

**DISEÑO DE ACTUALIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN A TECNOLOGÍA LED EN EL EDIFICIO  
DE LA ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER,  
APLICANDO LA NORMA NTC 4595 Y RETILAP, MEDIANTE LA HERRAMIENTA  
SOFTWARE DE CALCULOS DIALUX EVO.**

Presentado por:

**LUIS DAVID RUEDA BERDUGO  
LUIS ANTONIO SANCHEZ MARIÑO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2023**

**DISEÑO DE ACTUALIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN A TECNOLOGÍA LED EN EL EDIFICIO  
DE LA ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER,  
APLICANDO LA NORMA NTC 4595 Y RETILAP, MEDIANTE LA HERRAMIENTA  
SOFTWARE DE CALCULOS DIALUX EVO.**

Presentado por:

**LUIS DAVID RUEDA BERDUGO  
LUIS ANTONIO SANCHEZ MARIÑO**

*Trabajo de grado para optar por el título de  
Ingeniero Electricista*

Director:

**ROLANDO ANDRÉS RINCÓN SARAVIA**  
*Docente Universidad Industrial de Santander  
Ingeniero Electricista  
Especialista en Gerencia de Proyectos*

Codirector:

**OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA**  
*Docente Universidad Industrial de Santander  
Magister en Ingeniería con énfasis en Automática  
Doctorado en Ingeniería Eléctrica*

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2023**

## ***Dedicatorias***

*A mi padre Luis Manuel, quien me enseñó que el camino de la vida se lleva con alegría, entusiasmo y verraquera.*

*A mi madre Marta Rocío, que con amor, comprensión y resiliencia ha sabido guiar mi vida.*

*A mi hermana Daniela, que con su compañía y cariño ha sido una luz en el camino.*

*Con amor, formado en nuestra alma mater la Universidad Industrial de Santander, aquí un hijo de esta tierra para el mundo.*

**-Luis David -**

*A mis padres Lina María y Luis Antonio, que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.*

*Agradecerles a todos mis compañeros los cuales muchos de ellos se han convertido en mis amigos, cómplices y hermanos. Gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas.*

*Por último, agradecer a la Universidad Industrial de Santander que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido conocer docentes que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí.*

**-Luis Antonio -**

## ***Agradecimientos***

*Agradecemos a la Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander por brindarnos los espacios y los docentes capacitados para un buen desarrollo de la formación como ingenieros electricistas. Asimismo, agradecemos a nuestro director de proyecto el Ing. Rolando Rincón quien supo guiarnos durante el tiempo de desarrollo de esta tesis.*

## TABLA DE CONTENIDO

---

INTRODUCCIÓN.....	12
1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. MARCO NORMATIVO PARA EL DISEÑO DE ALUMBRADO EN AMBIENTES ESCOLARES.....	17
4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE ALUMBRADO DEL EDIFICIO DE LA E3T EN DIALUX EVO.....	26
4.1. MODELADO ESTRUCTURAL Y DE MUEBLES EN EL DIALUX EVO.....	27
4.1.1. MODELADO ESTRUCTURAL.....	35
4.1.2. MODELADO VENTANAS, PUERTAS Y MOBILIARIO.....	44
4.2. LUMINARIAS SELECCIONADAS DE ILTEC, SYLVANIA Y PHILIPS.....	61
4.2.1. LUMINARIA ILTEC.....	61
4.2.2. LUMINARIA PHILIPS.....	63
4.2.3. LUMINARIA SYLVANIA.....	65
4.3. SIMULACIÓN DE LUMINARIAS.....	67
4.4. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.....	82
5. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN DIALUX EVO.....	96
5.1. Resultados de UGR e iluminancia comparados por cada marca.....	96
5.1.1. UGR e iluminancia baño 1 piso 1.....	97
5.1.2. UGR e iluminancia sala profesores cátedra.....	98
5.1.3. UGR e iluminancia sala de estudio grupal.....	98
5.1.4. UGR e iluminancia Aula 2 piso 2.....	99
5.1.5. UGR e iluminancia Aula 13 piso 4.....	99
5.1.6. UGR e iluminancia sala de reuniones.....	100
5.1.7. UGR e iluminancia oficina director de escuela.....	101
5.2. Iluminación en tableros.....	104
5.3. Resultados iluminación de emergencia.....	106
5.4. Comparación de costos.....	108
6. CONCLUSIONES.....	110
REFERENCIAS.....	112
ANEXOS.....	113

## LISTA DE TABLAS

---

<b>Tabla 1.</b>	Parámetros fotométricos RETILAP.....	18
<b>Tabla 2.</b>	Índice máximo de UGR y niveles de iluminación exigibles para diferentes áreas y actividades.....	20
<b>Tabla 3.</b>	Comparación iluminancia y UGR por marcas y áreas.....	102
<b>Tabla 4.</b>	UGR e iluminancia de áreas estudiadas.....	103
<b>Tabla 5.</b>	Resultados de iluminancia y UGR del tablero. ....	106
<b>Tabla 6.</b>	Tabla de costos unitarios y totales por marcas y luminaria.....	109

## LISTA DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b>	Distancias y cavidades para aplicación del método del Coeficiente de local. ....	24
<b>Figura 2.</b>	Planos en AutoCAD del edificio de la E3T. ....	28
<b>Figura 3.</b>	Plano AutoCAD planta 2 de la E3T. ....	29
<b>Figura 4.</b>	Plano arquitectónico limpio en AutoCAD, piso 2. ....	30
<b>Figura 5.</b>	Pantalla de inicio del DIALux EVO. ....	31
<b>Figura 6.</b>	Importar planos a DIALux EVO. ....	32
<b>Figura 7.</b>	Selección de origen y rotación del plano. ....	33
<b>Figura 8.</b>	Selección de unidades del plano. ....	33
<b>Figura 9.</b>	Clic en <i>“Finalizar”</i> . ....	34
<b>Figura 10.</b>	Plano piso 2 en DIALux EVO. ....	35
<b>Figura 11.</b>	Dibujar nuevo edificio. ....	36
<b>Figura 12.</b>	Delimitación del nuevo edificio. ....	36
<b>Figura 13.</b>	<i>“Dibujar nueva sala”</i> . ....	37
<b>Figura 14.</b>	Delimitación de Aula. ....	38
<b>Figura 15.</b>	Áreas internas del piso 2 delimitadas. ....	38
<b>Figura 16.</b>	<i>“Áreas” delimitadas</i> . ....	39
<b>Figura 17.</b>	Nombre de las áreas internas. ....	40
<b>Figura 18.</b>	Altura de la planta. ....	41
<b>Figura 19.</b>	<i>“Nueva planta vacía”</i> . ....	41
<b>Figura 20.</b>	Base del piso anterior. ....	42
<b>Figura 21.</b>	Selección del plano nuevo en base. ....	42
<b>Figura 22.</b>	Plano nuevo sobre base antes dibujada. ....	43
<b>Figura 23.</b>	<i>“Dibujar nuevo contorno exterior”</i> . ....	44
<b>Figura 24.</b>	Aberturas de edificio. ....	45
<b>Figura 25.</b>	Catálogo de ventanas y puertas librería DIALux EVO. ....	46
<b>Figura 26.</b>	Ubicación de puerta. ....	46
<b>Figura 27.</b>	Edición puerta. ....	47
<b>Figura 28.</b>	Tamaño y ubicación de aberturas de edificio. ....	48
<b>Figura 29.</b>	Renderizada vista 3D ventana y puerta. ....	49
<b>Figura 30.</b>	Muebles y objetos. ....	50
<b>Figura 31.</b>	Objetos DIALux EVO. ....	50

<b>Figura 32.</b>	Posicionar objeto individual. ....	51
<b>Figura 33.</b>	Tamaño y ubicación de objetos. ....	52
<b>Figura 34.</b>	Mover, girar y graduar objetos. ....	53
<b>Figura 35.</b>	Ubicación de otro objeto. ....	53
<b>Figura 36.</b>	Ubicación de objeto nuevo. ....	54
<b>Figura 37.</b>	Tablero, silla y mesa de un salón de clase en 3D. ....	55
<b>Figura 38.</b>	Sótano. ....	56
<b>Figura 39.</b>	Pasillo entrada del edificio. ....	56
<b>Figura 40.</b>	Sala de estudio individual y aula uno del primer piso. ....	57
<b>Figura 41.</b>	Piso 2. ....	57
<b>Figura 42.</b>	Piso 3. ....	58
<b>Figura 43.</b>	Piso 4. ....	58
<b>Figura 44.</b>	Piso 5. ....	59
<b>Figura 45.</b>	Vista frontal del edificio costado derecho. ....	59
<b>Figura 46.</b>	Vista trasera del edificio. ....	60
<b>Figura 47.</b>	Vista frontal costado izquierdo. ....	60
<b>Figura 48.</b>	Iluminación ILTEC salones, oficinas y zonas de estudio grupal e individual. ....	62
<b>Figura 49.</b>	Iluminación ILTEC pasillos y zonas sin mucha recurrencia. ....	62
<b>Figura 50.</b>	Iluminación ILTEC baños y zonas de aseo. ....	63
<b>Figura 51.</b>	Iluminación PHILIPS salones de clase y oficinas. ....	64
<b>Figura 52.</b>	Iluminación PHILIPS pasillos y baños. ....	64
<b>Figura 53.</b>	Iluminación PHILIPS baños y zonas de aseo. ....	65
<b>Figura 54.</b>	Iluminación SYLVANIA salones de clase y oficinas. ....	66
<b>Figura 55.</b>	Iluminación SYLVANIA pasillos. ....	66
<b>Figura 56.</b>	Iluminación SYLVANIA baños y partes de poca área. ....	67
<b>Figura 57.</b>	Página de descarga PHILIPS. ....	68
<b>Figura 58.</b>	Descargar archivo de PHILIPS. ....	69
<b>Figura 59.</b>	Importar archivo de luminaria. ....	70
<b>Figura 60.</b>	Especificaciones de luminaria importada. ....	71
<b>Figura 61.</b>	Luminaria importada. ....	71
<b>Figura 62.</b>	Determinación de Áreas. ....	72
<b>Figura 63.</b>	Selección de plantilla para áreas. ....	73
<b>Figura 64.</b>	Disposición automática para áreas. ....	74
<b>Figura 65.</b>	Luminarias ubicadas por DIALux EVO. ....	74
<b>Figura 66.</b>	Áreas de trabajo. ....	75

<b>Figura 67.</b>	Área de trabajo sobre la superficie del tablero.....	76
<b>Figura 68.</b>	Cálculo rápido. ....	76
<b>Figura 69.</b>	Ejecución de cálculo rápido.....	77
<b>Figura 70.</b>	Resultados de estudio individual.....	78
<b>Figura 71.</b>	Resultados de iluminancia.....	78
<b>Figura 72.</b>	Simulación de todas las luminarias. ....	79
<b>Figura 73.</b>	Resultado de simulación completa del edificio. ....	80
<b>Figura 74.</b>	Vista trasera de la simulación.....	80
<b>Figura 75.</b>	Vista frontal de la simulación.....	81
<b>Figura 76.</b>	Documentación de la simulación.....	81
<b>Figura 77.</b>	Descarga de la información.....	82
<b>Figura 78.</b>	Luminaria de emergencia SYLVANIA. ....	83
<b>Figura 79.</b>	Luminaria de emergencia PHILIPS.....	83
<b>Figura 80.</b>	Agregar archivo de luminaria de emergencia. ....	84
<b>Figura 81.</b>	Calificación de luminaria de emergencia. ....	85
<b>Figura 82.</b>	Vía objetos de cálculo para luminaria de emergencia. ....	86
<b>Figura 83.</b>	Superficies de iluminación de emergencia.....	87
<b>Figura 84.</b>	Trazar salida de emergencia.....	88
<b>Figura 85.</b>	Trazado de la salida de emergencia. ....	89
<b>Figura 86.</b>	Área salida de emergencia para estudio por parte del software. ....	89
<b>Figura 87.</b>	<i>Apartado “Luz” en barra de herramientas.</i> ....	90
<b>Figura 88.</b>	Posicionar luminaria de emergencia. ....	91
<b>Figura 89.</b>	Escena de iluminación de emergencia.....	92
<b>Figura 90.</b>	Inicio de cálculo lumínico.....	93
<b>Figura 91.</b>	Barra de carga cálculo lumínico. ....	93
<b>Figura 92.</b>	Resultados de cálculo.....	94
<b>Figura 93.</b>	Documentación de la simulación de emergencia. ....	95
<b>Figura 94.</b>	Documentación completa de la iluminación de emergencia.....	95
<b>Figura 95.</b>	Datos baño piso 1 ILTEC.....	97
<b>Figura 96.</b>	Datos sala de profesores cátedra PHILIPS. ....	98
<b>Figura 97.</b>	Datos sala de estudio grupal Sylvania ....	98
<b>Figura 98.</b>	Datos Aula 2 piso 2 Sylvania.....	99
<b>Figura 99.</b>	Datos Aula 13 piso 2 ILTEC. ....	99
<b>Figura 100.</b>	Datos sala de reuniones Sylvania. ....	100
<b>Figura 101.</b>	Datos oficina director de escuela Sylvania.....	101

<b>Figura 102.</b>	Luminarias apuntando al tablero .....	104
<b>Figura 103.</b>	Tablero iluminado por PHILIPS. ....	105
<b>Figura 104.</b>	Pasillo cuarto piso SYLVANIA. ....	107
<b>Figura 105.</b>	Pasillo cuarto piso PHILIPS. ....	107

## LISTA DE ANEXOS

---

Anexo A. Simulaciones en el DIALux EVO, informes por el software de simulaciones y fichas técnicas de las luminarias.....	113
---	-----

## RESUMEN

---

TÍTULO:

DISEÑO DE ACTUALIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN A TECNOLOGÍA LED EN EL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, APLICANDO LA NORMA NTC 4595 Y RETILAP, MEDIANTE LA HERRAMIENTA SOFTWARE DE CALCULOS DIALUX EVO.<sup>1</sup>

AUTOR:

Luis David Rueda Berdugo

Luis Antonio Sánchez Mariño<sup>2</sup>

DESCRIPCIÓN: El presente proyecto de grado presenta el desarrollo del modelado lumínico, usando tecnología LED, del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T) de la Universidad Industrial de Santander, el cual consiste en estudiar los parámetros normativos de la NTC 4595 y el reglamento RETILAP respecto a luminarias en ambientes de uso público y académicos, para después, realizar el levantamiento arquitectónico de la E3T en 3D en el software DIALux EVO, el cual es un programa que permite el levantamiento en 3D de edificaciones para realizar el estudio lumínico, por lo cual, para este proyecto, se escogen luminarias de las marcas ILTEC, SYLVANIA y PHILIPS, las cuales serán simuladas y distribuidas en los ambientes del edificio de tal manera que cumplan con los parámetros lumínicos dados por la norma y el reglamento, para al final, realizar la comparación de estas tres marcas y determinar ventajas y desventajas tanto económicas como en eficiencia.

PALABRAS CLAVES: DIALux Evo, E3T, LED, Luminarias

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Rolando Andrés Rincón Saravia. Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga.

## ABSTRACT

---

TITLE:

DESIGN OF UPDATING LIGHTING TO LED TECHNOLOGY IN THE BUILDING OF THE SCHOOL OF ELECTRICAL, ELECTRONICAL AND TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER, APPLYING THE STANDARD NTC 4595 AND RETILAP, USING THE DIALUX EVO CALCULATION SOFTWARE TOOL.<sup>3</sup>

AUTHORS:

Luis David Rueda Berdugo

Luis Antonio Sánchez Mariño<sup>4</sup>

DESCRIPTION: This degree project presents the development of lighting modeling, using LED technology, of the building of the School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering (E3T) of the Industrial University of Santander, which consists of studying the normative parameters of the NTC 4595 and the RETILAP regulation regarding luminaires in public and academic use environments, and then performing the architectural survey of the E3T in 3D in the DIALux EVO software, which is a program that allows the 3D survey of buildings to perform the light study, so for this project, luminaires of the ILTEC brands are chosen, SYLVANIA and PHILIPS, which shall be simulated and distributed in the rooms of the building in such a way as to comply with the light parameters given by the standard and the regulation, Finally, make the comparison of these three brands and determine advantages and disadvantages both economic and efficiency.

KEYWORDS: DIALux Evo, E3T, LED, Luminaries

---

<sup>3</sup> Research work

<sup>4</sup> Faculty of Physical-Mechanic Engineering. School of Electrical, Electronical and Telecommunications Engineering. Advisor: Rolando Andrés Rincón Saravia. Co-Advisor: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga.

## INTRODUCCIÓN

---

Actualmente, el edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T) de la Universidad Industrial de Santander (UIS) en su campus central, cuenta con un sistema de iluminación que se conforma por luminarias fluorescentes las cuales contienen gases como el neón, argón y metales como el mercurio, por esta razón, las luminarias fluorescentes están en desventaja respecto a las luminarias LED, pues el mercurio es un metal altamente contaminante y su disposición final requiere de un gasto energético y económico alto para las empresas (R.S. Gil, 2015). Por ende, en los últimos años, el uso de la tecnología LED en luminarias ha venido en aumento alrededor del mundo, puesto que su bajo costo y consumo energético ha permitido que el mundo opte por ella para iluminar sus hogares, lugares de trabajo y espacios públicos (R.S. Gil, 2015).

El presente proyecto de grado busca presentar una idea a la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander para la actualización a tecnología LED de las luminarias presentes en el edificio, para ello, se tiene que llevar a cabo el estudio de la NTC 4595 (Planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares) y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) como base normativa a cumplir, pues estas dan los parámetros de intensidad lumínica, factor de mantenimiento y UGR (Deslumbramiento) para determinados ambientes dentro del edificio, siendo esto parte del primer objetivo específico a cumplir en este proyecto. También, haciendo uso de las herramientas de simulación conocidas a lo largo de la carrera, se usará el software de modelado y cálculo lumínico DIALux EVO, el cual permite modelar la infraestructura del edificio con sus muebles y espacios, cumpliendo así, el objetivo número dos.

Además de ello y como tercer objetivo a cumplir, el software DIALux EVO permite ubicar determinadas luminarias a lo largo de la infraestructura, ya sea en el techo o en el lugar que el diseñador desee, para posteriormente realizar los cálculos lumínicos y así, presentar una

ubicación mejor de las luminarias. Para este proyecto, se seleccionan tres tipos de luminarias a simular en el DIALux EVO, estas son de distintos fabricantes presentes en el mercado colombiano, los cuales son ILTEC, PHILIPS Y SYLVANIA, para luego modelarlas y ubicarlas de tal manera que no se aleje demasiado de las salidas de luz actuales, y así, obtener los informes de cada uno de los tipos de luminaria dadas por el simulador, para más adelante, realizar las comparativas respectivas de las tres y determinar ventajas y desventajas de cada modelo.

De igual forma, con el fin de cumplir el último objetivo específico, se presenta una guía paso a paso de implementación del software DIALux EVO, en la cual se describe el uso de este, presentando el modelado, la ubicación, simulación y mejoras de la distribución de los lúmenes y la ubicación de las salidas de luz en los distintos ambientes dentro del edificio.

A continuación, en este documento se presenta el origen del problema a solucionar y su justificación, por lo cual, para el desarrollo de la tesis expuesta en este libro, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos a cumplir, seguido del marco normativo que se tomó como base para el diseño de alumbrado en ambientes escolares.

Una vez presentado el marco normativo, se desarrolla la metodología para el diseño de alumbrado del edificio de la E3T en DIALux EVO, desarrollando una guía paso a paso del modelado estructural, mobiliario, selección de luminarias (tomando en cuenta la de emergencia) y su respectiva simulación. Por cada marca de luminarias se realiza una simulación con sus respectivos resultados, los cuales se analizan y comparan, con el fin de presentar las ventajas y desventajas de cada marca y su cumplimiento con la norma y el reglamento.

## **1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

---

Actualmente el edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y telecomunicaciones cuenta con un sistema de iluminación de tecnología fluorescente, el cual, aunque cumpla con las necesidades lumínicas, no está a la altura de la moderna tecnología LED. Además, los componentes que se utilizan en las luminarias fluorescentes, tales como: el neón, el argón y el mercurio hacen que estas deban tener un tratado especial para su disposición final (Echazú & Cadena, 2012) y, por consiguiente, que no sean liberadas al ambiente, puesto que, el mercurio podría contaminar cadenas alimenticias, en especial las acuáticas, ocasionando así que los organismos absorban este metal causándoles malformaciones (Miranda, Marínez, & Hernández, 2015). Así mismo, la luminaria fluorescente está quedando obsoleta en la actualidad, pues solo un 22% de la energía consumida se convierte en luz visible, teniendo unas pérdidas térmicas del 42% y un 32% de pérdidas por radiación infrarroja (Echazú & Cadena, 2012).

Por lo tanto, presentar un estudio de iluminación para el edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander basado en la normativa NTC 4595 y RETILAP vigentes, permitirá que en futuros planes de adecuación se cuente con un estudio de intensidad lumínica que utilice una tecnología moderna, eficiente, amigable con el ambiente, de bajo consumo energético y que satisfaga las necesidades lumínicas de la comunidad educativa. Por consiguiente, en este estudio de iluminación se opta por utilizar tecnología LED, la cual es más eficiente, de menor consumo, no usa gases contaminantes, su vida útil es mayor, sus componentes son reciclables y sus pérdidas por calor son menores, en comparación con la luz fluorescentes (Iturry Rivas, 2017).

Así pues, haciendo uso de la normativa NTC 4595 (Planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares, 2020), la cual propone la utilización de sistemas de control lumínico, permitiendo de este modo que la luz artificial sea utilizada en ciertos momentos del día en donde la cantidad de lúmenes en el aula esté por debajo de lo establecido en la norma y, por

consiguiente, tener una mejor eficiencia y un mejor ahorro energético; y del reglamento RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público), que plantea cuál es la responsabilidad por parte del diseñador de la iluminación en cumplir con la intensidad de luz requerida para las actividades que se deben realizar en los ambientes escolares tales como: la lectura de libros, escritura y lectura del tablero, además, esta garantiza la seguridad y confort del buen diseño, de su operación y de los productos usados en la instalación; y de los conocimientos aprendidos durante el transcurso de la formación profesional como ingeniero electricista, en las asignaturas de circuitos eléctricos, sistemas de distribución, instalaciones eléctricas y entre otras, se realizará el modelado y diseño en DIALux Evo, el cual permite visualizar, calcular y diseñar la luz para cualquier tipo de ambiente de manera exacta y profesional según normativas colombianas o extranjeras (Ciluz, s.f.), de todo el sistema de iluminación del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y telecomunicaciones actualizado a tecnología LED.

Igualmente, el edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones es catalogado como un edificio modelo en Colombia, puesto que es autosostenible y pensado para reducir el impacto ambiental, por lo tanto, el poder disminuir el consumo de energía eléctrica hará que se cumpla aún más con el fin para el cual fue construido. Por otra parte, no solo esto será beneficioso para el edificio, sino también para toda la comunidad universitaria de la Universidad Industrial de Santander, porque la correcta aplicación de este nuevo diseño lumínico traerá beneficios, tales como: reducir la huella de carbono (Aguirre & Jarrín, 2021), el mejoramiento del ambiente visual y el uso de este proyecto como ejemplo para adecuaciones futuras en otros edificios dentro y fuera de la universidad.

## **2. OBJETIVOS**

---

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Actualizar el diseño de la iluminación del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander para el cumplimiento de la norma NTC 4595 y RETILAP.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Revisar la norma NTC 4595 y el reglamento RETILAP con el fin de identificar los artículos relacionados a los ambientes educativos, para la actualización del diseño de la iluminación del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.
- Crear un modelo en 3D con las características constructivas y de espacio, incluyendo mobiliario, donde se apliquen los artículos encontrados en las normas relacionados a los ambientes específicos del edificio.
- Seleccionar los tipos de luminarias LED que conserven la distribución apropiada para el cumplimiento de los niveles de iluminación requeridos por la norma NTC 4595 y RETILAP.
- Elaborar una guía paso a paso de la implementación del software DIALux Evo, para el diseño de la iluminación interna del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones bajo la norma NTC 4595 y RETILAP.

### **3. MARCO NORMATIVO PARA EL DISEÑO DE ALUMBRADO EN AMBIENTES ESCOLARES.**

---

Como bien se ha nombrado anteriormente en este proyecto se tendrán en cuenta la Norma Técnica Colombiana (NTC) 4595 y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). Por esta razón, en esta sección se procede a realizar la lectura, el resumen y la interpretación de los capítulos y secciones requeridas para el desarrollo de este proyecto.

En primer lugar, la NTC 4595 (Planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares), en el numeral 2 (Referencias normativas), nombra al RETILAP, entre otras, como documentación indispensable para el cumplimiento de esta normativa, por lo tanto, la aplicación del reglamento en este proyecto dará cumplimiento a la norma antes citada. También, es claro mencionar que el numeral 7 (Instalaciones técnicas), en su apartado 7.2 (Instalaciones eléctricas), subapartado 7.2.2 (Iluminación artificial) citan el deber de obedecer al RETILAP y, a su vez, presenta unos parámetros fotométricos que se estudian más a detalle en el reglamento y que se presentan en la Tabla 1, presentada a continuación:

**Tabla 1.**

Parámetros fotométricos RETILAP.

Área	Em (lx)	Uo (%)	UGR	VEEI**	Ev (lx)	Uov (%)
Aula tipo	500	50	19	4		
Tablero aula y/o laboratorio					500	50
Laboratorio	500	50	19	4		
Baños	150	50	25	4.5		
Circulaciones	100	50	28	4.5		
Oficinas	500	50	19	3.5		
Talleres*	500	50	22	4.5		
Biblioteca	500	50	19	6		
Cocina	300	50	25	5		
Aula múltiple	500	50	19	4		
* Talleres de ensamble, trabajo intermedio.						
** W/m <sup>2</sup> /100 lx						

*Nota:* La tabla muestra el resumen de los aspectos a cumplir dependiendo del área dentro de establecimientos educativos. En donde Deslumbramiento máximo (UGR), Eficiencia energética (VEEI), Valor por el cual no debe descender la iluminación (Em), Cantidad de luz de entrada en la imagen (Ev), Uniformidad general (Uo), Uniformidad de entrada en imagen (Uov). Tomado de: NTC 4595, Tabla 12, pag. 28 (NTC 4595, 2020).

Así entonces, se procede a dar lectura del reglamento anteriormente mencionado (RETILAP) para indicar las secciones relevantes y que se deben cumplir dentro de este proyecto.

Para empezar, en el capítulo 2 (Requisitos generales para un sistema de iluminación), secciones 200.1, 200.2 y 200.3, se da a entender un concepto global de lo que se requiere en una instalación de luminarias, en donde se menciona que es importante conocer el sitio y objetos a iluminar, por lo que se debe conocer la infraestructura y los parámetros físicos del lugar. Asimismo, además de tener en cuenta lo anterior, también se hace necesario atender los

requerimientos de intensidad lumínica que sean óptimos en el espacio a iluminar, esto según lo dicte la norma o el reglamento, para el buen desarrollo de las actividades humanas en el lugar y se debe proyectar un plan de mantenimiento para garantizar dicha intensidad a lo largo de su vida útil. Es decir que, para cualquier tipo de proyecto lumínico, se deben escoger luminarias y fuentes de luz que cumplan con las características requeridas de luminosidad del lugar, por esta razón, los comercializadores y/o fabricantes de estos productos deben presentar las características lumínicas y geométricas de dichas fuentes y luminarias, por medio de catálogos o fichas técnicas del producto.

En el mismo capítulo sección 210.2.4 (Uso de software para diseño de sistemas de iluminación) dan los parámetros que un programa informático debe cumplir para el cálculo y diseño de sistemas de iluminación, para este caso, el software DIALux EVO está equipado con una basta información y herramientas que permiten que su desempeño y utilidad sea bastante reconocido en el sector eléctrico del país.

Por otro lado, el capítulo 4 (Diseño y cálculos de iluminación interior) en su sección 410 (Requisitos generales del diseño de alumbrado interior) presenta, en complemento con el capítulo 2, un listado de ítems a tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema de iluminación en interiores, los cuales se presentan a continuación tomados de el RETILAP:

*“a) las actividades asociadas con cada espacio.*

b) Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.

c) Las condiciones de reflexión de las superficies

d) Los niveles de iluminancia y uniformidad requeridas

e) La disponibilidad de la iluminación natural.

f) El Control del deslumbramiento.

g) Los requerimientos especiales en las propiedades de las luminarias, por el tipo de aplicación.

h) Propiedades de las fuentes y luminarias, tales como:

⇒ El índice de reproducción del color, lo natural que aparecen los objetos bajo la luz.

⇒ La temperatura del color, la apariencia de calidez o frialdad de la luz.

⇒ El tamaño y forma de la fuente luminosa y de la luminaria.” (Ministerio de Minas y Energías, 2010, p. 77) (NTC 4595, 2020).

Igualmente, en el mismo capítulo, la sección 410.1 (Niveles de iluminación, iluminancias y distribución de luminancias) presenta los niveles de deslumbramiento (UGR) y niveles de iluminancia para determinados sitios, organizados en la Tabla 410.1 (Índice UGR máximo y Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades) en la cual se observan los datos a cumplir en las zonas que tiene el edificio de la E3T, los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 2.**

Índice máximo de UGR y niveles de iluminación exigibles para diferentes áreas y actividades.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR	NIVELES DE ILUMINACIÓN (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
<b>Áreas generales en las edificaciones</b>				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños	25	100	150	200
Almacenes, bodegas	25	100	150	200
<b>Colegios y centros educativos</b>				
<i>Salones de clase</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
<i>Salas de conferencia</i>				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asambleas	22	150	200	300
<b>Oficinas</b>				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750

*Nota:* La tabla muestra los valores máximos de deslumbramiento UGR y los niveles mínimos y máximos de lx que debe tener cada área y actividad. Tomado de: RETILAP, Tabla 410.1, pag, 78 y 79 (RETILAP, 2010).

El edificio de la E3T fue diseñado de manera tal que el aprovechamiento de la luz natural sea eficiente, esto se ve reflejado en los ventanales grandes de los salones del edificio y las claraboyas que se ubican en los salones del cuarto piso del lado occidental y del quinto piso, esto atiende a las recomendaciones de la sección 410.2 (Aprovechamiento de la luz natural) la cual sugiere disminuir el consumo de energía asociadas al alumbrado dando un mayor aprovechamiento de la energía radiante del sol durante el día.

Por otra parte, para atender la sección 410.3 (Control de deslumbramiento) la cual habla de los efectos producidos por áreas demasiado brillantes que afectan el campo de visión, y la sección 410.4 (Uniformidad) en la cual se dan los parámetros de luminancia en las áreas circundantes para evitar los cambios bruscos de esta; es de suma importancia conocer el factor de deslumbramiento (UGR) y la uniformidad en la intensidad lumínica, debido a que las emisiones de luz pueden ocasionar fatigas visuales por malas distribuciones de estas. Es decir, se debe calcular el UGR y determinar la uniformidad de la iluminación en la zona. Se presenta a continuación la formula del cálculo del UGR:

$$UGR = 8 \log_{10} \left( \frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (1)$$

$L_b$ : Es la iluminancia de fondo en  $cd/m^2$ , calculada por  $E_{ind} * \pi^{-1}$ , en la que  $E_{ind}$  es la iluminancia indirecta vertical en el ojo del observador.

$L$ : Es la iluminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador en  $cd/ m^2$ .

$\omega$ : Es el ángulo sólido (estereorradianes) de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador.

p: Es el índice de posición de Guth para cada luminaria individual que se refiere a su desplazamiento de la línea de visión.

*Nota:* Fórmula tomada del RETILAP, sección 410.3, pag, 84.

Conviene subrayar que el software DIALux EVO permite realizar este tipo de mediciones dando como resultado uniformidad y buena distribución de las luminarias, y de la intensidad lumínica, permitiendo así, atender a las secciones 410.3 y 410.4, del RETILAP.

Por otro lado, en el apartado 410.9 (Mantenimiento de las instalaciones de iluminación) se especifica que en todo proyecto se debe tener un plan que calcule el factor de mantenimiento, esto con el fin de brindar un servicio eficiente, confiable y que cumpla con lo especificado, además de cuidar con la salud visual de los usuarios.

También, la sección 420 (Requisitos específicos de iluminación interior) en su apartado 420.1 (Alumbrado de espacios interiores para trabajo) presenta en sus subapartados 420.1.1 (Alumbrado de oficinas) y 420.1.2 (Alumbrado de instituciones educativas, salas de lectura y auditorios) los requisitos que estos espacios deben cumplir, pues estas zonas serán utilizadas para la lectura, escritura y la visualización de tableros, por esta razón, un apropiado arreglo de la luminancia y fuentes de luz permiten el mejor desempeño de las actividades que se realicen en estas aulas y oficinas.

Otro de los aspectos importantes a tratar en este proyecto, son los cálculos de iluminación, los cuales se presentan en la sección 430 (Cálculo para la iluminación de interiores) en la cual se presenta el cálculo del nivel de emitancia luminosa en donde se debe calcular el nivel de iluminancia promedio:

$$E_{prom} = \frac{\phi_{tot} CU * FM}{A} \quad (2)$$

$\Phi_{tot}$ : Flujo luminoso total de las bombillas.

A: Área del plano de trabajo en m<sup>2</sup>.

CU: Coeficiente o factor de utilización para el plano de trabajo.

FM: Factor de mantenimiento.

*Nota:* Fórmula tomada del RETILAP, sección 430, pag, 91.

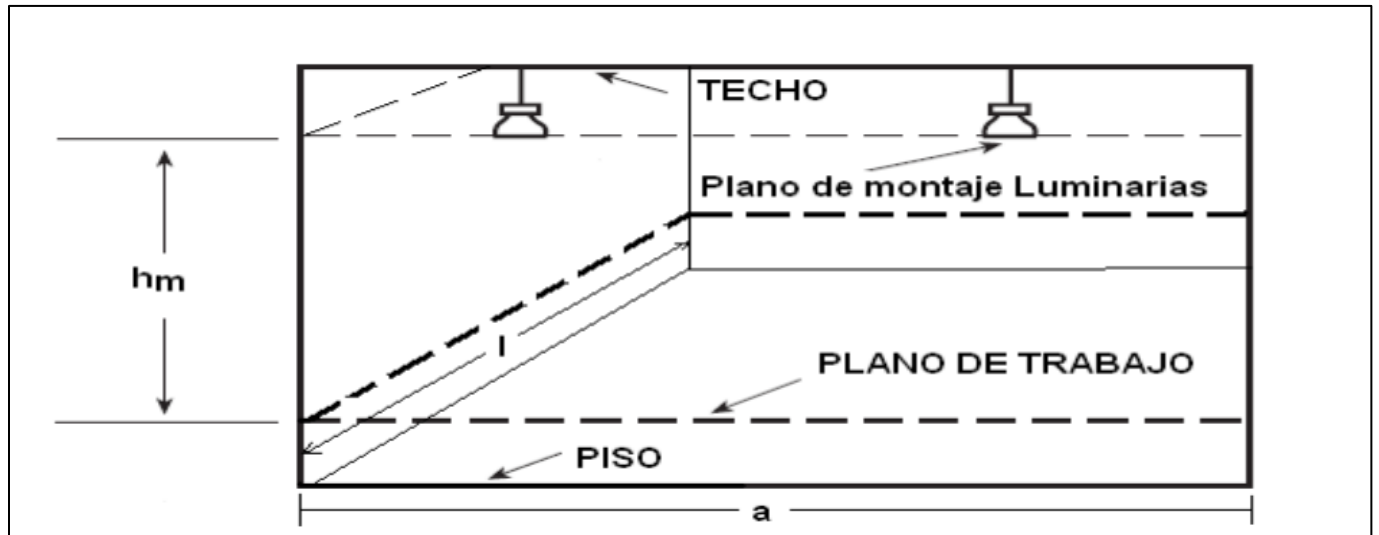
Es importante aclarar que, el DIALux EVO es un programa que realiza estos cálculos y modelados de iluminación. Esto es posible debido a las especificaciones técnicas que se brinden de las luminarias y/o fuentes de luz, además de las dimensiones y formas geométricas que existan en el lugar.

Como se observa en la ecuación de Eprom – presentada anteriormente-, se tiene un coeficiente de utilización, el cual se explica en el apartado 430.1 (Método del coeficiente de utilización de la instalación (CU)) que describe que este coeficiente es el aprovechamiento del flujo luminoso que cae sobre el plano de trabajo. Este coeficiente es suministrado por los fabricantes o se puede calcular con el producto de la eficiencia de las luminarias ( $\eta_L$ ) por la eficiencia del local ( $\eta_R$ ),  $CU = \eta_L * \eta_R$ . Este factor de utilización también se puede determinar mediante pruebas de laboratorio como lo describe el apartado 430.2.4 (Las curvas ISO K).

De igual manera, se debe calcular la iluminación promedio horizontal por medio del apartado 430.2 (Método de cavidades zonales) en la cual se debe determinar dos planos imaginarios en la zona de trabajo, uno sobre el nivel de las luminarias y otro sobre el nivel de trabajo:

**Figura 1.**

Distancias y cavidades para aplicación del método del Coeficiente de local.



*Nota:* Método del coeficiente local. Imagen tomada del RETILAP, sección 430.1. pag. 93.

Una vez se determina estos planos se procede a realizar el cálculo de la iluminación promedio horizontal  $E_{prom}$ :

$$E_{prom} = \frac{N * n * \phi_L * CU * FM}{l * a} \quad (3)$$

N: Número de luminarias en el local.

n: Número de bombillas por luminaria.

$\phi_L$ : Flujo luminoso de una bombilla de la luminaria.

CU: Coeficiente o factor de utilización para el plano de trabajo.

FM: Factor de mantenimiento de la instalación.

l: Longitud del local en metros.

a: Ancho del local en metros.

*Nota:* Fórmula tomada del RETILAP, sección 430.2, pag. 93 (RETILAP, 2010).

En el apartado 430.5 (Mantenimiento en instalaciones de iluminación interior) subapartado 430.5.1 (Factor de mantenimiento), en complemento con el apartado 410.9, se especifica que, a lo largo de la vida útil de las luminarias, estas suelen perder intensidad lumínica

debido a factores tales como: suciedad y pérdida de eficiencia de los materiales, por esta razón, para mantener el nivel de iluminancia requerido en determinada zona, se debe calcular el factor de mantenimiento por medio de la siguiente fórmula:

$$FM = FE * DLB * Fb \quad (4)$$

FM: Factor de mantenimiento de la instalación.

FE: Depreciación de la luminaria por ensuciamiento.

DLB: Depreciación por disminución del flujo luminoso de las bombillas.

Fb: Factor de balasto.

*Nota:* Fórmula tomada del RETILAP, sección 430.5.1, pag. 98 (RETILAP, 2010).

Una vez determinado o calculado el Coeficiente de utilización (CU) y el Factor de mantenimiento (FM) se procede a calcular la cantidad de luminarias para el área requerida, según como lo menciona el apartado 430.3 (Número de luminarias necesarias para producir una iluminancia requerida), para ello se calcula el flujo luminoso total:

$$\phi_{tot} = \frac{E_{prom} * A}{CU * FM} \quad (5)$$

$\phi_{tot}$ : Flujo luminoso total.

$E_{prom}$ : Iluminancia promedio requerida.

A: Área en m<sup>2</sup>.

CU: Coeficiente de utilización.

FM: Factor de mantenimiento.

*Nota:* Fórmula tomada del RETILAP, sección 430.3, pag. 96 (RETILAP, 2010).

Para así, proceder a calcular el número de luminarias:

$$N = \frac{\phi_{tot}}{n * \phi_l} \quad (6)$$

$\phi_l$ : Flujo luminoso de una bombilla.

n: Número de bombillas por luminaria.

*Nota:* Fórmula tomada del RETILAP, sección 430.3, pag. 97.

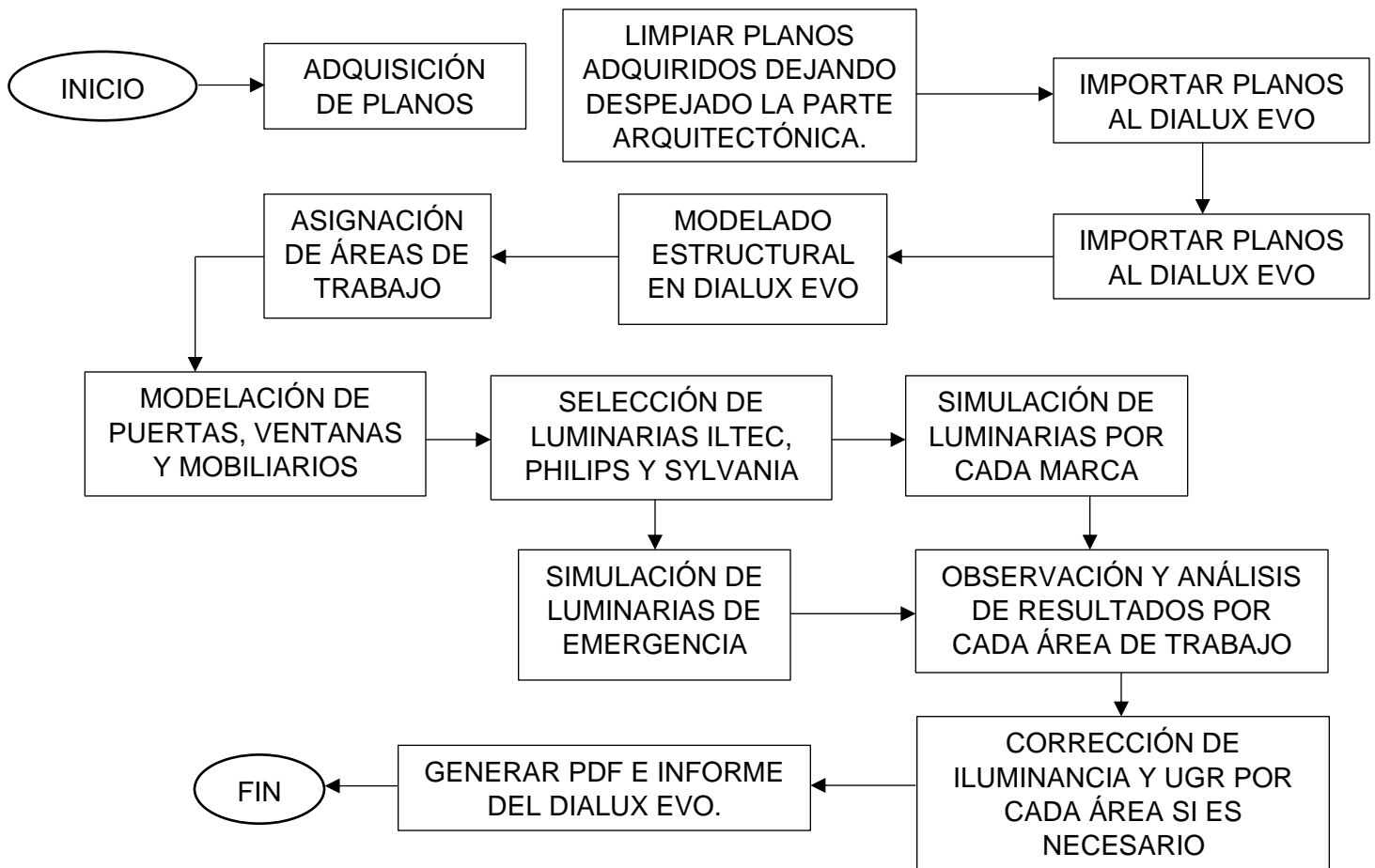
Para finalizar, es necesario mencionar la importancia de tener un alumbrado de emergencia, citado en la sección 470 (Alumbrado de emergencia), la cual se encargará de dar la suficiente iluminación a los lugares de evacuación tales como: pasillos, puertas y escaleras de emergencia, evitando el pánico ante accidentes o percances que puedan ocurrir dentro de la instalación, este alumbrado debe tener una autonomía de por lo menos una hora, independientemente de la red eléctrica del edificio. Como se nombra en este apartado, sección 470.2 (Instalaciones que requieren de alumbrado de emergencia) todos los edificios con más de 5 pisos o que en cualquier hora de la noche concentren más de 100 personas deberán contar con alumbrado de emergencia, lo cual, en el edificio objeto de estudio se cumple. Asimismo, en la sección 470.3 (Características de las instalaciones del alumbrado de emergencia) se presentan las características de funcionamiento que estas deben cumplir, como su autonomía de la red, tiempo de disponibilidad y tiempo de operación y, el nivel de iluminancia que los pasillos y rutas de evacuación deben tener como mínimo, que según el reglamento, para una vía de evacuación de anchura no superior a 2 metros debe contar con una iluminancia de 1 lux sobre el eje central y 0.5 lux en la banda central, siendo este el parámetro más importante a tener en cuenta en este proyecto, pues hace parte del estudio lumínico del objetivo general de esta presente tesis.

#### **4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE ALUMBRADO DEL EDIFICIO DE LA E3T EN DIALUX EVO.**

---

Una vez comprendida la normatividad y la reglamentación a cumplir como parte del primer objetivo, se procede entonces a realizar el modelado infraestructural del edificio y la elección y simulación de las luminarias en el software DIALux EVO y, como parte de la guía de diseño, se presenta el paso a paso del modelado estructural y la simulación de luminarias, teniendo en

cuenta una simulación para la iluminación de emergencia. Por lo cual se presenta el paso a paso en el siguiente diagrama de flujo:



#### 4.1. MODELADO ESTRUCTURAL Y DE MUEBLES EN EL DIALUX EVO.

Para la realización del estudio lumínico, es importante tener claro qué dimensiones y actividades se van a realizar en determinado espacio dentro o fuera de una edificación, en este caso, actividades de estudio, secretaría, sala de reuniones, baños y cafetería, las cuales se definen en la Tabla 2 (Índice máximo de UGR y niveles de iluminación exigibles para diferentes áreas y actividades) con los niveles mínimos y máximos de intensidad lumínica y nivel de deslumbramiento (UGR). Por esta razón, contar con los planos arquitectónicos y eléctricos del edificio de la E3T son el primer paso para empezar con el modelado, estos planos fueron

brindados por la escuela para el desarrollo de esta tesis los cuales se anexan junto a este informe.

**Figura 2.**

Planos en AutoCAD del edificio de la E3T.

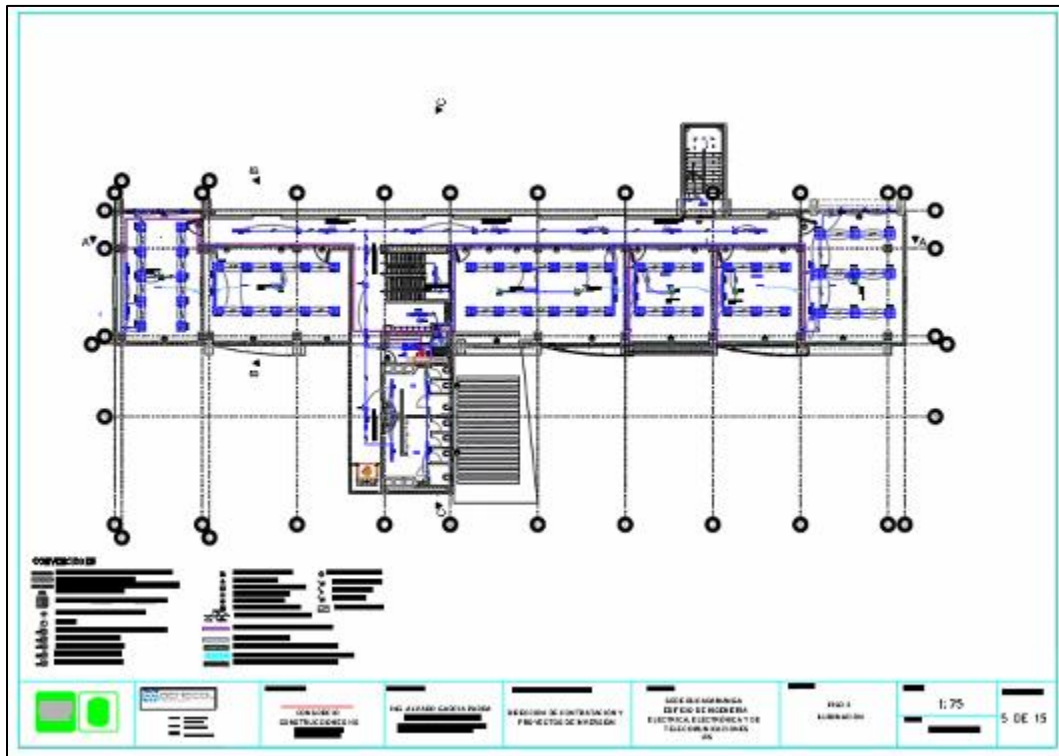


*Nota:* Estos planos se anexan junto a esta tesis.

Así entonces, contando con los planos, se procede a seleccionar los planos arquitectónicos, pues en estos también se presentan los planos eléctricos, los cuales se usarán más adelante en la simulación de luminarias. Una vez identificado el plano arquitectónico, se procede a realizar la limpieza de indicaciones y nombres que pueden ser molestos a la hora de dibujar en el software DIALux EVO, para este ejemplo se presentará el desarrollo de la planta 2 del edificio.

**Figura 3.**

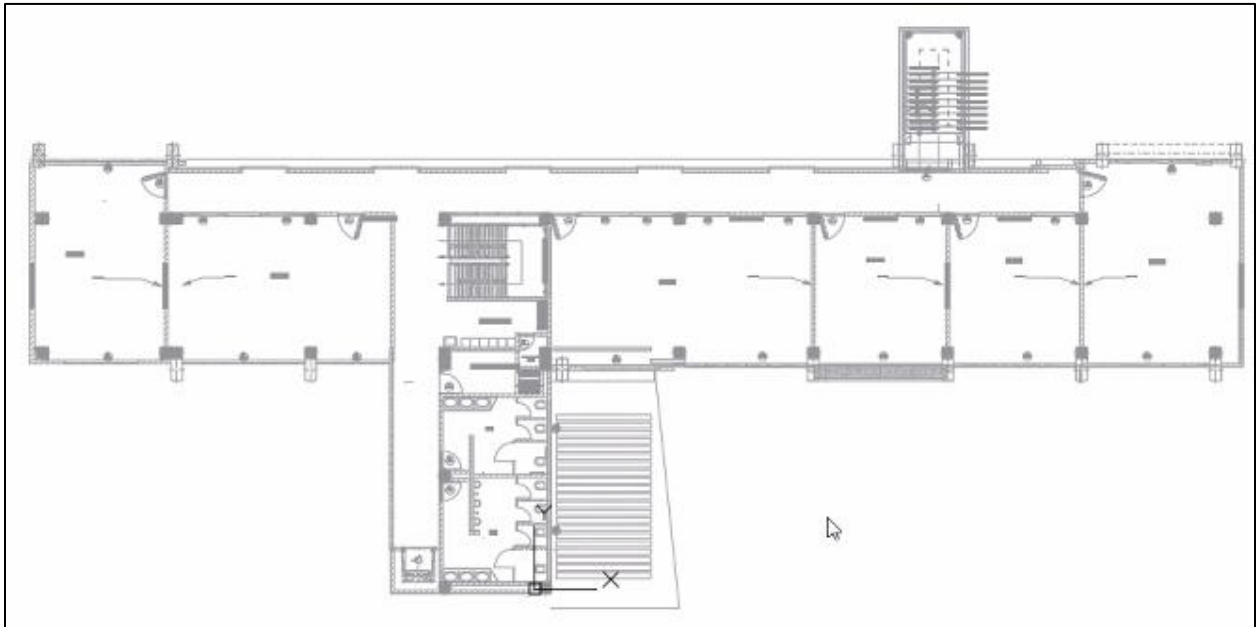
Plano AutoCAD planta 2 de la E3T.



*Nota:* Se observa elementos, nombres y marco, que obstaculizan la vista plena de la parte arquitectónica del piso, los cuales se limpian.

#### Figura 4.

Plano arquitectónico limpio en AutoCAD, piso 2.



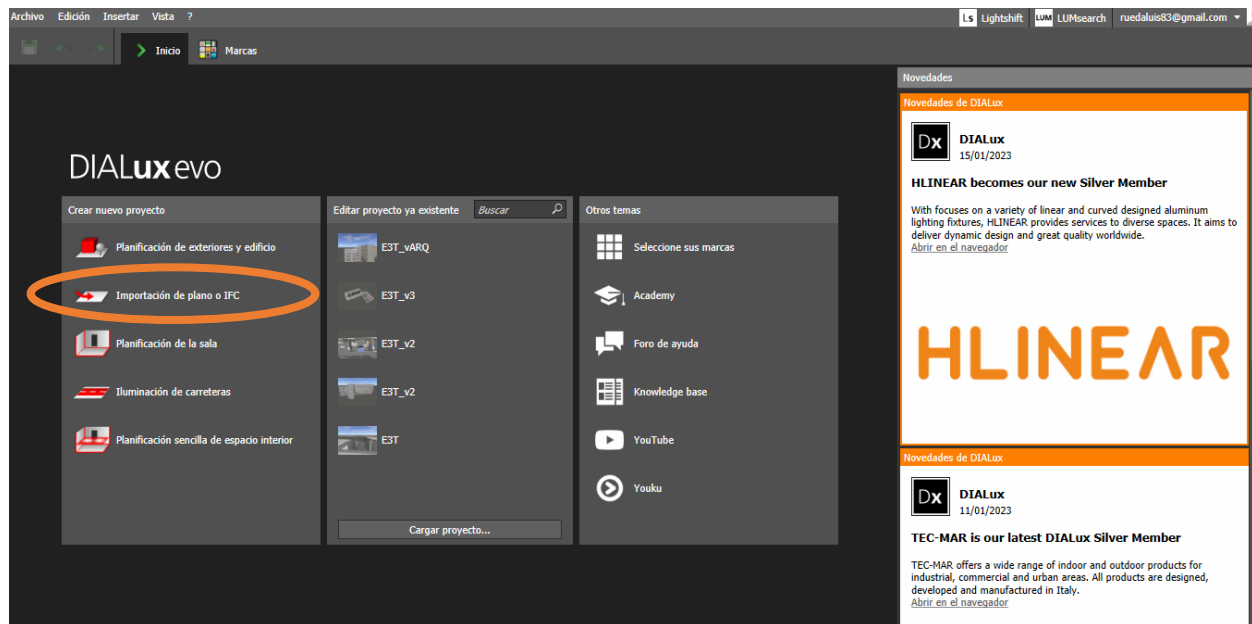
*Nota:* Plano arquitectónico sin indicaciones ni nombres listo para el paso a DIALux EVO.

Una vez teniendo el plano arquitectónico sin indicaciones molestas, este se importa al DIALux EVO, se recalca que el software permite la entrada de archivos desde AutoCAD.

Una vez abierto el DIALux EVO, se observa en la pantalla de inicio la entrada de planos en *"Importación de plano o IFC"*, tal cual como se muestra en la siguiente figura 5:

**Figura 5.**

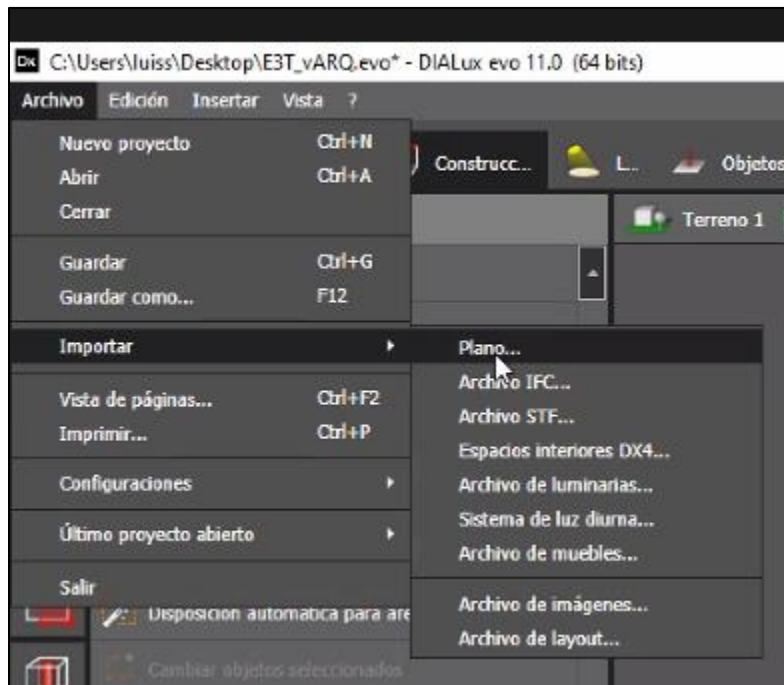
Pantalla de inicio del DIALux EVO.



En donde se da clic y se selecciona el plano arquitectónico en el cual se va a trabajar. De igual manera, se permite el ingreso de planos desde un proyecto abierto, en la parte superior izquierda Archivo>Importar>Plano, se busca la carpeta en donde se haya guardado el plano a trabajar, se selecciona y se da Aceptar.

**Figura 6.**

Importar planos a DIALux EVO.

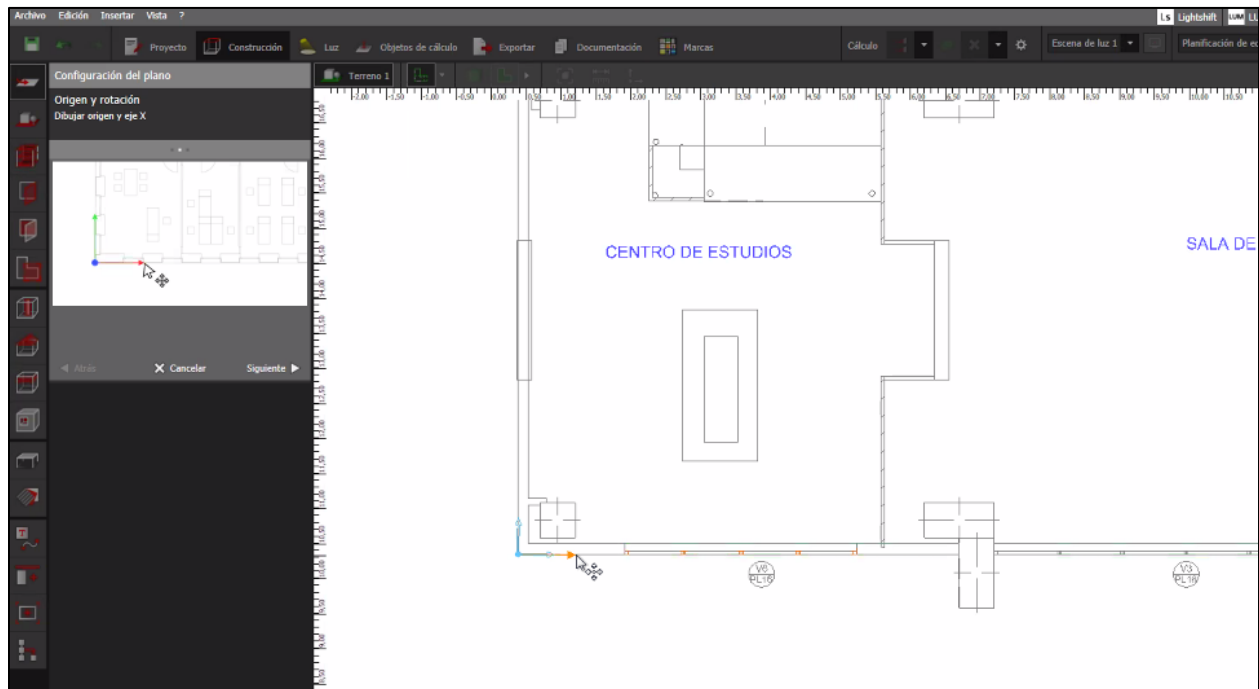


*Nota:* Se presenta el espacio dentro del programa que permite la entrada de planos para trabajar dentro del DIALux EVO, se observa que permite la entrada de diversos archivos.

Una vez insertado el plano, el software pedirá un origen, una rotación y las unidades a trabajar. Para la ubicación del origen y la rotación, por lo general, se escoge la esquina inferior izquierda, dando clic sobre ella tal cual como se muestra en la siguiente figura 7:

**Figura 7.**

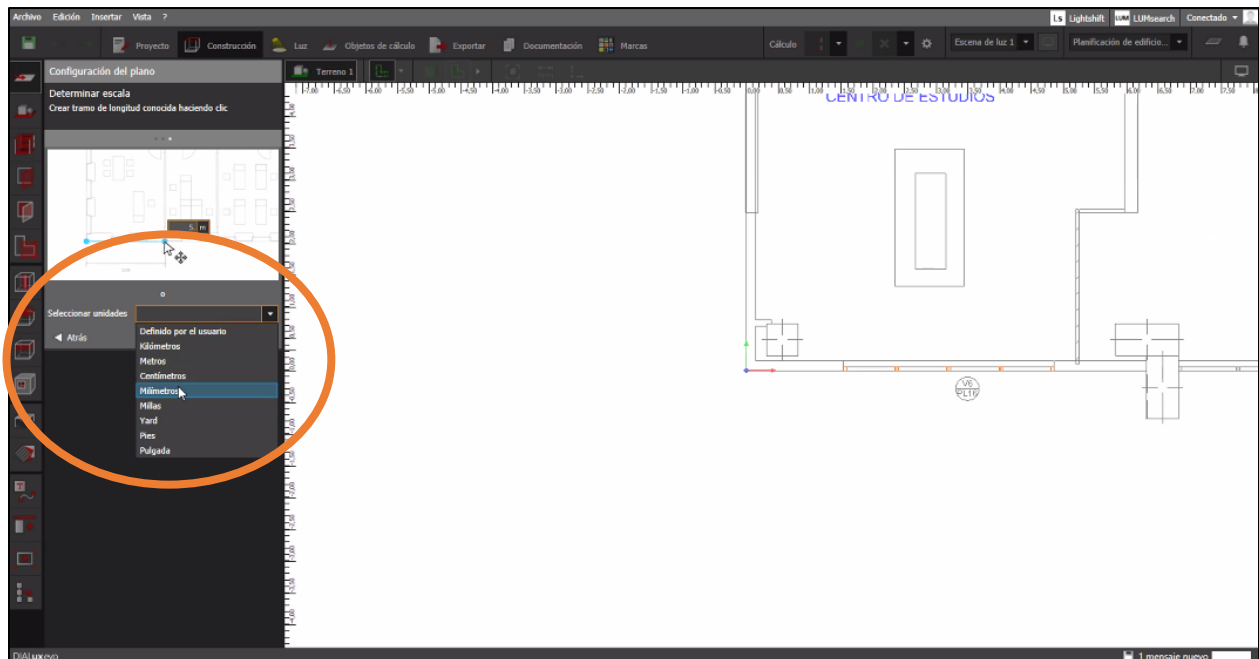
Selección de origen y rotación del plano.



Posteriormente, se selecciona las unidades del plano:

**Figura 8.**

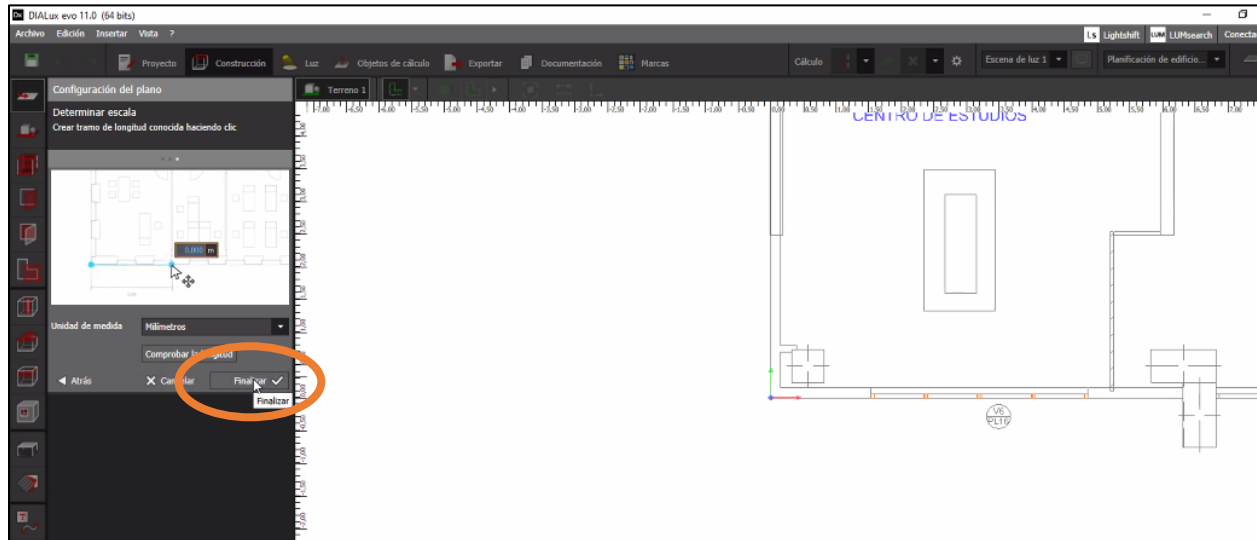
Selección de unidades del plano.



Para posteriormente dar en finalizar:

### Figura 9.

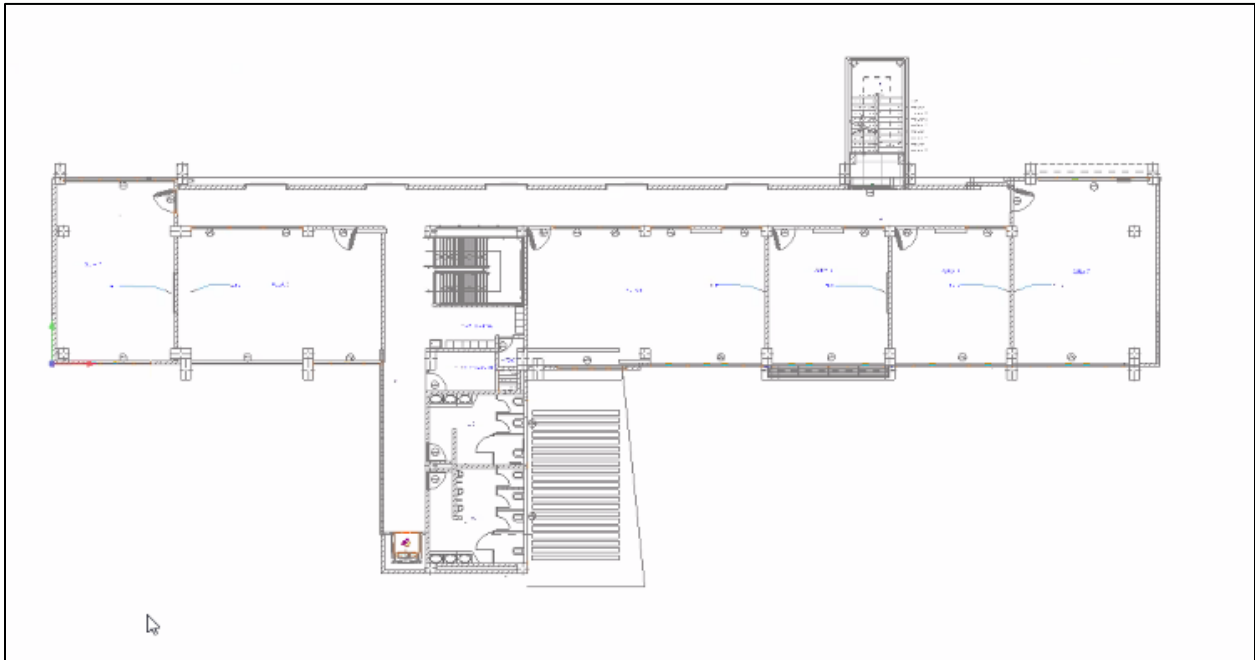
Clic en “Finalizar”.



*Una vez dado clic en “Finalizar” el plano queda listo para empezar a modelar la estructura del edificio. Se recalca que, este es un procedimiento que se debe realizar con cada uno de los planos de los pisos del edificio a simular, se recomienda nombrar los planos según el piso que corresponda para la mejor identificación en el DIALux EVO.*

**Figura 10.**

Plano piso 2 en DIALux EVO.

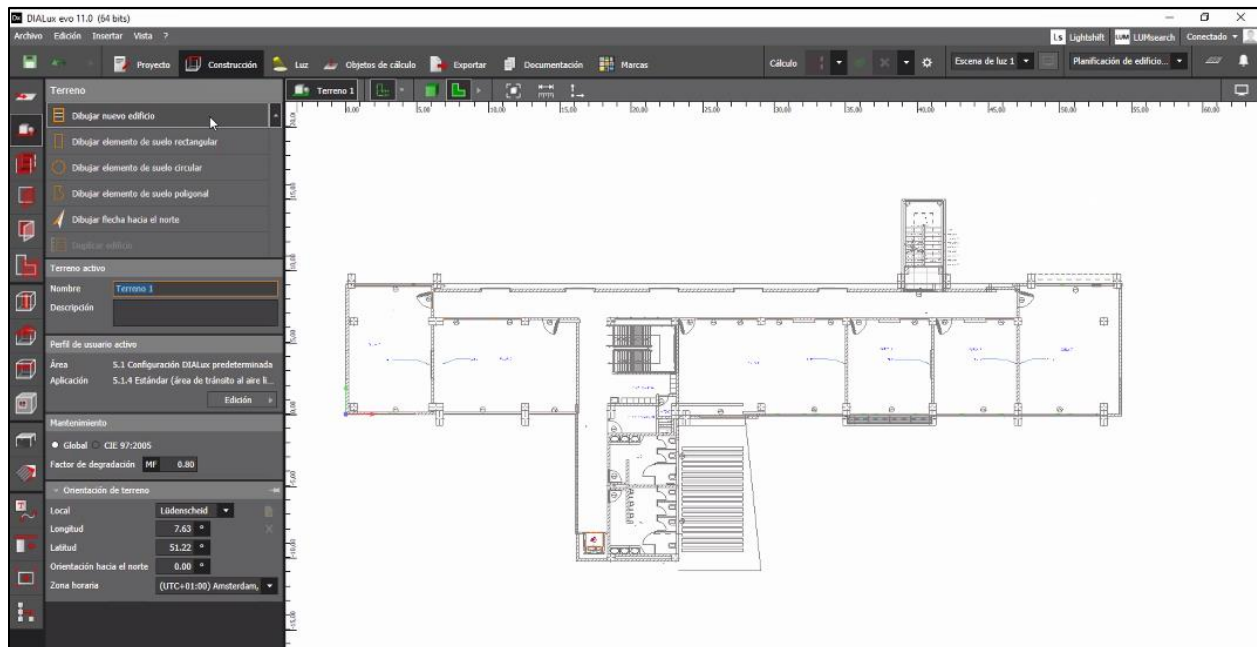


#### **4.1.1. MODELADO ESTRUCTURAL.**

Para proceder a dar forma al edificio se va al apartado de construcción>Terreno>Dibujar nuevo edificio:

**Figura 11.**

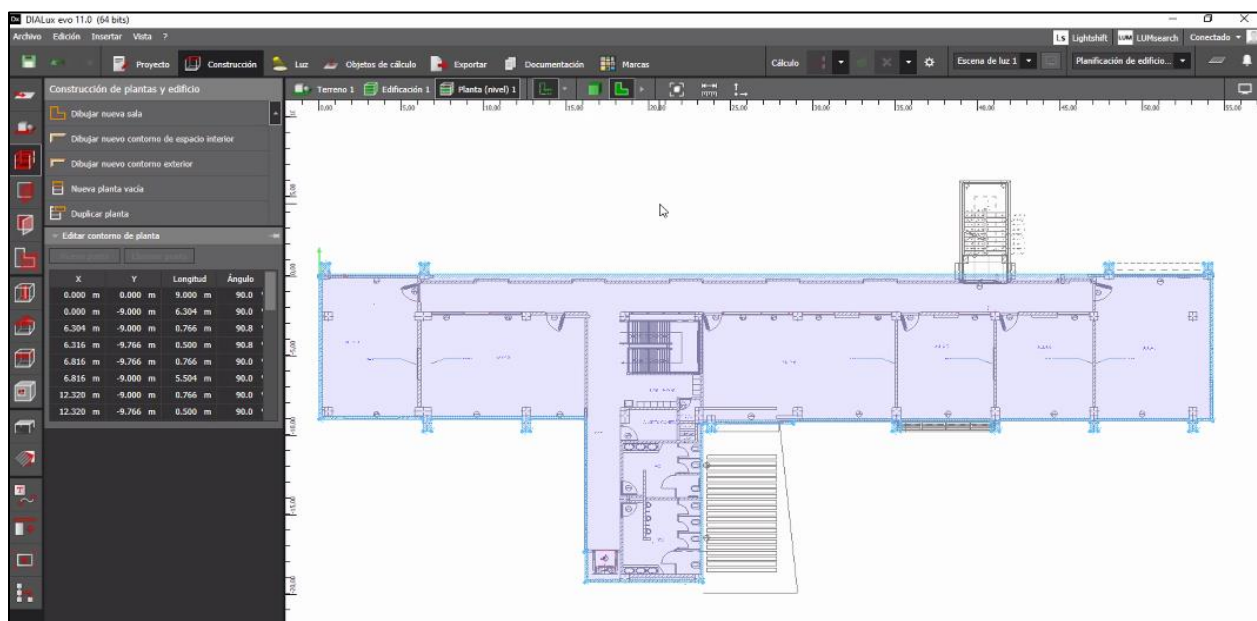
Dibujar nuevo edificio.



Una vez dado clic en “Dibujar nuevo edificio” se procede a trazar toda la parte exterior de los muros del plano dando como resultado la Figura 12:

**Figura 12.**

Delimitación del nuevo edificio.

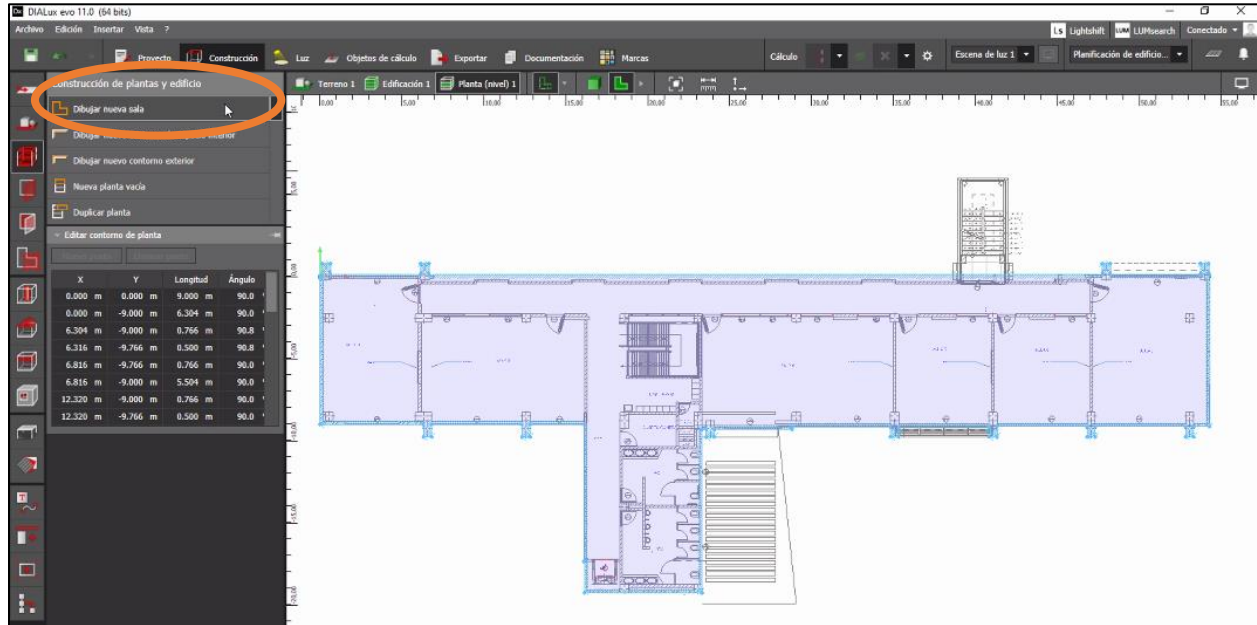


Para posteriormente empezar a dibujar las áreas del plano como: salones de clase, baños, cafeterías, salas de reuniones, oficinas, etc, según los espacios que se ubiquen en cada piso.

Para esto se da clic en “Dibujar nueva sala”:

**Figura 13.**

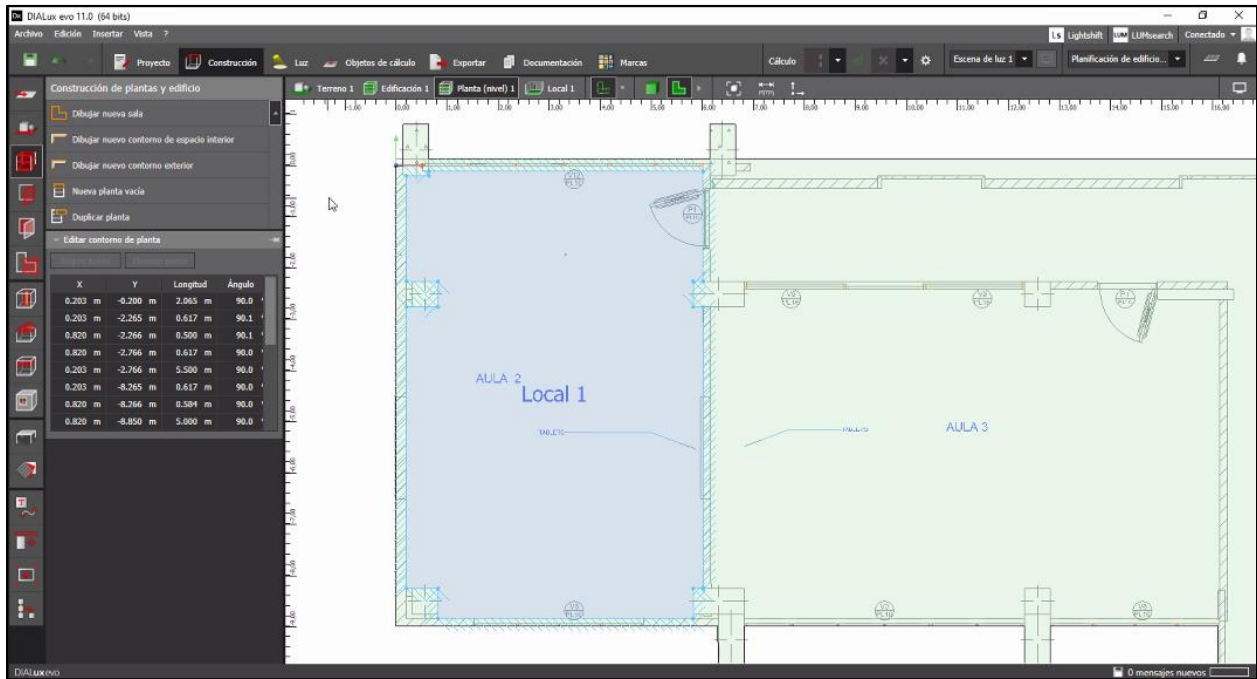
“Dibujar nueva sala”



Y se empieza a delimitar el área interior de los salones, sin ignorar las columnas que sobresalen en las áreas interiores:

**Figura 14.**

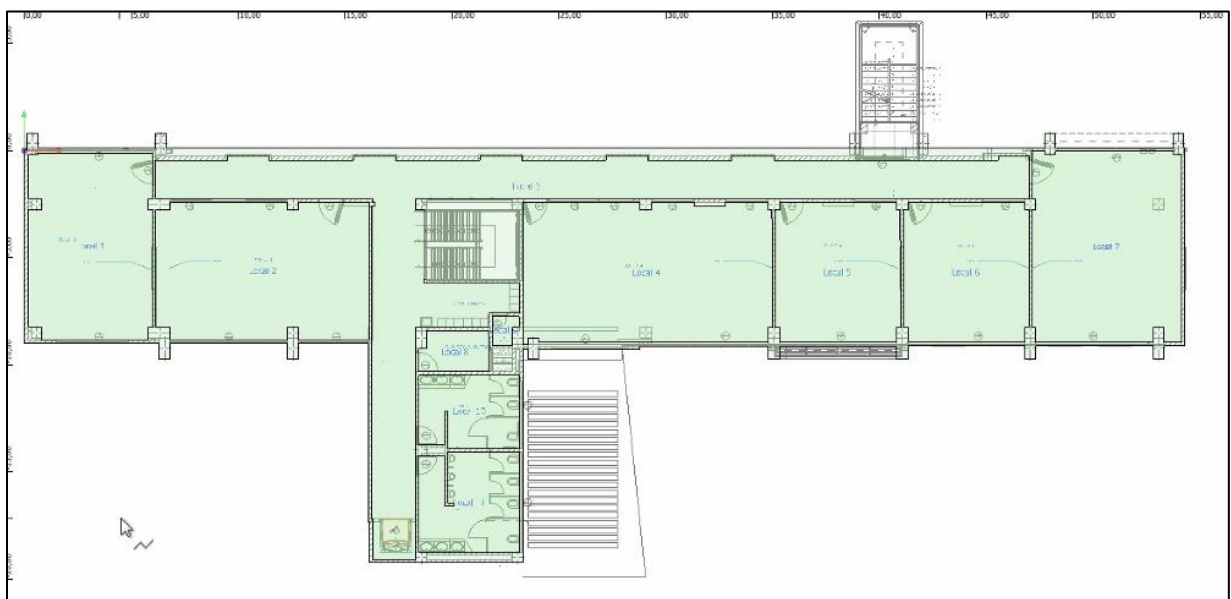
Delimitación de Aula.



Para al final obtener la delimitación de todos los espacios de la planta, tal cual como se muestra en la siguiente figura 15:

**Figura 15.**

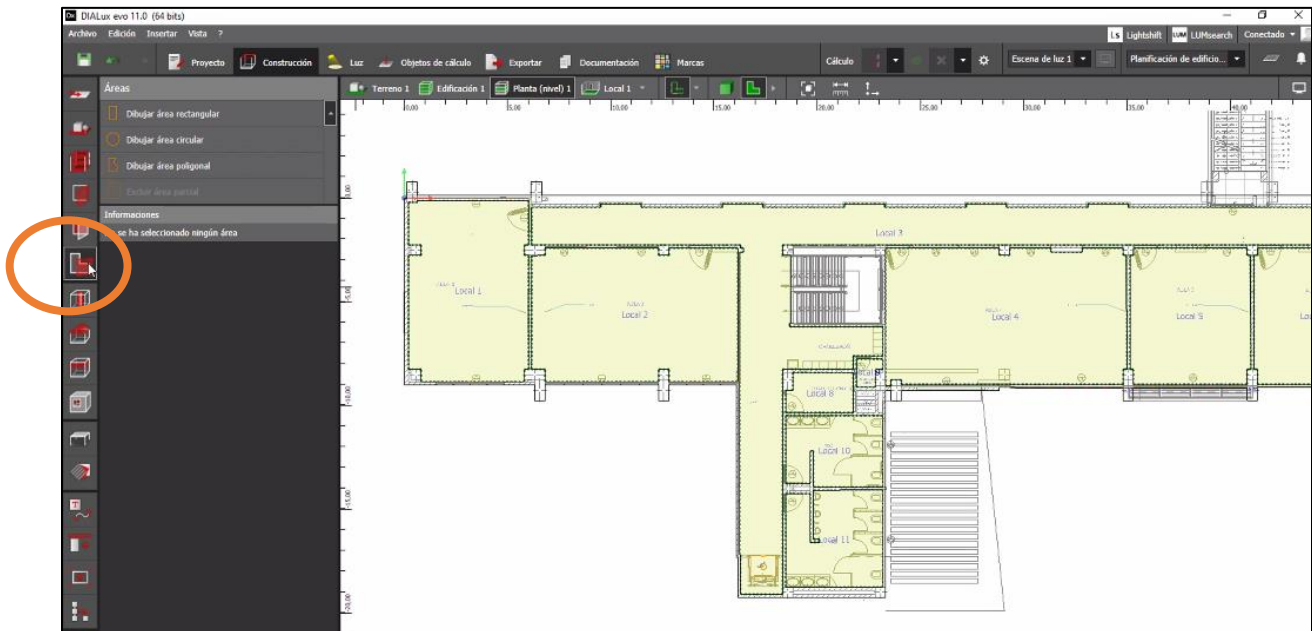
Áreas internas del piso 2 delimitadas.



Una vez las áreas estén seleccionadas, se procede a cambiar el nombre, para ellos se selecciona “Áreas” como se muestra en la Figura 16:

**Figura 16.**

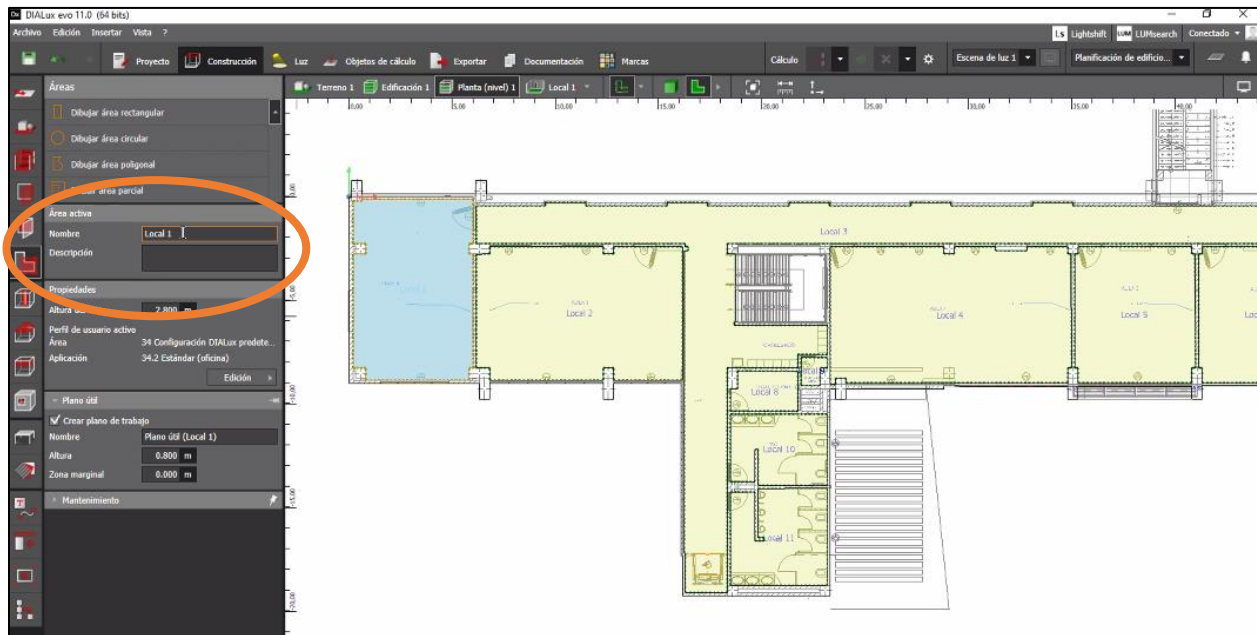
*“Áreas” delimitadas.*



Dado clic en “Áreas” se selecciona alguno de los espacios delimitados anteriormente para procedes a insertar nombre:

**Figura 17.**

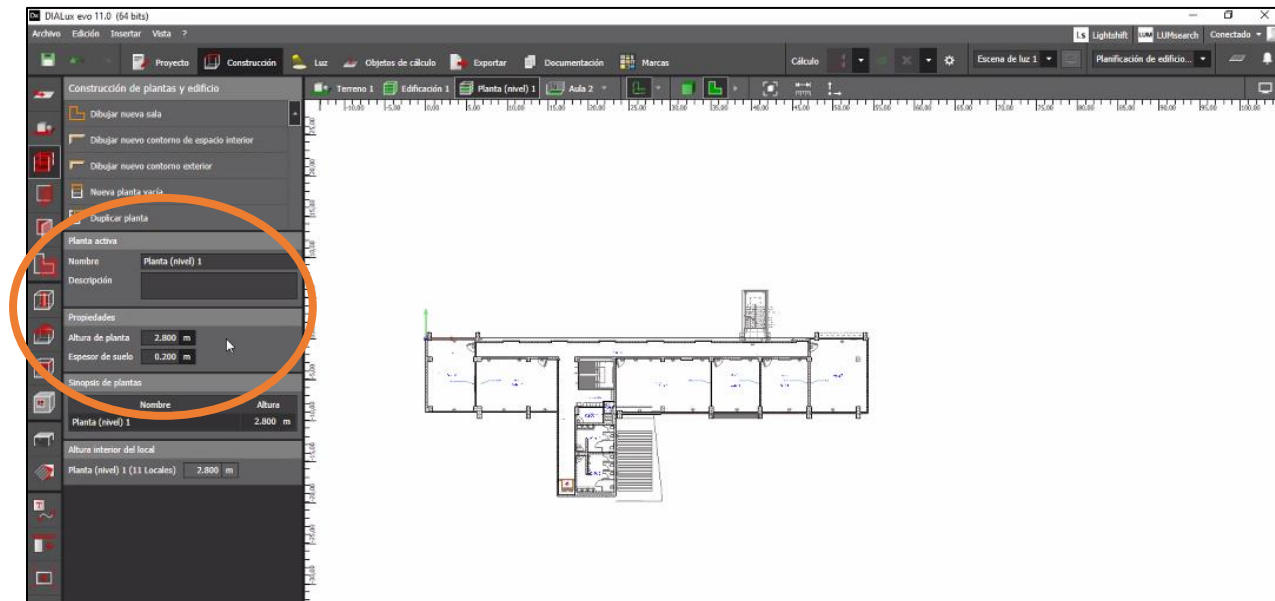
Nombre de las áreas internas.



Una vez nombrada todas las áreas, se procede a determinar la altura y espesor del suelo. Además, se permite cambiar el nombre de la planta en la cual se está trabajando, para ello se da clic en “Construcción de plantas y edificios”:

**Figura 18.**

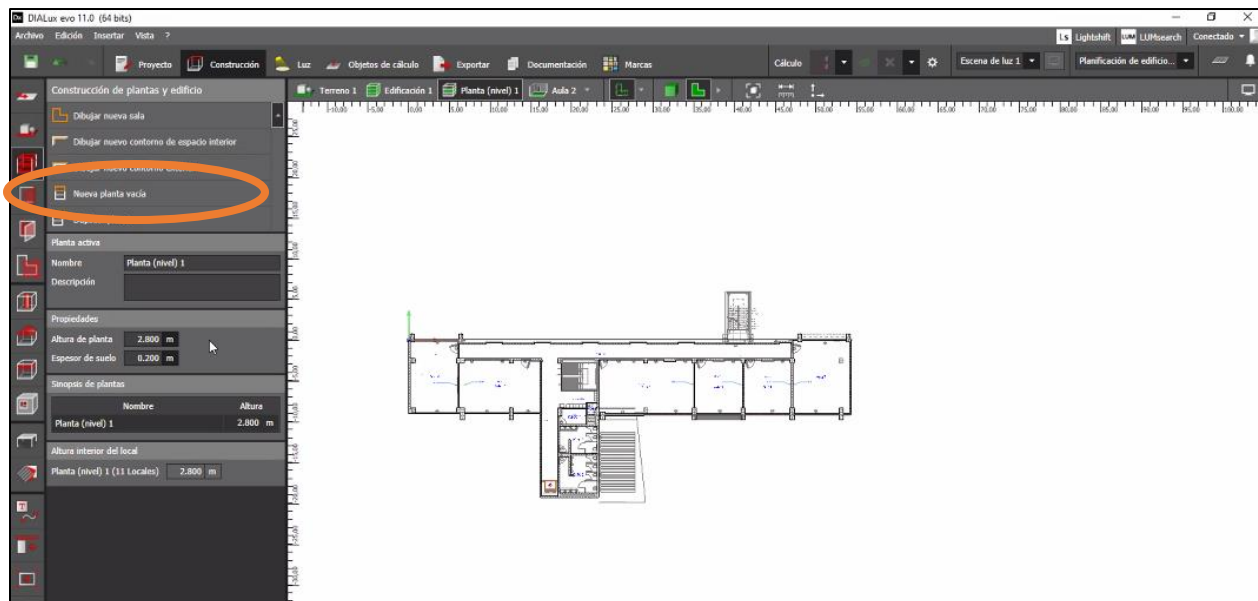
Altura de la planta.



*Para seguir con el siguiente piso, se selecciona “Nueva planta vacía”:*

**Figura 19.**

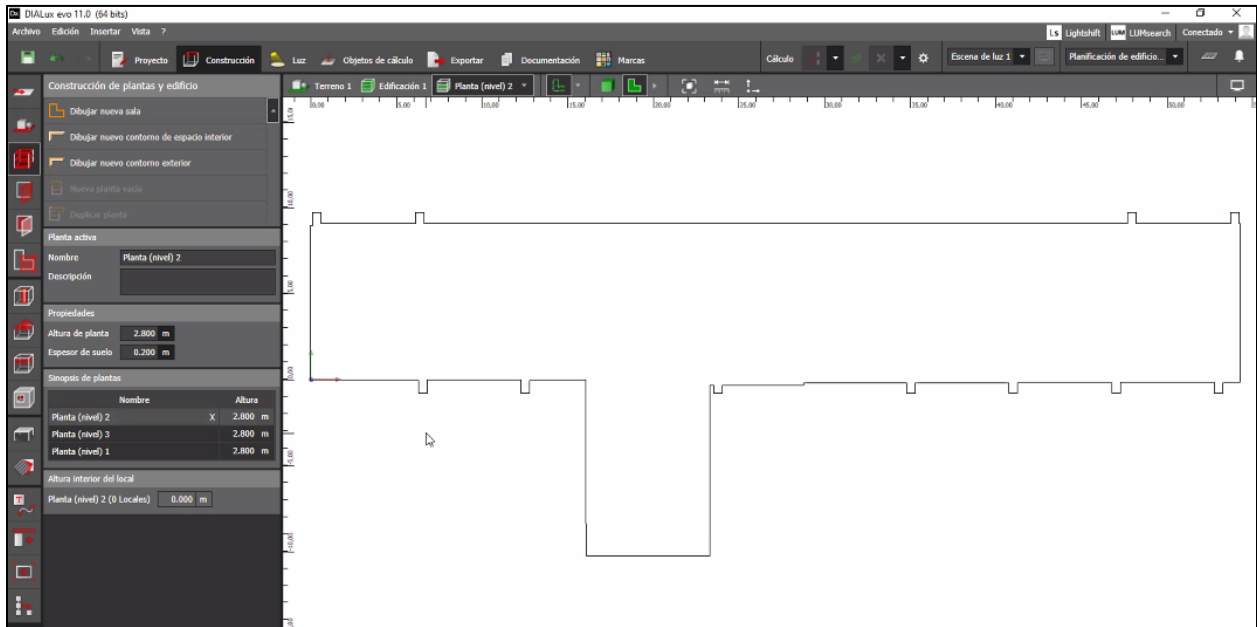
*“Nueva planta vacía”.*



*Como resultado de dar clic en “Nueva planta vacía” se obtiene la base del piso anterior:*

**Figura 20.**

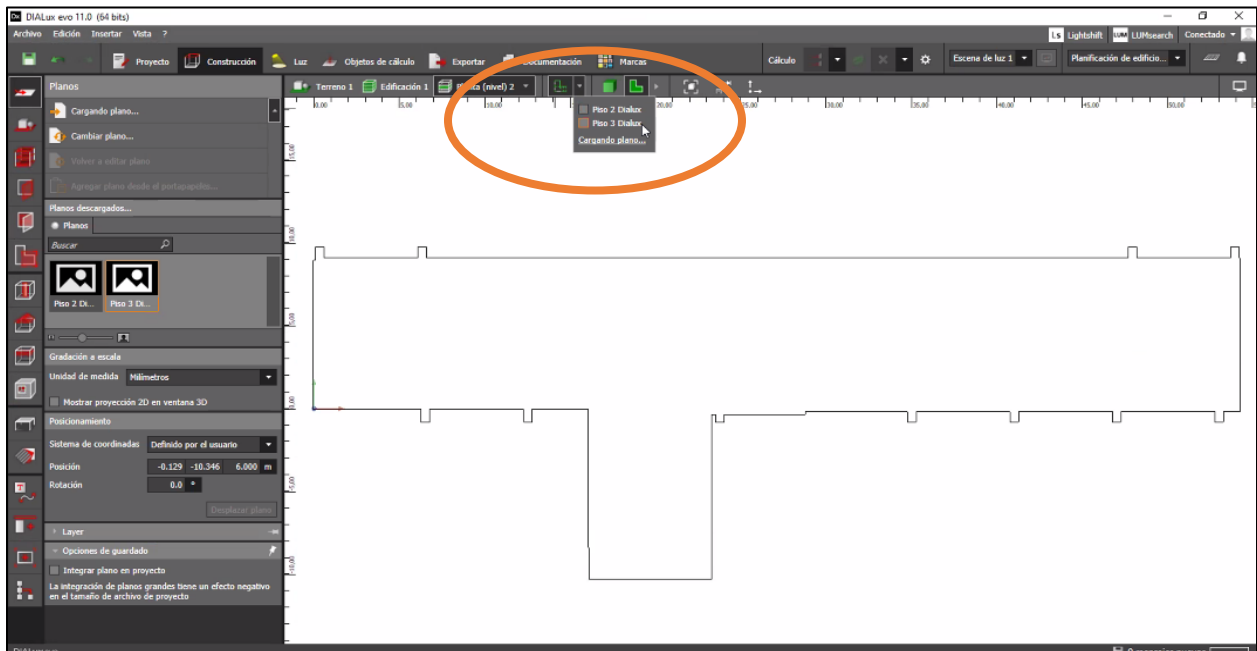
Base del piso anterior.



Y se selecciona el plano que corresponda al piso nuevo a construir, por esta razón, es importante importar los planos antes de empezar con el modelado:

**Figura 21.**

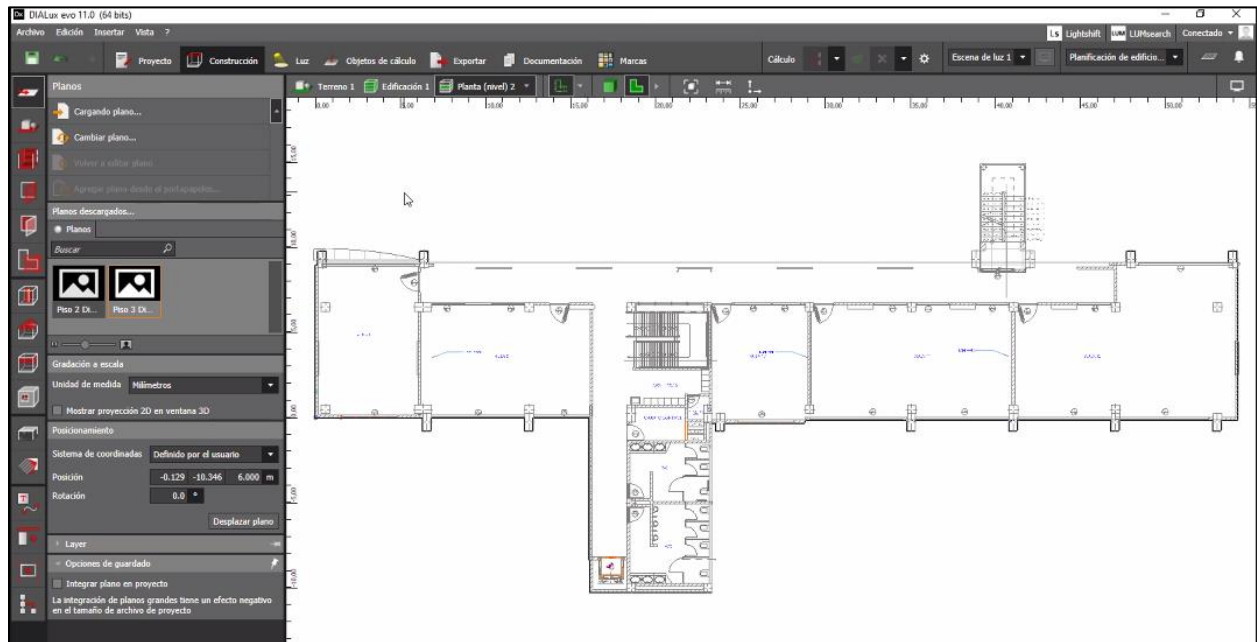
Selección del plano nuevo en base.



Para obtener como resultado el plano sobre la base del contorno exterior antes dibujada:

## Figura 22.

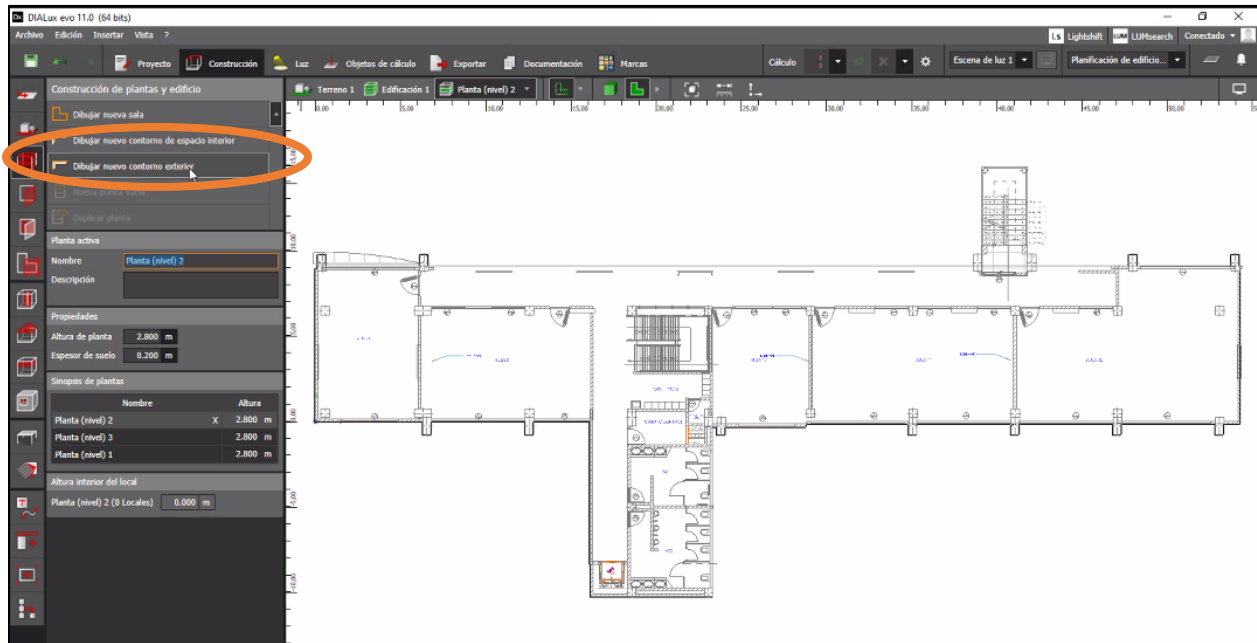
Plano nuevo sobre base antes dibujada.



*Después, se procede a “Dibujar nuevo contorno exterior”, esto con el fin de dibujar la estructura externa del piso seleccionado, tal cual se hizo anteriormente con el piso 2:*

**Figura 23.**

*“Dibujar nuevo contorno exterior”.*



Una vez dibujado el contorno exterior del nuevo piso, se procede a realizar los mismos pasos para agregar los espacios de trabajo en dicha planta seleccionada. Este procedimiento se tiene que repetir el número de veces según los pisos del edificio a simular.

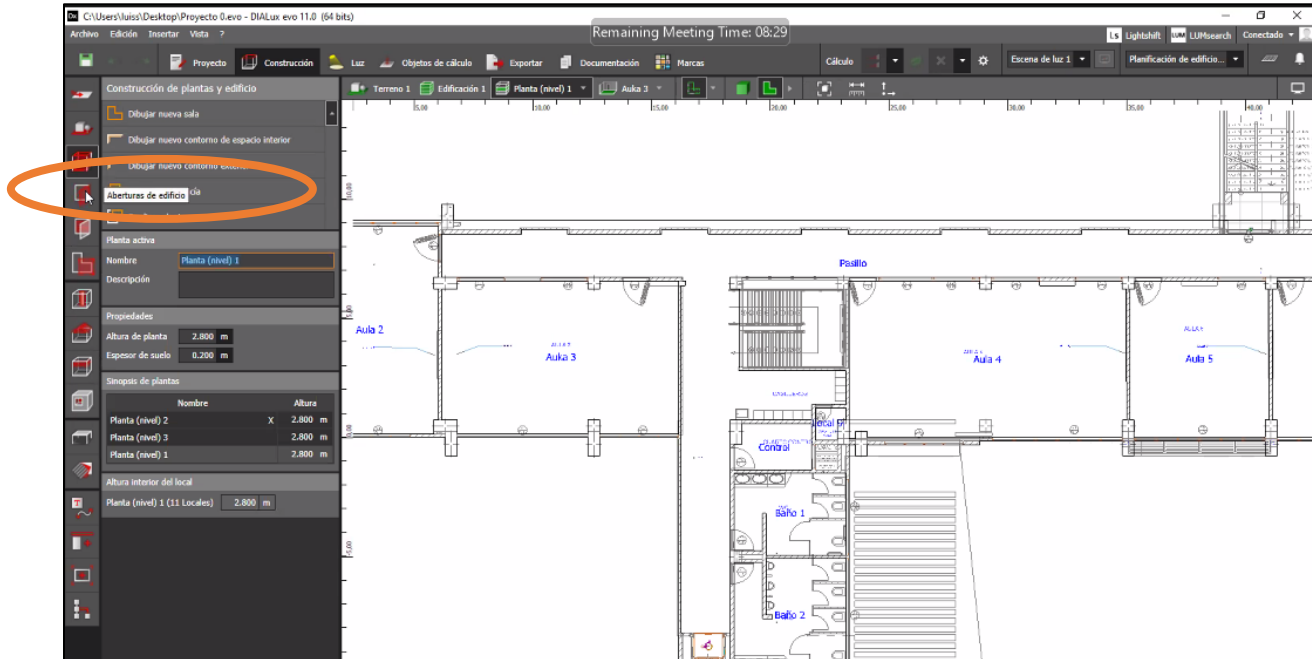
#### **4.1.2. MODELADO VENTANAS, PUERTAS Y MOBILIARIO.**

Finalizado el modelo estructural básico del edificio, se tiene que proceder a ubicar ventanas, puertas y mobiliario que se ubiquen en los espacios determinados de las zonas, estas dependen de las actividades que se desarrollen en dichas áreas como, por ejemplo, en salones de clase ubicar pupitres y tableros, en las oficinas ubicar escritorios y sillas, así por cada espacio. Es importante aclarar que el mobiliario no atiende a los objetos reales que existen en las zonas, sin embargo, los objetos ubicados son los suficientes para el desarrollo del estudio lumínico.

Para continuar con el desarrollo de esta guía paso a paso, se procede entonces a ubicar las ventanas y puertas, *para esto, en el apartado “Construcción” se selecciona “Aberturas de Edificio” tal cual como se muestra en la siguiente imagen:*

**Figura 24.**

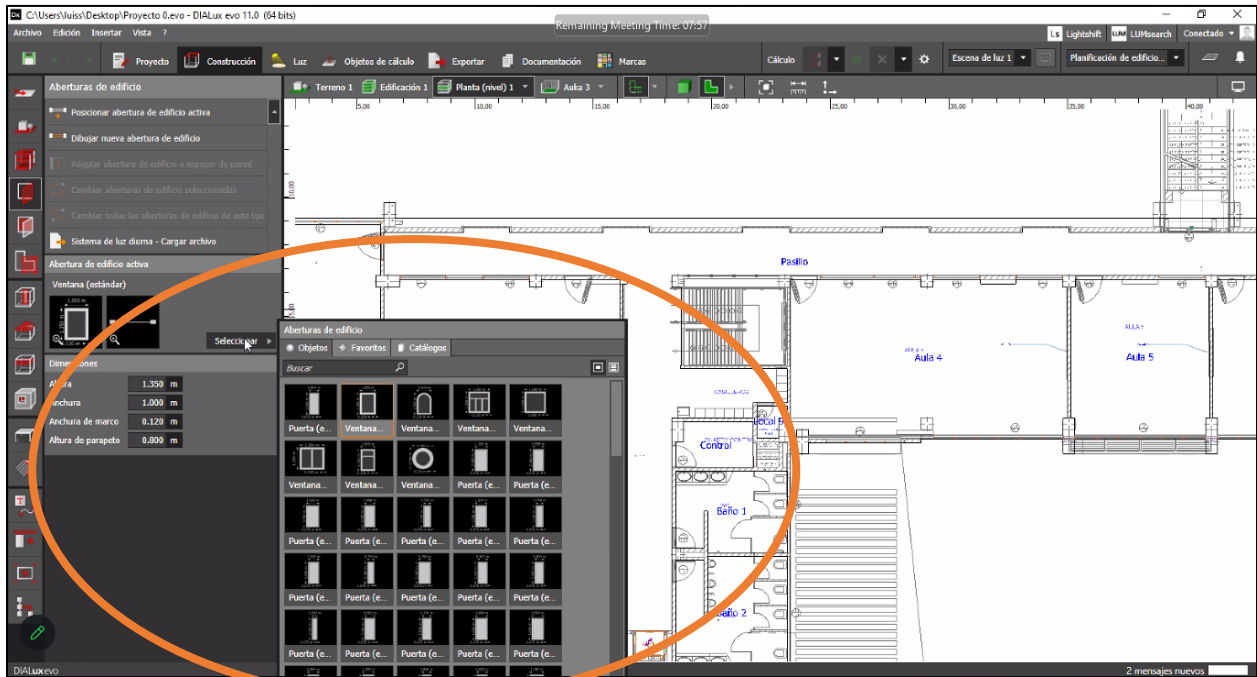
Aberturas de edificio



*Después, dando clic en “Seleccionar” se despliega una ventana con el catálogo de aberturas para el edificio, el cual contiene las ventanas y puertas de las librerías del DIALux EVO.*

**Figura 25.**

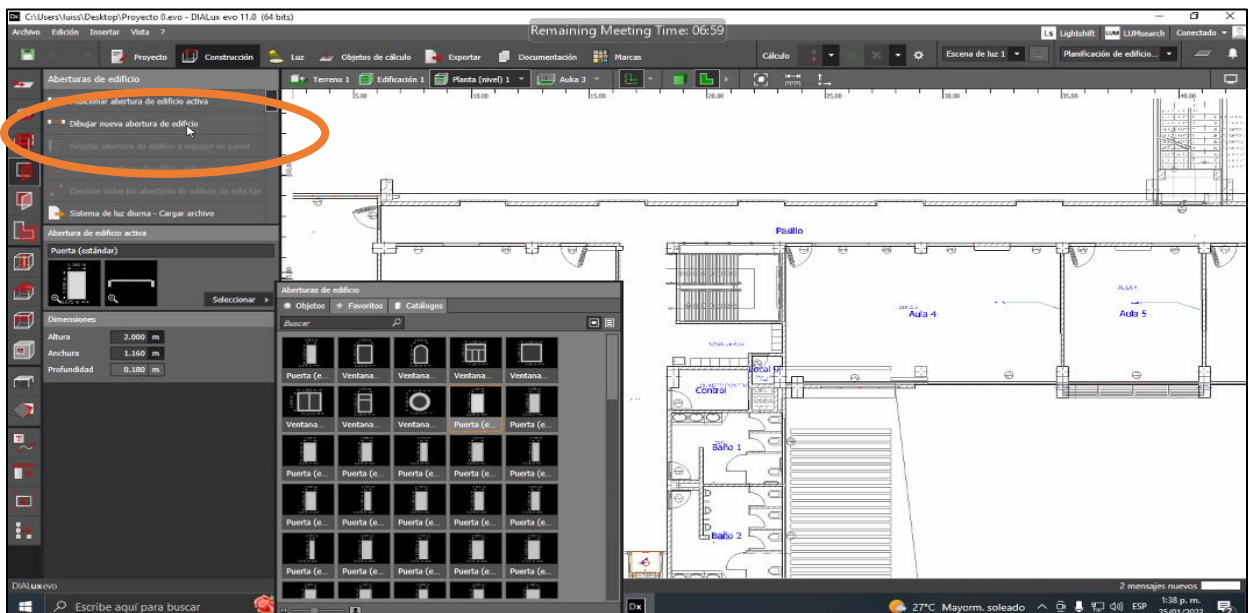
Catálogo de ventanas y puertas librería DIALux EVO.



Se selecciona la puerta que se desea ubicar y dando clic en “Dibujar nueva abertura de edificio” se procede a situar la abertura.

**Figura 26.**

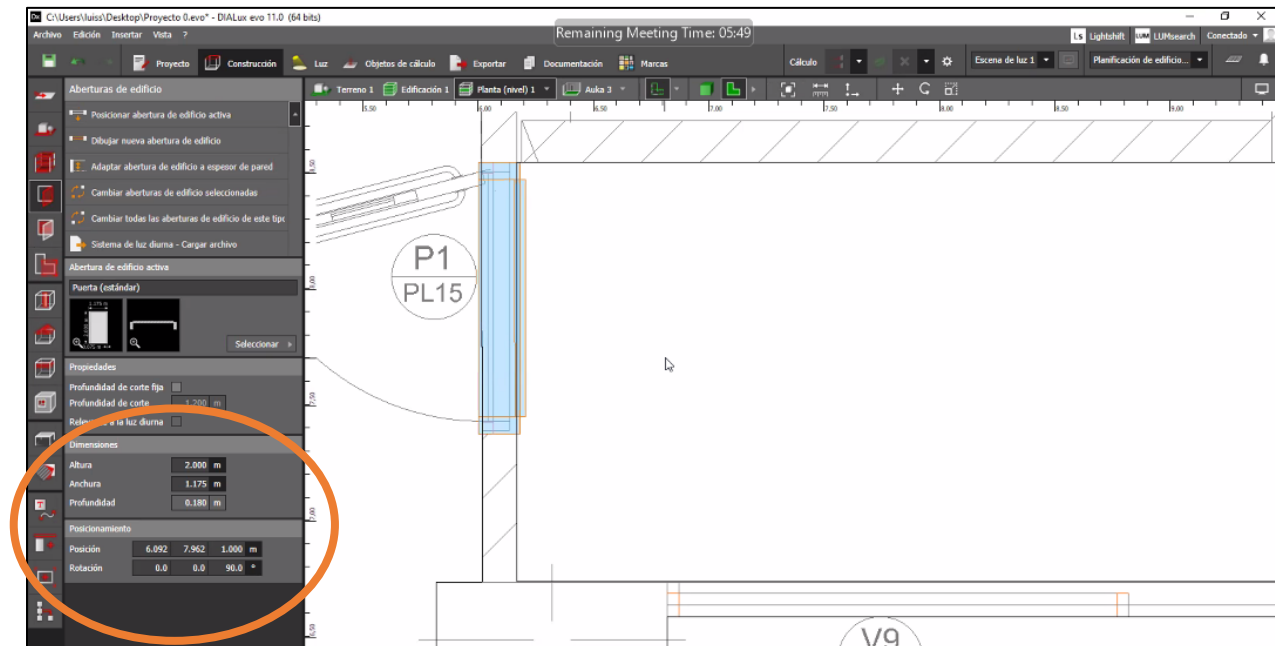
Ubicación de puerta



Así entonces, al situar la puerta en su respectivo lugar se puede editar las dimensiones y posición de esta.

**Figura 27.**

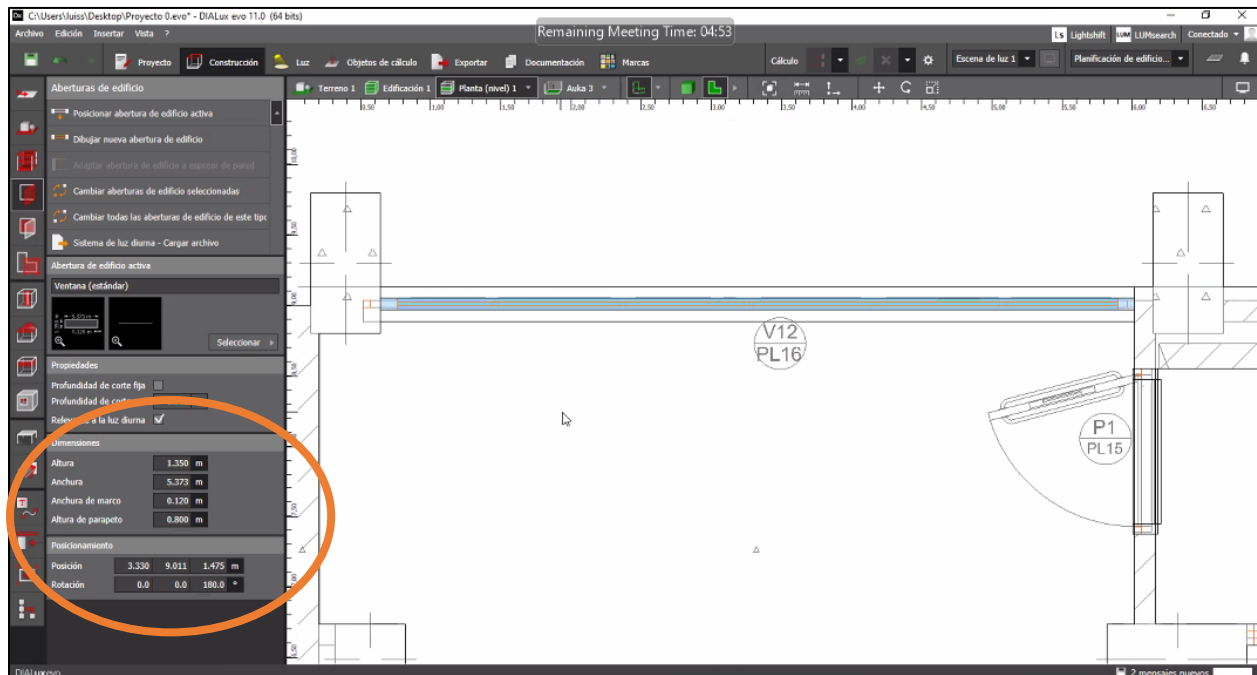
Edición puerta.



Se realiza el mismo proceso con las ventanas y, al igual que en las puertas, una vez ubicadas se puede editar las dimensiones y posición de esta.

**Figura 28.**

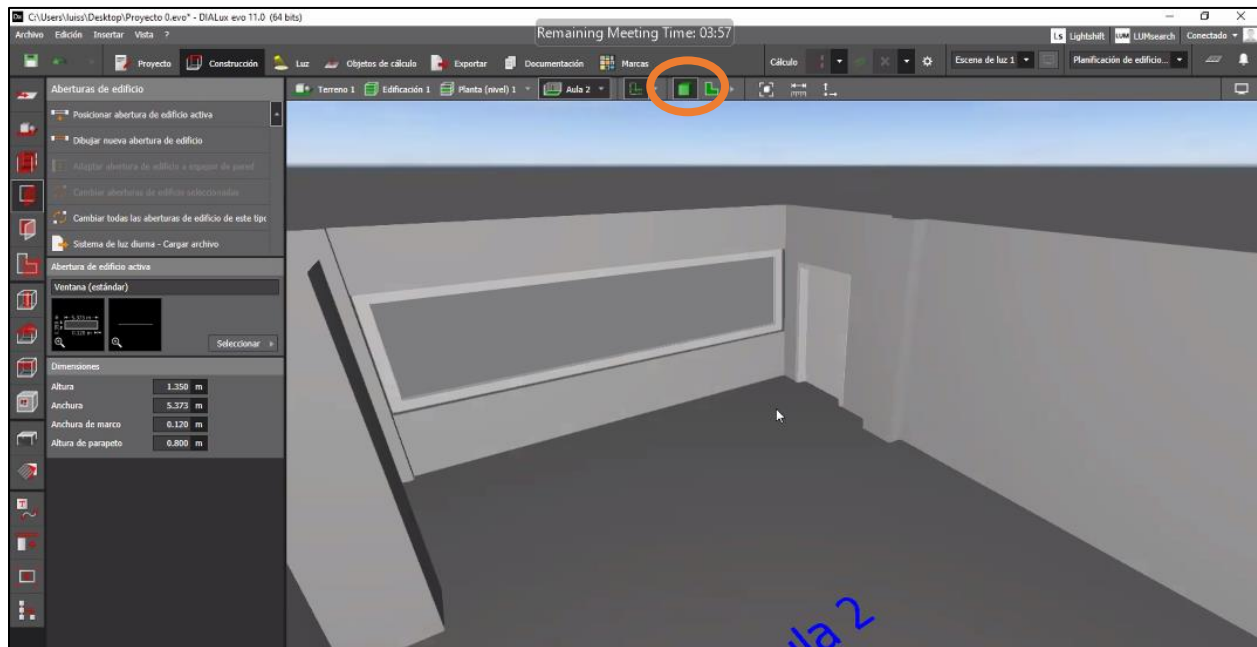
Tamaño y ubicación de aberturas de edificio.



Al ubicar las puertas y ventanas, estas se pueden ir observando en el renderizado de vista 3D, tal cual como se muestra en la Figura 28:

**Figura 29.**

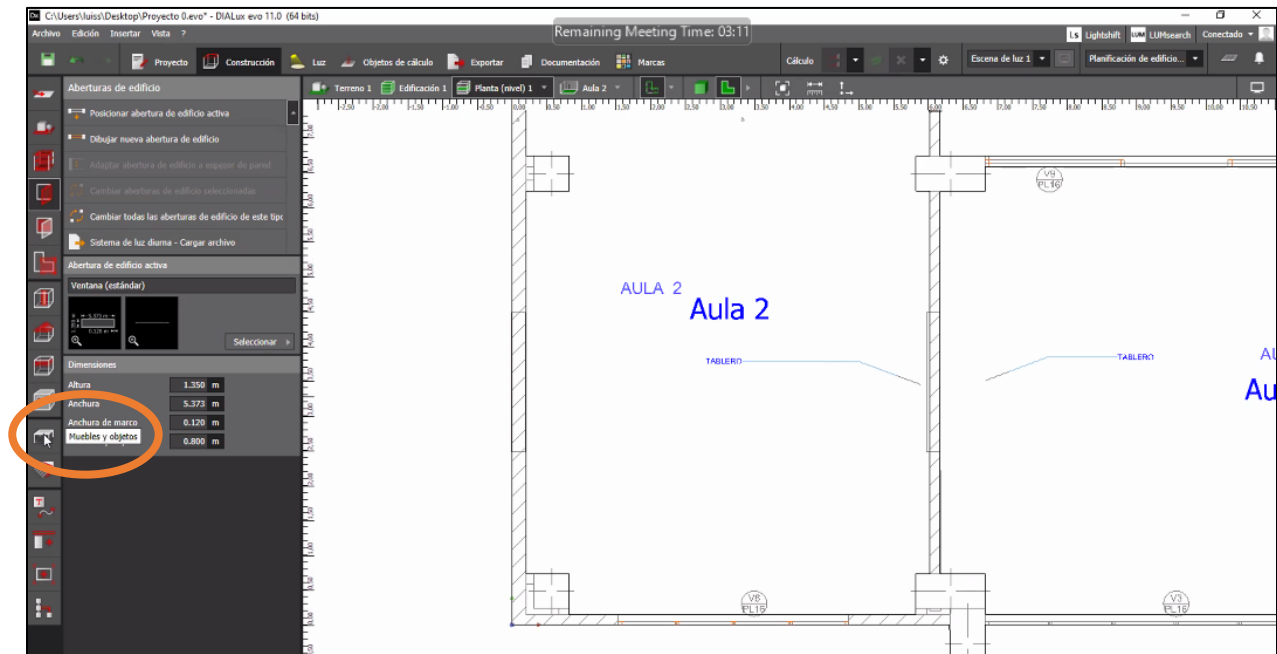
Renderizada vista 3D ventana y puerta



Al finalizar la ubicación de las ventanas y las puertas, con sus respectivas dimensiones se procede a ubicar los muebles y objetos necesarios para el estudio de iluminación, por lo cual, en *la misma pestaña de "Construcción" se selecciona "Muebles y objetos"*.

**Figura 30.**

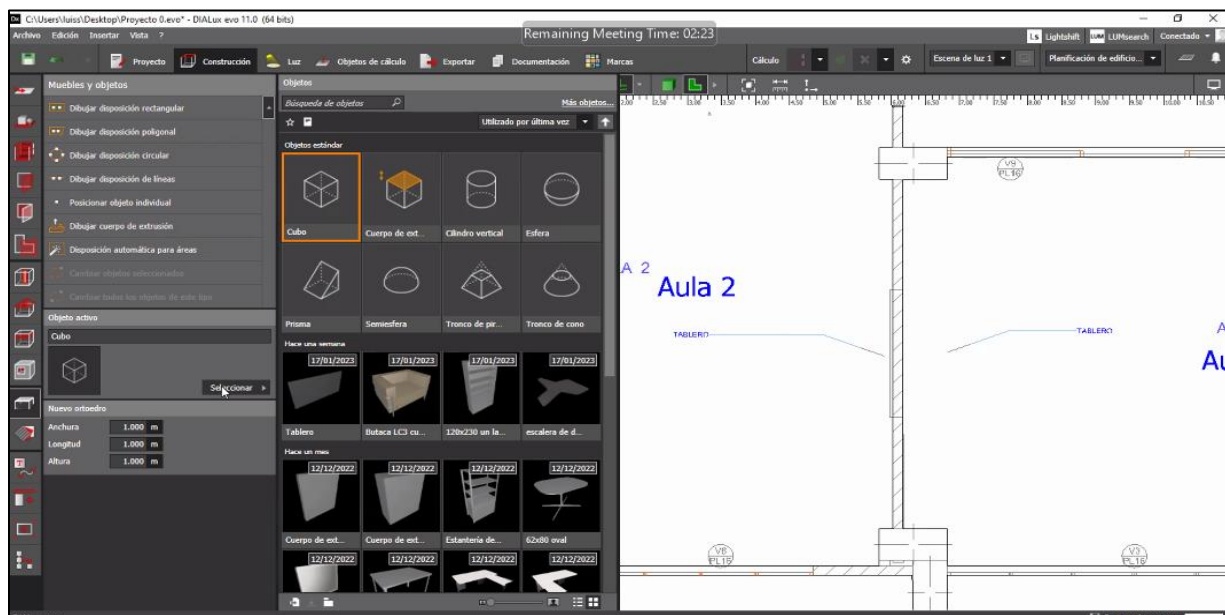
Muebles y objetos.



En donde desplegando la lista de “Seleccionar” se puede observar un catálogo de objetos pertenecientes a las librerías del DIALux EVO, tal cual se muestra en la Figura 30:

**Figura 31.**

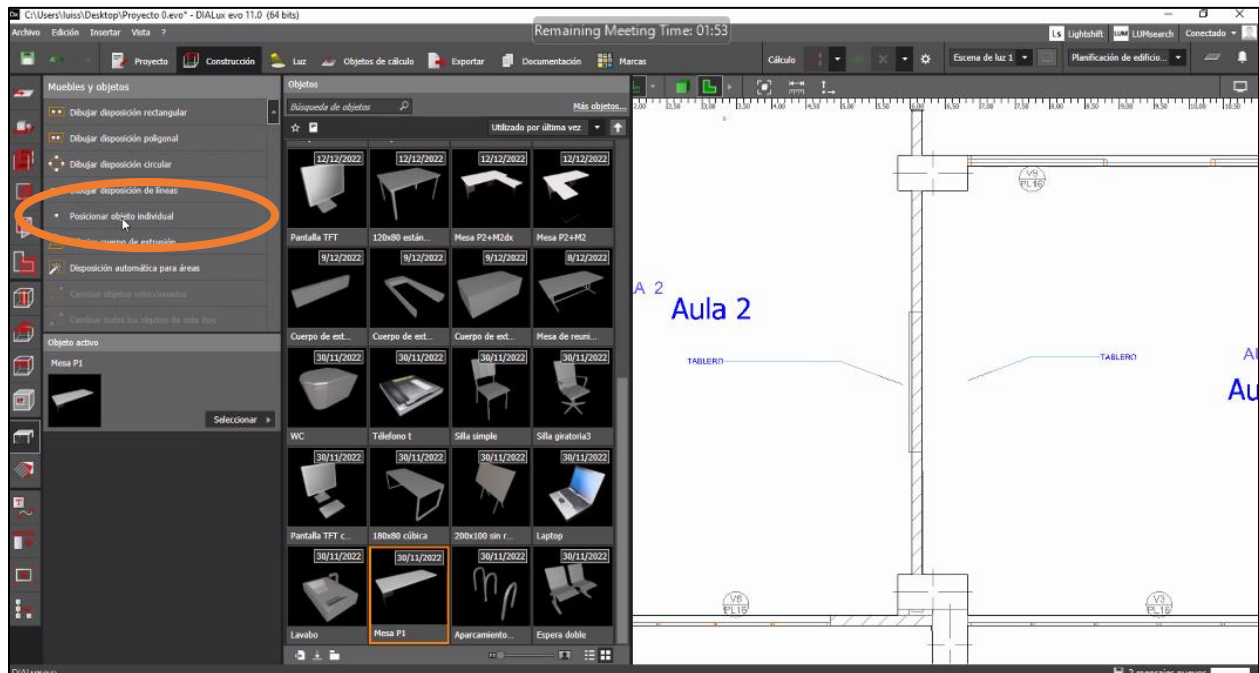
Objetos DIALux EVO.



Para situar cualquiera de los objetos, se da clic sobre él y, después, en “Posicionar objeto individual”.

**Figura 32.**

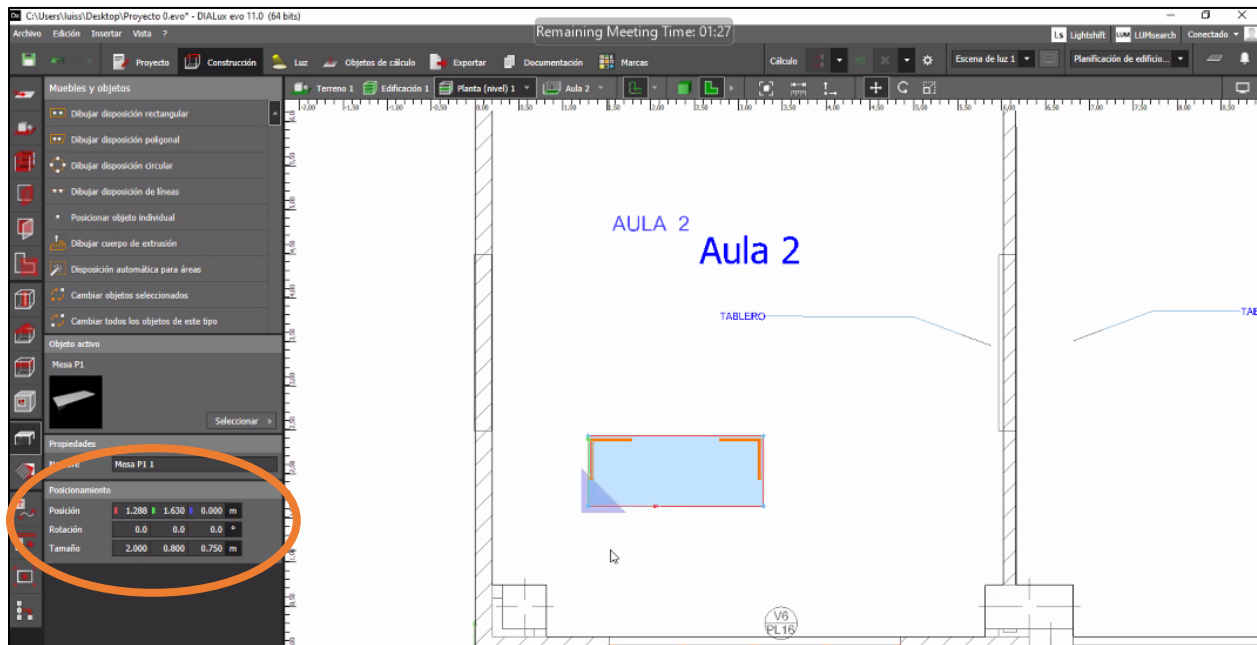
Posicionar objeto individual.



Y dando clic sobre cualquier lugar del plano, este se ubicará. El posicionamiento y el tamaño del objeto se puede modificar en la parte inferior izquierda, teniendo seleccionado el objeto:

**Figura 33.**

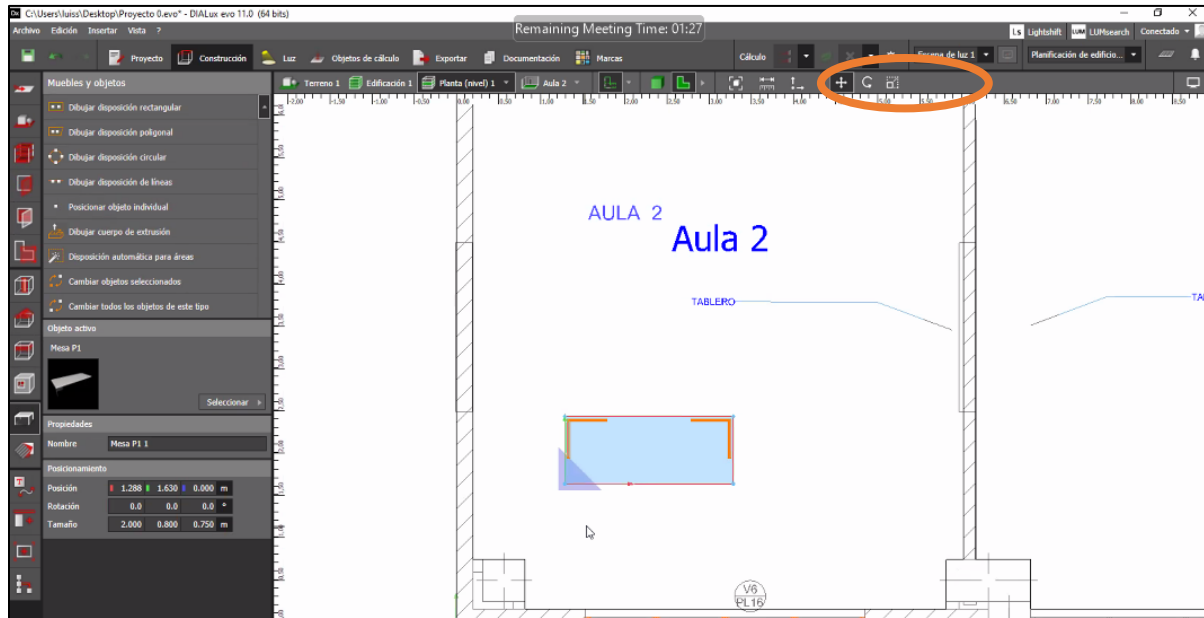
Tamaño y ubicación de objetos.



También es de aclarar, que la *ubicación* y el *tamaño*, se pueden modificar por medio del “mouse” dando clic en las herramientas de Mover, Girar y Graduar, teniendo seleccionado el objeto, las cuales su ubicación se muestra en la Figura 34:

**Figura 34.**

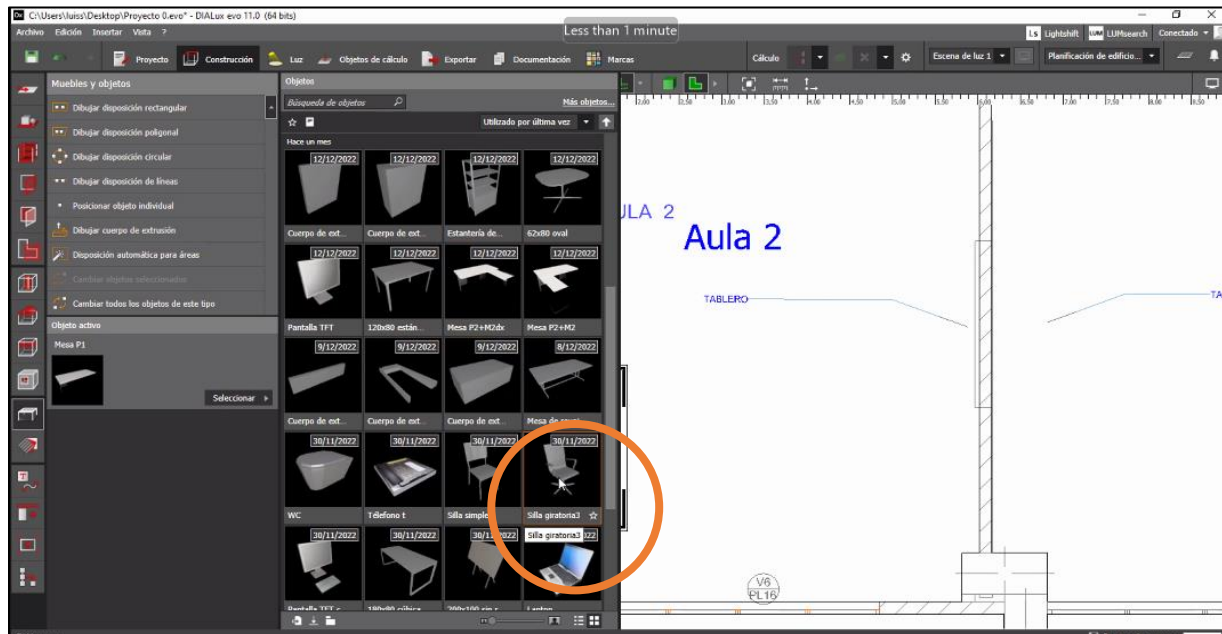
Mover, girar y graduar objetos.



Para la ubicación de otro objeto, se despliega de nuevo el catálogo en seleccionar y se selecciona el nuevo objeto a ubicar y se repiten los mismos pasos antes mencionados:

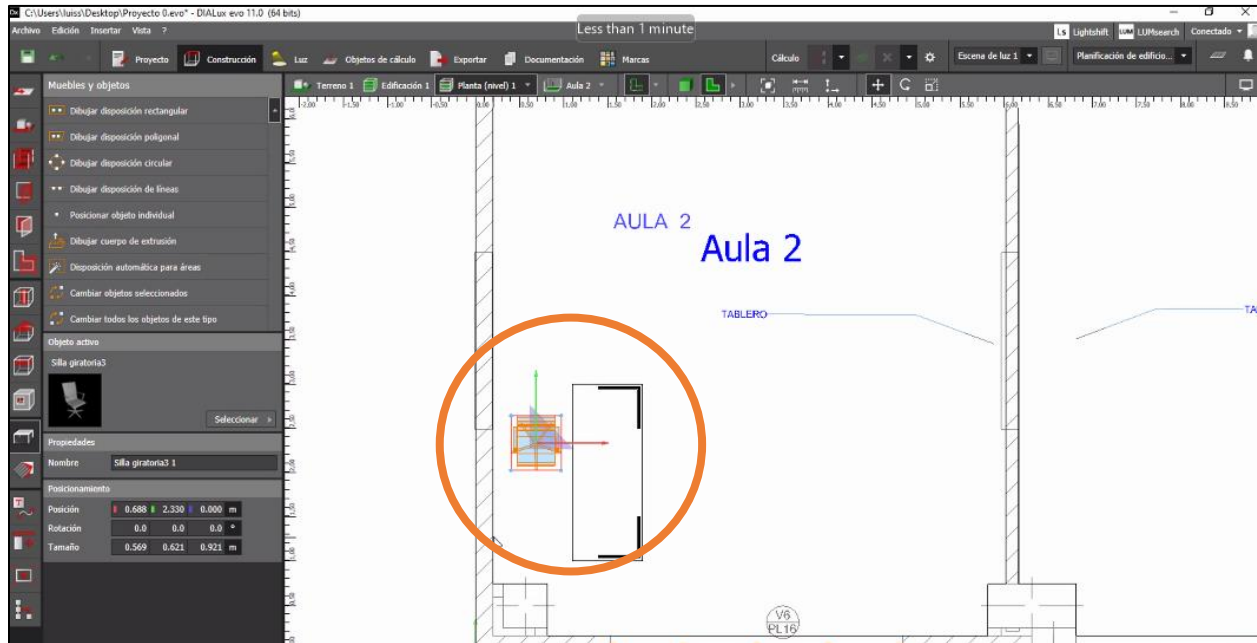
**Figura 35.**

Ubicación de otro objeto.



**Figura 36.**

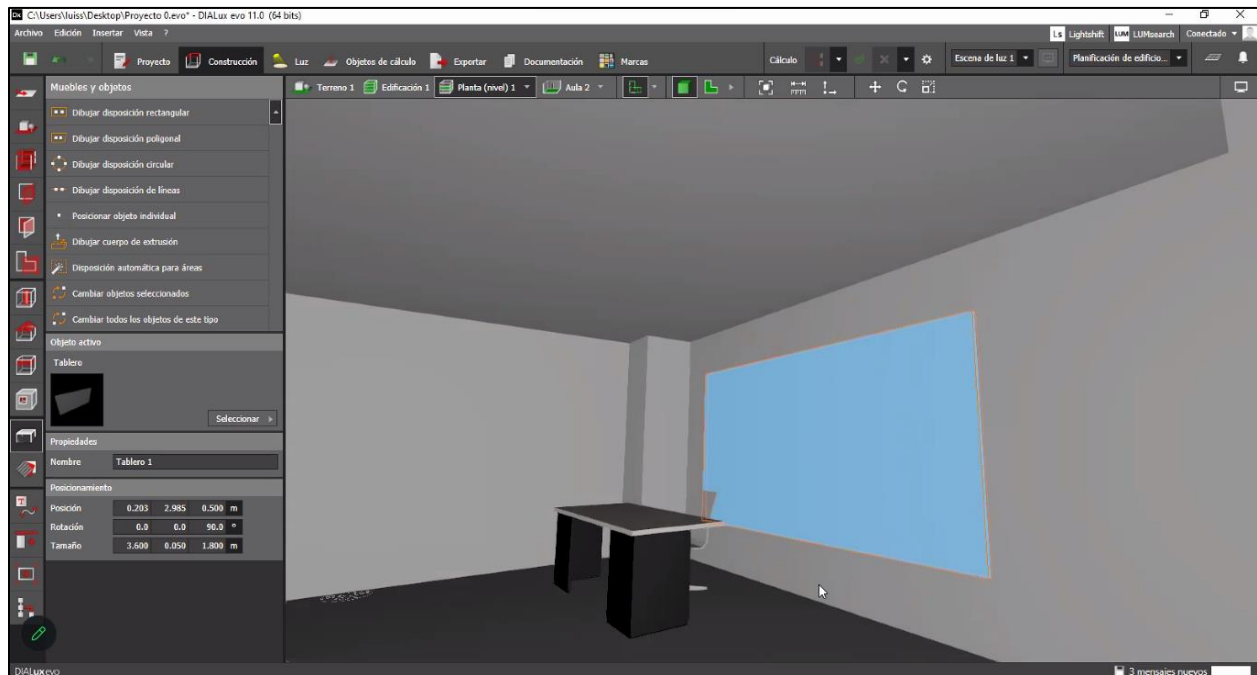
Ubicación de objeto nuevo.



De igual forma, se agregan los demás objetos. Como parte importante dentro del estudio lumínico de un establecimiento educativo, es brindar la iluminancia necesaria a los tableros de clase, pues este será un “objeto de cálculo”, siendo este un objeto que cuenta con una superficie brillante, siendo esta la parte delantera y una parte oscura, siendo la parte trasera, por esta razón, su ubicación sobre la pared, debe tener en cuenta lo antes mencionado, pues la superficie brillante afectará los cálculos lumínicos más adelante.

**Figura 37.**

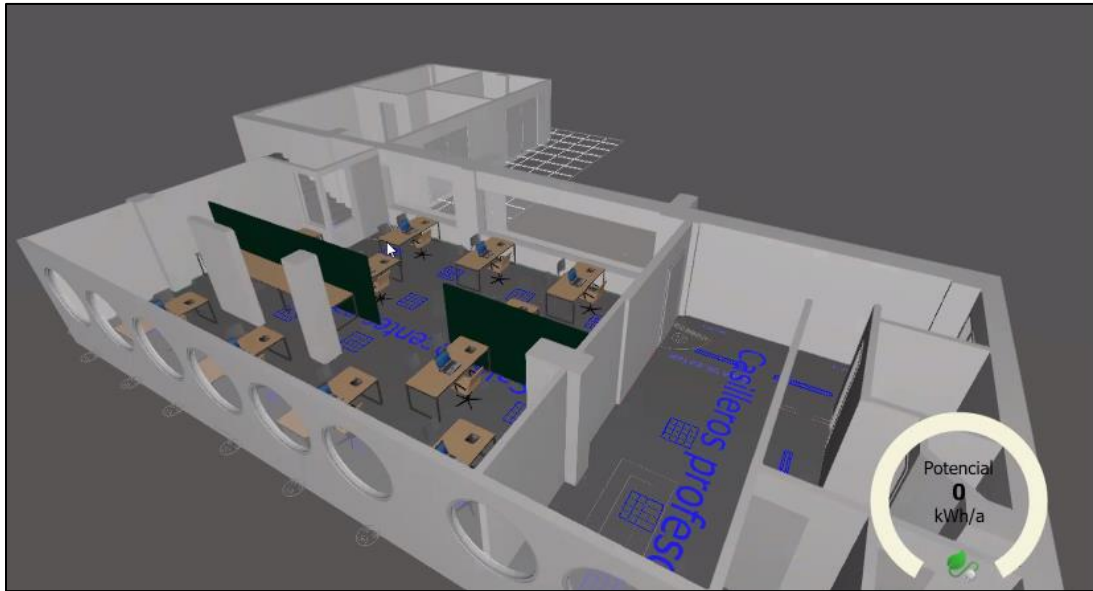
Tablero, silla y mesa de un salón de clase en 3D.



Este proceso de ubicar objetos y aberturas del edificio se repite de la misma forma para todos los espacios de este, por lo cual, se obtiene las siguientes vistas en 3D de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, presentadas a continuación:

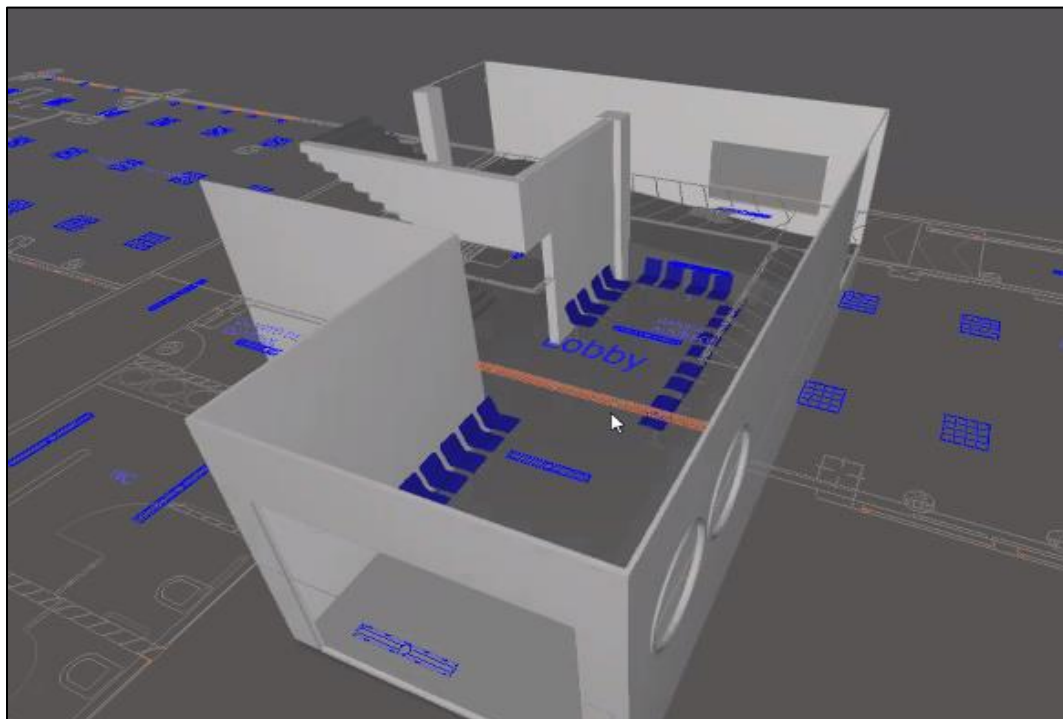
**Figura 38.**

Sótano.



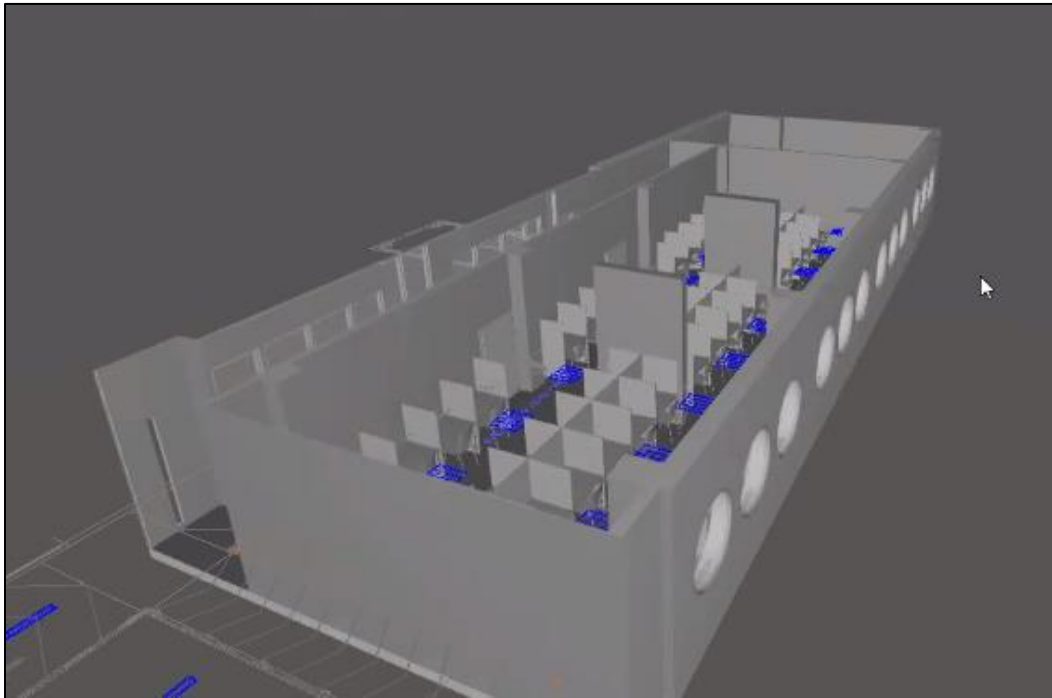
**Figura 39.**

Pasillo entrada del edificio.



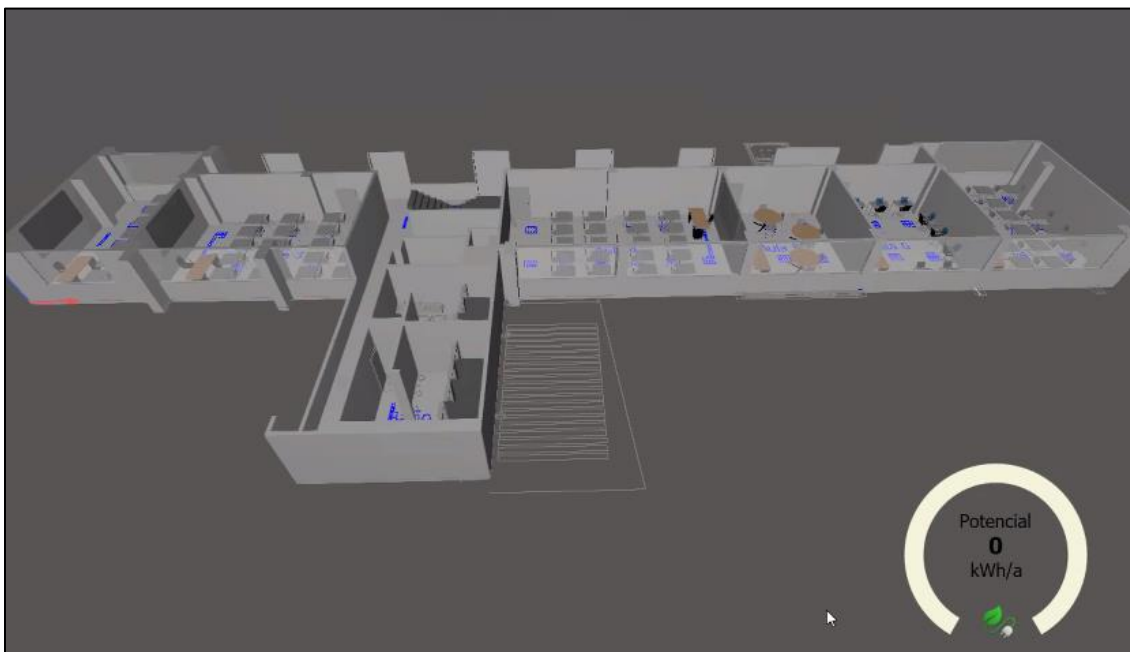
**Figura 40.**

Sala de estudio individual y aula uno del primer piso.



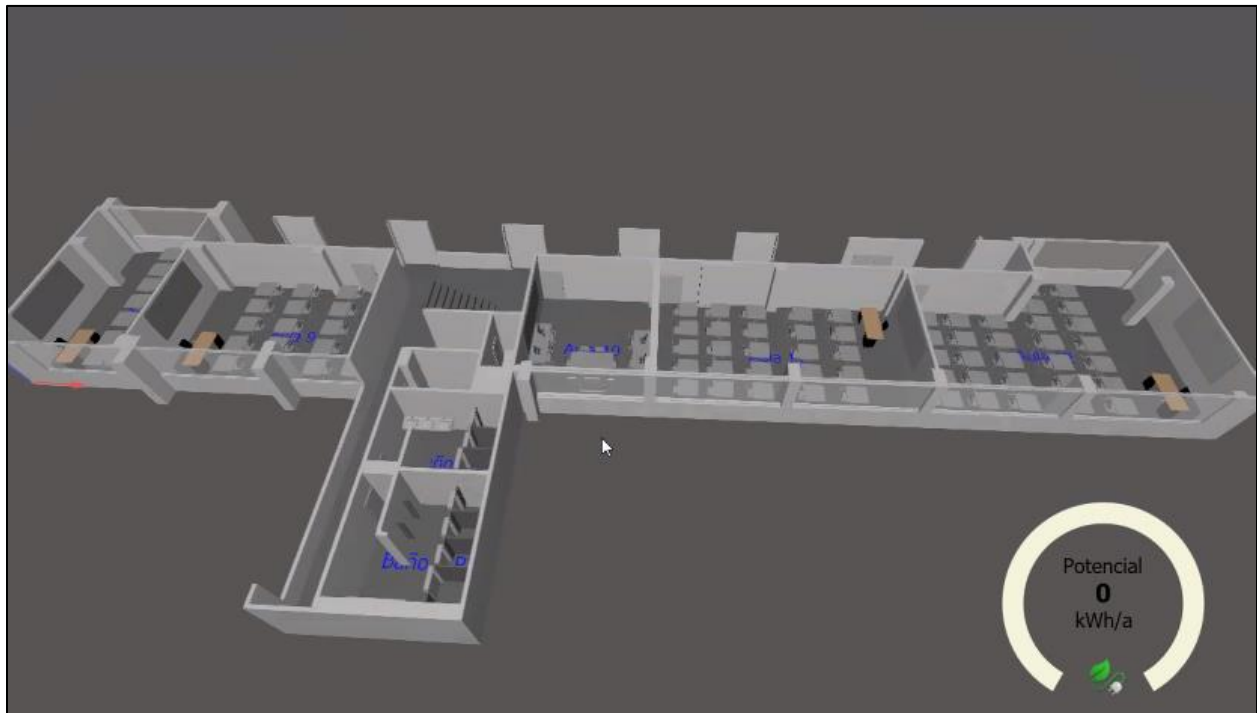
**Figura 41.**

Piso 2.



**Figura 42.**

Piso 3.



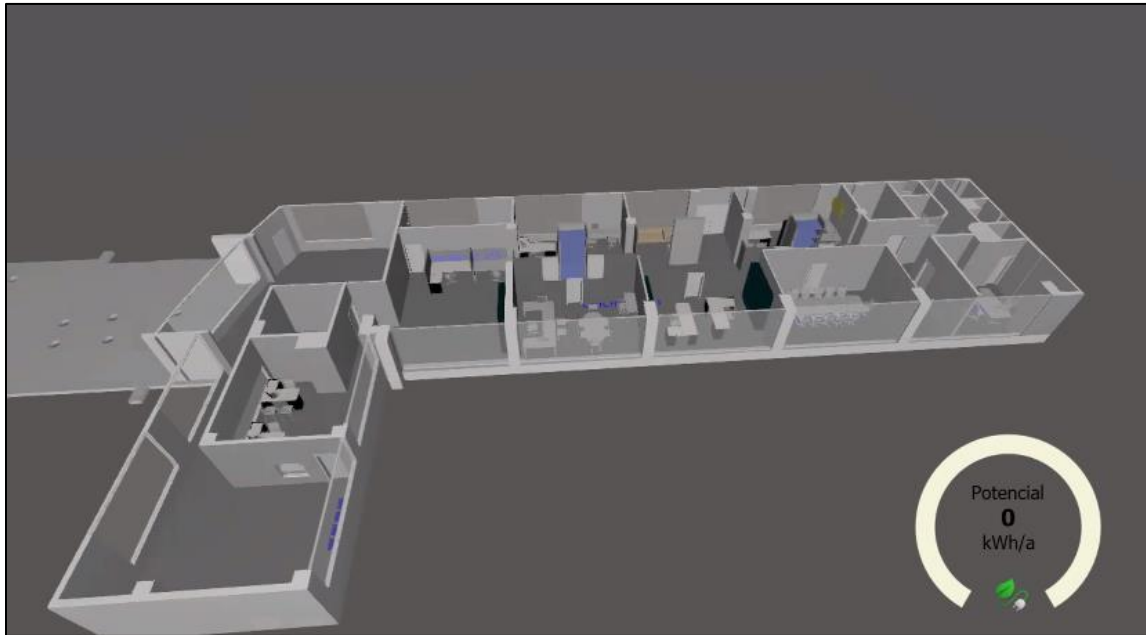
**Figura 43.**

Piso 4.



**Figura 44.**

Piso 5.



**Figura 45.**

Vista frontal del edificio costado derecho.



**Figura 46.**

Vista trasera del edificio.



**Figura 47.**

Vista frontal costado izquierdo.



Estas vistas del edificio son el resultado del modelamiento estructural y de mobiliario, el cual atiende con las características esenciales de la estructura y de los objetos ubicados en las diferentes áreas de este.

#### **4.2. LUMINARIAS SELECCIONADAS DE ILTEC, SYLVANIA Y PHILIPS.**

Para el desarrollo de las simulaciones es necesaria la selección de luminarias. Para este caso, se seleccionan luminarias de los fabricantes ILTEC, Sylvania y Philips, los cuales cuentan con archivos de luminaria *en formato “.ies”* los cuales son compatibles con DIALux EVO para su simulación.

La ubicación de las nuevas luminarias respeta las salidas de luz existentes, de tal manera que, no se vea afectada la distribución de estas en la actualidad, debido a que el cambio de sitio de ellas, aumentaría los costos en la instalación. Sin embargo, el software DIALux EVO puede recomendar hacer algún cambio en la ubicación de las salidas de iluminación, esto con el fin de cumplir con la correcta distribución de lúmenes que el espacio de trabajo demande.

##### **4.2.1. LUMINARIA ILTEC.**

ILTEC es una empresa colombiana, con amplia trayectoria en el campo de la iluminación, siendo desarrolladores en diseño de luminarias que estén de la mano con el ahorro de energía eléctrica, llevándolos a fabricar luminarias de alto rendimiento energético y funcionalidad.

Para este estudio se seleccionaron tres luminarias, una para los pasillos y baños, otra para los salones de clases, oficinas y áreas generales de estudio y, la última, para cuartos de aseo. A continuación, se presentan las luminarias y sus referencias, con las imágenes tomadas de sus respectivos catálogos, en donde se puede apreciar la cantidad de vatios de la carga de cada luminaria, la eficiencia energética, tensión de trabajo, eficiencia lumínica, lúmenes efectivos,

y demás indicaciones que un diseñador puede tener en cuenta a la hora de desarrollar un proyecto.

**Figura 48.**

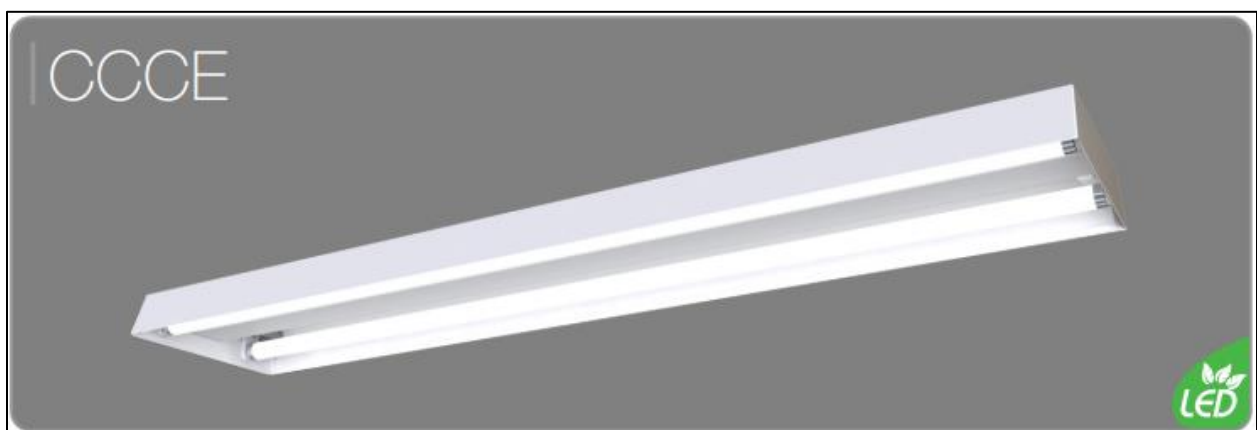
Iluminación ILTEC salones, oficinas y zonas de estudio grupal e individual.



*Nota:* Imagen tomada del catálogo de ILTEC. Referencia: 024002 – 3004 BLOCK LENS 2L11 605x605x60 INCRUSTAR CON MARCO 2LED-LINE 1R2FT 31W. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

**Figura 49.**

Iluminación ILTEC pasillos y zonas sin mucha recurrencia.



*Nota:* Imagen tomada del catálogo de ILTEC. Referencia: 010603 – 1022 CCCE 1220x255x60 SOBREPONER 2LED-LT8 18W. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

**Figura 50.**

Iluminación ILTEC baños y zonas de aseo.



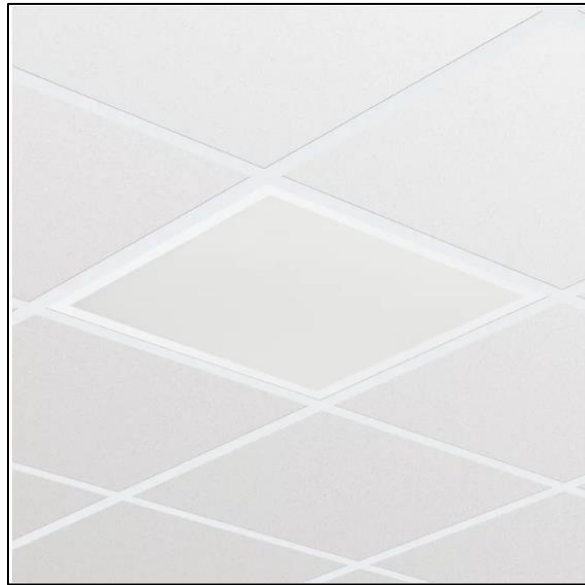
*Nota:* Imagen tomada del catálogo de ILTEC. Referencia: 412503 – 3023 CORAL LENS L11 400x120 SOBREPONER 4LED-LINE 1R1FT 9W. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

**4.2.2. LUMINARIA PHILIPS.**

Philips es una empresa neerlandesa especializada en dispositivos electrónicos, con estudios en el campo de la iluminación con tecnología LED, reconocidos a nivel mundial. Para este proyecto se seleccionaron las siguientes luminarias:

**Figura 51.**

Iluminación PHILIPS salones de clase y oficinas.



*Nota:* Imagen tomada del catálogo de PHILIPS. Referencia: RC400B LED36S/840 POE W60L60 VPC. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

**Figura 52.**

Iluminación PHILIPS pasillos y baños.



*Nota:* Imagen tomada del catálogo de PHILIPS. Referencia: RC340B LED42S/940 PSD W15L120 VPC MLO PI. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

**Figura 53.**

Iluminación PHILIPS baños y zonas de aseo.



*Nota:* Imagen tomada del catálogo de PHILIPS. Referencia: DN460B LED11S/840 PSU-E C WH P. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

**4.2.3. LUMINARIA SYLVANIA.**

SYLVANIA es una empresa estadounidense que comenzó como empresa de electrónica, la cual se ha destacado en el mundo por sus productos de iluminación, la cual ha llegado a ser una de las más influyentes a nivel mundial. A continuación, se presentan las luminarias seleccionadas para el desarrollo de la simulación:

**Figura 54.**

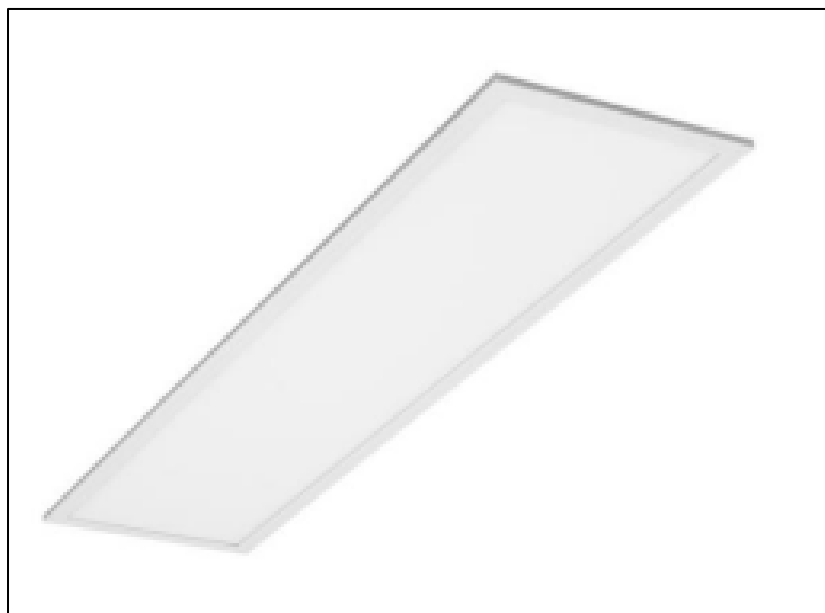
Iluminación SYLVANIA salones de clase y oficinas.



*Nota:* Imagen tomada del catálogo de SYLVANIA. Referencia: LED PANEL SQ 40W NW 100-277V - P27930. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

**Figura 55.**

Iluminación SYLVANIA pasillos.



*Nota:* Imagen tomada del catálogo de SYLVANIA. Referencia: LED PANEL RC 40W DL 100-277V - P27916. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

**Figura 56.**

Iluminación SYLVANIA baños y partes de poca área.



*Nota:* Imagen tomada del catálogo de SYLVANIA. Referencia: LED PANEL RD 12W DL 100-240V-P24337. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

### **4.3. SIMULACIÓN DE LUMINARIAS.**

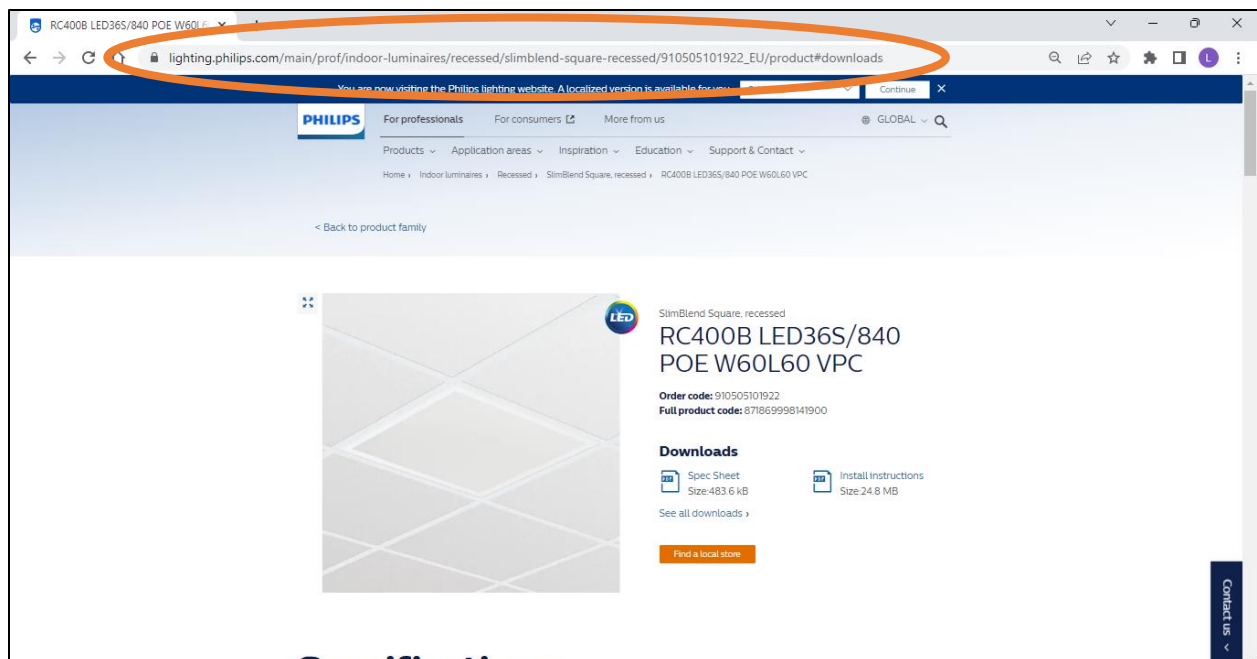
Una vez realizado el modelado estructural y la elección de las luminarias, con sus respectivos *archivos “.ies”* (los archivos lumínicos que se pueden simular en el DIALux EVO, deben tener la terminación .ies) y su disponibilidad en el país, se procede a continuar con el objetivo de la guía de diseño, en este caso, presentando los pasos desarrollados durante la simulación de las luminarias en el software DIALux EVO de este proyecto. Para este caso, se toma como referencia las luminarias seleccionadas de la marca PHILIPS, dejando claro que los pasos son los mismos para cualquier otra luminaria.

La obtención de los archivos lumínicos compatibles con el software, se pueden encontrar en las páginas de los fabricantes o en páginas como ReluxNet, esto para el caso en que no se encuentre catálogo de la marca o referencia de luminaria en el DIALux EVO. Para el caso PHILIPS, el software presenta un catálogo bastante completo, sin embargo, algunas de las luminarias no están presentes en el país, por esta razón, se recurrió a los distribuidores de PHILIPS en Colombia, los cuales brindaron referencias de luminarias posibles para la iluminación del edificio y, cuyo archivo “.ies”, está disponible en su sitio web.

A continuación, se presenta cómo descargar y adjuntar un archivo .ies al DIALux EVO, ingresando a la página de PHILIPS desde cualquier navegador, [https://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/recessed/slimblend-square-recessed/910505101922\\_EU/product](https://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/recessed/slimblend-square-recessed/910505101922_EU/product) :

### Figura 57.

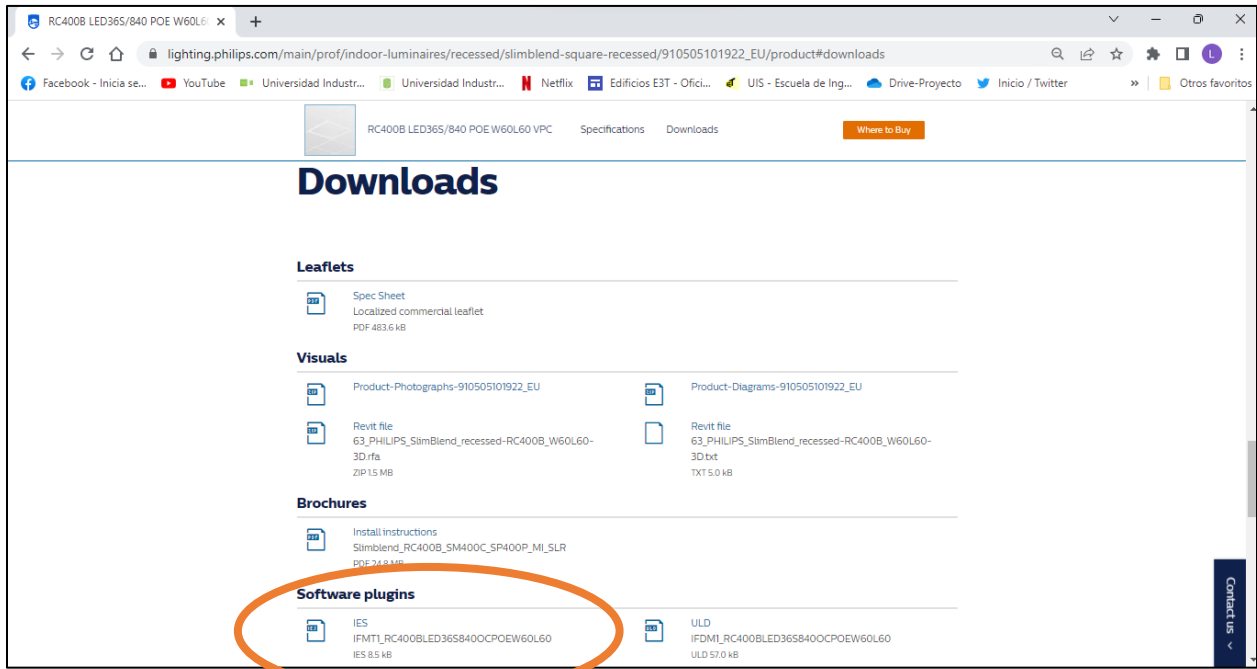
Página de descarga PHILIPS.



Más abajo en la página, se observan las descargas posibles, en donde se observa el archivo .ies y se procede a descargar:

**Figura 58.**

Descargar archivo de PHILIPS.

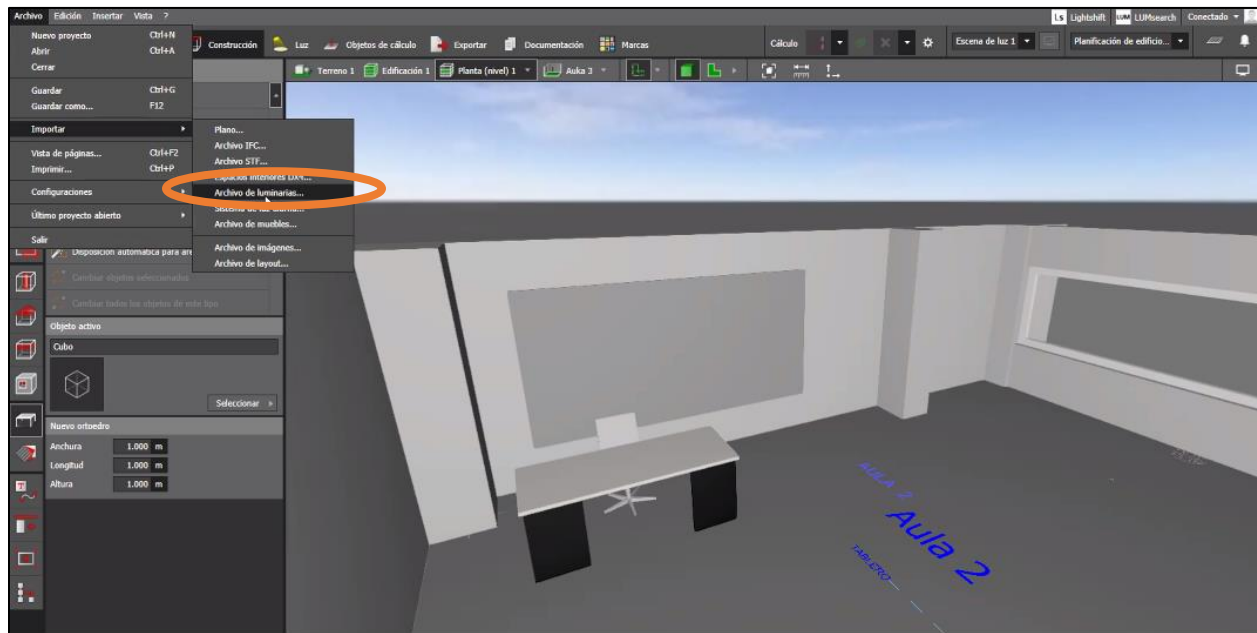


*Nota:* Al darle clic, inmediatamente se descargará el archivo.

Para incluir el archivo en el DIALux EVO, se puede arrastrar o en importar archivo, como se muestra a continuación, Archivo>Importar>Archivo de luminaria:

**Figura 59.**

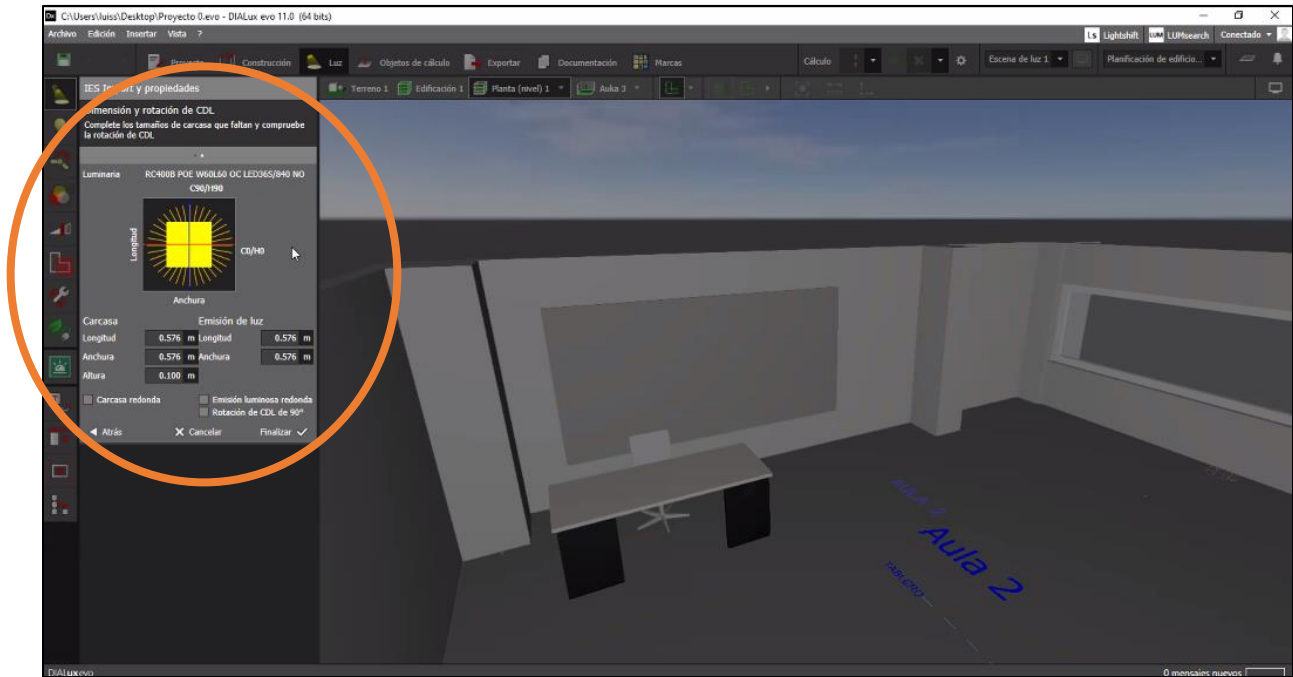
Importar archivo de luminaria.



Así entonces, se selecciona el archivo .ies de la luminaria con que se vaya a trabajar en la carpeta en que se haya guardado. *Una vez dado "Aceptar"* aparecerán los datos de dimensiones y especificaciones de la luminaria, tal cual como se muestra en la Figura 60:

**Figura 60.**

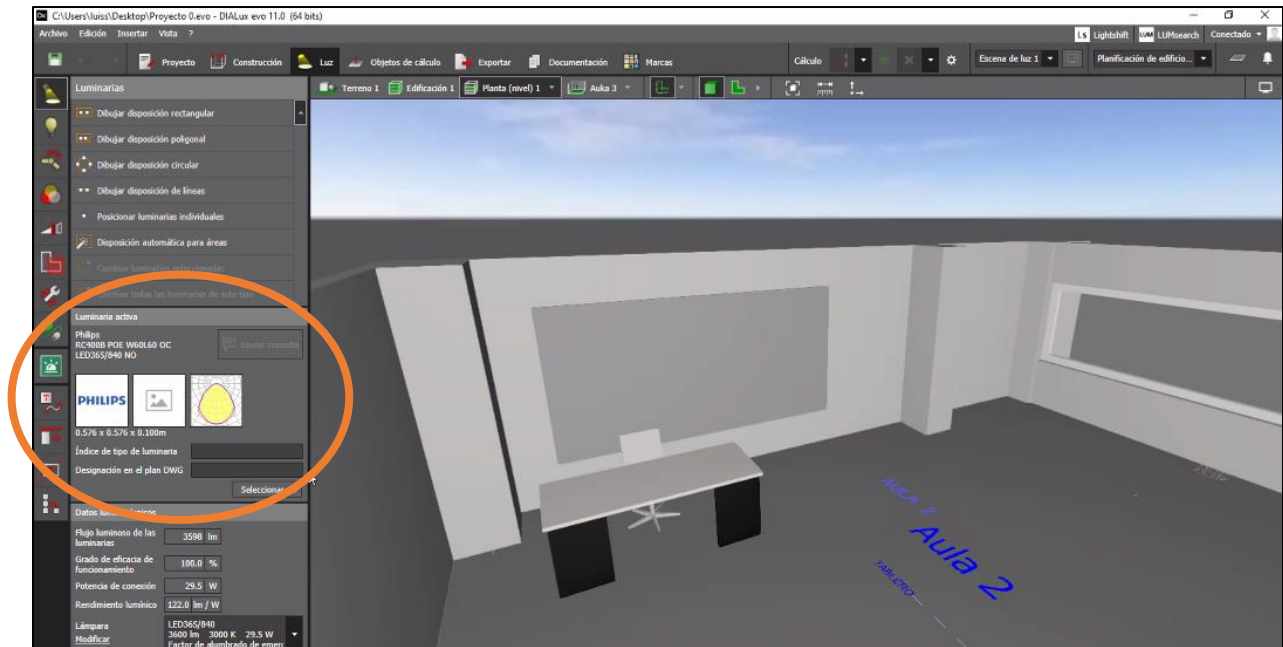
Especificaciones de luminaria importada.



Chequeada las especificaciones, se da en "Finalizar", obteniendo la luminaria en el software.

**Figura 61.**

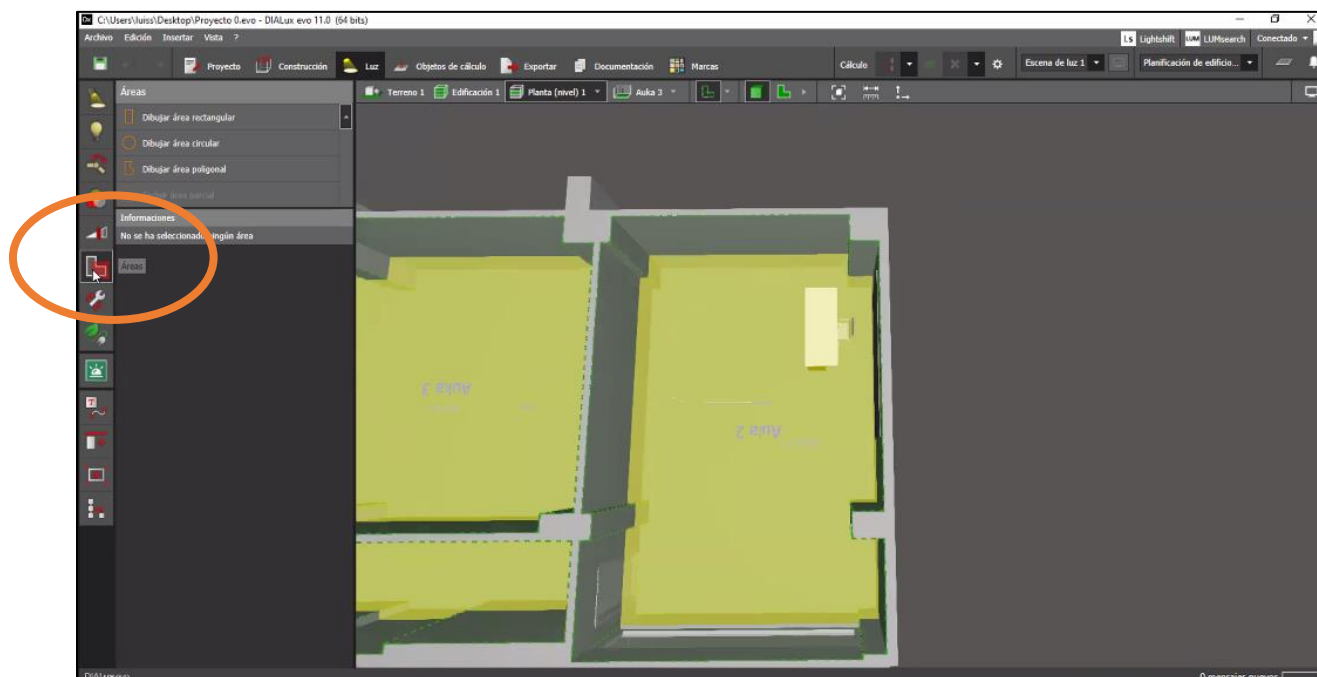
Luminaria importada.



Una vez teniendo la luminaria en el DIALux EVO, se procede a determinar la correspondencia del área de estudio, seleccionando el tipo de área en la sección Luz > Áreas

**Figura 62.**

Determinación de Áreas.



Se selecciona el área, ya sea salón de clase, salas de estudio, oficinas o demás y dando clic en “Edición” y después “Selección de plantillas” en donde se busca la descripción determinada del área seleccionada.

**Figura 63.**

Selección de plantilla para áreas.

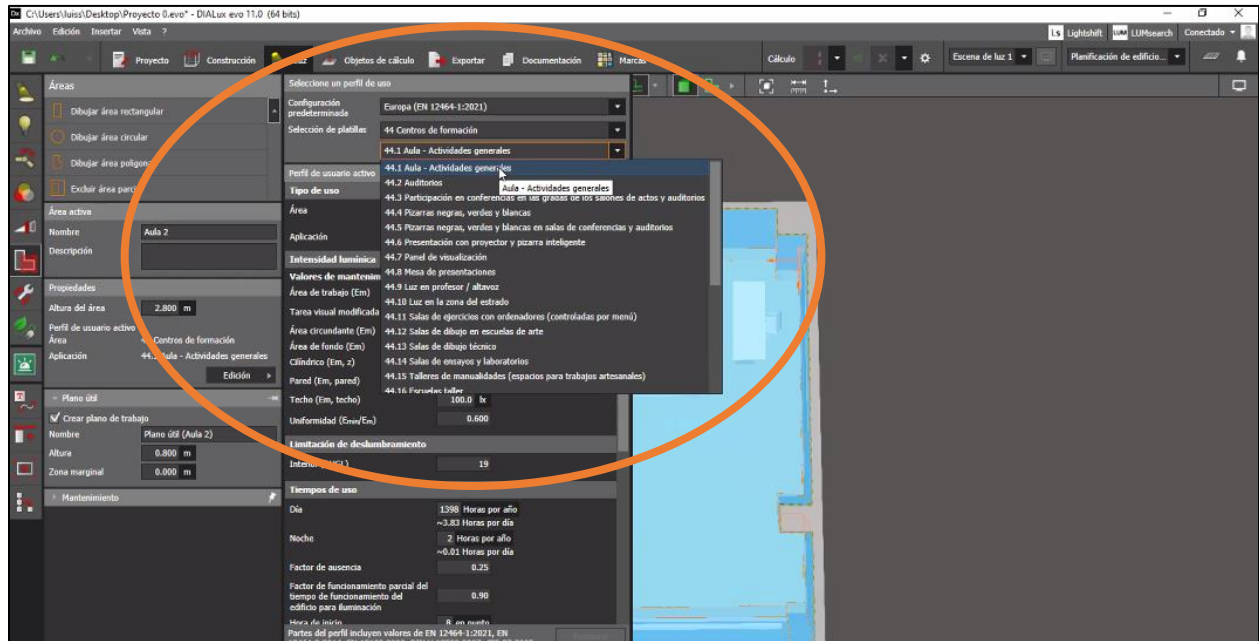
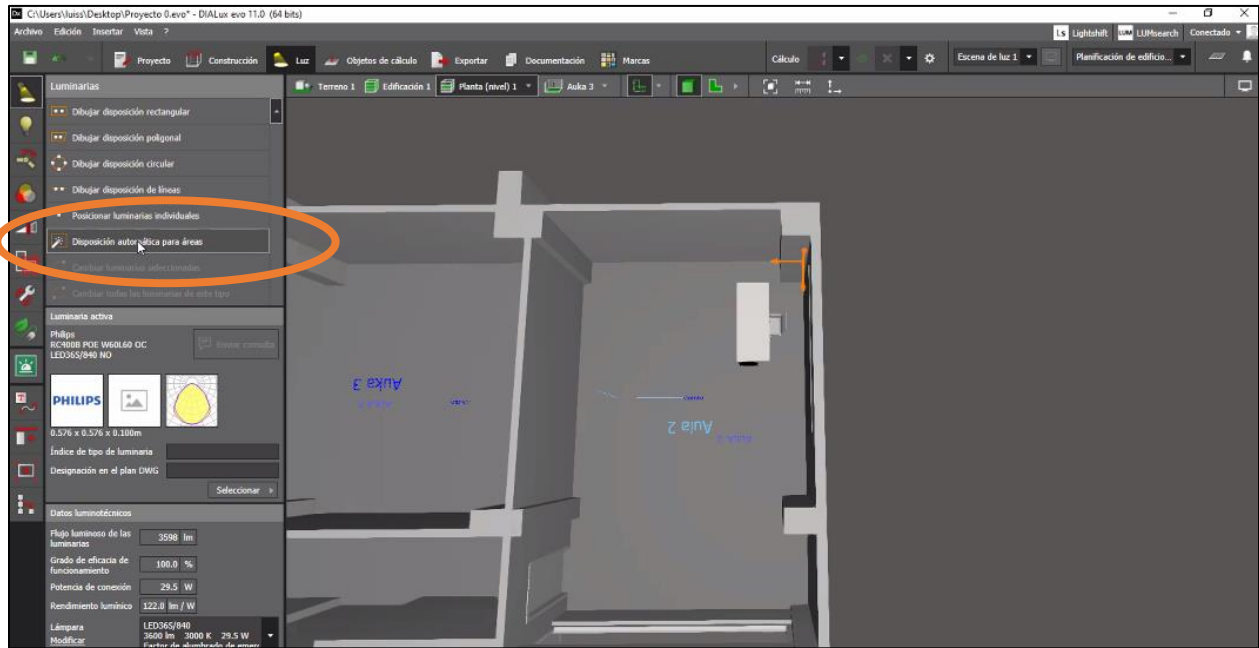


Figura 64.

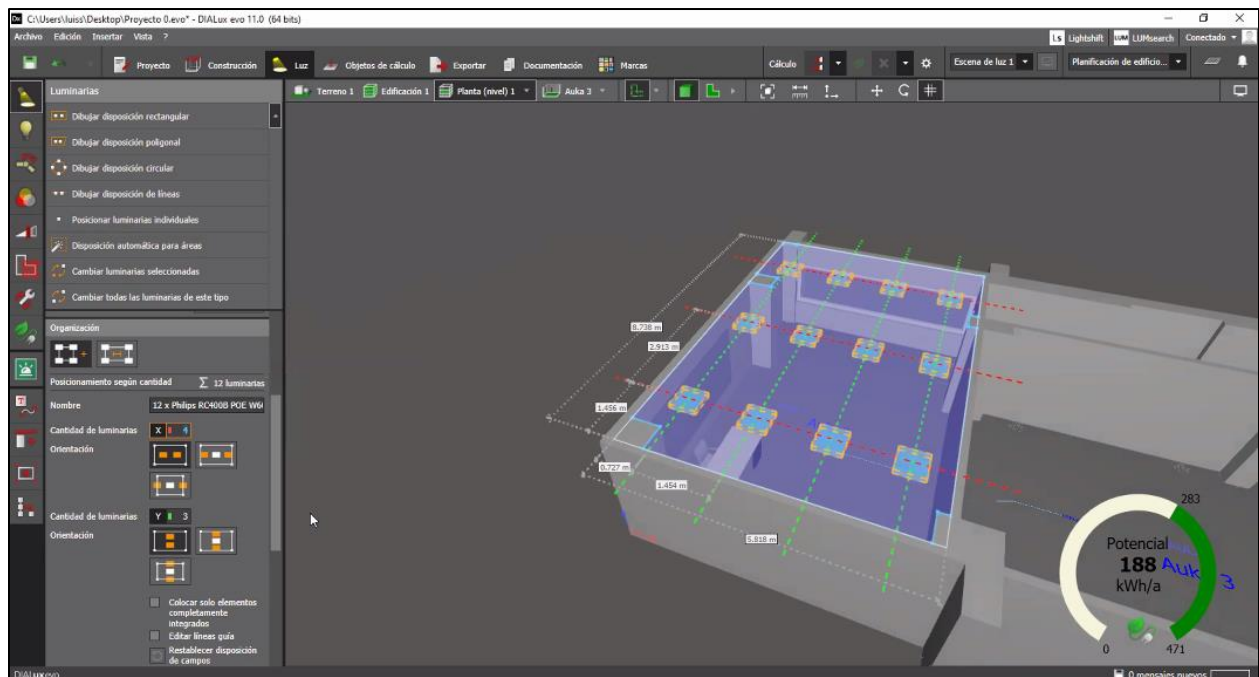
Disposición automática para áreas.



E inmediatamente el DIALux EVO dará una distribución de luminarias.

Figura 65.

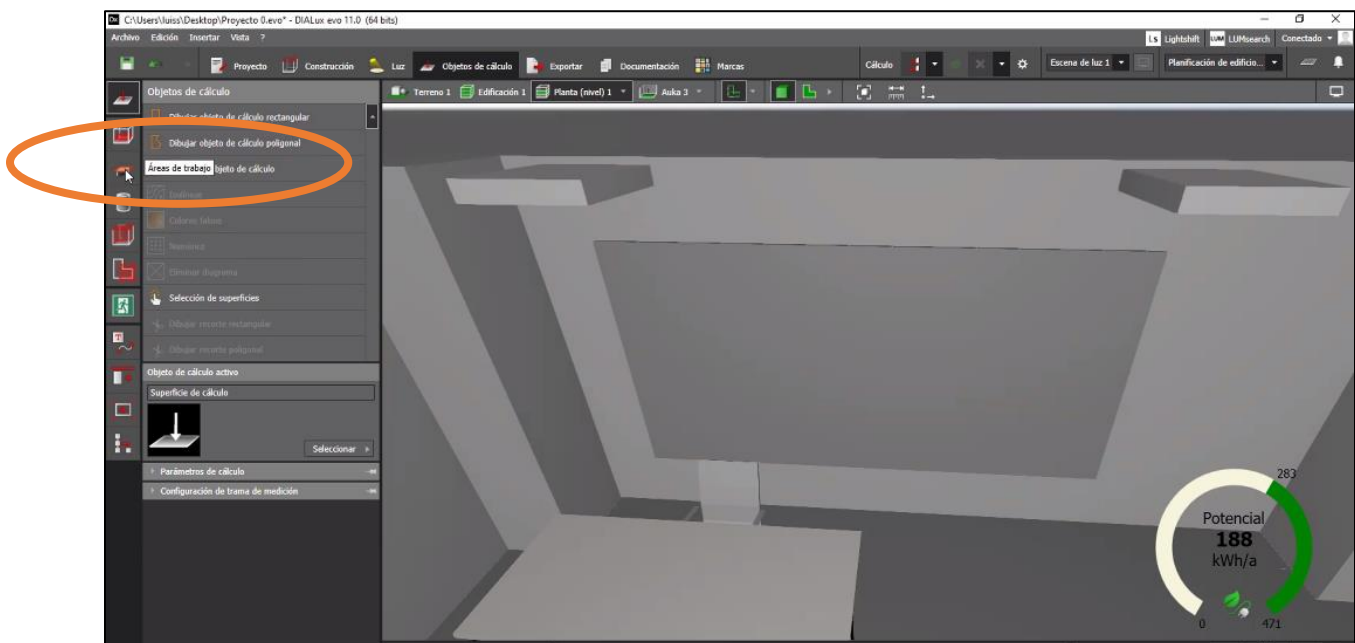
Luminarias ubicadas por DIALux EVO.



Para el cálculo lumínico, es importante determinar objetos de estudio y áreas de trabajo, que en este proyecto, el objeto de estudio es el tablero y el área de trabajo corresponde al plano elevado 0.8 metros. Para hacer el estudio lumínico del tablero hay que crear sobre él un área de trabajo y esta se crea en la sección Objetos de cálculo > Áreas de trabajo > Dibujar objeto de cálculo poligonal, como se muestra en la Figura 66:

**Figura 66.**

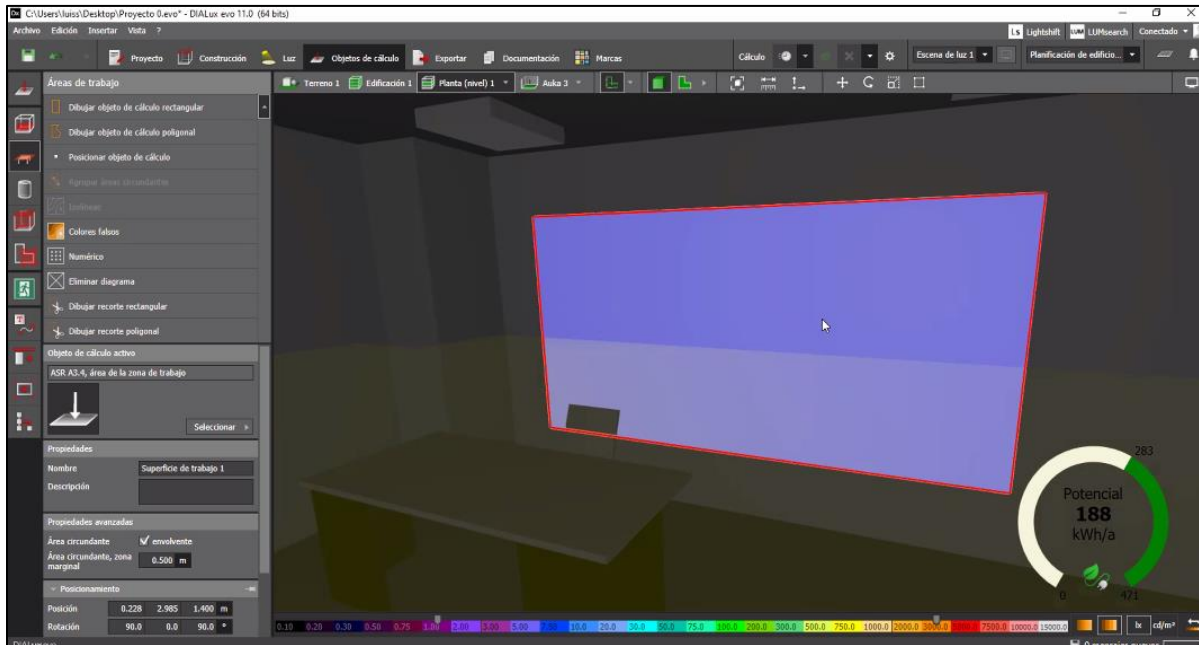
Áreas de trabajo.



Se dibuja el objeto de cálculo sobre la superficie frontal del tablero:

Figura 67.

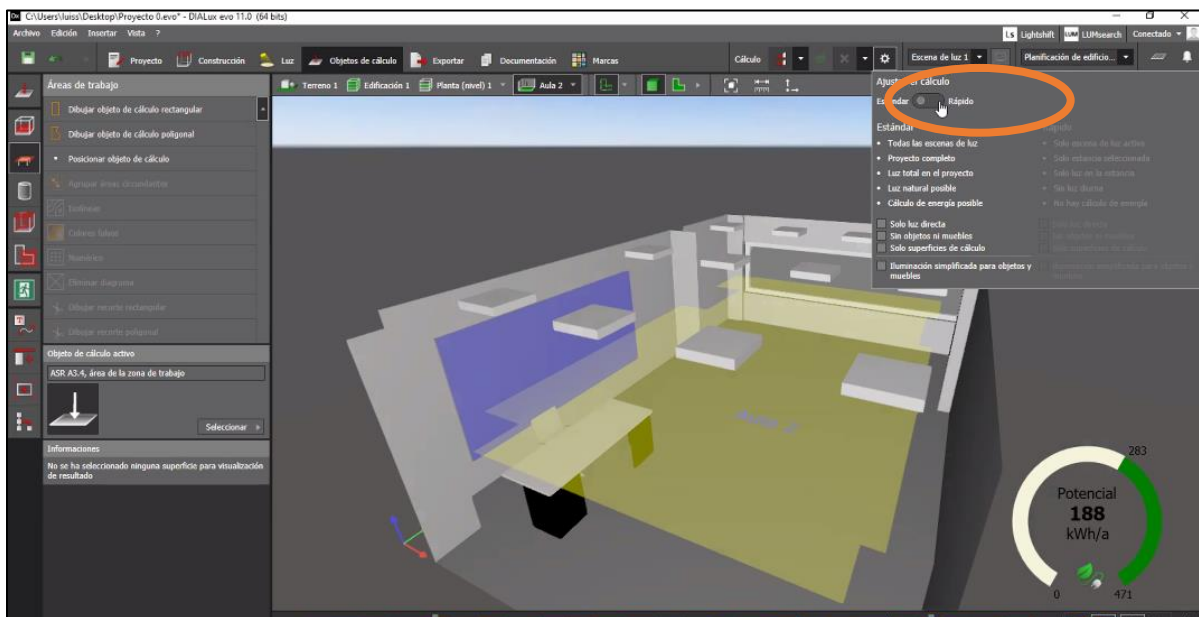
Área de trabajo sobre la superficie del tablero.



Para empezar con el estudio se ajusta el cálculo a “Cálculos rápidos”, esto con el fin de simular la escena de luz en la cual se esté trabajando.

Figura 68.

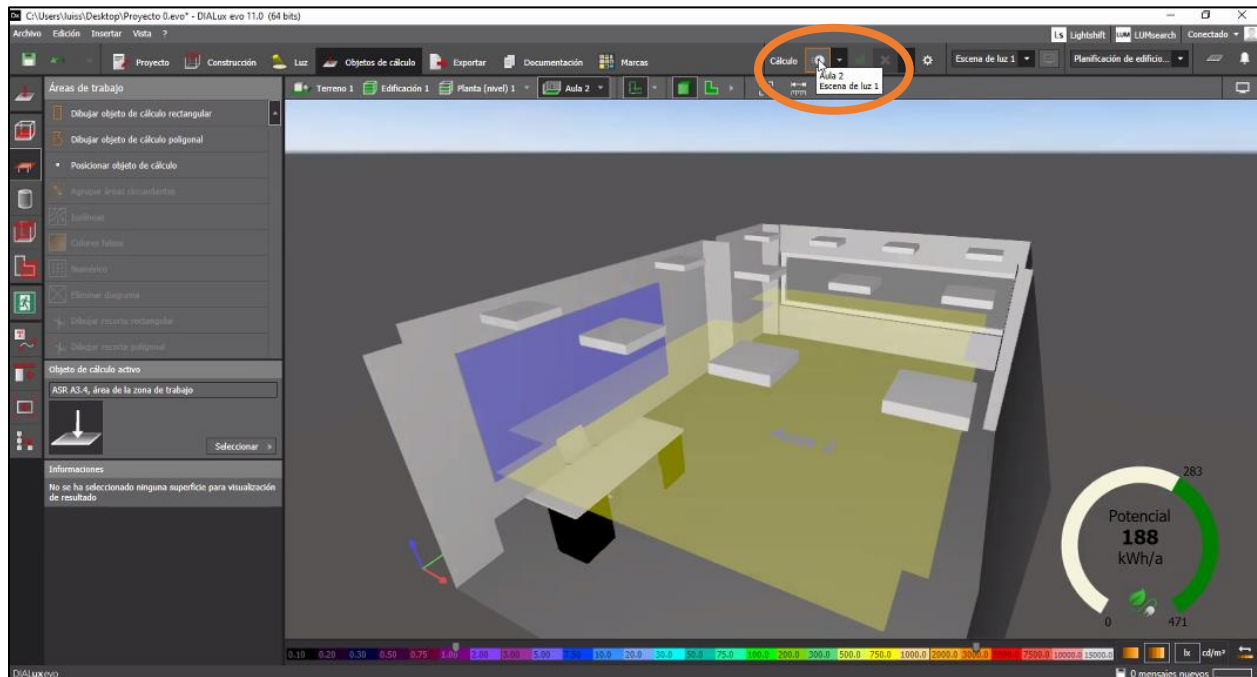
Cálculo rápido.



Y se procede a dar en “Cálculo”, tal cual se muestra en la Figura 69:

**Figura 69.**

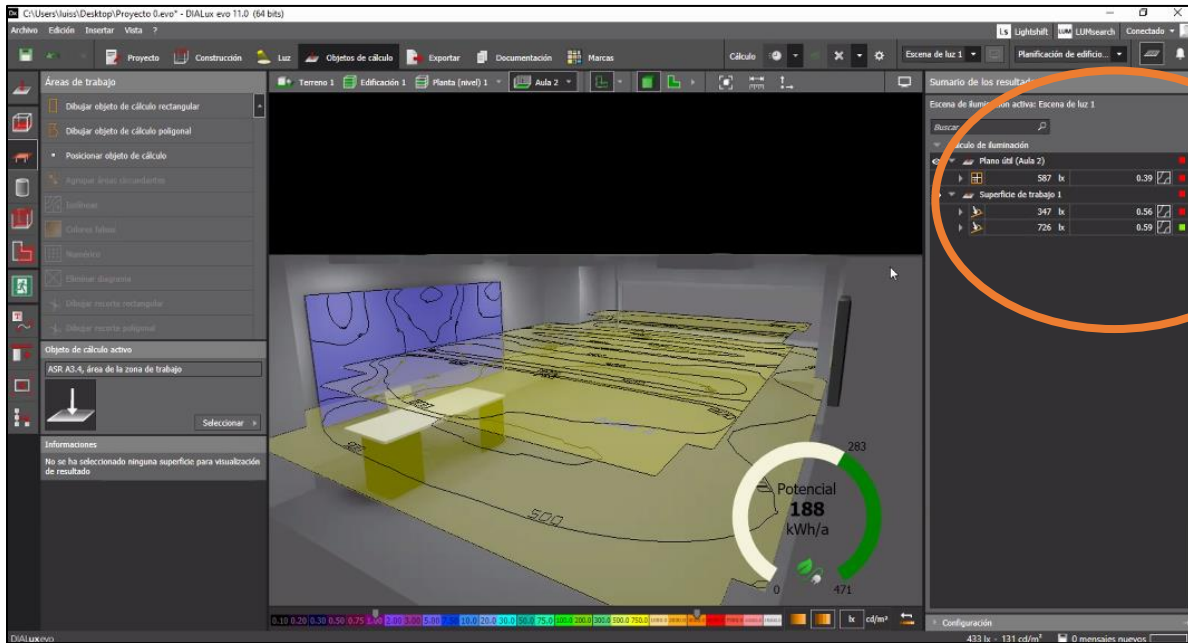
Ejecución de cálculo rápido.



Dando como resultado el cálculo de iluminación sobre las áreas, en este caso, el área del tablero y el plano útil del salón.

**Figura 70.**

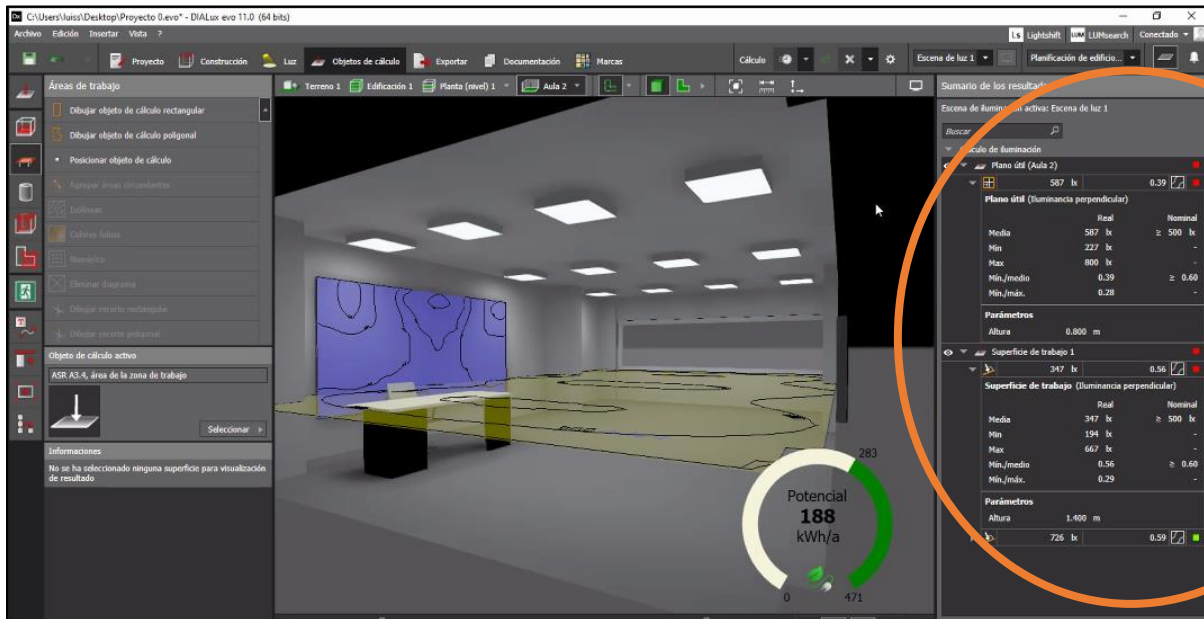
Resultados de estudio individual.



En la parte derecha de la pantalla se presenta el sumario de resultados, con la intensidad de iluminancia mínima, media y máxima.

**Figura 71.**

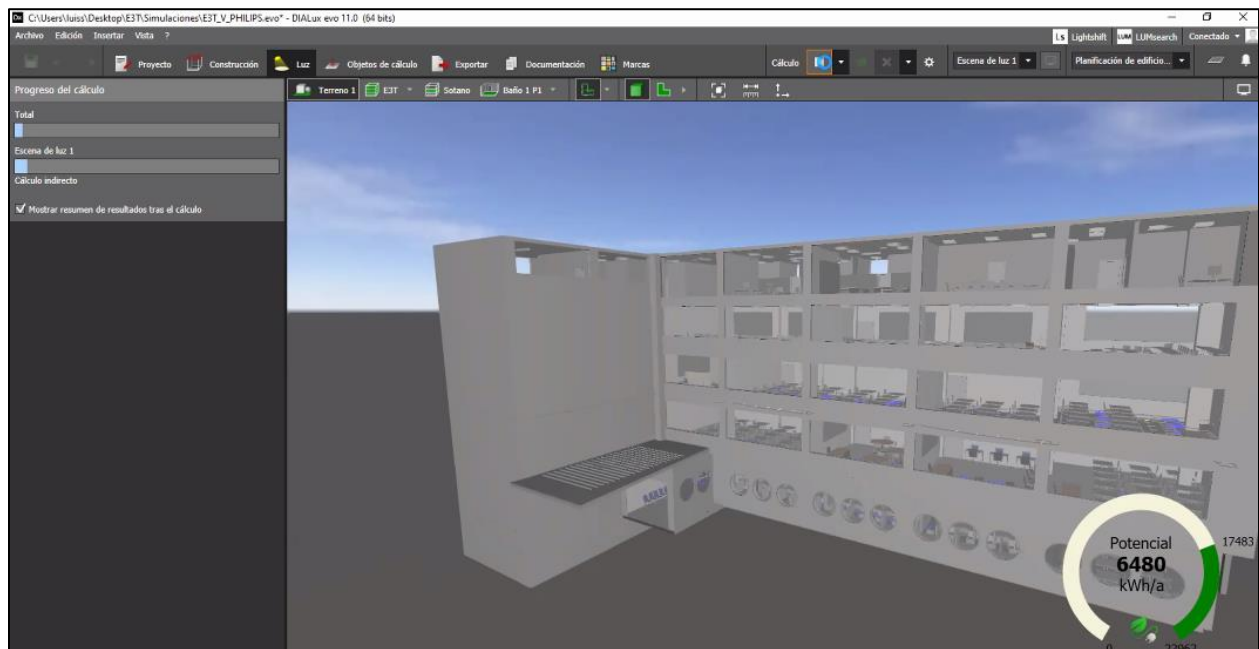
Resultados de iluminancia.



Las luminarias se pueden modificar tanto en su cantidad como en su posición, para así, lograr los niveles medios y máximos de iluminancia requerida por la NTC 4595. Estos pasos se repiten para cada una de las aulas y zonas del edificio, esto con el fin, de que en cada una de ellas se cumpla con los niveles de iluminancia, para al final, simular todo el edificio completo dando clic en “Cálculo” ajustando la escena de luz a “Cálculo estándar”:

## Figura 72.

Simulación de todas las luminarias.



Obteniendo como resultado:

Figura 73.

Resultado de simulación completa del edificio.

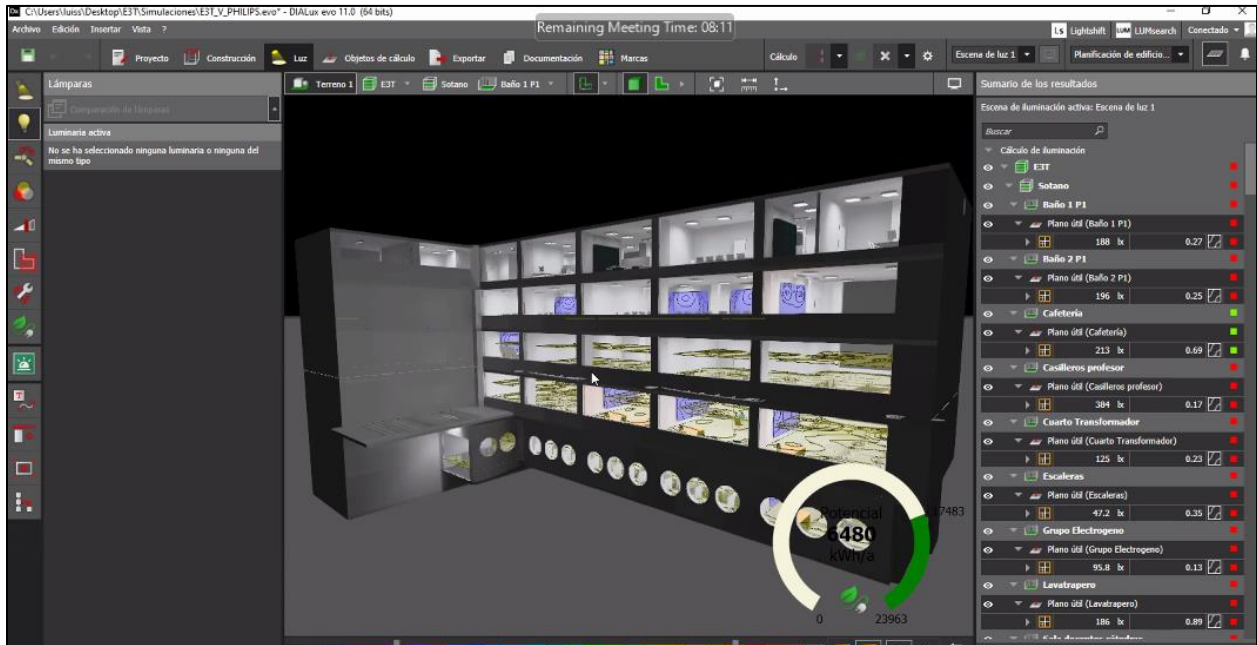
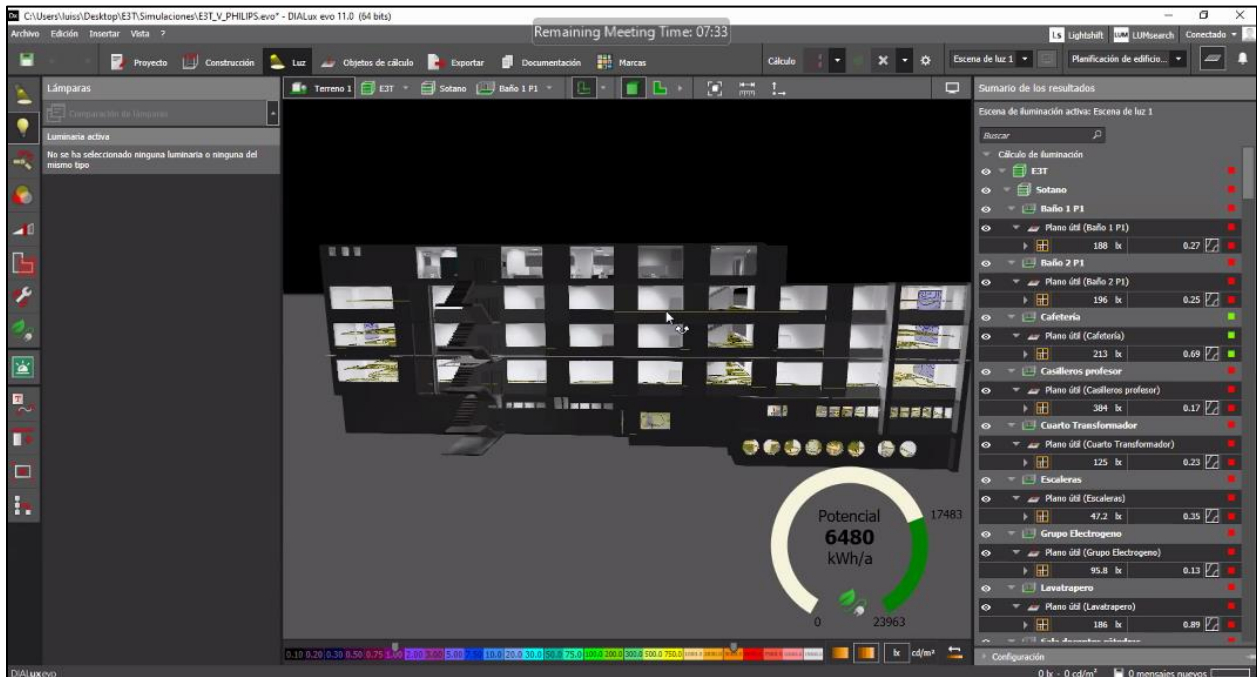


Figura 74.

Vista trasera de la simulación.



**Figura 75.**

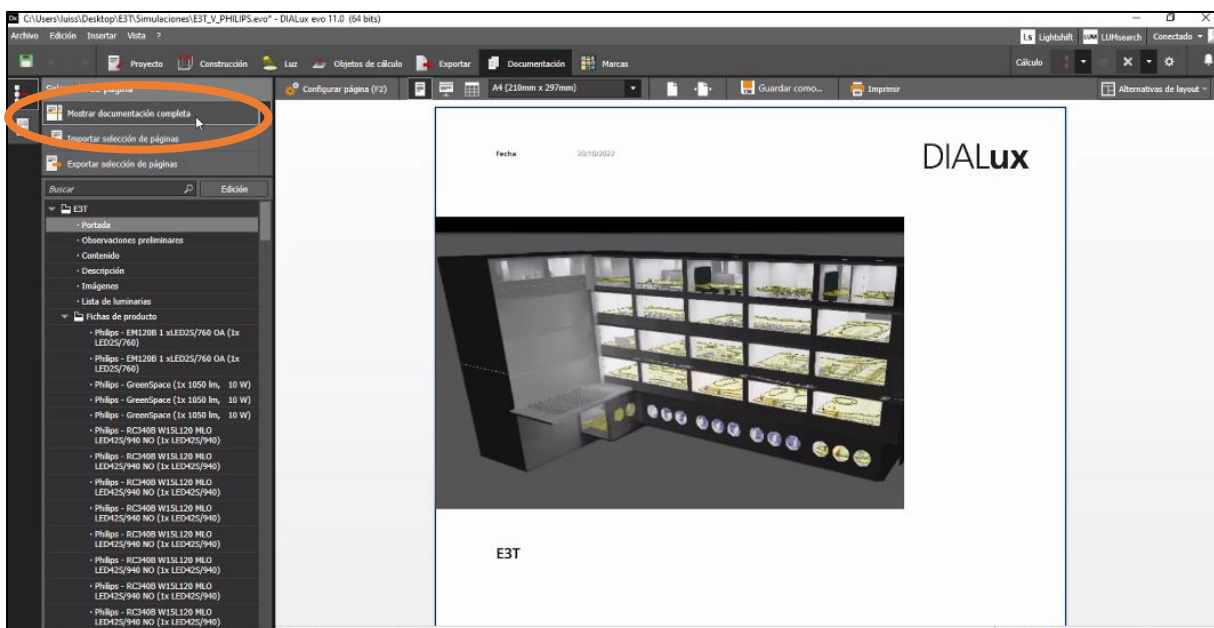
Vista frontal de la simulación.



Al finalizar la simulación, el DIALux EVO puede entregar un informe completo del cálculo realizado, el cual se puede descargar en Documentos > Mostrar documento completo, como se muestra en la Figura 76:

**Figura 76.**

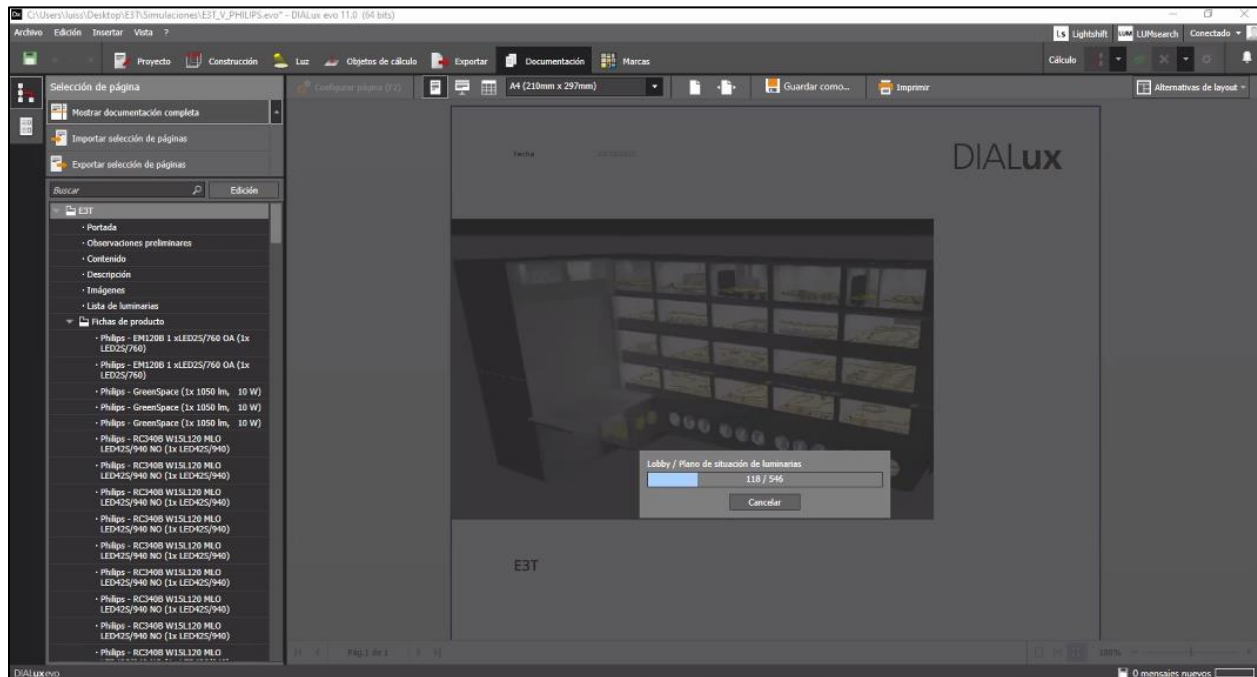
Documentación de la simulación.



Este empezará a realizar el PDF con la información, esto tarda unos minutos:

**Figura 77.**

Descarga de la información.



Estos documentos entregados por el DIALux EVO se anexan a este libro.

#### 4.4. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.

Todo establecimiento público con más de 5 pisos o con más de 100 personas en la noche debe contar con iluminación en las salidas de emergencia, es decir, en pasillos y escaleras de evacuación y como mínimo estas rutas deben cumplir con mínimo de un lux (1 lux), tal cual el RETILAP lo nombra en su apartado 470.2 (Instalaciones que requieren alumbrado de *emergencia*) apartado "a" y 470.3 (*Características de la instalación del alumbrado de emergencia*) apartado "e". Por esta razón, en este proyecto, se simula el alumbrado seleccionado de emergencia de las marcas PHILIPS y SYLVANIA, las cuales se presentan a continuación:

**Figura 78.**

Luminaria de emergencia SYLVANIA.



*Nota:* Imagen tomada del catálogo de SYLVANIA. Referencia: LED EMERG R1 2X1.6W P23342. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

**Figura 79.**

Luminaria de emergencia PHILIPS.

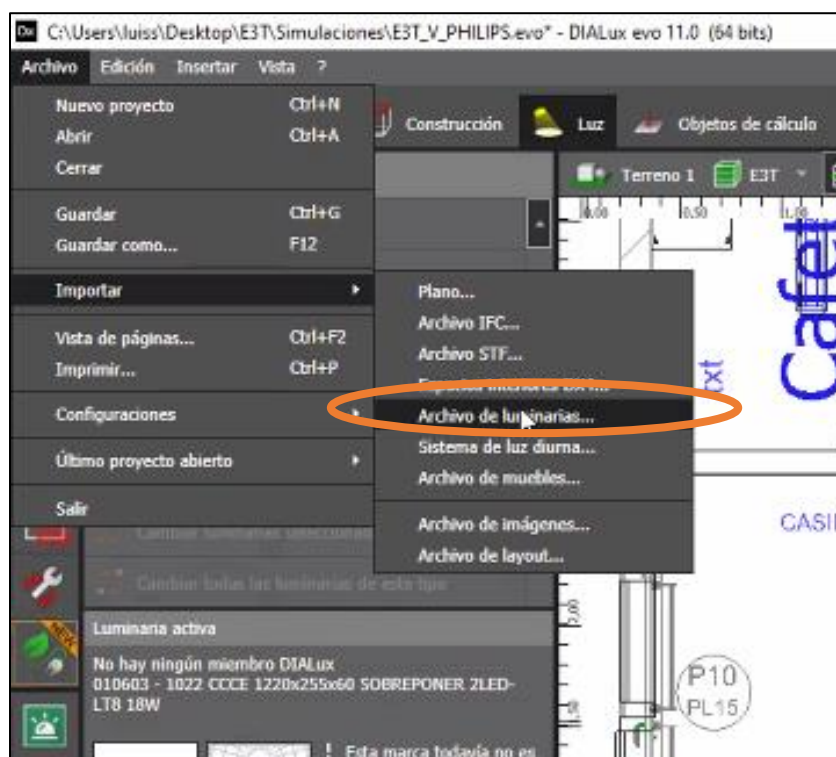


Nota: Imagen tomada del catálogo de PHILIPS. Referencia: EM120B 1 xLED2S/760 COR EMERGENCIA. Las especificaciones se presentan en los catálogos anexados a este libro.

Una vez seleccionada las luminarias se procede entonces a simular, para este libro se presenta la guía paso a paso del desarrollo de la simulación en la luminaria de emergencia PHILIPS. Es importante agregar el archivo .ies compatible con DIALux EVO:

### Figura 80.

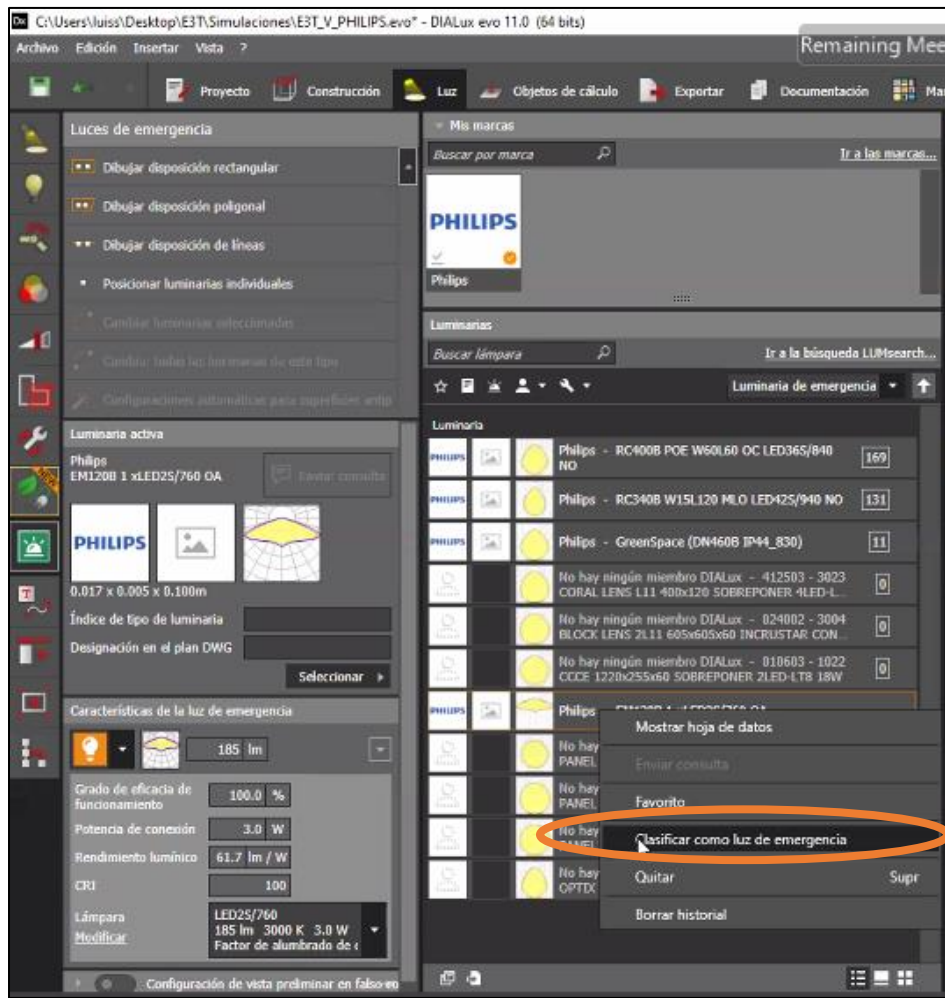
Agregar archivo de luminaria de emergencia.



Se selecciona el archivo en la carpeta en que se guardó y se da aceptar. Una vez hecho este paso se procede a calificar la luminaria como luminaria de emergencia:

Figura 81.

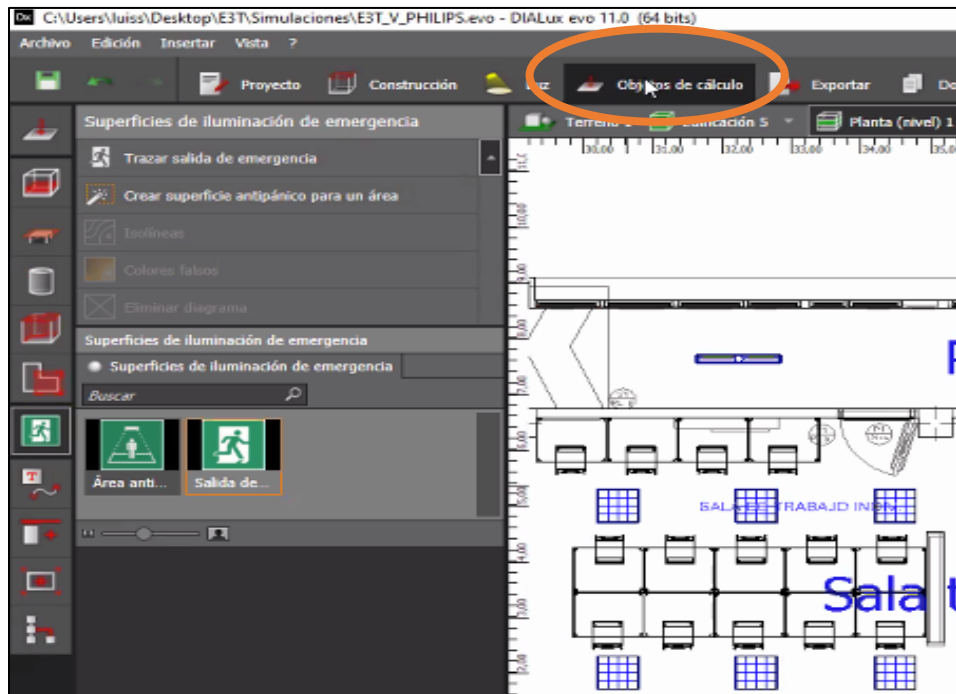
Calificación de luminaria de emergencia.



Una vez que el programa sepa que dicha luminaria es de emergencia, se procede entonces a ingresar a objetos de cálculo:

**Figura 82.**

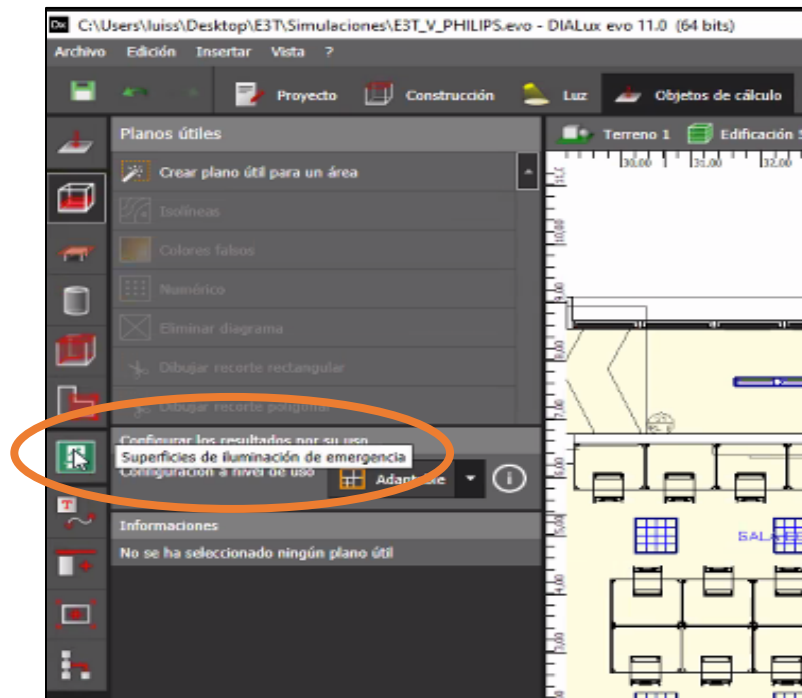
Vía objetos de cálculo para luminaria de emergencia.



*En la sección de “objetos de cálculo” se dispone la parte de “Superficies de iluminación de emergencia”, la cual hay que seleccionar:*

**Figura 83.**

Superficies de iluminación de emergencia.



Una vez dado clic, se despliegan las herramientas para ubicar las luminarias de emergencia, pero antes de eso, es importante trazar las salidas de emergencia, que corresponden al espacio de los pasillos que deben estar iluminados para permitir una evacuación segura de las personas:

**Figura 84.**

Trazar salida de emergencia.

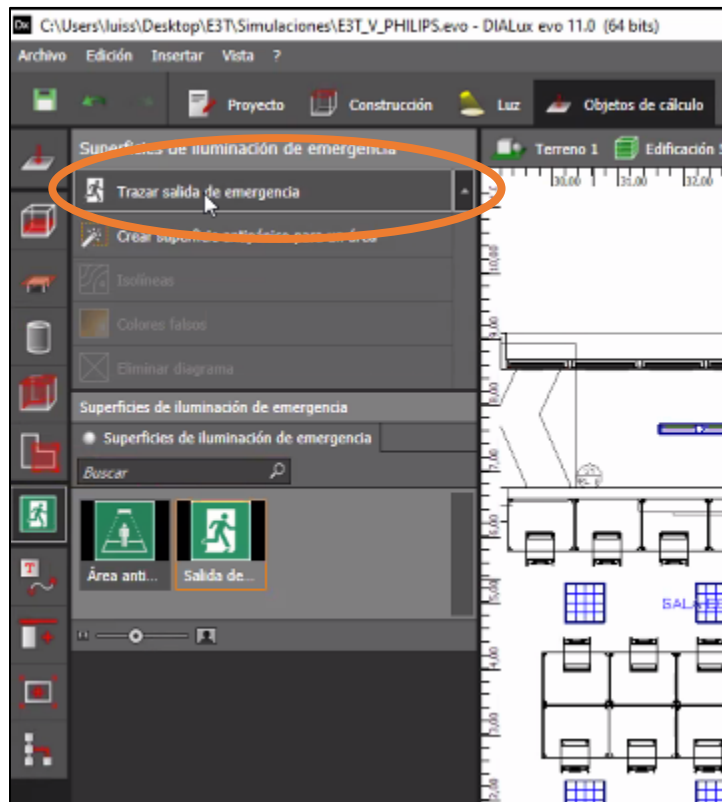


Figura 85.

Trazado de la salida de emergencia.

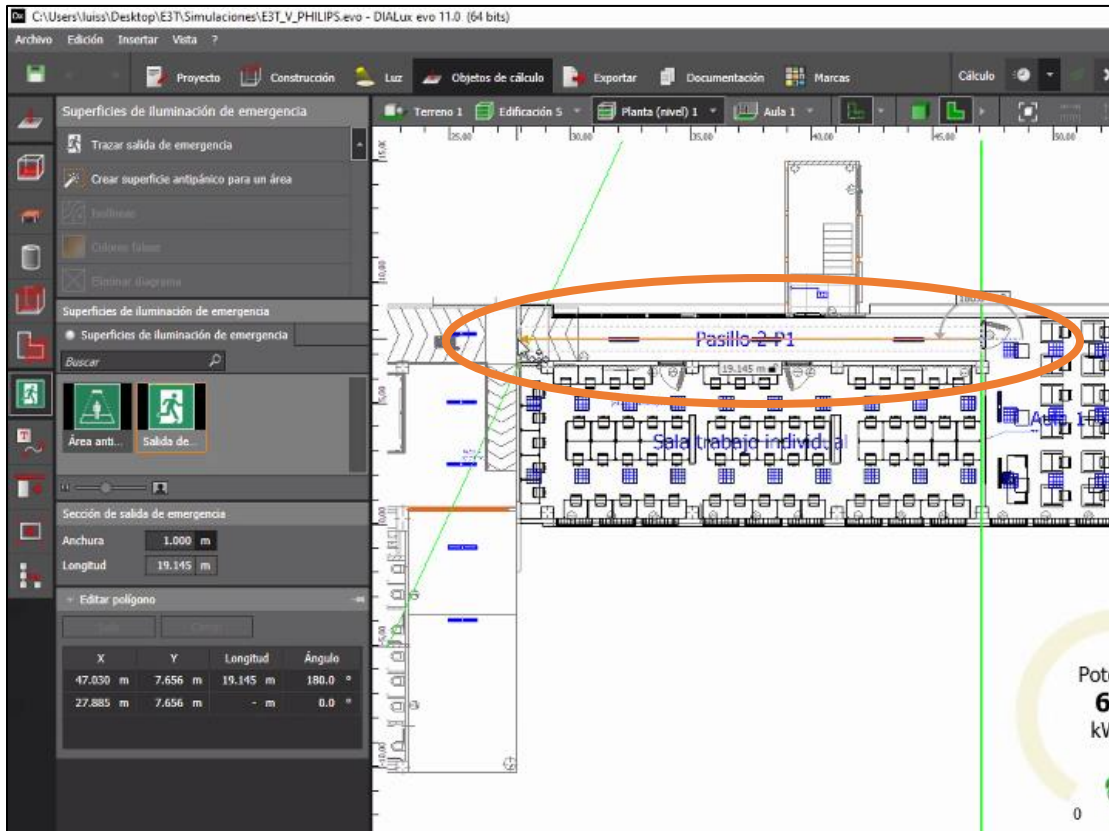
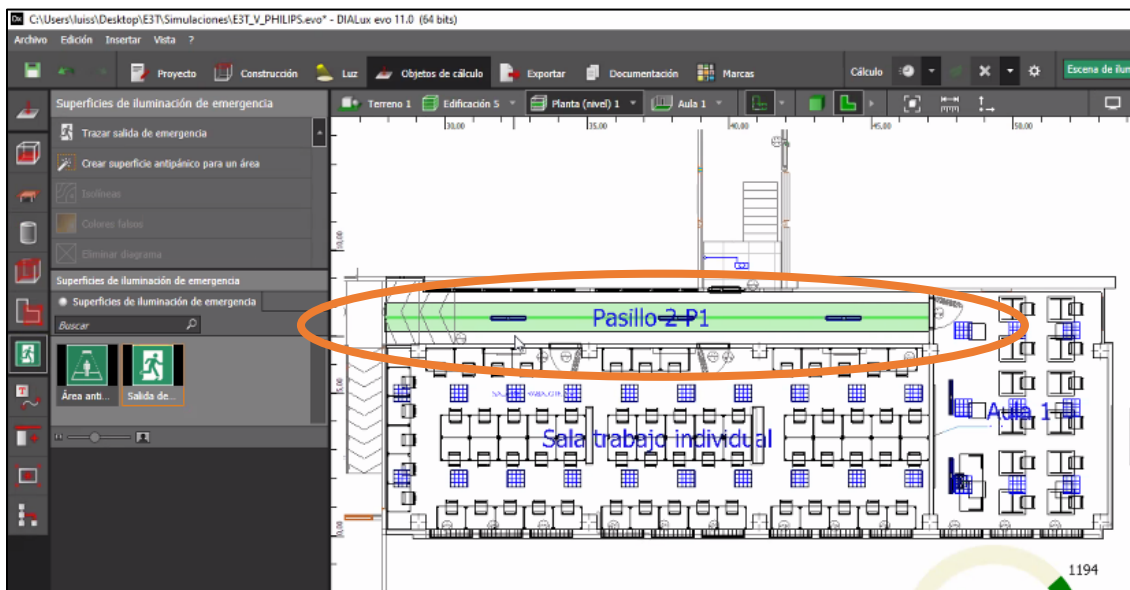


Figura 86.

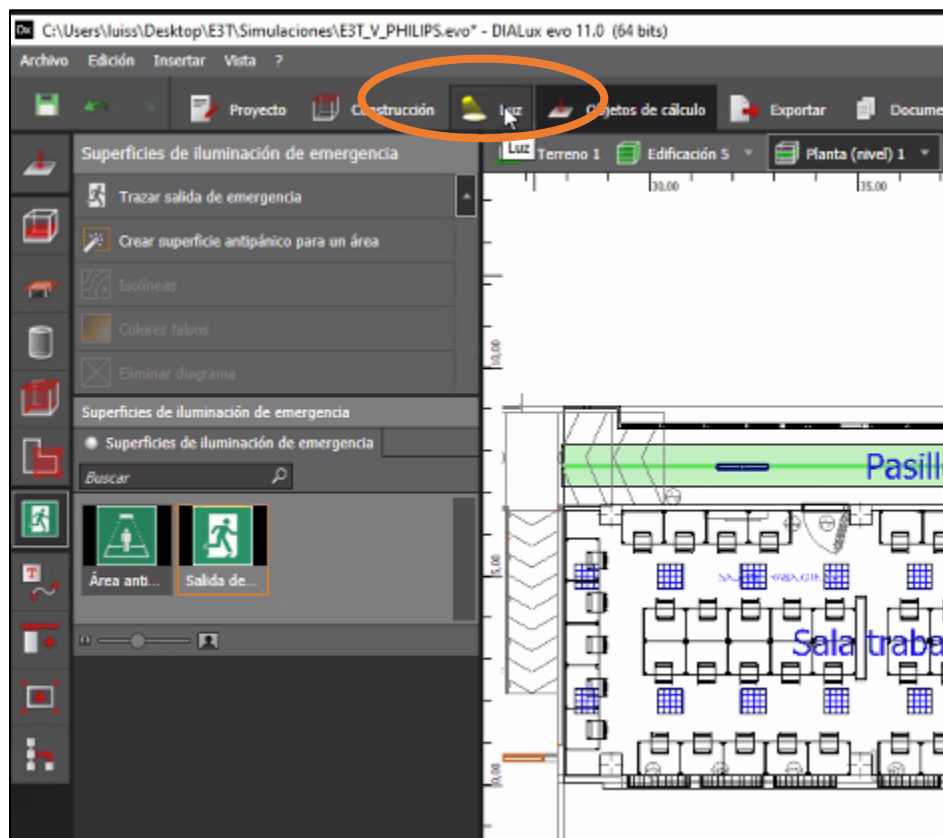
Área salida de emergencia para estudio por parte del software.



Una vez delimitada el área de salida de emergencia (zona verde en la figura anterior), se procede a ubicar las luces, por lo cual, se selecciona en la barra de herramientas la sección de “Luz”:

**Figura 87.**

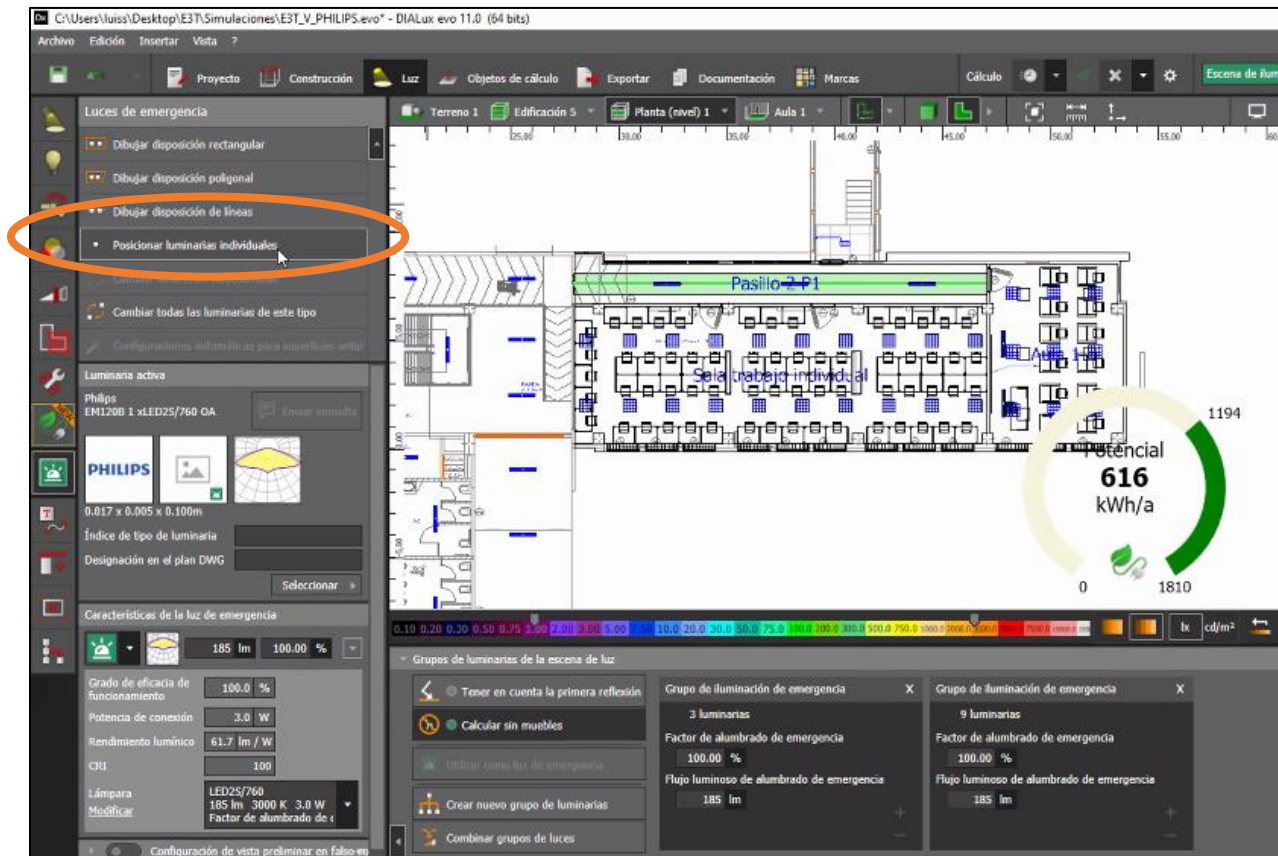
*Apartado “Luz” en barra de herramientas.*



Así entonces se procede a ubicar las luces de emergencia sobre la línea central del área seleccionada como la ruta de salida de emergencia:

Figura 88.

Posicionar luminaria de emergencia.

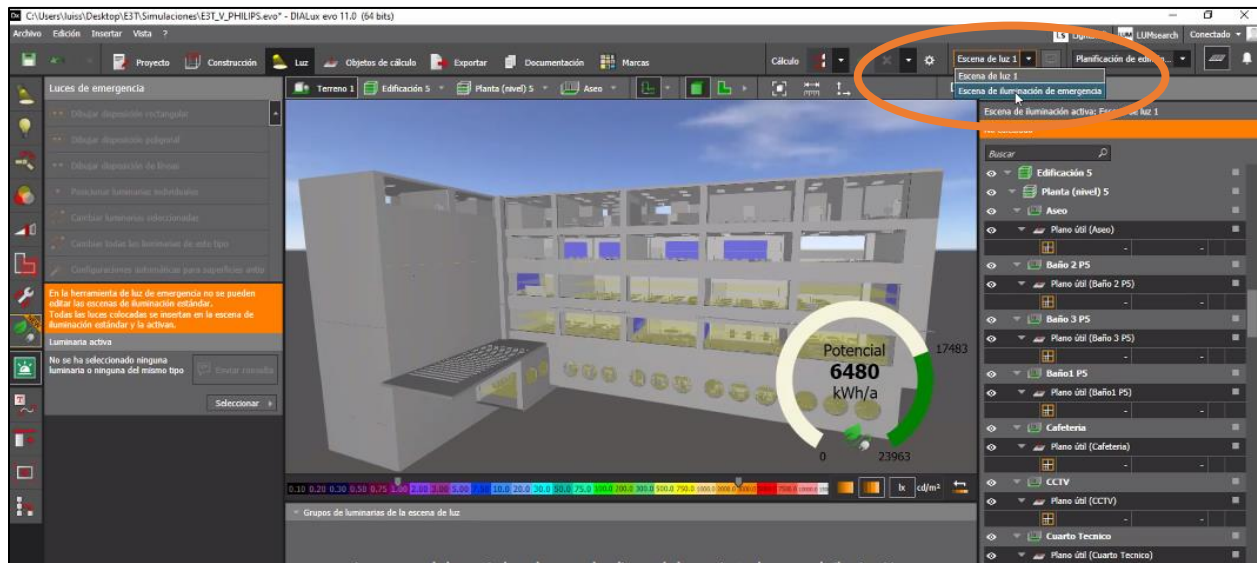


Nota: Estas luces se pueden colocar de manera individual o de manera lineal automáticamente por el programa, sin embargo, no se recomienda, debido a que va a exceder en intensidad lumínica sobredimensionándola y usando luminarias de más aumentando los costos.

Al ubicar las luminarias en el lugar en que el diseñador desee, se procede a simular para hacer los cálculos lumínicos, se recomienda que las áreas no estén sobredimensionadas en cantidad de luxes y luminarias, pues esto afectaría el deslumbramiento y la cantidad de luminaria originaría un sobre costo innecesario. *Para simular, se selecciona "Escena de iluminación de emergencia" en la parte superior derecha, como se muestra en la siguiente figura 89:*

**Figura 89.**

Escena de iluminación de emergencia.



Posteriormente a seleccionar el escenario de luz, se da clic en “Cálculo”, esto para dar inicio al cálculo de la iluminancia. Se recalca que, en la parte de “Cálculo” se puede simular solo un escenario de luz o el proyecto completo, en este caso, como ya se tiene el escenario de luminaria de emergencia completo se procede a realizar todo el cálculo como se presenta en la siguiente figura 90:

**Figura 90.**

Inicio de cálculo lumínico.



Así entonces, el software empieza a realizar los cálculos, en donde se observa la barra de carga:

**Figura 91.**

Barra de carga cálculo lumínico.

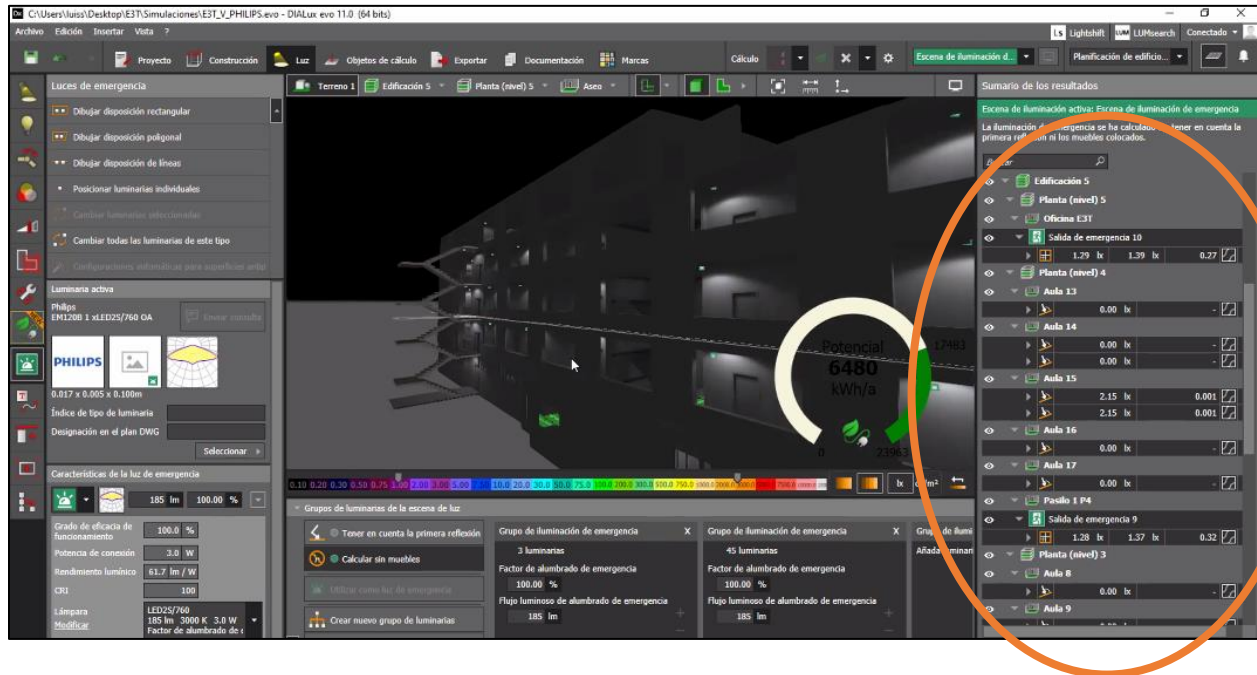


*Nota:* Esto puede tardar algunos minutos, dependiendo de la capacidad del ordenador.

Una vez finalizado el cálculo por parte del software, se presentan los cálculos en la parte derecha de la pantalla:

**Figura 92.**

Resultados de cálculo.

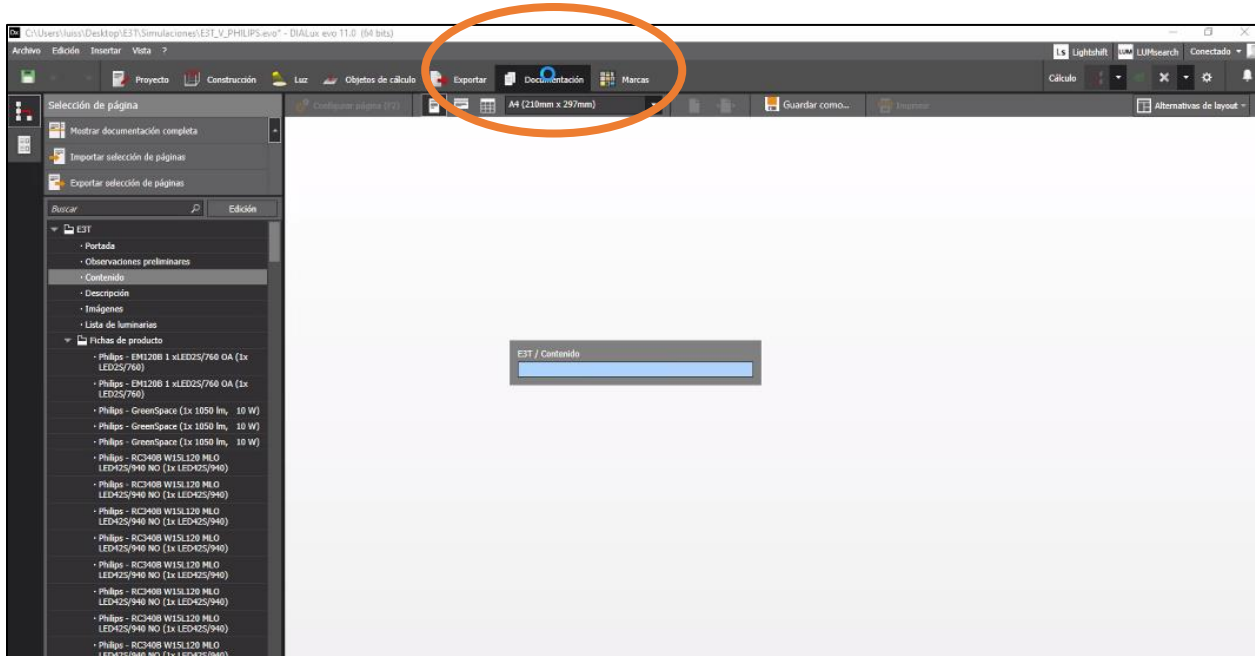


Estos datos arrojados por el DIALux EVO, tienen que ser revisados por parte de los diseñadores del proyecto, para así, determinar si la cantidad de iluminación está dentro de los parámetros establecido por el reglamento o se exceden exageradamente, para así, determinar si es necesario agregar o retirar luminarias de emergencia en determinada zona.

Una vez determinado, por el equipo de diseño y estudio, que los valores de iluminación cumplen con los parámetros dados por RETILAP, se procede a descargar el informe, en la sección de documentación como se muestra en la siguiente figura 93, dando clic en *“Documentación”* en donde inmediatamente empezará a cargar el informe de la simulación:

**Figura 93.**

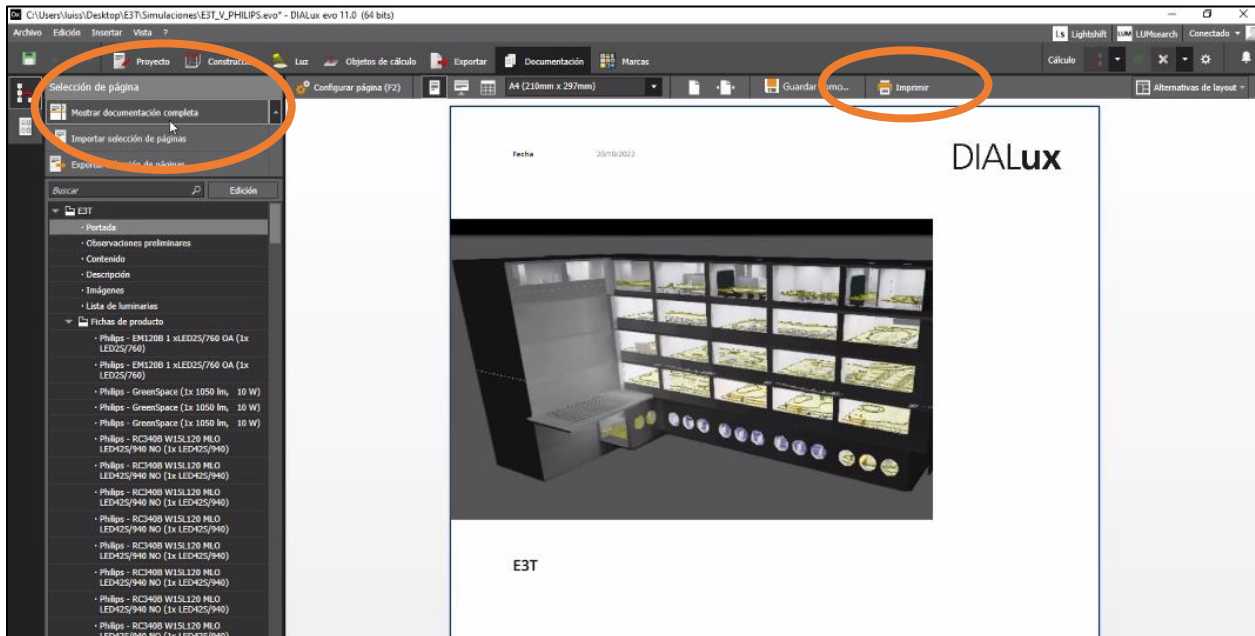
Documentación de la simulación de emergencia.



Una vez terminada la barra de carga se selecciona “Mostrar documentación completa” y posteriormente en “Imprimir” para obtener el PDF informe de la simulación de emergencia:

**Figura 94.**

Documentación completa de la iluminación de emergencia.



Así entonces, se obtiene una simulación de las luminarias de emergencia con su respectivo informe por parte del software DIALux EVO. Estos informes se anexan a este libro.

## **5. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN EN DIALUX EVO.**

---

En este apartado, se presentan los resultados arrojados por el DIALux EVO de iluminancia y UGR (Deslumbramiento), los cuales son los parámetros exigidos por la NTC 4595 tal cual se muestra en la Tabla 2. Para la presentación de estos resultados, se comparan los resultados arrojados por cada tipo de luminaria en las áreas de un Baño, una oficina, una aula de clase del segundo piso y cuarto piso, sala de estudio grupal, sala de profesores cátedra y sala de reuniones. También, en este apartado, se presenta el costo de cada una de las luminarias, comparando en precio por cada una de las marcas puestas en simulación.

### **5.1. Resultados de UGR e iluminancia comparados por cada marca.**

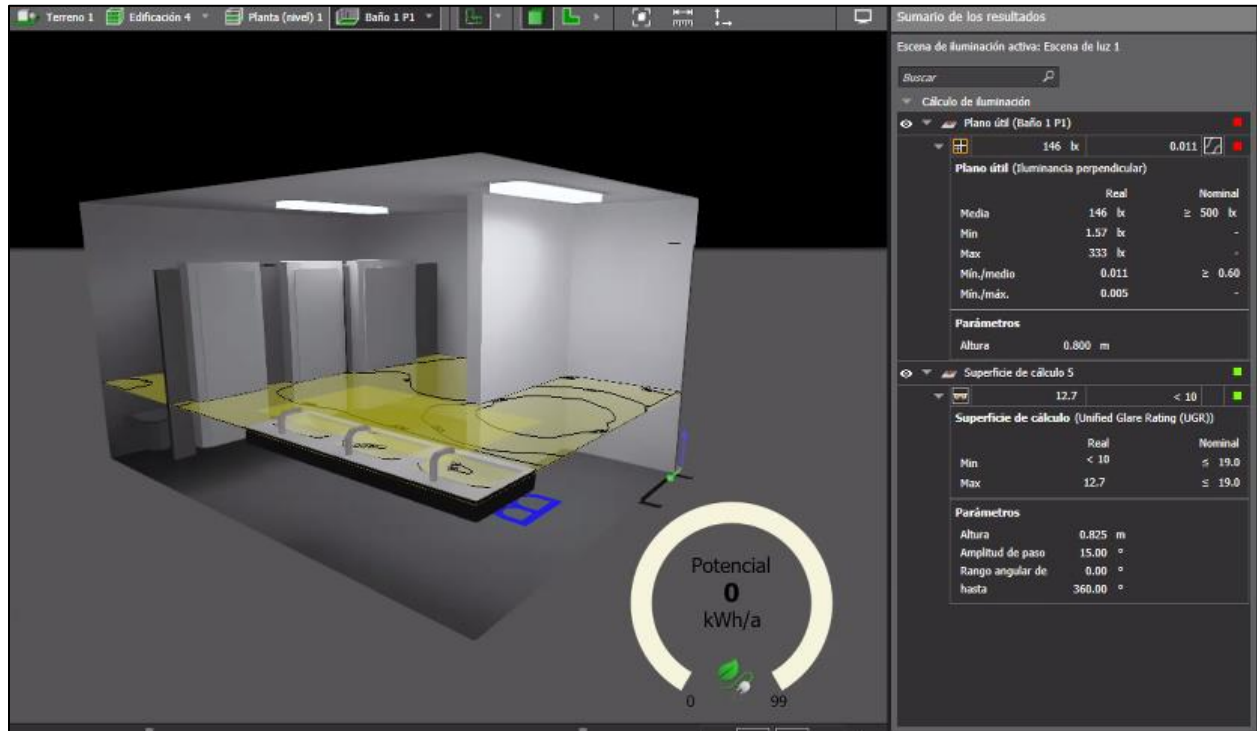
El edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones cuenta con un total de 63 áreas distribuidas por su edificación, cada una cuenta con un propósito de operar como aula de clase, oficina, baño, sala de estudios, cafetería, pasillos y sala de reuniones. Para este apartado, se presenta la comparación de los datos para las áreas de un baño, una oficina, un aula de clase del segundo piso y cuarto piso, sala de estudio grupal, sala de profesores cátedra y sala de reuniones.

A continuación, se presentan las imágenes de las áreas con las luminarias que mejor cumplen los parámetros de la Tabla 2 y se resumen en la Tabla 3 comparándolas estos resultados con cada marca.

### 5.1.1. UGR e iluminancia baño 1 piso 1.

Figura 95.

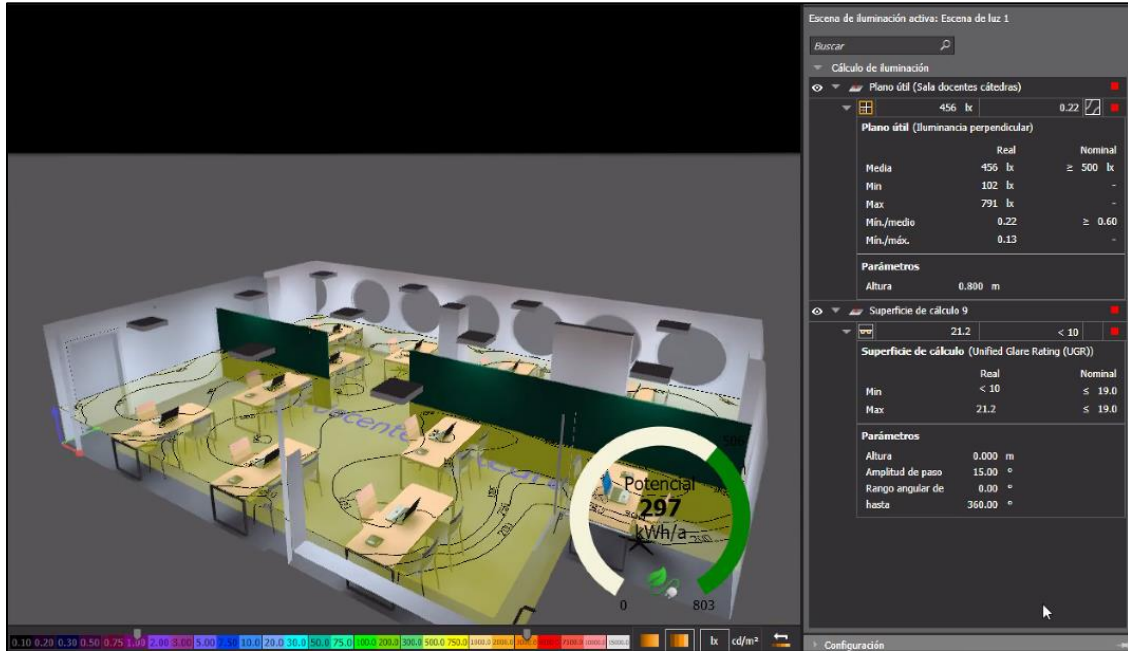
Datos baño piso 1 ILTEC.



### 5.1.2. UGR e iluminancia sala profesores cátedra.

Figura 96.

Datos sala de profesores cátedra PHILIPS.



### 5.1.3. UGR e iluminancia sala de estudio grupal.

Figura 97.

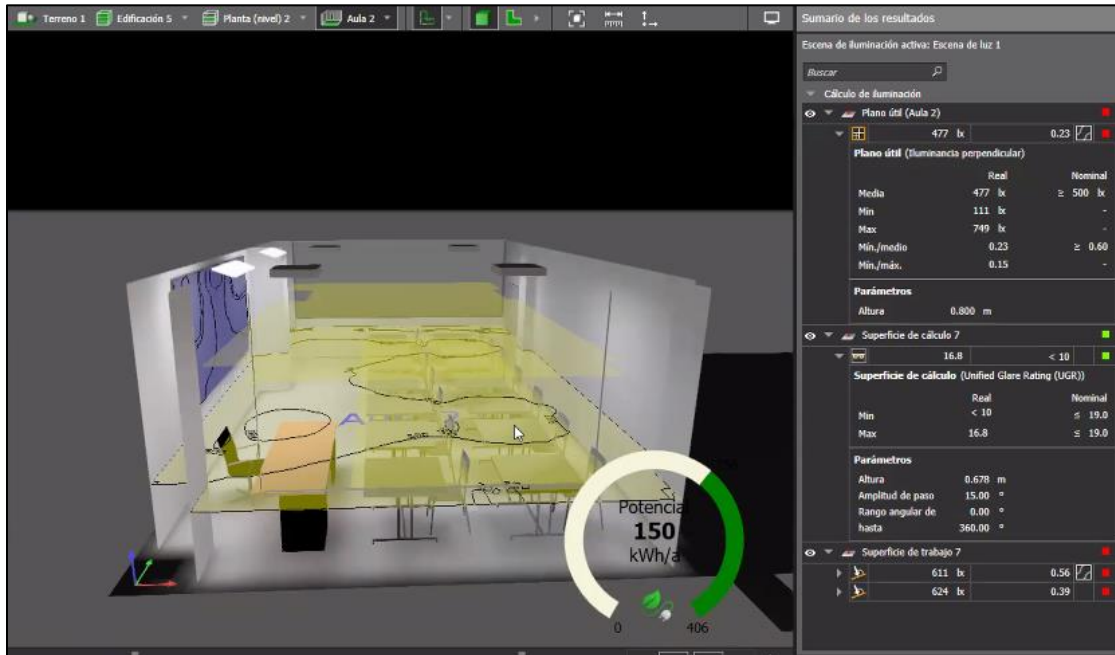
Datos sala de estudio grupal Sylvania



### 5.1.4. UGR e iluminancia Aula 2 piso 2.

Figura 98.

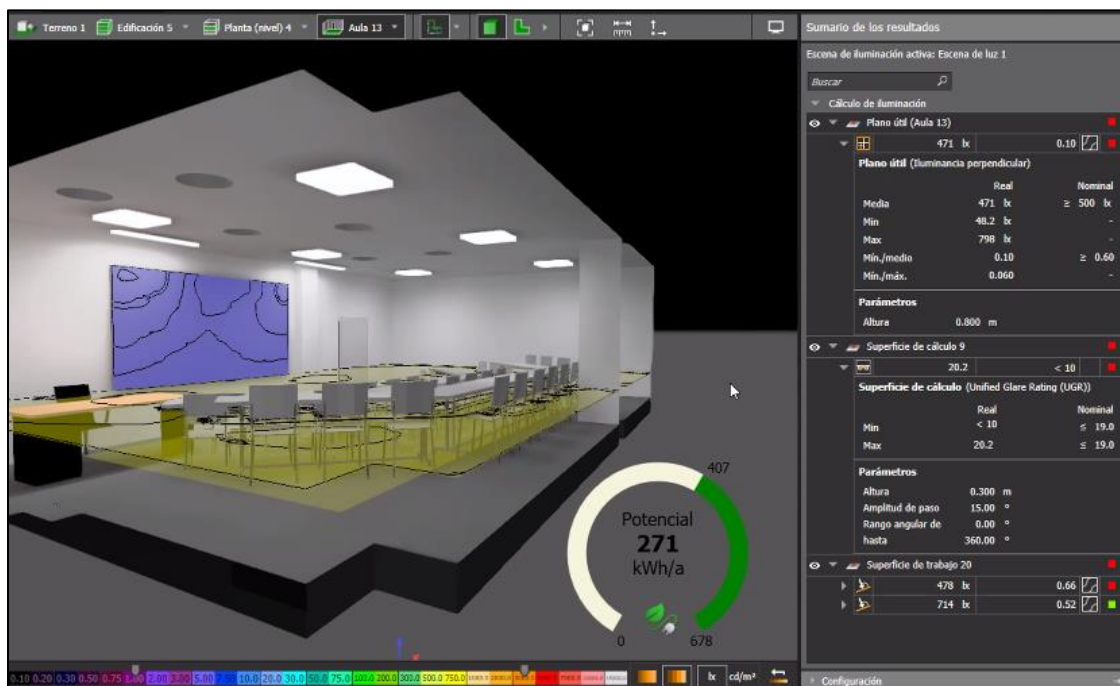
Datos Aula 2 piso 2 Sylvania.



### 5.1.5. UGR e iluminancia Aula 13 piso 4.

Figura 99.

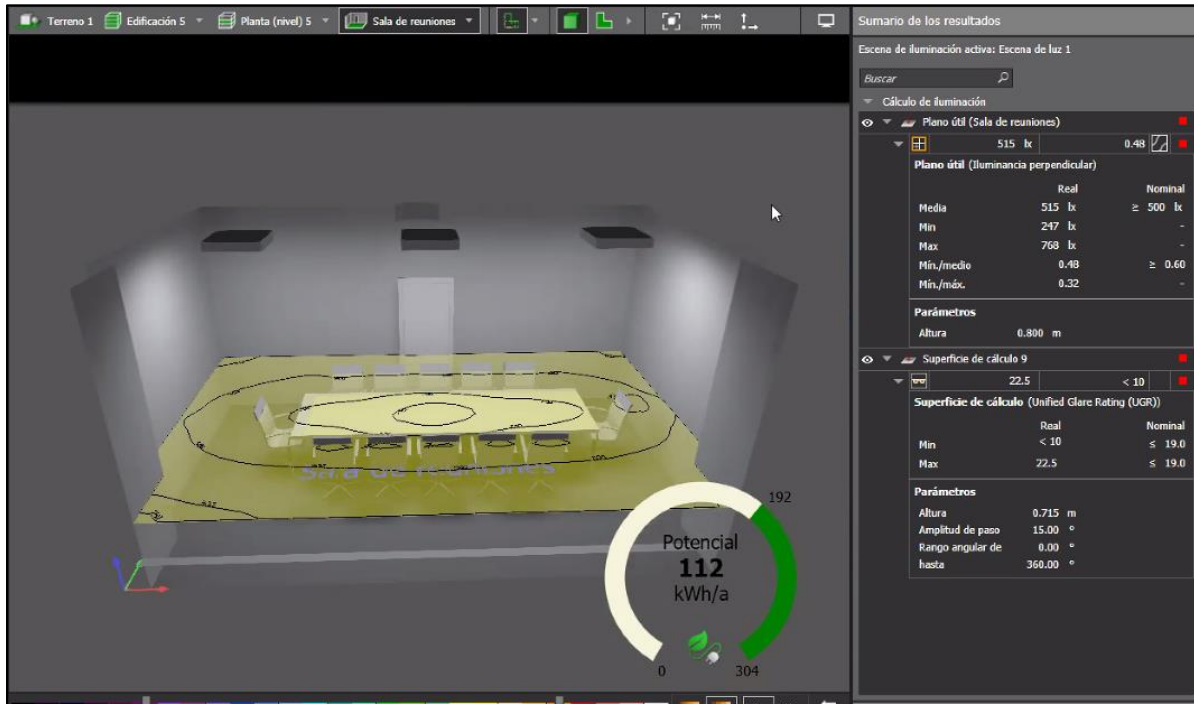
Datos Aula 13 piso 2 ILTEC.



### 5.1.6. UGR e iluminancia sala de reuniones.

Figura 100.

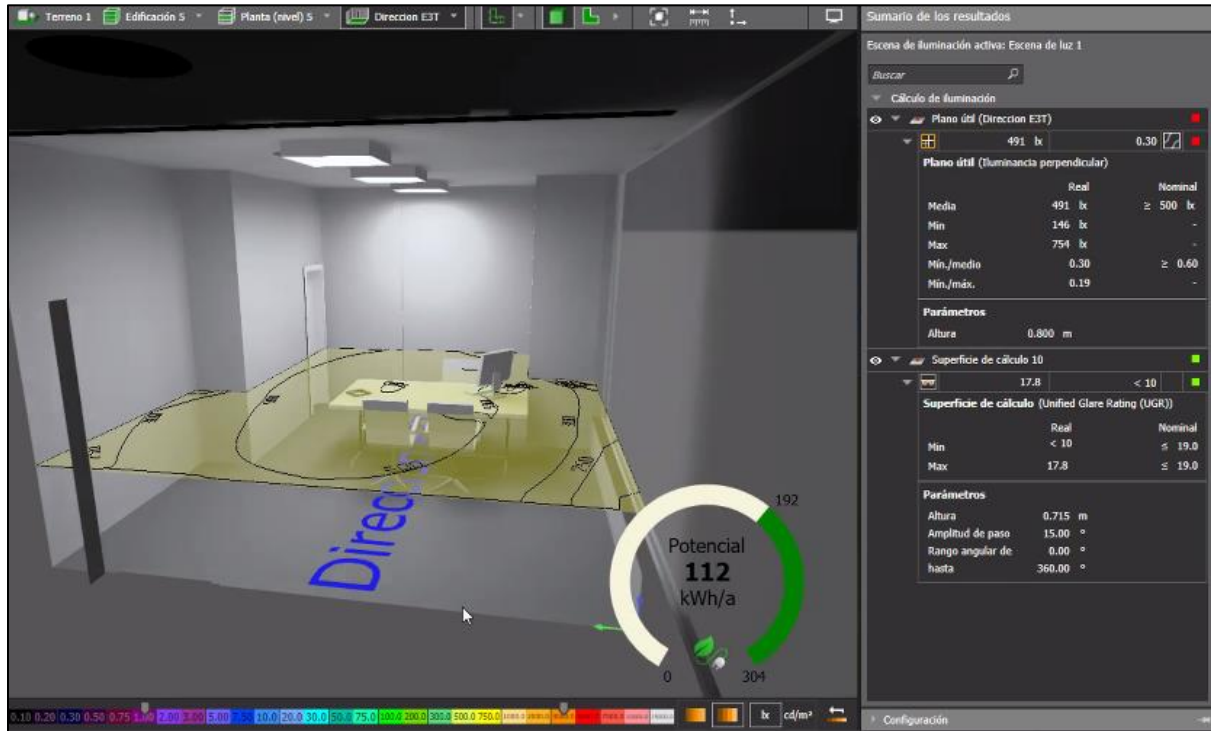
Datos sala de reuniones Sylvania.



### 5.1.7. UGR e iluminancia oficina director de escuela.

Figura 101.

Datos oficina director de escuela Syllvania.



**Tabla 3.**

Comparación iluminancia y UGR por marcas y áreas.

	PHILIPS			SYLVANIA			ILTEC		
Área de estudio	Iluminancia media (Lx)	Iluminancia máxima (Lx)	UGR	Iluminancia media (Lx)	Iluminancia máxima (Lx)	UGR	Iluminancia media (Lx)	Iluminancia máxima (Lx)	UGR
Baño 1 P1	127	350	16,5	109	245	11,3	146	333	12,7
Sala profesores cátedra	456	791	21,2	433	701	22,8	518	808	21,8
Sala de estudio grupal	395	812	21,6	419	748	23,1	497	868	22,2
Aula 2 P2	411	862	13,9	477	749	16,8	561	868	16
Aula 13 P4	335	896	17,8	425	798	20,3	471	798	20,2
Sala de reuniones	454	717	20,9	515	768	22,5	483	709	21,3
Oficina del director	453	756	17,3	491	754	17,8	586	896	18,7

**Tabla 4.**

UGR e iluminancia de áreas estudiadas.

Área de estudio	Iluminancia media (Lx)	Iluminancia máxima (Lx)	UGR
Baño 1 P1	150	200	25
Sala profesores cátedra	500	750	22
Sala de estudio grupal	500	750	22
Aula 2 P2	500	750	19
Aula 13 P4	500	750	19
Sala de reuniones	500	750	22
Oficina del director	500	750	19

*Nota:* Tala resumen de las áreas de estudio con los valores de iluminancia y UGR a respectivos a cumplir.

Con base a los datos obtenidos con el software de cálculo DIALux EVO, ordenados en la Tabla 3, se puede verificar si estos cumplen con los datos dados por la norma, mostrados en la Tabla 4. La iluminación mínima de las áreas calculadas por el programa, no se tuvo en cuenta, debido a que este valor se ve afectado por las sombras de los mobiliarios, columnas y objetos de obstrucción. Sin embargo, las luminarias se ubican de tal manera que, se dé la distribución más óptima de la iluminancia en cada área.

Al observar la tabla de comparación (Tabla 3), se observan que los parámetros medios de iluminancia para las tres marcas cumplen con lo establecido en el reglamento. En cambio, las intensidades máximas para las marcas PHILIPS e ILTEC sobrepasan los valores máximos de la norma por encima de 50 lx en algunas de las áreas estudiadas, aunque, al analizar el UGR de ellas, está por debajo de lo establecido en la Tabla 4, estando en el rango permitido de deslumbramiento. No obstante, en la luminaria SYLVANIA, se observa un UGR que sobrepasa, por un pequeño margen lo permitido.

Para tener en cuenta, todos estos datos son simulados con un factor de mantenimiento (FM) en las luminarias de 0.8 (de un 80%), debido a que "Los factores de mantenimiento se refieren al hecho de que las instalaciones de iluminación reducirán gradualmente la cantidad de

luz que proporcionan durante varios años debido a la depreciación de la luz, suciedad, fallas, etc. Un ejemplo particularmente significativo de esto, es el uso de 0.8 como factor de mantenimiento *(FM) para las luminarias al calcular las especificaciones de iluminación LED.*” (Andres, 2023). Por esta razón, los cálculos realizados en el software DIALux EVO, se realizaron con este valor.

## 5.2. Iluminación en tableros.

Los tableros, son el objeto más importante dentro de las aulas de clase, pues todas las miradas van dirigidas hacia él. Por esta razón, la norma exige que se cumpla con una iluminancia media de 750 lx y máxima de 1000 lx. Con el fin de iluminar de manera correcta el tablero, se colocan dos luminarias apuntando desde el techo hacia este, tal cual como se muestra en la Figura 102:

**Figura 102.**

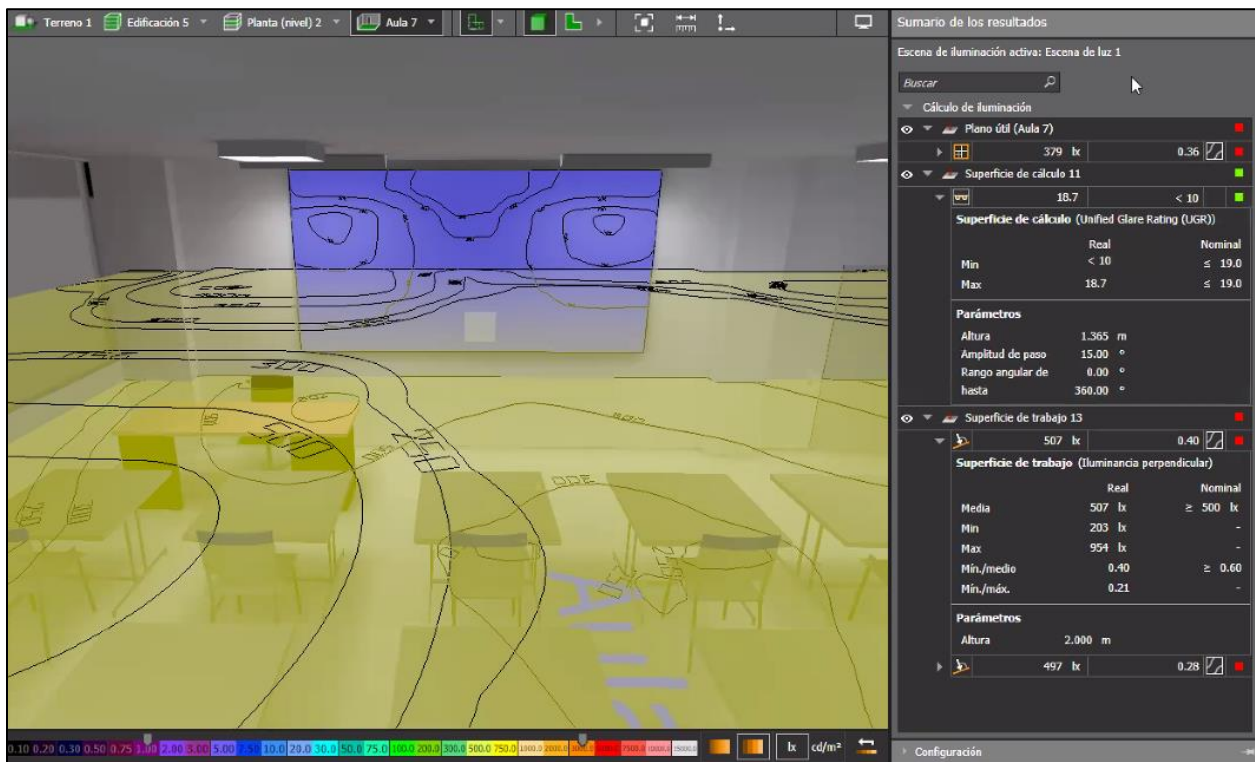
Luminarias apuntando al tablero



Los tableros son el objeto de cálculo, para el cual se tiene destinado una cierta cantidad de iluminación y su UGR no debe superar los 19. Para la presentación de estos resultados, se compara la iluminación dada a al tablero del aula 7 del piso 2 por las tres marcas, para su respectiva comparación. En la Figura 103 se presenta la configuración de PHILIPS la cual cumple de manera correcta lo establecido por la norma.

**Figura 103.**

Tablero iluminado por PHILIPS.



A continuación, se presenta la Tabla 5, la cual hace la comparativa de los resultados calculados por DIALux EVO:

**Tabla 5.**

Resultados de iluminancia y UGR del tablero.

Marca	Iluminancia media (Lx)	Iluminancia máxima (Lx)	UGR
PHILIPS	507	954	18,7
SYLVANIA	572	1058	18,9
ILTEC	657	1150	17,5

Se observa en la Tabla 5, que los valores máximos de iluminancia para las marcas SYLVANIA e ILTEC superan en un valor por encima de lo establecido en la norma. Sin embargo, los valores de UGR para las tres marcas están dentro del rango aceptable, debido a que no superan el valor de 19 que la norma exige.

La marca PHILIPS es la que mejor cumple los parámetros exigidos por la norma y, debido a esto, esta sería la mejor opción para iluminar los tableros de cada aula de clase.

### **5.3. Resultados iluminación de emergencia.**

Como se describió en la sección 4.4, se realizó la iluminación de emergencia con las marcas PHILIPS y SYLVANIA, teniendo en cuenta las respectivas salidas de emergencia del edificio. Se observó una discrepancia entre las dos luminarias en la sección de los pasillos, ejemplo mostrado en las Figuras 104 y 105 del pasillo del cuarto piso, en donde se pueden comparar.

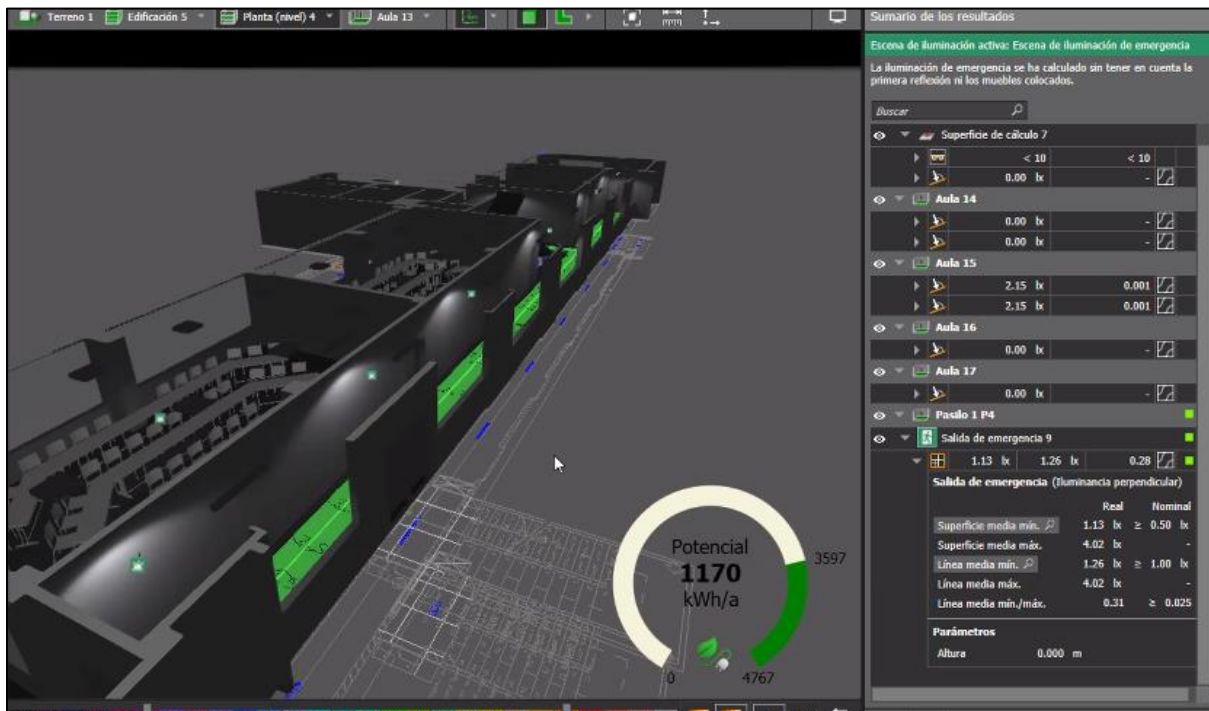
**Figura 104.**

Pasillo cuarto piso SYLVANIA.



**Figura 105.**

Pasillo cuarto piso PHILIPS.



En las anteriores figuras, se observa que para el alumbrado de emergencia de SYLVANIA (Figura 104) correspondiente al pasillo del cuarto piso, el programa da como resultado que estas luminarias están dentro del rango admisible de luxes, pero no termina satisfaciendo del todo a la normativa. Sin embargo, en los demás espacios del edificio, donde se requiere iluminación de emergencia estas sí cumplen.

En cambio, al analizar los resultados dados por el alumbrado de emergencia de PHILIPS, se observa que este se adapta, de la mejor manera, a los rangos de la normativa, cumpliendo así, el alumbrado de emergencia. Al igual que SYLVANIA, PHILIPS cumple en los demás espacios del edificio, con los parámetros exigidos por la normativa.

#### **5.4. Comparación de costos.**

A continuación, se presenta la tabla de costos unitarios y totales de las luminarias de las marcas PHILIPS, SYLVANIA e ILTEC usadas para el estudio de este proyecto. Estos valores pueden variar dependiendo del tiempo en que se compren, el distribuidor y la economía mundial. Algunos de estos datos fueron brindados directamente con el distribuidor. Estas luminarias están disponibles en Colombia para su compra a la época de entrega de esta tesis.

Se aclara que en este costo no se tiene en cuenta factores como: la mano de obra, cableado, sistema de domótica y ductos. Pues la intención de este proyecto es respetar la estructura del circuito de iluminación existente para instalar esta nueva luminaria.

**Tabla 6.**

Tabla de costos unitarios y totales por marcas y luminaria.

Marca	Referencia	Cantidad	C / U	Total	Costo Total por marca
PHILIPS	RC400B LED36S/840 POE W60L60 VPC	169	\$ 1.540.260,00	\$ 260.303.940,00	\$ 401.635.640,00
	RC340B LED42S/940 PSD W15L120 VPC MLO PI	131	\$ 906.300,00	\$ 118.725.300,00	
	DN460B LED11S/840 PSU-E C WH P	11	\$ 543.520,00	\$ 5.978.720,00	
	EM120B 1 xLED2S/760 COR EMERGENCIA	48	\$ 346.410,00	\$ 16.627.680,00	
SYLVANIA	LED PANEL SQ 40W NW 100-277V - P27930	169	\$ 114.850,00	\$ 19.409.650,00	\$ 40.479.050,00
	LED PANEL RC 40W DL 100-277V - P27916	131	\$ 120.400,00	\$ 15.772.400,00	
	LED PANEL RD 12W DL 100-240V-P24337	11	\$ 23.800,00	\$ 261.800,00	
	LED EMERG R1 2X1.6W P23342	48	\$ 104.900,00	\$ 5.035.200,00	
ILTEC	024002 – 3004 BLOCK LENS 2L11 605x605x60 INCRUSTAR CON MARCO 2LED-LINE 1R2FT 31W	169	\$ 385.463,50	\$ 65.143.331,50	\$ 88.366.110,20
	010603 – 1022 CCCE 1220x255x60 SOBREPONER 2LED-LT8 18W	131	\$ 164.677,70	\$ 21.572.778,70	
	412503 – 3023 CORAL LENS L11 400x120 SOBREPONER 4LED-LINE 1R1FT 9W	11	\$ 150.000,00	\$ 1.650.000,00	

*Nota:* Los valores de PHILIPS están elevados, debido a que es una tecnología con la que el fabricante no cuenta actualmente en Colombia, sin embargo, las pueden traer del extranjero.

## 6. CONCLUSIONES

---

El uso de la NTC 4595 y el RETILAP son guías para los diseñadores a la hora de dimensionar proyectos de iluminación, pues éstas, tienen las pautas que los diseñadores deben cumplir, pues, no solo cuenta con especificaciones técnicas que resuelven dudas ante determinadas situaciones que se pueden presentar en el diseño de las instalaciones.

El ejercicio de realizar el levantamiento estructural en renderizado 3D del edificio de la E3T, en el software DIALux EVO, permite ampliar los conocimientos al momento de entender planos arquitectónicos en general, pues, una buena distribución de muros, ventanas, columnas y demás, facilitan el entendimiento de la distribución de las luminarias en los diferentes espacios con que puede contar un edificio.

Para distribuir las luminarias, de manera tal que se cumplan con las intensidades lumínicas y UGR exigidos por la norma y el reglamento, se requiere tener un sistema tanto energéticamente eficiente como responsable como la salud visual de los usuarios.

Obteniendo los resultados de intensidad lumínica, simulados y calculados por el software DIALux EVO, se aprecia que, en algunos espacios, el control de la iluminancia mínima es complejo, debido a que hay columnas y objetos de obstrucción que generan sombras, esto hace que el software inmediatamente tome ese valor como el mínimo del área de estudio.

Durante la ejecución del proyecto se evidenció que si bien, los programas de simulación, ejecutan de manera ideal los datos y circunstancias dadas, se debe tener siempre presente factores que pueden alterar estos resultados en la vida real como, por ejemplo: el factor humano, eficiencia de la instalación eléctrica y manejo del plan de mantenimiento del edificio; pues los valores dados como resultados en la simulación, pueden tener discrepancias con la realidad, debido a que estos factores no se pueden controlar en la simulación. En el apartado 210.2.4 (Uso de software para diseño de sistemas de iluminación) en su sección g nombra que los valores validados por el software y los valores dados por laboratorio u organismo de inspección no podrá

se mayor al 5%. Por esta razón, se debe dar la importancia a los planes de mantenimiento, los cuales permiten que la vida útil de las luminarias se extienda, garantizando así, que se cumpla con el nivel de iluminancia establecido por un periodo de tiempo considerable.

Teniendo en cuenta los factores de cumplimiento de normativa, reglamento y análisis presupuestal por cantidad de luminarias, según las propuestas económicas enviadas por cada marca, se concluye que las luminarias brindadas por SYLVANIA son la mejor opción de iluminación para el proyecto.

## REFERENCIAS

---

- Aguirre, A., & Jarrín, A. (2021). *Determinación de la huella de carbono y estrategias para su reducción en una empresa confitera ecuatoriana*. Universidad Internacional SEK. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4447>
- Andres. (2023). 10 cosas importantes del factor de mantenimiento en la iluminación. *Eléctricaplicada*, págs. <https://www.electricaplicada.com/factor-mantenimiento-iluminacion/>.
- Ciluz. (s.f.). *DIALUX EVO: SOFTWARE DE CALCULO LUMÍNICO – ONLINE*. Obtenido de <https://ciluz.cl/producto/dialux-evo-software-de-calculo-luminico-3/#:~:text=A%20quienes%20va%20dirigido%3A%20Dise%C3%B1adores,y%20Fo%20extranjera%20de%20luminancia.>
- Echazú, R., & Cadena, C. (2012). *MEDIDA EN LABORATORIO DE LA EMISIÓN UV EMITIDA POR LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS*. Salta: ASADES. Obtenido de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2012/2012-t008-a016.pdf>
- Iturry Rivas, D. R. (2017). *Análisis de la aceptación de tipo de iluminación CFL (lámparas fluorescentes compactas) en el sector de Sauces 6 de la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/27191>
- Miranda, J. R., Marínez, S., & Hernández, J. F. (2015). *Análisis del tratamiento y nivel de contaminantes por lámparas fluorescentes en El Salvador*. El Salvador: Revista Entorno. Obtenido de <file:///C:/Users/rueda/Downloads/5940.pdf>
- NTC 4595, N. T. (2020). *Planeamiento y Diseño de instalaciones y ambientes escolares*.
- R.S. Gil, L. I. (2015). *Ahorro de 1,5 GW en los picos de consumo*. Buenos Aires: Universidad Nacional de San Martín .
- RETILAP. (2010). *Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público*.

## ANEXOS

---

### ***Anexo A. Simulaciones en el DIALux EVO, informes por el software de simulaciones y fichas técnicas de las luminarias.***

A continuación, se presenta el link y el QR de “Drive” en el cual se pueden descargar las siguientes carpetas:

- 1- Planos AutoCAD E3T
- 2- Fichas Técnicas de luminarias
- 3- Simulaciones
- 4- Documentación

Se adjunta el link, debido a que su tamaño es demasiado grande para anexar en este libro.

Link: [https://drive.google.com/drive/folders/1Zm9rMOWS2J\\_LOEww1xQ8LFogGnijOhov?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1Zm9rMOWS2J_LOEww1xQ8LFogGnijOhov?usp=sharing)

QR:

