

Se implementó el suelo tomando como referencia el plano y el tipo de suelo que existe en la ESFOT (visualizar **Figura 2.3.5**).



**Figura 2.3.5** Implementación del suelo.

Se realizó las estructuras de gradas, para esto se utilizó la herramienta suelo ya que facilitó la creación de gradas, desniveles y el área deportiva de la ESFOT, los techos se realizaron mediante bloques al cual se le asignó un material y color según fotos tomadas de la ESFOT para que este sea lo más exacta posible. (visualizar **Figura 2.3.6**)



**Figura 2.3.6** Colocación de techos y escaleras.

Una vez acabada la simulación estructural de la ESFOT en Dialux se implementaron las luminarias en donde corresponden para realizar la simulación de iluminación. (visualizar **Figura 2.3.7**)



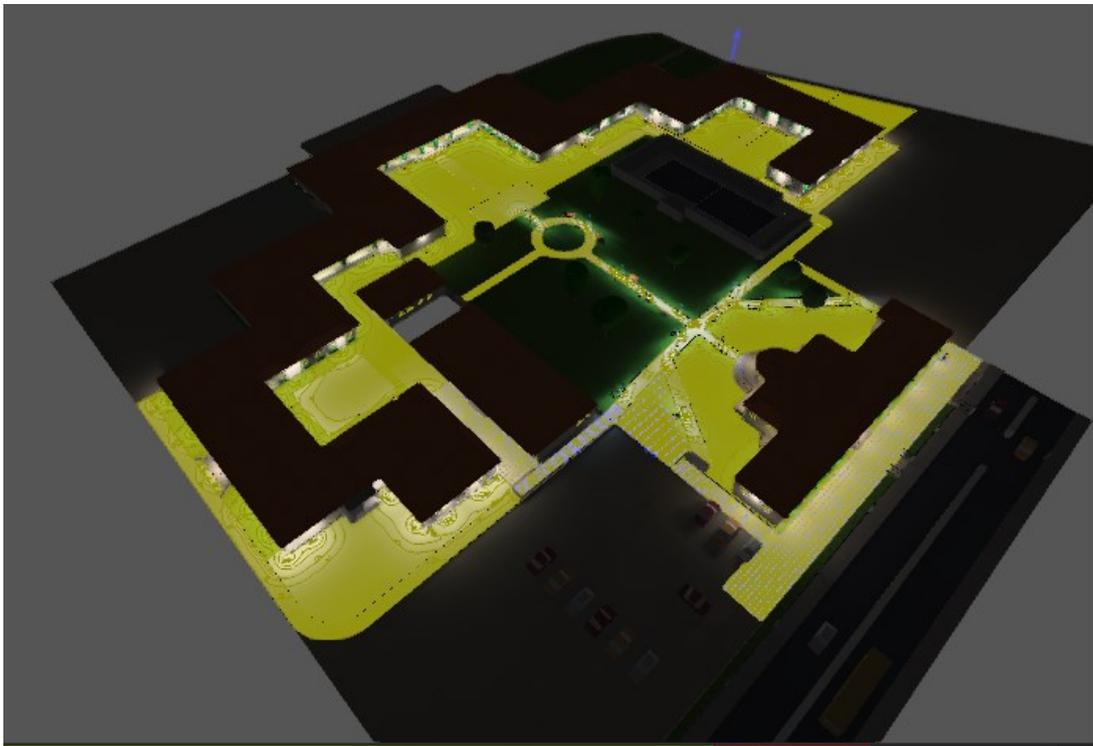
**Figura 2.3.7** Colocación de luminarias en la simulación.

En la figura 2.3.8 se puede observar el área deportiva finalizada estructuralmente con ayuda de la herramienta suelo y la colocación de luminarias en el parque de la ESFOT, simulación estructural de la ESFOT sin realizar la simulación de iluminancia.



**Figura 2.3.8** Colocación de luminarias en la simulación. (Vista superior)

Para la adquisición de datos de iluminación, cuando se realizó la simulación se colocó la superficie de cálculo ya que al ser alumbrado público esta no está establecida, la superficie se colocó a 10 cm del suelo y esta se ubicó en las zonas de paso existentes en la ESFOT (visualizar **Figura 2.3.9**).



**Figura 2.3.9** Simulación de iluminación con datos.

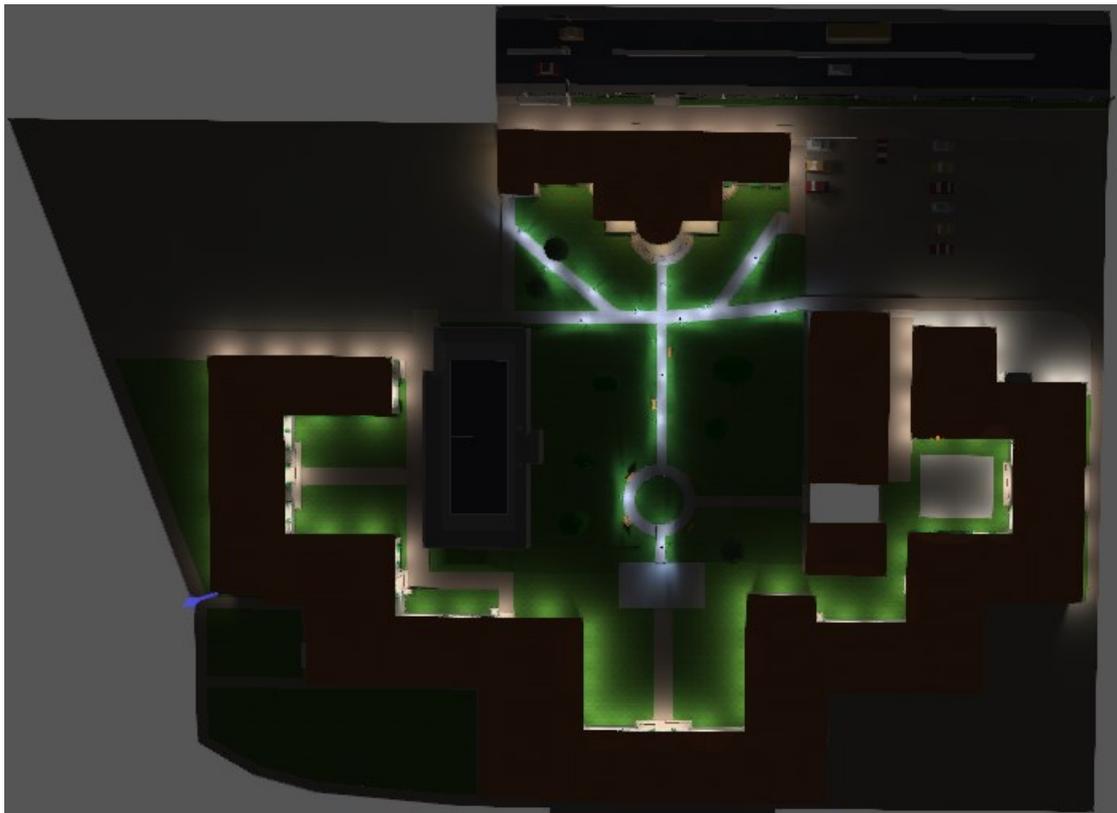
Simulación de iluminancia sin superficie de cálculo, se puede observar el área de las oficinas y parte del parque, en donde se observó que esta correctamente iluminado los

lugares de paso. (visualizar **Figura 2.3.10**)



**Figura 2.3.10** Simulación en 3D de la ESFOT. (Vista lateral izquierda)

No se ilumina la cancha deportiva debido a que ya existe un sistema de iluminación dependiente de la Politécnica Nacional, se observó que el sistema implementado actualmente ilumina todos los lugares de pase de la ESFOT. (visualizar **Figura 2.3.11**)



**Figura 2.3.11** Simulación en 3D de la ESFOT. (Vista superior)

## 2.4 Consumo energético del actual sistema frente al diseñado.

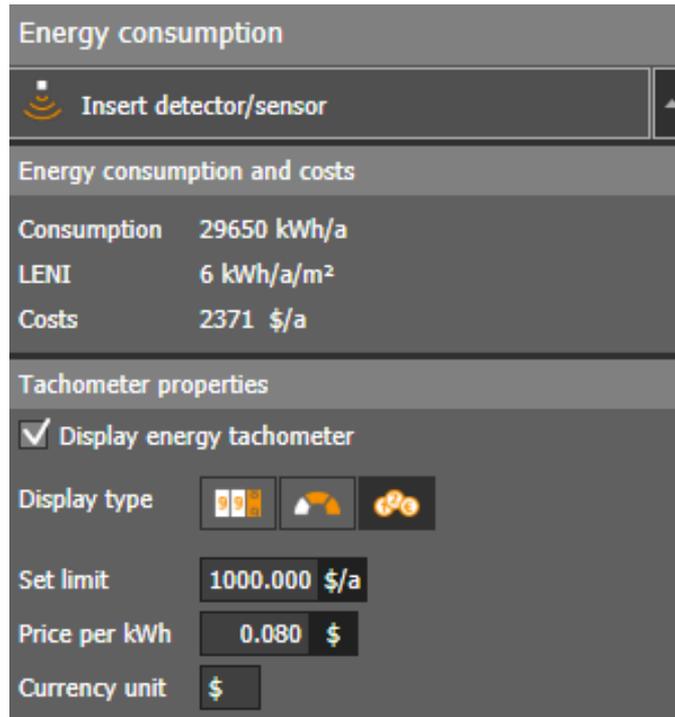
Se realizó el nuevo diseño con base a la simulación estructural ya desarrollada anteriormente se implementó las luminarias de la **Tabla 2.2.4**

Además, se redujo el número de luminarias colocadas debido a que estas al tener mayor flujo luminoso permite colocar menos luminarias por circuito respetando la norma IESS la cual indica que en lugares de paso o pasillos debe tener un valor de 20 a 50 luxes. (visualizar **Figura 2.4.1**)



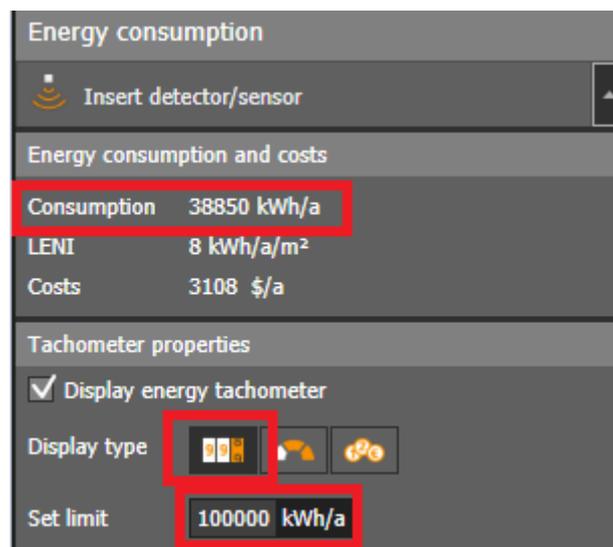
**Figura 2.4.1** Nuevo diseño de iluminación de la ESFOT. (Vista superior)

Para la comparación del consumo energético se realizó de 2 métodos, la primera forma se desarrolló mediante el software Dialux, en donde con la ayuda de la herramienta consumo de energía ubicada en la pestaña de luz se encontró 3 parámetros a llenar los cuales son el consumo, LENI y el costo como se visualiza en la figura 2.4.2.



**Figura 2.4.2** Parámetros para energía consumida

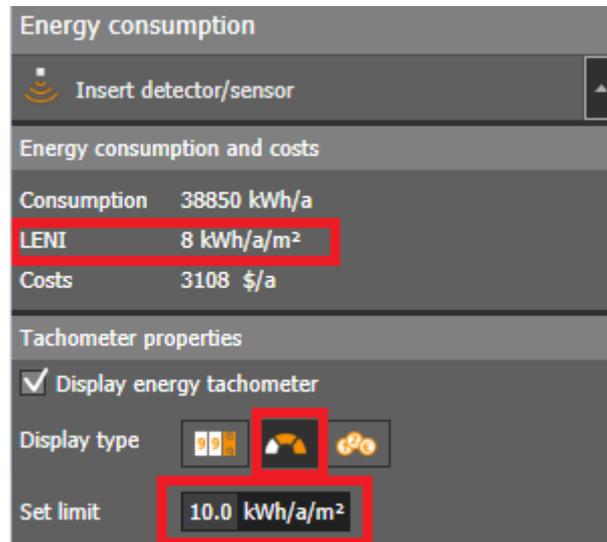
En el parámetro del consumo se establece un límite de kilovatio hora al año (KWh/a) el cual puede ser un valor elevado, como se puede visualizar en la figura # el consumo calculado por Dialux es totalmente diferente al establecido ya que este fue calculado por las luminarias utilizadas en la simulación. (visualizar **Figura 2.4.3**)



**Figura 2.4.3** Parámetro de consumo

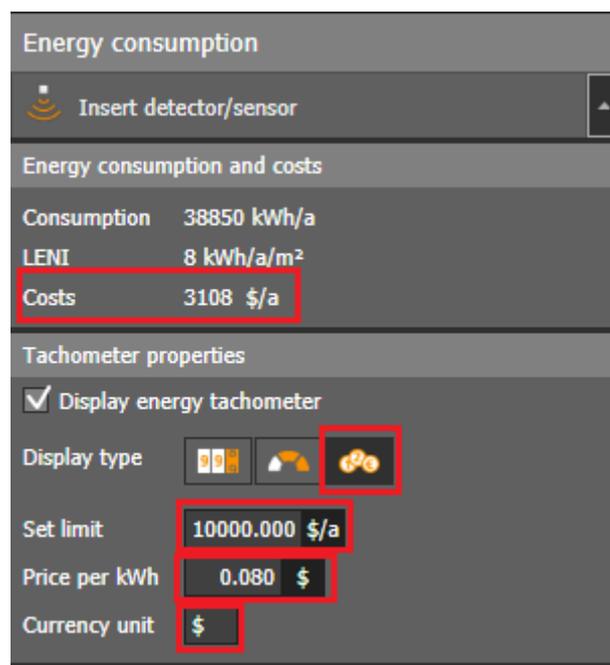
Además, el valor de LENI o indicador numérico de energía por iluminación, (KWh/a/m<sup>2</sup>) dice que la variable metro cuadrado (m<sup>2</sup>) permite calcular el costo total teniendo esta

referencia de un metro cuadrado para toda nuestra área que se desea calcular, de igual manera se establece un límite (Visualizar **Figura 2.4.4**)



**Figura 2.4.4** Parámetro de LENI

Para los parámetros de costos se estableció varios valores lo primero es la moneda que se utiliza la cual es el dólar, por segundo valor a establecer es la tarifa por el kilovatio hora (Kwh) el cual ya fue determinado con anterioridad con la ayuda de la **Ecuación 2.1.4**, y por último se estableció un límite de gasto, para poder calcular el costo anual del diseño desarrollado. (visualizar **Figura 2.4.5**)



**Figura 2.4.5** Parámetro de costo

Cabe recalcar los parámetros establecidos son los mismos como para el diseño actual de la ESFOT como para el nuevo diseño realizado, en el cual debe cumplir la norma de alumbrado público el cual menciona que para pasillos debe tener entre 20 a 50 luxes.

En el segundo método se comparó los consumos energéticos mediante los cálculos realizados para la **Tabla 2.1.8**, simplemente se remplazaron los valores del diseño actual con los valores del nuevo diseño desarrollado como lo son el número de luminarias utilizadas. (visualizar **Tabla 2.4.1**)

**Tabla 2.4.1** Consumo energético del nuevo diseño.

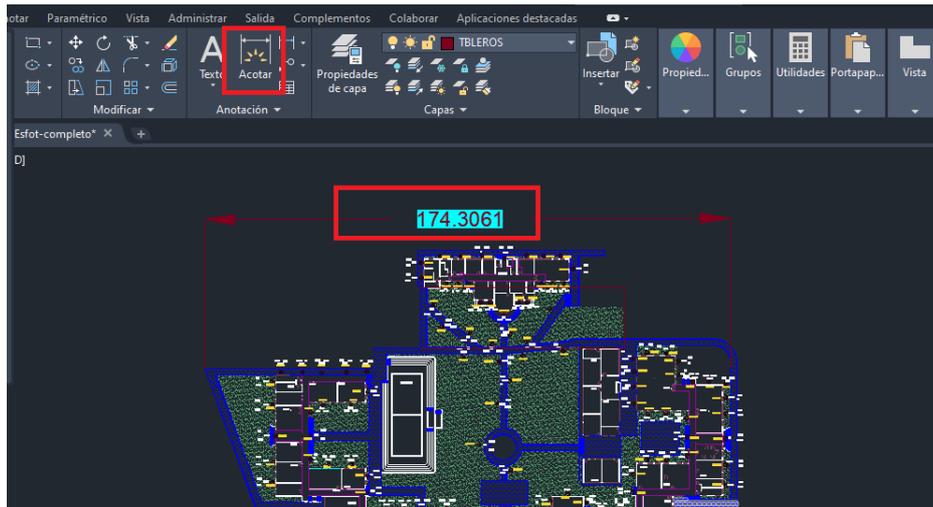
| Circuito                  | Luminarias ND   | P_Total ND  |
|---------------------------|-----------------|-------------|
| 1                         | 19              | 950         |
| 2                         | 15              | 750         |
| 3                         | 15              | 750         |
| 4                         | 7               | 350         |
| 5                         | 8               | 400         |
| <b>Dirección</b>          | 33              | 740         |
| <b>Total</b>              | <b>97</b>       | <b>3940</b> |
| <b>Periodo Clases</b>     | 2269,44         | KWh         |
| <b>Periodo Vacaciones</b> | 756,48          | KWh         |
| <b>TOTAL_AÑO</b>          | 3025,92         | KWh         |
| <b>COSTO</b>              | <b>242,0736</b> | <b>\$</b>   |

Finalmente se realizó el cálculo de la eficiencia energética de instalación mediante un software que califica la instalación de iluminación que se implementó. En donde para realizar este cálculo se necesitan variables como la superficie iluminada, la potencia activa instalada y la iluminancia media. (visualizar **Tabla 2.4.2**) [15]

**Tabla 2.4.2** Datos necesarios para cálculo de eficiencia energética de instalación.

|                             | Diseño Actual           | Diseño nuevo            |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Superficie iluminada</b> | 10423 (m <sup>2</sup> ) | 10423 (m <sup>2</sup> ) |
| <b>Iluminancia media</b>    | 33.51 (LUX)             | 37 (LUX)                |
| <b>Potencia activa</b>      | 4885 (W)                | 3990 (W)                |

Para la variable de superficie se la realizó con ayuda del plano de AutoCAD mediante la herramienta de cota, se tomaron las medidas para obtener toda la superficie de la ESFOT, no obstante, como se necesita la superficie de iluminación, a la superficie total se sustrajo la superficie estructural de la ESFOT. (visualizar **Figura 2.4.6**)



**Figura 2.4.6** Toma de medidas de la ESFOT.

Una vez obtenido los datos por sectores de la ESFOT se realizó el cálculo de la superficie iluminada mediante la **Ecuación 2.4.1**

$$\text{Superficie iluminada} = \text{Superficie Total} - \text{Superficie Estructural}$$

**Ecuación 2.4.1** Superficie iluminada de la ESFOT.

Donde

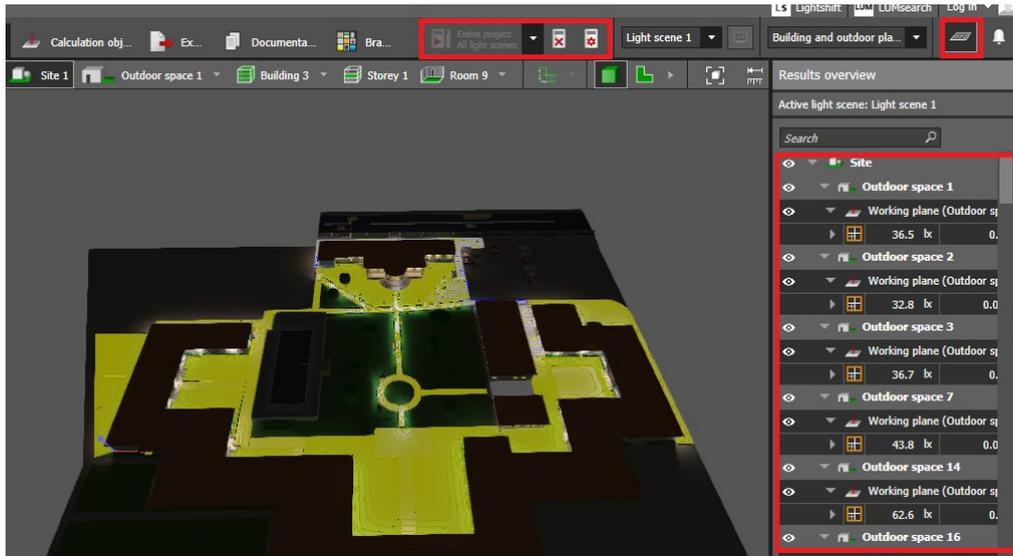
$$\text{Superficie Total} = 14532.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie Estructural} = 4109.03 \text{ m}^2$$

Mediante la **Ecuación 2.4.1** se obtiene

$$\text{Superficie iluminada} = 10423.6 \text{ m}^2$$

Además, la iluminancia media se calculó mediante la ayuda Dialux, dado que Dialux al realizar la simulación se obtiene iluminancia media por cada superficie de cálculo. (visualizar **Figura 2.4.7** )



**Figura 2.4.7** Datos de donde se obtuvo el valor de luxes por área de cálculo.

Al obtener estos datos se calcula la iluminancia media de toda la superficie de iluminación mediante un promedio (visualizar **Tabla 2.4.3**)

**Tabla 2.4.3** Promedio de iluminancia media del sistema actual.

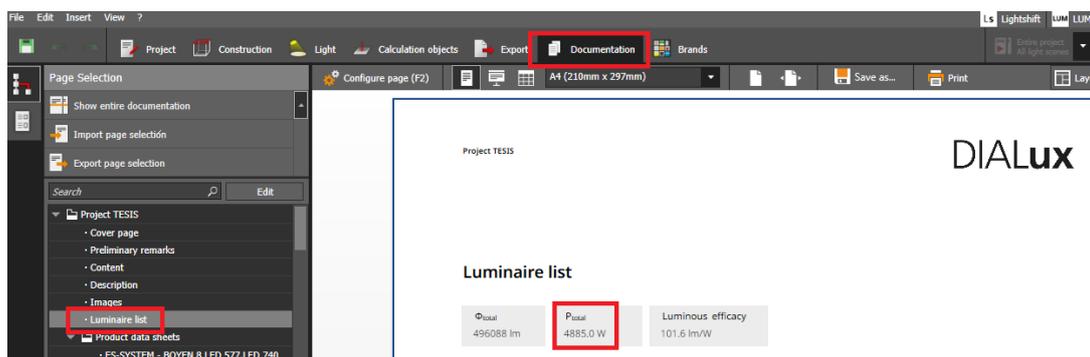
| SISTEMA ACTUAL        |       |                       |       |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| SUPERFICIE DE CÁLCULO | LUXES | SUPERFICIE DE CÁLCULO | LUXES |
| SC 1                  | 36,5  | SC 16                 | 50,1  |
| SC 2                  | 32,8  | SC 17                 | 16,8  |
| SC 3                  | 36,7  | SC 18                 | 31,9  |
| SC 4                  | 43,8  | SC 19                 | 31,4  |
| SC 5                  | 62,6  | SC 20                 | 38,3  |
| SC 6                  | 17,7  | SC 21                 | 108   |
| SC 7                  | 11,9  | SC 22                 | 19,3  |
| SC 8                  | 16,5  | SC 23                 | 31,4  |
| SC 9                  | 19,9  | SC 24                 | 6,63  |
| SC 10                 | 27,1  | SC 25                 | 45,7  |
| SC 11                 | 12,4  | SC 26                 | 40,3  |
| SC 12                 | 22,9  | SC 27                 | 27,6  |
| SC 13                 | 52,3  | SC 28                 | 26,6  |
| SC 14                 | 45,3  | SC 29                 | 40,1  |
| SC 15                 | 19,3  |                       |       |
| <b>PROMEDIO</b>       |       | <b>33,51</b>          |       |

Así mismo se realizó el promedio para el nuevo diseño en el cual se puede evidenciar una diferencia si se compara las tablas. (visualizar **Tabla 2.4.4**)

**Tabla 2.4.4** Promedio de iluminancia media del diseño nuevo.

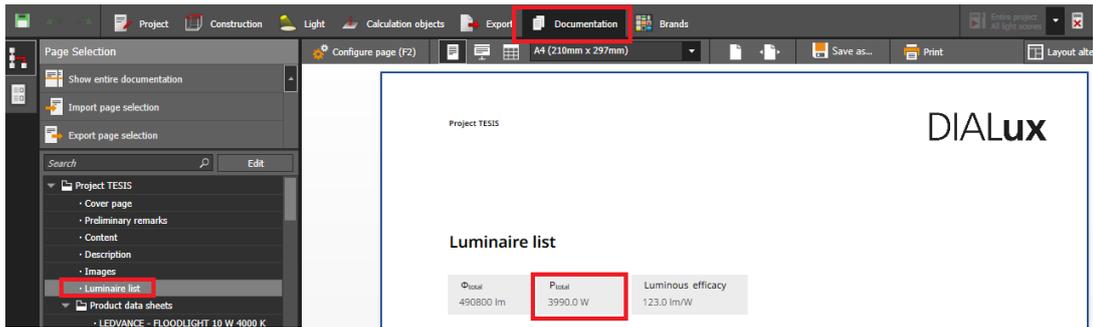
| DISEÑO NUEVO          |       |                       |       |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| SUPERFICIE DE CÁLCULO | LUXES | SUPERFICIE DE CÁLCULO | LUXES |
| SC 1                  | 43,5  | SC 16                 | 51,1  |
| SC 2                  | 40,1  | SC 17                 | 15,4  |
| SC 3                  | 57,6  | SC 18                 | 20,8  |
| SC 4                  | 35,4  | SC 19                 | 19,4  |
| SC 5                  | 55,4  | SC 20                 | 25,3  |
| SC 6                  | 22,9  | SC 21                 | 64    |
| SC 7                  | 44,8  | SC 22                 | 35,2  |
| SC 8                  | 34,2  | SC 23                 | 57,6  |
| SC 9                  | 36,4  | SC 24                 | 23,1  |
| SC 10                 | 28    | SC 25                 | 42,8  |
| SC 11                 | 28,4  | SC 26                 | 36,6  |
| SC 12                 | 45,5  | SC 27                 | 26,2  |
| SC 13                 | 52,3  | SC 28                 | 26    |
| SC 14                 | 49,3  | SC 29                 | 33,5  |
| SC 15                 | 20,1  |                       |       |
| <b>PROMEDIO</b>       |       | <b>37</b>             |       |

Finalmente, para obtener la potencia activa instalada se selecciona la pestaña documentación en el software Dialux, este crea un documento con toda la información del diseño, en la viñeta lista de luminarias se encuentran todas las luminarias utilizadas y el número de luminarias colocadas, así mismo, se obtiene la potencia activa instalada. (visualizar **Figura 2.4.8**)



**Figura 2.4.8** Potencia activa del diseño actual.

De igual manera se realizó los mismos pasos para obtener la potencia activa y se puede evidenciar una diferencia. (visualizar **Figura 2.4.9**)



**Figura 2.4.9** Potencia activa del diseño nuevo.

### 3 RESULTADOS

El consumo energético del diseñado frente al actual está representado en la siguiente tabla como se puede observar el nuevo diseño; tiene un menor consumo energético debido a que su potencia es menor, ya que, en el nuevo diseño se utilizó menos luminarias, pero con mejor iluminancia media. (visualizar **Tabla 3.1** )

**Tabla 3.1** Consumo energético del sistema actual y el diseño nuevo.

|                           | Sistema Actual | Diseño Nuevo    | Unidades |
|---------------------------|----------------|-----------------|----------|
| <b>Periodo Clases</b>     | 2949,12        | 2298,24         | KWh      |
| <b>Periodo Vacaciones</b> | 983,04         | 766,08          | KWh      |
| <b>Año Total</b>          | 3932,16        | 3064,32         | KWh      |
| <b>Costo</b>              | 314,5728       | <b>245,1456</b> | \$       |

Mediante la **Tabla 3.1** se puede obtener la diferencia de consumo energético que existe entre el diseño actual y el diseño nuevo mediante la **Ecuación 3.1**

$$\text{Diferencia de consumo energético} = \text{Costo DA} - \text{Costo DN}$$

**Ecuación 3.1** Diferencia de consumo energético.

Donde:

$$\text{Costo DA} = 314.5728 \$$$

$$\text{Costo DN} = 245.1456 \$$$

Mediante la **Ecuación 3.1** se obtiene

$$\text{Diferencia de consumo energético} = 69.42 \$$$

Se realizó el análisis de las actuales luminarias donde se calculó el tiempo de vida restante de las luminarias instaladas tomando en cuenta que las luminarias tienen 3 años de uso en la ESFOT mediante los siguientes datos. (visualizar **Tabla 3.2**) (visualizar **Ecuación 3.2**)

**Tabla 3.2** Horas de uso de iluminación de la ESFOT,

| Unidades     | Periodo Clases                     | Periodo Vacaciones |
|--------------|------------------------------------|--------------------|
| Horas        | 576                                | 192                |
| <b>Total</b> | <b>768 horas utilizadas al año</b> |                    |

$$\text{Horas utilizadas} = \text{Años usados} * \text{Total horas usadas al año}$$

**Ecuación 3.2** Horas utilizadas de vida útil.

En donde:

Años usados = 3

Horas utilizadas al año = 768

Utilizando la **Ecuación 3.2** se obtiene.

$$\text{Horas utilizadas} = 2\,304 \text{ H}$$

Para calcular cuantos años de vida quedan se utiliza la siguiente **Ecuación 3.3**.

$$\text{Años de vida útil} = \frac{\text{Vida útil} - \text{Horas usadas}}{\text{Total de horas usado al año}}$$

**Ecuación 3.3** Años de vida útil restantes.

En donde:

Vida útil = 30 000 Horas

Horas utilizadas = 2 304 H

Horas utilizadas al año = 768

Utilizando la **Ecuación 3.3** se obtiene.

$$\text{Años de vida útil} = 36 \text{ años}$$

En el circuito 1 de iluminación del sistema actual se obtiene un promedio de 138 luxes el cual es demasiado alto según la norma del IEES, no obstante, la iluminación es adecuada,

pero al tener tanta cantidad de luxes es un desperdicio de energía eléctrica. (visualizar **Tabla 3.3**)

**Tabla 3.3** Datos de iluminación del circuito 1

| TABLERO 1             | PROMEDIO | TABLERO 1      | PROMEDIO |
|-----------------------|----------|----------------|----------|
| CP1 - LUM 1           | 181,367  | CP1 - LUM 16   | 120,833  |
| CP1 - LUM 2           | 129,000  | CP1 - LUM 17   | 148,033  |
| CP1 - LUM 3           | 104,427  | CP1 - LUM 18   | 171,833  |
| CP1 - LUM 4           | NF       | CP1 - LUM 19   | 167,400  |
| CP1 - LUM 5           | 124,333  | CP1 - LUM 20   | 151,267  |
| CP1 - LUM 6           | 13,833   | CP1 - LUM 21   | 177,000  |
| CP1 - LUM 7           | 107,650  | CP1 - LUM 22   | 115,833  |
| CP1 - LUM 8           | 123,267  | CP1 - LUM 23   | 149,933  |
| CP1 - LUM 9           | 145,500  | CP1 - LUM 24   | 131,900  |
| CP1 - LUM 10          | 148,300  | CP1 - LUM 25   | 137,933  |
| CP1 - LUM 11          | 133,967  | CP1 - LUM 26   | NF       |
| CP1 - LUM 12          | 154,667  | CP1 - LUM 27   | 112,533  |
| CP1 - LUM 13          | 201,767  | CP1 - LUM 28   | 126,700  |
| CP1 - LUM 14          | 144,633  | CP1 - LUM 29   | 154,867  |
| CP1 - LUM 15          | 149,333  |                |          |
| <b>Promedio Total</b> |          | <b>138,078</b> |          |

NF: No funciona

Además, en el circuito 2 su promedio de luxes es muy elevado para la superficie de cálculo, debido a que las luminarias actuales según su fabricante deben estar instaladas a una altura de entre 5 a 7 metros para tener mayor eficiencia de iluminación. (visualizar **Tabla 3.4**)

**Tabla 3.4** Datos de iluminación del circuito 2

| TABLERO 2  | PROMEDIO |
|------------|----------|
| CP2-LUM 1  | 162,3    |
| CP2-LUM 2  | 176,2    |
| CP2-LUM 3  | 168,8    |
| CP2-LUM 4  | 174,1    |
| CP2-LUM 5  | 163,6    |
| CP2-LUM 6  | 169,5    |
| CP2-LUM 7  | 177,5    |
| CP2-LUM 8  | NF       |
| CP2-LUM 9  | 172,6    |
| CP2-LUM 10 | 175,4    |

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| <b>CP2-LUM 11</b>     | 172,4          |
| <b>CP2-LUM 12</b>     | 166,8          |
| <b>CP2-LUM 13</b>     | NF             |
| <b>CP2-LUM 14-17</b>  | NE             |
| <b>PROMEDIO TOTAL</b> | <b>170,826</b> |

NF: No funciona

NE: No Existe

Así mismo, en el circuito 3 el promedio de luxes por cada luminaria es elevado y similares entre sus luminarias a excepción de la luminaria 13, (CP-3 LUM 13) esto se debe a que la luminaria está posicionada mal y no alumbra tanto al lugar de paso, sin embargo, es un promedio superior a lo establecido (visualizar **Tabla 3.5**)

**Tabla 3.5** Datos de iluminación del circuito 3

| <b>TABLERO 3</b>      | <b>PROMEDIO</b> |
|-----------------------|-----------------|
| <b>CP3 - LUM 1</b>    | 127,8           |
| <b>CP3 - LUM 2</b>    | 157,7           |
| <b>CP3 - LUM 3</b>    | 163,2           |
| <b>CP3 - LUM 4</b>    | 154,4           |
| <b>CP3 - LUM 5</b>    | 156,5           |
| <b>CP3 - LUM 6</b>    | 134,3           |
| <b>CP3 - LUM 7</b>    | 121,0           |
| <b>CP3 - LUM 8</b>    | 121,1           |
| <b>CP3 - LUM 9</b>    | 122,9           |
| <b>CP3 - LUM 10</b>   | 140,5           |
| <b>CP3 - LUM 11</b>   | 111,2           |
| <b>CP3 - LUM 12</b>   | NF              |
| <b>CP3 - LUM 13</b>   | 88,5            |
| <b>CP3 - LUM 14</b>   | 115,2           |
| <b>CP3 - LUM 15</b>   | 116,9           |
| <b>CP3 - LUM 16</b>   | 132,1           |
| <b>CP3 - LUM 17</b>   | 156,4           |
| <b>PROMEDIO TOTAL</b> | <b>132.5</b>    |

NF: No funciona

En cambio, en el circuito 4 las primeras 5 luminarias se obtiene un promedio de luxes mayor que las demás, tomando en cuenta esto al momento de realizar el rediseño se consideró

que esta superficie iluminada es demasiada alta, por lo tanto, se realizó un rediseño más adecuado. (visualizar **Tabla 3.6**)

**Tabla 3.6** Datos de iluminación del circuito 4

| <b>TABLERO 4</b>      | <b>PROMEDIO</b> |
|-----------------------|-----------------|
| CP4 - LUM 1           | 204,2           |
| CP4 - LUM 2           | 202,3           |
| CP4 - LUM 3           | 211,7           |
| CP4 - LUM 4           | 220,9           |
| CP4 - LUM 5           | 233,3           |
| CP4 - LUM 6           | 168,5           |
| CP4 - LUM 7           | 145,5           |
| CP4 - LUM 8           | 129,8           |
| CP4 - LUM 9           | 123,4           |
| CP4 - LUM 10          | 123,7           |
| <b>PROMEDIO TOTAL</b> | <b>176.3</b>    |

Al respecto del circuito 5 sus valores por luminaria varían tanto debido a que se encuentran en una zona poco transitada y con mucha separación al lugar de paso, debido a las jardineras de la ESFOT, una solución para este sector es modificar el ángulo de apertura de cada luminaria para que este alumbre al lugar de paso y no a las jardineras. (visualizar **Tabla 3.7**)

**Tabla 3.7** Datos de iluminación del circuito 5

| <b>TABLERO 5</b>      | <b>PROMEDIO</b> |
|-----------------------|-----------------|
| CP5 - LUM 1           | 87,8            |
| CP5 - LUM 2           | NF              |
| CP5 - LUM 3           | 119,8           |
| CP5 - LUM 4           | 139,7           |
| CP5 - LUM 5           | 169,9           |
| CP5 - LUM 6           | 135,3           |
| CP5 - LUM 7           | NF              |
| CP5 - LUM 8           | 95,2            |
| CP5 - LUM 9           | 79,1            |
| CP5 - LUM 10          | 175,6           |
| CP5 - LUM 11          | 77,0            |
| CP5 - LUM 12          | 83,3            |
| <b>PROMEDIO TOTAL</b> | <b>116.3</b>    |

NF: No funciona

Finalmente, el circuito 6 correspondiente a la dirección de la ESFOT, en la zona delantera de la dirección existen luminarias de 50 (W) las cuales alumbran directamente a la zona de paso y luminarias de 10 (W) las cuales alumbran a la parte estructural de la ESFOT, en donde existen 5 luminarias que no funcionan de 50 (W); por lo tanto, su promedio de luxes por luminaria es baja para ser una zona de paso tan utilizada. (visualizar **Tabla 3.8**)

**Tabla 3.8** Datos de iluminación del circuito 6 luminarias de 50 (W)

| TABLERO 6             | PROMEDIO    |
|-----------------------|-------------|
| CP6 - LUM 1           | 34,167      |
| CP6 - LUM 2           | 37,333      |
| CP6 - LUM 3-7         | NF          |
| CP6 - LUM 8           | 47,567      |
| <b>PROMEDIO TOTAL</b> | <b>39.9</b> |

NF: No funciona

Así mismo para el circuito 6 con luminarias de potencia 20 (W) el cual alumbr a la zona trasera de la dirección, se obtuvo valores de luxes de luminarias más bajos, que, a otras luminarias o sectores medidos. Debido a que al ser luminarias de menor potencia tiene un flujo luminoso más bajo; sin embargo, su promedio de luxes es adecuado. (visualizar **Tabla 3.9**)

**Tabla 3.9** Datos de iluminación del circuito 6 luminarias de 20 (W)

| TABLERO 6             | PROMEDIO     |
|-----------------------|--------------|
| CP6 - LUM 1           | 67,217       |
| CP6 - LUM 2           | 58,690       |
| CP6 - LUM 3           | 43,867       |
| CP6 - LUM 4           | 54,433       |
| CP6 - LUM 5           | 59,533       |
| CP6 - LUM 6           | 69,933       |
| CP6 - LUM 7           | 69,567       |
| CP6 - LUM 8           | 77,833       |
| CP6 - LUM 9           | NF           |
| CP6 - LUM 10          | 74,710       |
| CP6 - LUM 11          | 70,600       |
| CP6 - LUM 12          | NF           |
| CP6 - LUM 13          | 74,867       |
| <b>PROMEDIO TOTAL</b> | <b>65.55</b> |

NF: No funciona

Mediante la simulación del diseño actual y del diseño nuevo se obtuvo la iluminancia media según la superficie de cálculo, en la simulación se obtuvo 29 superficies de cálculo de cada simulación, en donde se encuentra representada en la tabla 3.10 como se puede observar la diferencia de luxes existente entre una simulación y otra, en definitiva el nuevo diseño realizado es mejor al diseño actual debido a que todas las superficies de cálculo son mayores a 20 luxes en las zonas de paso e incluso en zonas de parque.

**Tabla 3.10** Comparación entre el diseño actual y el diseño nuevo

| <b>SUPERFICIE DE CÁLCULO</b> | <b>LUXES SA</b> | <b>LUXES DN</b> | <b>SUPERFICIE DE CÁLCULO</b> | <b>LUXES SA</b> | <b>LUXES DN</b> |
|------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| SC 1                         | 36,5            | 43,5            | SC 16                        | 50,1            | 51,1            |
| SC 2                         | 32,8            | 40,1            | SC 17                        | 16,8            | 15,4            |
| SC 3                         | 36,7            | 57,6            | SC 18                        | 31,9            | 20,8            |
| SC 4                         | 43,8            | 35,4            | SC 19                        | 31,4            | 20,4            |
| SC 5                         | 62,6            | 55,4            | SC 20                        | 38,3            | 25,3            |
| SC 6                         | 17,7            | 22,9            | SC 21                        | 108             | 64              |
| SC 7                         | 11,9            | 44,8            | SC 22                        | 19,3            | 35,2            |
| SC 8                         | 16,5            | 34,2            | SC 23                        | 31,4            | 57,6            |
| SC 9                         | 19,9            | 36,4            | SC 24                        | 6,63            | 23,1            |
| SC 10                        | 27,1            | 28              | SC 25                        | 45,7            | 42,8            |
| SC 11                        | 12,4            | 28,4            | SC 26                        | 40,3            | 36,6            |
| SC 12                        | 22,9            | 45,5            | SC 27                        | 27,6            | 26,2            |
| SC 13                        | 52,3            | 52,3            | SC 28                        | 26,6            | 26              |
| SC 14                        | 45,3            | 49,3            | SC 29                        | 40,1            | 33,5            |
| SC 15                        | 19,3            | 20,1            | <b>SA</b>                    | <b>DN</b>       |                 |
| <b>PROMEDIO</b>              |                 |                 | <b>33,51</b>                 | <b>36,93</b>    |                 |

Donde.

SA Sistema Actual

DN Diseño Nuevo

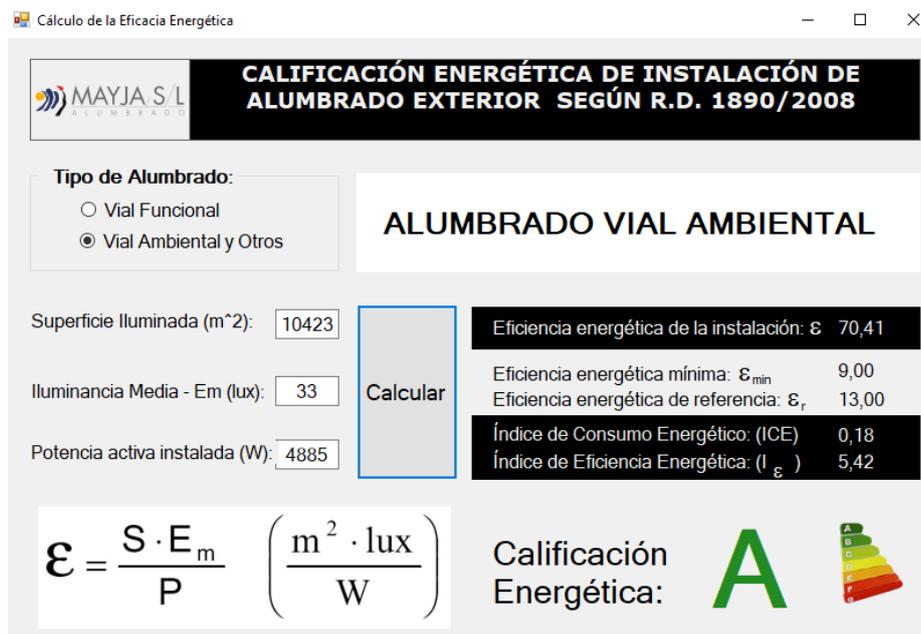
Por otra parte, la distribución de luminarias es diferente entre el diseño nuevo y el sistema actual, debido a que al ser luminarias de mejor flujo luminoso permite realizar estos cambios, es importante recalcar que para la zona del parque de la ESFOT se escogió las luminarias Varton, y por parte del fabricante recomienda colocar las luminarias a una altura de 6 m para obtener una mayor eficiencia de iluminación, por otra parte el circuito 6 perteneciente a la dirección de la ESFOT, debido a esto no varía el número de luminarias ya que la parte de enfrente es muy transitada como zona de paso y las luminarias de 10 (W) alumbró más a la estructura para resaltar a la dirección, se tomó la decisión de dejar

las luminarias de 10 (W) ya que resalta a la fachada pero no aporta mucho a la iluminación de pasillos o zonas de paso. (visualizar **Tabla 3.11**)

**Tabla 3.11** Luminarias por circuito del diseño actual y del diseño nuevo

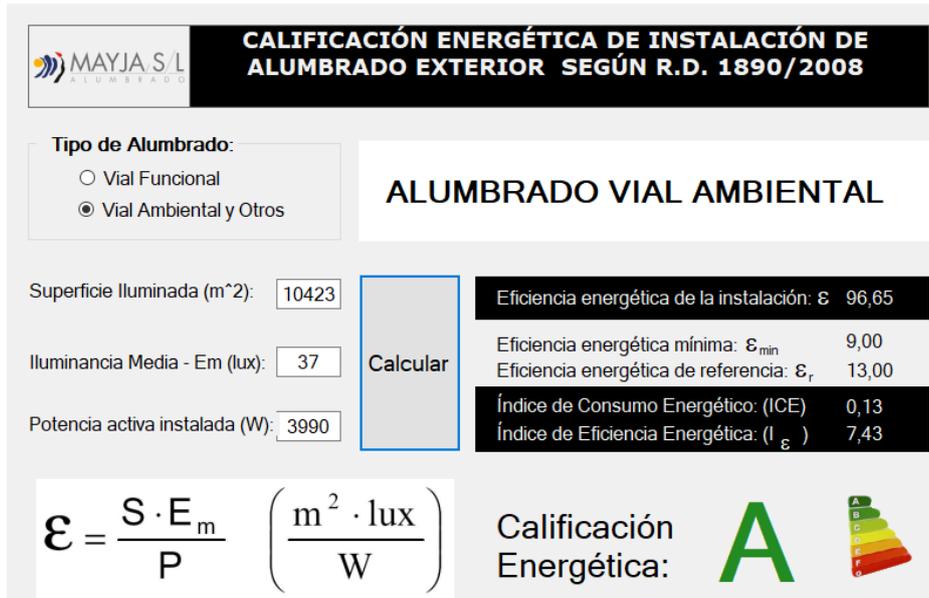
| Circuito     | Luminarias DA | Luminarias DN |
|--------------|---------------|---------------|
| 1            | 29            | 19            |
| 2            | 18            | 15            |
| 3            | 17            | 15            |
| 4            | 10            | 7             |
| 5            | 12            | 9             |
| 6            | 36            | 33            |
| <b>TOTAL</b> | <b>122</b>    | <b>98</b>     |

Como se puede observar la figura 3.1 la eficiencia energética de la instalación actual de la ESFOT es de 70.41 % lo cual es adecuado, se obtiene una calificación de A, no obstante, las zonas de paso y pasillos tienen una cantidad de luxes demasiado alto con respecto a la norma IEES.



**Figura 3.1** Calificación energética del diseño actual.

Por otro lado, el nuevo diseño se tiene una eficiencia energética de instalación es de 96.65% como se puede observar en la figura 3.2, es evidente que ambas calificaciones tienen una A, indicando que es una instalación óptima en ambos diseños, pero su eficiencia es diferente tomando en cuenta que el nuevo diseño contiene menos luminarias.



**Figura 3.2** Calificación energética del nuevo diseño.

Código QR en donde se visualiza la simulación del proyecto. (Visualizar **Figura 3.3**)



Enlace: [https://youtu.be/aog6Ea\\_U-UA](https://youtu.be/aog6Ea_U-UA)

**Figura 3.3** Código QR de la simulación

## 4 CONCLUSIONES

Se concluye que el nuevo diseño de alumbrado público de la ESFOT es óptimo, debido a que este cumple con la normativa aplicable a la seguridad y salud en el trabajo en el cual establece que pasillos o lugares de paso es de 20 a 50 luxes, lo cual cumple permitiendo reducir gastos de energía, por lo tanto, el diseño genera un ahorro anual de 69.42 \$ a la ESFOT sin reducir la visibilidad a los lugares de paso de este.

En conclusión, las luminarias escogidas para el nuevo diseño son las adecuadas, debido a que su flujo luminoso y su vida útil sobrepasan a las actuales luminarias instaladas, sin embargo, su IRC es bajo no obstante esto no afecta, ya que el IRC permite visualizar los colores, texturas de los objetos y para este caso las luminarias alumbran los lugares de paso solamente.

Se concluye que en el sistema actual tiene un consumo energético elevado, debido a que, existe pérdidas energéticas en las luminarias y también a una errónea distribución de estas.

Se llega a la conclusión que un rediseño de luminarias beneficia al ahorro económico de la ESFOT, debido a que las luminarias propuestas presentan mejores características como flujo luminoso y vida útil en comparación a las actuales.

Se concluye que al seleccionar una luminaria en el sitio web Lumsearch no es necesario que sea la misma para su instalación, basta con escoger una luminaria de las mismas características como su potencia y flujo luminoso para su simulación, en el caso de que la luminaria sea para alumbrado de interior el índice de reproducción cromática (IRC) deben ser los mismos.

Se concluye que la tecnología LED avanza a gran escala ya que actualmente hay luminarias de baja potencia con un alto flujo luminoso y con grandes cantidades de vida útil, lo cual permite tener un diseño de iluminación tanto exterior como interior que funcione por un largo tiempo.

Al realizar la comparación de luminarias entre el sistema actual y el sistema nuevo se identifica una diferencia de luminarias entre estos 2 sistemas la cual es de 24 luminarias esto nos indica que con menor número de luminarias se obtuvo una mejor iluminación por lo tanto el diseño nuevo es más eficiente que el actual.

## **5 Recomendaciones**

Se recomienda que para realizar la simulación 3D se debe de cumplir un orden con las herramientas de creación de estructura y de suelos, esto cuando existe un desnivel ya que

si no se especificó con anterioridad a que altura esta la estructura; al crear el suelo se genera un problema visualmente y no se aprecia el desnivel existente.

Se recomienda utilizar la herramienta suelo para la realización de escaleras, desniveles, y estructuras como lo es la cancha deportiva, debido a que esta permite especificar su posición como su tamaño; además, de al momento de dibujar la estructura realizarlo en vista de plano ya que se desarrolla de una manera más fácil.

Al utilizar la herramienta cortes se recomienda realizarlo después de definir habitaciones, debido a que solo se cortara la pared y no toda la estructura, también tomar en cuenta si está en el plano indicado ya que al ser una herramienta en 3D puede seleccionar una diferente área.

Se recomienda que al escoger la luminaria para nuestro diseño se tome en cuenta las recomendaciones del fabricante ya que en este se encuentra información para optimizar nuestras luminarias al momento de instalarlas.

Se recomienda que al utilizar el sitio web Lumsearch se establezcan los parámetros de búsqueda ya que este permite determinar el tipo de montaje, fabricante, temperatura de color, potencia, cantidad de lúmenes, entre otros.

Se recomienda escoger luminarias actuales en el mercado, siempre y cuando estas cumplan con las características detalladas en este trabajo, ya que las mismas se encuentran en la plataforma por tiempo limitado.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DiaLux, «DIALux,» DIAL GmbH, 01 11 2018. [En línea]. Available: <https://www.dialux.com/es-ES/>. [Último acceso: 03 06 2022].
- [2] IEES, Normativa aplicable a la seguridad y salud en el trabajo., Quito, 2019.
- [3] IGAN, «Igan,» 11 03 2019. [En línea]. Available: <https://www.igan-iluminacion.com/es/content/que-son-los-lumenes>. [Último acceso: 20 05 2022].
- [4] Arqhys, «Arqhys.com,» 12 2012. [En línea]. Available: <https://www.arqhys.com/contenidos/iluminancia.html>. [Último acceso: 16 5 2022].
- [5] FARO, «fFARO BARCELONA,» EMASCARO, 11 03 2019. [En línea]. Available: <https://faro.es/es/blog/luminancia-iluminancia-diferencia/>. [Último acceso: 18 05 2022].
- [6] J. S. F. E. J. F, «Método de Calibración para Medir el Índice de Reproducción Cromática (CRI),» Edición Especial, Colombia, 2013.
- [7] CELER. Inc, «CELER,» CELER, 03 09 2020. [En línea]. Available: <https://www.celerlight.com/que-es-la-temperatura-de-color/#:~:text=Las%20temperaturas%20de%20color%20m%C3%A1s,el%20azul%20y%20el%20blanco>. [Último acceso: 20 05 2022].
- [8] P. A, «PROTEGER I.P.S,» PROTEGER I.P.S, 17 05 2015. [En línea]. Available: <https://www.protegerips.com/noticias?id=204>. [Último acceso: 18 06 2022].
- [9] solar-energía.net, «ENERGÍA SOLAR,» ezoic, 04 06 2015. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/potencia-electrica>. [Último acceso: 10 06 2022].
- [10] CNEE.gob, «World Energy Efficiency Day,» p. 6, 2019.  
]
- [11] Gobierno de la República del Ecuador, «Gobierno del Encuentro,» Sistema Nacional de Información, 31 01 2015. [En línea]. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-promueve-la-eficiencia-energetica-a-nivel-nacional/#:~:text=%C2%BFQu%C3%>. [Último acceso: 10 06 2022].
- [12] Factor energía, «factorenergia,» EQUESTRIAN CHALLENGE, 13 01 2021. [En línea]. Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/>. [Último acceso: 13 05 2022].
- [13] Empresa Eléctrica Quito, «Empresa Eléctrica Quito,» EQQ, [En línea]. Available: <http://186.46.168.153:8080/ServiciosEEQ/paginas/ConsultadeDeuda.html>. [Último acceso: 01 0 2022].

- [14 LumSearch, «LUMsearch,» Dialux, 9 11 2006. [En línea]. Available:  
] <https://lumsearch.com/es#0>. [Último acceso: 10 4 2022].
- [15 MAYJA, «MAYJA S L ALUMBRADO,» MAYJA SL, 03 09 2020. [En línea]. Available:  
] <https://mayja.es/soporte-y-descargas/>. [Último acceso: 15 05 2022].
- [16 L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed.,  
] Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.
- [17 Ledvance, «Catalogo,» de *Catalogo Ledvance* , 2020, p. 117.  
]
- [18 Ledvance, «Luminarias Ledvance,» Ledvance, 2 11 2017. [En línea]. Available:  
] <https://www.ledvance.lat/consumidor/luminarias-led/luminarias-de-externo>.
- [19 NIKKON, Luminarias led, 2020.  
]

## 7 ANEXOS

### ANEXO I Certificado de Turnitin

#### Tesis\_Mateo\_Morales

##### INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

##### FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

3%

2

nepis.epa.gov

Fuente de Internet

1%

3

depts.drew.edu

Fuente de Internet

1%

4

www.cisht.com

Fuente de Internet

1%

5

bibdigital.epn.edu.ec

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

<1%

7

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

8

nanopdf.com

Fuente de Internet

<1%

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Quito, D.M. 31 de agosto de 2022

De mi consideración:

Yo, ABRAHAM ISMAEL LOJA ROMERO, en calidad de Director del Trabajo de Integración Curricular titulado SIMULACIÓN EN 3D DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO asociado al DISEÑO DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN E ILUMINACIÓN PÚBLICA DE LA ESFOT elaborado por el estudiante MATEO SEBASTIÁN MORALES MUELA de la carrera en TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito completo, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 9%.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,



---

**Abraham Ismael Loja Romero**  
Docente ocasional  
ESFOT

# ANEXO II

