

Diseño de una propuesta para el cumplimiento de los lineamientos definidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP en su última versión del 03 de mayo de 2024 para los laboratorios de la sede Alfonso Crissien Aldana de la Universidad EAN

Marianella Monroy, Erika Martínez, Emily Melgarejo y Karen Tinoco

Seminario de Investigación, Universidad EAN

Prof. Andrés Guarnizo

26 de septiembre de 2024

## Resumen

Este trabajo de investigación se enfoca en el diseño de una propuesta de iluminación para cuatro laboratorios de la sede Alfonso Crissien Aldana de la Universidad EAN, cumpliendo con los lineamientos definidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP teniendo en cuenta el libro 3 – Instalaciones de Sistemas de iluminación. Esto con el fin de mejorar la iluminación interna de los 4 espacios y la eficiencia energética de los mismos. Garantizando que se cuenten con espacios educativos idóneos y sostenibles que contribuyan a la concentración, el aprendizaje, la investigación y la motivación de estudiantes y profesores en la realización de sus actividades.

*Palabras clave:* Iluminación, RETIPLAP, EAN, eficiencia energética, sostenibilidad, calidad.

**Problema de Investigación**

La Universidad EAN, tiene como propósito superior “aportar a la formación integral y del emprendimiento sostenible considerando la investigación, el liderazgo y la innovación, elementos fundamentales en la generación de abundancia para la humanidad”.

Como parte de su modelo se establecen las buenas prácticas de Innovación Educativa, en sus aulas se genera un entorno participativo, dinámico y disruptivo. Para el fomento de la innovación e investigación, cuenta con 12 espacios de laboratorio, distribuidos en dos de las sedes más antiguas de la Universidad, los cuales tienen una capacidad actual de 206 puestos de trabajo.

Particularmente en la sede de la calle 74, adquirida por la EAN en los años noventa, es donde se ubican los laboratorios Alfonso Crissien Aldana. En la actualidad, la instalación física se ha venido renovando para estar acorde con los requerimientos de los puestos de trabajo con maquinaria moderna y especializada en la que ha invertido la universidad.

Con respecto a la iluminación, se observa que la mayoría de los espacios cuentan con luminarias antiguas, no tienen buena uniformidad, se perciben zonas oscuras y otras con exceso de iluminación.

En el Proyecto Educativo Institucional 2024-2030 la universidad contempla dos rutas relacionadas “Diversificar las fuentes de ingresos para el logro de la reinversión responsable de los recursos, que se reflejen en mejores instalaciones, tecnología, capacidad instalada, servicio al estudiante, tercerizados y calidad de los procesos misionales” y “Reinvertir los excedentes de la Universidad en el mantenimiento permanente de las instalaciones del campus, la renovación de equipos y la implementación de nuevos espacios para el desarrollo académico, investigativo y de bienestar de la comunidad eanista”.

## **Pregunta de investigación**

¿Qué cambios deben realizarse para mejorar la iluminación interna y eficiencia energética de los laboratorios de la sede Alfonso Crissien Aldana para cumplir con los lineamientos del RETILAP en su última versión del 03 de mayo de 2024?

## **Objetivo general**

Proponer un diseño de iluminación acorde con los requisitos definidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP en su última versión del 03 de mayo de 2024 para cuatro espacios del laboratorio de la sede Alfonso Crissien Aldana de la Universidad EAN.

## **Objetivos específicos**

- Analizar el estado actual del sistema de iluminación de los cuatro espacios del laboratorio de la sede Alfonso Crissien Aldana.
- Modelar tridimensionalmente los cuatro laboratorios donde enfocaremos el proyecto.
- Diseñar un nuevo sistema de iluminación, simulando de forma iterativa hasta encontrar un resultado óptimo en términos de cumplimiento normativo, eficiencia energética, teniendo en cuenta los parámetros que pueden mejorar el confort visual.
- Examinar los resultados a partir del informe generado por el software de simulación y consolidar las conclusiones.

## **Justificación**

Este proyecto busca optimizar la calidad de iluminación de cuatro laboratorios de la sede Alfonso Crissien Aldana de la Universidad EAN realizando la validación del cumplimiento de las normas del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público- RETILAP, a través de la medición y análisis de datos relevantes para evaluar la calidad de la eficiencia energética y la propuesta de diseño.

Para modelar los espacios y realizar análisis comparativos de diferentes escenarios de iluminación, se utilizarán herramientas de simulación como Dialux Evo. El objetivo es encontrar el diseño óptimo teniendo en cuenta las actividades que se realizan en estos espacios por nuestra población principal (Profesores y estudiantes de la Universidad EAN), los costos operativos e impacto ambiental, enmarcados en el campo de la Ingeniería y la Gestión de la Energía, perteneciente al grupo de investigación Eficiencia Energética y Sostenibilidad.

Esta metodología nos permite obtener resultados medibles, para lograr crear una propuesta que nos permita llegar a los objetivos propuestos y al mismo tiempo puede ser replicada en otros espacios de la Universidad EAN, contribuyendo a la generación de conocimiento y la aplicación de mejores prácticas.

### **Marco Teórico**

A partir de los objetivos del trabajo de investigación, se abordará de manera detallada los parámetros indispensables en los diferentes laboratorios, respecto a las instalaciones de iluminación con énfasis en espacios o laboratorios de biología, química, manufactura y automatización.

### **Luminancia (Brillo fotométrico)**

Uno de los factores primordiales para la visibilidad es la luminancia. La de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre él y la proporción de ésta que se refleja en dirección al ojo. Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación. Sin embargo, añadiendo suficiente luz a una superficie oscura, es posible hacerla tan brillante como una blanca. Cuanto más oscuro es un objeto o labor visual, más grande es la iluminación necesaria para conseguir igual brillo en circunstancias parecidas, para la misma viabilidad. (Hena Robledo, 2007). De acuerdo con lo anterior, es esencial percibir con la mayor claridad posible cualquier objeto, elemento y/o instrumento con el cuál se interactúa en los laboratorios.

## **Deslumbramiento**

Existen diferentes escenarios o ambientes en donde la luz golpea de manera intensa en objetos, ocasionando diferentes efectos como sensibilidad en los ojos, molestias en la retina, vista borrosa o perdida a corto plazo de la visibilidad.

### **Normas para evitar el deslumbramiento**

Evitar al máximo entrar objetos brillantes en el campo visual del observador, es decir, que las fuentes de iluminación queden ocultas por encima del ángulo límite, lo cual se puede lograr de la siguiente manera: corriendo la lámpara por encima del campo de la visión, protegiendo todas las lámparas que hayan de instalarse dentro del campo de la visión, usar colores claros en los techos y paredes para reducir el contraste. (Henao Robledo, 2007).

### **Eficiencia energética**

Según estadísticas del informe del parlamento europeo, Las medidas de eficiencia energética persiguen conseguir un abastecimiento de energía sostenible, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la seguridad del suministro, rebajar los gastos de importación y fomentar la competitividad europea. En 2023, los legisladores decidieron reducir el consumo final de energía de la Unión en al menos un 11,7 % de aquí a 2030, en comparación con las previsiones de 2020. (Parlamento Europeo, 2024).

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL (2024b) ha propuesto a los países de la región en sus diferentes espacios y estudios, que la eficiencia energética sea uno de los cinco pilares en la transición energética que deben seguir los países. Para acelerar esta transición, principalmente en los sectores de transporte, la industria manufacturera y los hogares, las señales del mercado no serán suficientes; por lo que será fundamental poner en marcha medidas con enfoque técnico, regulatorio, económico, financiero, sociocultural,

interinstitucional, y ambiental para alcanzar la transición. (División de Recursos Naturales, CEPAL, 2024, p. 10).

El Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE) es un lineamiento de política pública para promover el mejor uso de los recursos energéticos, desde su producción hasta su consumo en los diferentes sectores y actividades de la economía. (Unidad de Planeación Minero Energética, s.f). El plan está dispuesto para el periodo comprendido entre 2022 al 2030, esencialmente enfocado a la reducción de la huella de carbono y emisiones de CO<sub>2</sub>, disminuyendo de manera significativa el impacto ambiental que produce el gasto energético y cambio climático.

ISO 50001 es una regulación internacional desarrollada por ISO (Organización Internacional de Normalización) que tiene como objetivo mantener y mejorar un sistema de gestión de energía en una organización, cuyo propósito es permitir la mejora continua en eficiencia energética, seguridad energética, Uso y consumo de energía con un enfoque sistemático. Este estándar tiene como objetivo permitir a las organizaciones mejorar continuamente la eficiencia, los costos relacionados con la energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. (ESGinnova Group, 2024).

### **Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP)**

El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP fue expedido en su última versión mediante la Resolución 40150 del 03 de mayo de 2024, y se encuentra contenido en cuatro libros que forman parte integral del acto administrativo, precisando que la resolución en mención empezará a regir a partir de su publicación en el Diario Oficial No. 52.745 del 03 de mayo de 2024. (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

Este reglamento, establece diferentes parámetros a sectores de nivel público y privado, enfocados en el diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de iluminación en distintos ambientes internos o externo como alumbrado público, laboratorios, colegios, entre otros.

Fomentando una mejor calidad para los individuos en diferentes entornos, garantizando un ahorro en el gasto energético, cuidado y preservación del medio ambiente.

### **Software DIALux evo.**

Es una aplicación de escritorio, la cual es fundamental para diseñar los planos del entorno, sitio o lugar y así poder plasmar escenarios en los cuales se planteen sistemas de iluminación enfocados en el RETILAP. Este software es la herramienta en dónde se desarrollará el esquema del espacio de los laboratorios, enfocado a la mejora de la eficiencia energética, manteniendo en sinergia los protocolos o estándares que contiene el Reglamento.

A continuación, se desglosa los diferentes conceptos o referencias técnicas relevantes para tener en cuenta durante el desarrollo de la investigación.

### **Sistema de iluminación.**

Un sistema, es un conjunto de diferentes componentes o elementos, que están especialmente diseñados para brindar o suministrar un espacio adecuado para los diferentes actores que interactúan con salones abiertos o cerrados, permitiendo que en el ambiente se pueda contar con una visibilidad bastante clara.

En ese sentido, un sistema de iluminación se compone de los siguientes aspectos:

*Lámparas:* son objetos que a través de la electricidad generan luz.

*Luminarias:* son contenedores o soportes en donde se encuentra inmersas las lámparas.

*Luminotecnia:* es la encargada de analizar o estudiar las diferentes formas de generar luz, conocer el tipo de superficie y espacio para la instalación requerida.

Por consiguiente, es necesario considerar los siguientes tipos de alumbrados, lo cual permite conocer en qué posición y orientación se ubican las fuentes luminosas:

*Indirecto:* el 90% -100% de la luz es reflejada en el techo y paredes; por ende, el rendimiento es muy bajo y difuso con dirección a la zona baja o central, limitando la visión a las personas que estén ejecutando tareas que requieran niveles óptimos de iluminación, debido a que solo se recibe un 0% - 10% de luz en la superficie.

*Semi-directo:* el 60% - 90% de la luz será reflejada con dirección al techo y un 10% - 40% a la superficie; sin embargo, resulta ser un poco menos densa para actividades que requieran de una buena visibilidad.

*General difuso:* el 40% - 50% se dirige al techo, paredes o zona exterior y un 50% - 60% hacia la superficie; lo anterior, indica que la distribución de luz se encuentra casi por igual.

*Directo:* El flujo luminoso, está mayormente proyectada a la superficie, el 90% - 100% se dirige hacia abajo.

Sin embargo, es necesario abordar términos adicionales enmarcados en el trabajo de investigación, tales como:

*Eficiencia luminaria:* Es la optimización del consumo de energía a través de dispositivos o aparatos como bombillos que requieran de menor electricidad.

*Fotometría:* Cantidad de luz que es percibida, transmitida o proyectada en un espacio y/o lugar.

*Temperatura de calor:* La temperatura de color se refiere al ambiente obtenido por la luz y se expresa en grados Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ). Si la temperatura del color es elevada (5000 a 6500  $^{\circ}\text{K}$ ), la iluminación será fría. Si la temperatura del color es baja (2700 a 3000  $^{\circ}\text{K}$ ) la iluminación será cálida. (Hena Robledo, 2007)

## **Marco Institucional**

En la Universidad Ean –conocida hasta el 2006 con la sigla EAN (Escuela de Administración de Negocios)– promovemos el emprendimiento sostenible, considerando al liderazgo y a la innovación elementos fundamentales en la generación de abundancia para la humanidad.

Somos conscientes del impacto inmediato y a largo plazo de nuestras acciones, por eso acogemos los Objetivos para el Desarrollo Sostenible y Progreso Social promovidos por la UNESCO y definidos por la comisión Brundtland en 1987, cuyo alcance se sintetiza en “satisfacer las necesidades del presente, sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

### **Misión**

La Universidad Ean tiene como misión contribuir a la formación integral de las personas y estimular su aptitud emprendedora, de tal forma que su acción coadyuve al desarrollo económico y social de los pueblos.

### **Visión**

Para el 2027, la Universidad Ean será referente en la formación e investigación en emprendimiento sostenible, mediante una entrega innovadora del conocimiento.

### **Sostenibilidad**

#### ***Nos movemos en bici***

Hemos reducido las emisiones de CO<sub>2</sub>, gracias al préstamo de bicicletas y a los servicios ofrecidos para tener una movilidad más sostenible.

#### ***Canopy Urbano***

Nuestra terraza verde funciona como una despensa de comida orgánica, un laboratorio al aire libre y, por supuesto, un escape al agite ciudadano.

### ***Ni una gota desperdiciada***

Aprovechamos el 100% del agua lluvia que nuestro Canopy Urbano nos permite capturar, para riego de plantas, descarga de sanitarios y actividades de limpieza.

### ***Construimos con responsabilidad***

El EAN Legacy es el primer edificio en Colombia diseñado por William McDonough, líder global en desarrollo sostenible y precursor de la filosofía Cradle to Cradle® (C2C). (EAN. (s.f.). La universidad. <https://universidadean.edu.co/la-universidad#:~:text=La%20Universidad%20Ean%20tiene%20como,y%20social%20de%20los%20pueblos.>)

La Universidad EAN cuenta con cuatro sedes en Bogotá, este trabajo de investigación se centrará en Los Laboratorios Alfonso Crissien Aldana en la Calle 74 No. 9 – 49. La actividad económica de la universidad de acuerdo con el código CIU de la DIAN, se clasifica como 8544 que corresponde a Educación de universidades. Su principal nicho de mercado son los estudiantes de pregrado y posgrado, teniendo en cuenta que el 55% de sus programas son virtuales genera impacto en la población en todo el territorio nacional. Otro de sus principales enfoques es el acompañamiento a emprendedores y sus proyectos, por tanto, existen alianzas estratégicas con otras universidades donde operan los centros de atención regional de Armenia, Ibagué, Popayán y Cartagena.

En la figura 1 se muestra la identificación de los principales grupos de interés a quienes la Universidad busca generar impacto.

## Figura 1

### Grupos de Interés Universidad EAN



*Nota.* Descripción de las partes interesadas de la Universidad EAN distribuidas en tres dimensiones principales Medio Ambiente, Economía y Social. Tomado de: Proyecto Educativo Institucional 2024-2030, 2024, EAN.

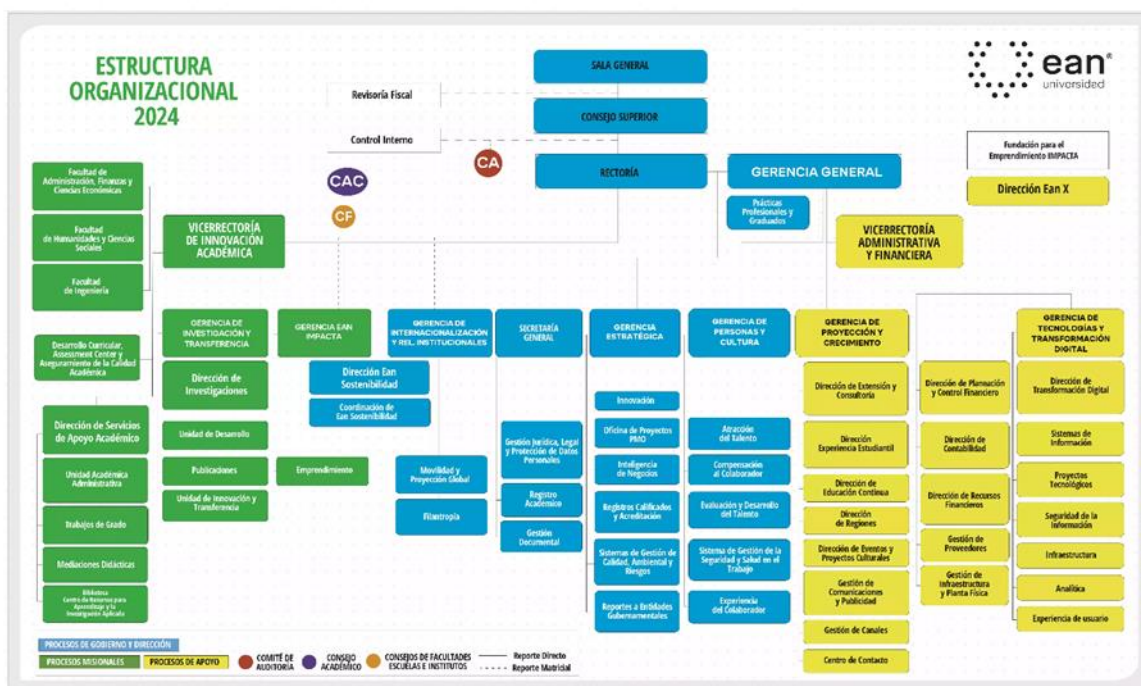
Según EAN (2024) al cierre de 2023 la institución tenía 12.000 estudiantes matriculados y un total de 54.000 egresados desde su fundación en 1967. En la actualidad, cuenta con 98 programas académicos, de los cuáles el 30% son pregrados y el 70% posgrados, por otro lado, el 37% corresponden a la facultad de ingeniería, de la cual hace parte el público objetivo de este trabajo de investigación. Los últimos dos años se ha presentado un 20% de estudiantes nuevos y la cifra de deserción anual está en 10.3%, estos dos indicadores muestran una tendencia favorable como resultado de las estrategias de captación y retención de los estudiantes.

En su más reciente actualización (Resolución No. 051 de Julio de 2024) la Estructura Organizacional como se muestra en la Figura 2, esta está distribuida entre distintas áreas que

tienen por objetivo el cumplimiento de los Procesos Misionales, Procesos de Apoyo y Procesos de Gobierno y Dirección detallados en la figura 3.

Figura 2

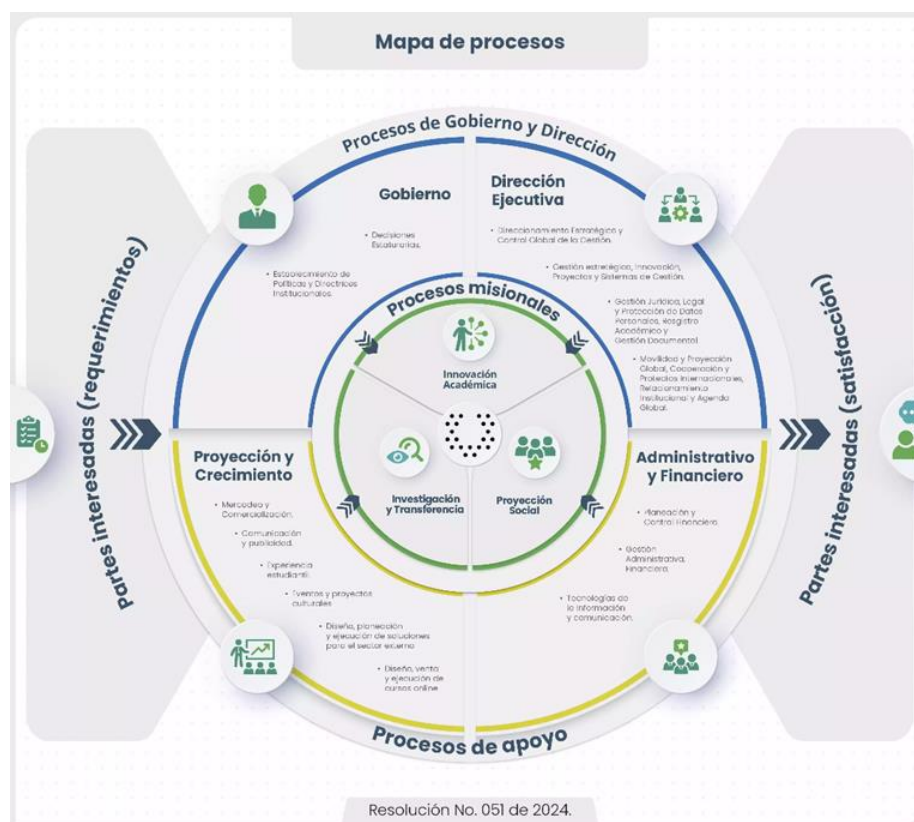
Estructura Organizacional 2024



Nota. Estructura Organizacional General de la Universidad EAN. Tomado de: Resolución No. 051 de Julio de 2024, 2024, EAN.

Figura 3

Mapa de Procesos



*Nota.* Mapa detallado de procesos de la Universidad EAN. Tomado de: Resolución No. 051 de Julio de 2024, 2024, EAN.

## Metodología

### Primer Nivel

#### ***Enfoque, alcance y diseño de la investigación***

Este trabajo de esta investigación se desarrolla desde un enfoque cualitativo, con el fin de comprender las percepciones, experiencias y opiniones de los estudiantes y docentes sobre la iluminación interna y eficiencia energética en los cuatro laboratorios de la sede Alfonso Crissien Aldana. Este enfoque ayuda a realizar una exploración exhaustiva y detallada de los aspectos evaluados, brindando una comprensión de la situación actual estudiada.

En cuanto al alcance el trabajo de investigación es descriptivo, centrado en detallar las condiciones actuales de iluminación y cómo estas podrían afectar el desempeño académico y

comodidad de los estudiantes y docentes que asisten al desarrollo de las clases en estos laboratorios. La investigación busca identificar los cambios necesarios para mejorar la iluminación y cumplir con los lineamientos del RETILAP, proporcionando una base sólida para futuras intervenciones y mejoras.

### ***Definición de Variables***

De acuerdo con las preguntas las variables que se esperan identificar son:

<b>No. Pregunta</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Clasificación</b>
1	Rango de edad	Cualitativa	Nominal
2	Identidad de género (opciones)	Cualitativa	Nominal
3	Identidad de género (respuesta abierta)	Cualitativa	Nominal
4	Rol en la universidad (opciones)	Cualitativa	Nominal
5	Rol en la universidad (respuesta abierta)	Cualitativa	Nominal
6	Semestre actual	Cualitativa	Nominal
7	Condición visual diagnosticada o dificultad para ver	Cualitativa	Nominal
8	Tipo de condición visual (respuesta múltiple)	Cualitativa	Nominal
9	Tipo de condición visual (otra, respuesta abierta)	Cualitativa	Nominal
10	Síntomas padecidos en los últimos 3 meses (respuesta múltiple)	Cualitativa	Nominal
11	Síntomas (otra, respuesta abierta)	Cualitativa	Nominal
12	Uso de lentes formulados	Cualitativa	Nominal
13	Cirugía ocular	Cualitativa	Nominal
14	Jornada en laboratorios	Cualitativa	Nominal
15	Evaluación de la iluminación (horario 7:00 am - 4:59pm)	Cualitativa	Ordinal
16	Evaluación de la iluminación (horario 5:00 pm a 10:00 pm)	Cualitativa	Ordinal
17	Evaluación de la iluminación (Si seleccionó las dos jornadas)	Cualitativa	Ordinal

18	Síntomas durante o después de la actividad (respuesta múltiple)	Cualitativa	Nominal
19	Síntomas (otra, respuesta abierta)	Cualitativa	Nominal
20	Adecuación de la señalética de emergencia	Cualitativa	Nominal
21	Diferencia en la calidad de la iluminación	Cualitativa	Nominal
22	Laboratorios frecuentados (respuesta múltiple)	Cualitativa	Nominal
23	Importancia de la eficiencia energética	Cualitativa	Nominal
24	Percepción sobre colores con diferentes iluminaciones	Cualitativa	Nominal
25	Impacto de colores más reales	Cualitativa	Nominal
26	Comodidad en una escena con distinta temperatura de color	Cualitativa	Nominal

### ***Población y muestra***

La población de estudio de este trabajo de investigación está compuesta por los estudiantes y docentes que utilizan los laboratorios de la sede Alfonso Crissien Aldana para la ejecución de sus actividades académicas. Esta población incluye a aquellos que asisten regularmente a clases y realizan prácticas en dichos laboratorios, abarcando una variedad de cursos y niveles educativos dentro de la universidad EAN.

### **Tipo de muestreo**

En esta investigación, se empleará un muestreo no probabilístico por conveniencia. Este enfoque se selecciona debido a la naturaleza cualitativa y descriptiva del estudio, que busca obtener información detallada y profunda sobre las experiencias y opiniones de los participantes. Permite seleccionar a estudiantes y docentes que están disponibles y dispuestos a participar, y que, además, asisten regularmente a los laboratorios. Estas personas pueden proporcionar información valiosa debido a su experiencia directa y relevante con las condiciones de iluminación y eficiencia energética en los laboratorios. Esto asegura que los

datos recogidos sean aplicables y útiles para cumplir con los objetivos de este trabajo de investigación.

### ***Tamaño de la muestra***

La muestra estará compuesta por 30 estudiantes y 4 docentes que cumplen con las características establecidas para la investigación. Este grupo ha sido seleccionado de tal manera que se pueda garantizar que los datos recolectados sean representativos y pertinentes. La elección de estos participantes facilita la obtención de información detallada y auténtica, que reflejan las experiencias y necesidades reales de los usuarios de los laboratorios. De esta manera, se asegura que las conclusiones del estudio sean válidas, aplicables y útiles para implementar mejoras significativas en el diseño y la eficiencia energética de los laboratorios, alineándose con los lineamientos establecidos por RETILAP.

### **Segundo Nivel**

#### ***Selección de métodos o instrumentos para recolección de información***

Se desarrolló una encuesta, permitiendo recopilar información e identificar diferentes factores o comportamientos de los docentes y estudiantes que guardan relación con los laboratorios Alfonso Crissien Aldana.

Esto con el fin de formular estrategias de mejoras basadas en evidencias con respecto a los resultados de la encuesta; lo anterior, ayudando a identificar las necesidades o problemas que se presentan con respecto a la iluminación de los laboratorios por medio de resultados cualitativos y descriptivos.

Esta técnica da como resultado una estructura clara y detallada de la evaluación dirigida a cada actor anteriormente mencionado, permitiendo una visión más clara con respecto al enfoque de la investigación.

#### ***Técnicas de análisis de datos***

Para realizar el análisis de los datos recolectados se utilizará la teoría fundamentada, teniendo en cuenta que, si bien las variables son de tipo cualitativo, la estructura propia de la encuesta se organizó, de forma tal, que las respuestas fueron codificadas en categorías. En el caso de las preguntas abiertas donde el encuestado es libre de ingresar la información, se espera una única respuesta que nos permita crear una nueva categoría. De lo contrario se ahondaría si se requiere un método diferente.

### ***Análisis y discusión de los resultados***

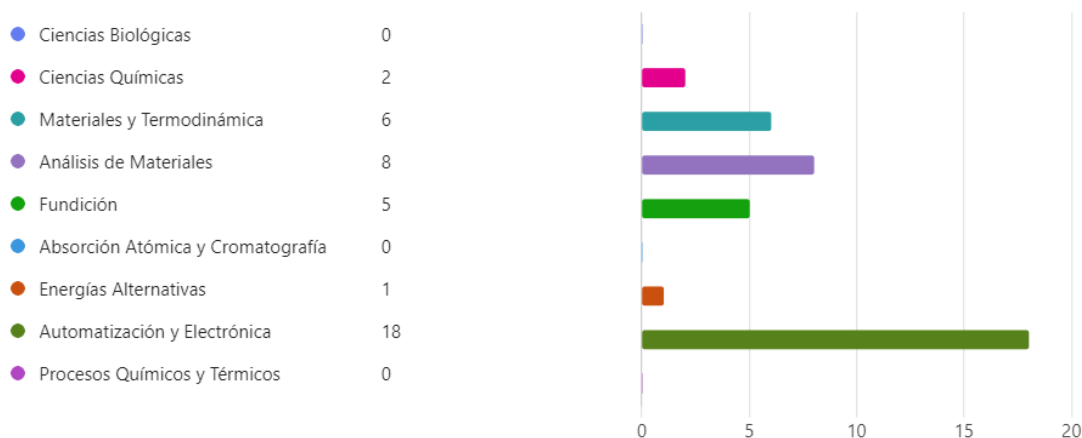
La encuesta busco identificar las necesidades y percepciones de los estudiantes y docentes de la sede Alfonso Crissien Aldana, se contó con la participación de 19 personas, incluyendo 18 estudiantes y 1 docente, con un rango predominante entre 15 y 24 años. La mayoría de los participantes (95%) son estudiantes de jornada diurna.

Aunque el 83% de los participantes calificaron el sistema de iluminación actual como “bueno” o “aceptable”, la alta frecuencia de síntomas de fatiga visual sugiere una desconexión entre la percepción y el impacto real de la iluminación en la salud visual, posiblemente causada por una adaptación a un entorno lumínico deficiente o por la falta de conciencia sobre sus efectos adversos (Rodríguez Ruiz & Macías González, 2021). Esto podría deberse a un desconocimiento sobre los efectos de la iluminación no adecuada o a la adaptación a un ambiente lumínico que no es ideal.

Los dos laboratorios más utilizados por los encuestados son Automatización y Electrónica, y Análisis de Materiales.

### **Figura 4**

*Laboratorios Frecuentados*



Los usuarios encuestados reportaron dificultades para visualizar algunos elementos bajo la luz natural y la luz artificial. Esto sugiere la necesidad de un sistema de iluminación que optimice la visualización en ambos tipos de condiciones lumínicas.

### Figura 5

*¿Considera que los colores de algunos elementos del laboratorio se ven diferentes cuando la iluminación es natural y artificial?*

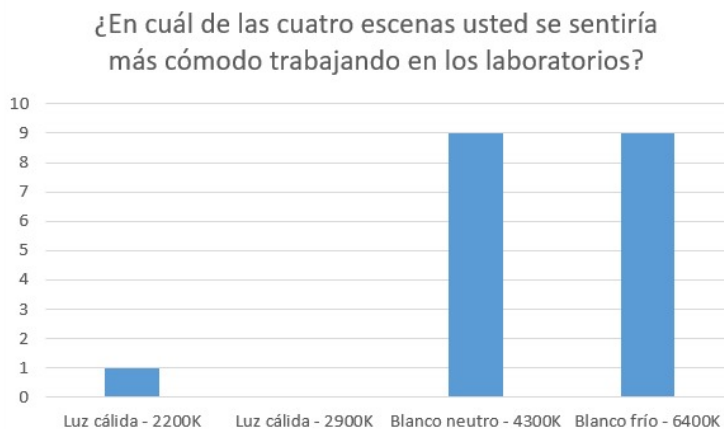


La encuesta reveló que el 47% de los encuestados preferían una luz blanca neutro, mientras que el otro 47% preferiría una luz blanca fría, lo que refuerza la importancia de considerar la temperatura de color como un factor crítico en el diseño de sistemas de iluminación (ISO, 2020). La selección adecuada de la temperatura de color puede hacer que un espacio se vea mejor y que sea más cómodo para la vista, como lo señala la normativa ISO 50001 al priorizar la eficiencia y el bienestar en los entornos de trabajo.

Por otro lado, las dificultades reportadas al trabajar con luz natural y luz artificial indican la necesidad de un sistema de iluminación flexible que pueda adoptarse a ambas condiciones lumínicas (Aguilar Pulido & Vega Rojas, 2022).

### Figura 6

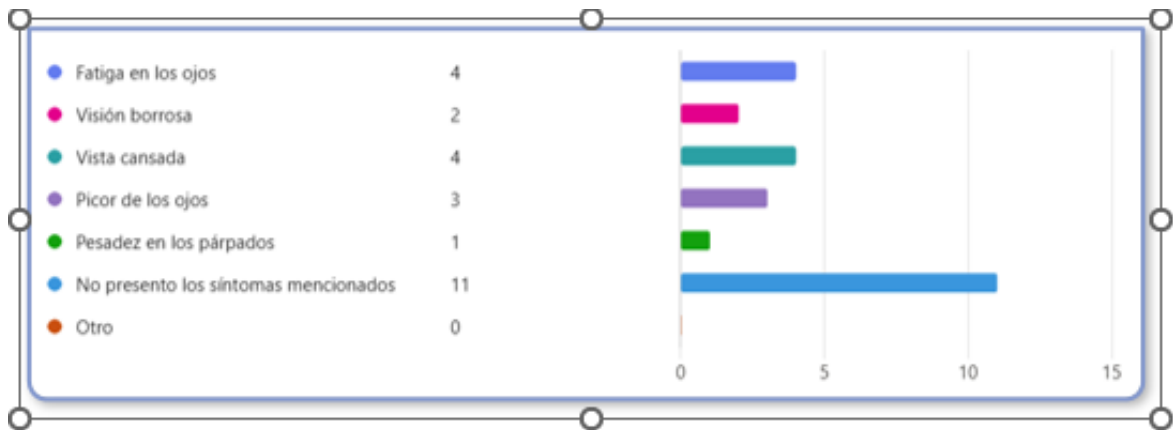
*Preferencia de tipo de iluminación*



La grafica 7 muestra los resultados acerca de los síntomas presentados posterior la jornada dentro de los laboratorios. La mayoría de los participantes no reportaron síntomas, pero otros señalaron fatiga ocular, visión borrosa, vista cansada y picor en los ojos. Esto puede sugerir la necesidad de investigar posibles factores desencadenantes, como condiciones de iluminación o tiempos prolongados de exposición visual, y promover estrategias para mitigar estos efectos en favor del bienestar visual de la población.

### Figura 7

*Síntomas detectados posterior al uso de laboratorios.*



## Diseño de Iluminación

### Análisis previo

Se realizaron dos visitas a las instalaciones con el objetivo de identificar los espacios que presentaban una mayor afluencia de personas, donde la distribución de la luz no era tan uniforme y algunas áreas de trabajo presentaban zonas oscuras. Como resultado, se seleccionaron los laboratorios de Manufactura, Biología, Química y Automatización Industrial.

Como parte del levantamiento de la información se tomó evidencia fotográfica y la directora del laboratorio realizó la gestión de la solicitud de los planos de planta de las instalaciones. Otras medidas métricas requeridas fueron tomadas en cada laboratorio.

### Modelo Tridimensional

Se realizó un modelo en 3D del edificio como se muestra desde la figura 8 hasta la figura 12, en Dialux EVO donde las zonas de estudio fueron más detalladas. Se utilizó como base el plano de planta del edificio para cada piso.

### Figura 8

*Modelo en 3D del Laboratorio Alfonso Crissien Aldana*



*Fuente: elaboración propia*

### **Figura 9**

*Laboratorio de Automatización*



*Fuente: elaboración propia*

### **Figura 10**

*Laboratorio de Biología*



*Fuente: elaboración propia*

### **Figura 11**

*Laboratorio de Manufactura*



**Figura 12**

*Laboratorio de Química*



*Fuente: elaboración propia*

**Luminarias seleccionadas**

Para los laboratorios de Química, Biología y Automatización, se utilizaron luminarias empotradas cuadradas. Para el de manufactura, debido a la altura y los equipos grandes en el área se diseñó el área con luminarias rectangulares. Las referencias y sus características se muestran a continuación.

**Figura 13**

*Referencias de las luminarias*

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	$\Phi$	Luminous efficacy
24	Philips	91140180 7287	RC132V G6 36S/UE840 WIA W60L60 OC	23.5 W	3593 lm	152.9 lm/W
8	Philips	SM340CI- c2d326c9- 97af-46a3- be84- 26e75122 9513	SP342P 60S/940 SRD O L150 ELD3	53.7 W	6399 lm	119.2 lm/W

*Fuente:* elaboración propia

## Resultados

Se tenía como objetivo cumplir con una iluminancia promedio de 500 lx y una uniformidad de 0.6. Fue posible lograr estos valores en todos los laboratorios como se observa en la figura 14 y 15 , a excepción del de química que contiene tubería y una zona oscura difícil de trabajar, que cambia la uniformidad en un área que no sería de trabajo.

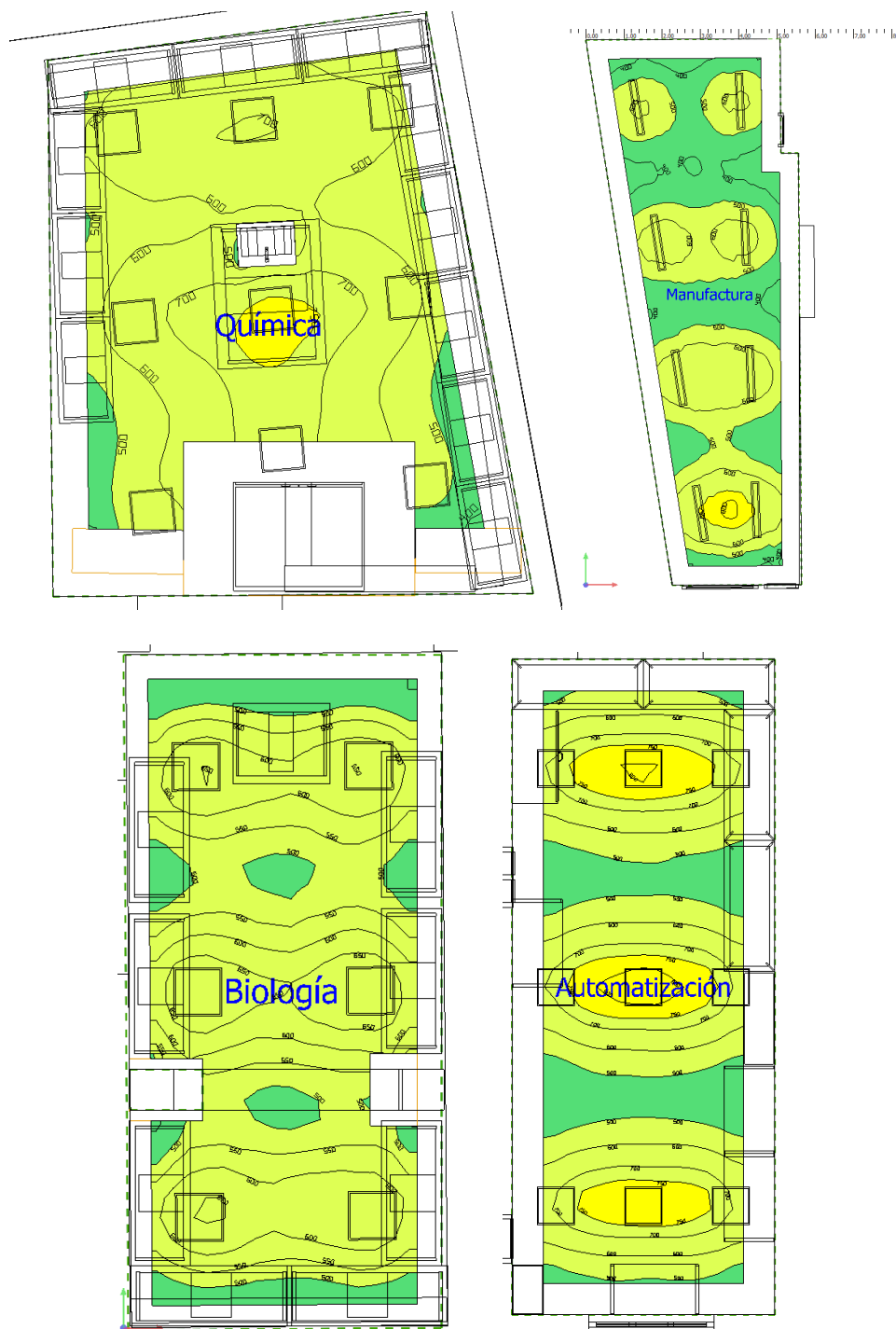
### Figura 14

*Resultado de la simulación de los laboratorios*

Room	Working plane	Average Illuminance (lx)	Uniformity Ratio
Piso 2	Working plane (Automatiz...)	621 lx	0.67
Piso 1	Working plane (Biología)	568 lx	0.68
Manufactura	Working plane (Manufactu...)	533 lx	0.62
Química	Working plane (Química)	624 lx	0.54

*Fuente:* elaboración propia

Figura 15

*Curvas de nivel**Fuente: elaboración propia*

## **Conclusiones**

Las conclusiones del estudio resaltan la importancia de mejorar la iluminación de los laboratorios de la sede Alfonso Crissien Aldana de la universidad EAN para cumplir con los lineamientos del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

Si bien el tamaño de la muestra inicial de 30 estudiantes y 4 docentes no se logró, ya que solo se contó con la participación de 18 estudiantes y 1 docente, la información recolectada a través de la encuesta permite identificar áreas de mejora y necesidades específicas que pueden llegar a ser representativas de la percepción general de los usuarios.

A través de la recolección de los resultados obtenidos en la encuesta y las evidencias fotográficas, se realizó una modelación tridimensional donde se logró identificar áreas críticas y simular soluciones que no solo cumplen con los estándares normativos, sino que además mejoran la eficiencia energética.

Se trabajó en una modelación con un diseño adaptativo, que equilibra el confort visual, la sostenibilidad y el cumplimiento normativo, proporcionando una base sólida para la implementación de un nuevo sistema de iluminación en los laboratorios y así mismo, buscamos que este modelo pueda ser replicado en otros espacios de la Universidad EAN, contribuyendo a la optimización de la iluminación en toda la institución.

La implementación de las soluciones propuestas, basadas en un enfoque integral que considera la salud visual, la normatividad y la eficiencia energética, impactará de manera positiva en la calidad del ambiente de trabajo y contribuirá a la sostenibilidad de la Universidad EAN.

## **Referencias**

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020).

*Educación para el desarrollo sostenible: hoja de ruta.*

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374896.locale=es>

EAN. (2024). Proyecto Educativo Institucional 2024-

2030. [https://universidadean.edu.co/sites/default/files/la-universidad/procesos/PEI\\_2024\\_UniversidadEan.pdf](https://universidadean.edu.co/sites/default/files/la-universidad/procesos/PEI_2024_UniversidadEan.pdf)

EAN. (2020). Política de Sostenibilidad y Emprendimiento Sostenible.

[https://universidadean.edu.co/sites/default/files/2023-05/PoliticadeSostenibilidad\\_Ean.pdf](https://universidadean.edu.co/sites/default/files/2023-05/PoliticadeSostenibilidad_Ean.pdf)

EAN. (s.f.). Buenas prácticas al interior del aula. [https://universidadean.edu.co/la-](https://universidadean.edu.co/la-universidad/innovacion-educativa/buenas-practicas-al-interior-del-aula)

[universidad/innovacion-educativa/buenas-practicas-al-interior-del-aula](https://universidadean.edu.co/la-universidad/innovacion-educativa/buenas-practicas-al-interior-del-aula)

EAN. (s.f.). Laboratorios. [https://universidadean.edu.co/facultades/facultad-de-](https://universidadean.edu.co/facultades/facultad-de-ingenieria/laboratorios)

[ingenieria/laboratorios](https://universidadean.edu.co/facultades/facultad-de-ingenieria/laboratorios)

Naciones Unidas. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Educación - Desarrollo Sostenible

(un.org)

EAN. (s.f.). La universidad. [https://universidadean.edu.co/la-](https://universidadean.edu.co/la-universidad#:~:text=La%20Universidad%20Ean%20tiene%20como,y%20social%20de%20los%20pueblos.)

[universidad#:~:text=La%20Universidad%20Ean%20tiene%20como,y%20social%20de%20los%20pueblos.](https://universidadean.edu.co/la-universidad#:~:text=La%20Universidad%20Ean%20tiene%20como,y%20social%20de%20los%20pueblos.)

Aguilar Pulido, L y Vega Rojas, G. (2022). Caracterización del comportamiento de la intensidad lumínica según los lineamientos del RETILAP al laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Cooperativa de Colombia, Campus Villavicencio. [Tesis de Pregrado. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Villavicencio]. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/45308>

Muñoz Morales C. A. y Bernal Molano A. L. (2020) Diseño del sistema de iluminación interior y del alumbrado de emergencia para el bloque trece [Tesis de Pregrado. Universidad Distrital Francisco José De Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/24463>

Rodríguez Ruiz D. F. y Macías González D. F. (2021) Planteamiento de programa de eficiencia energética enfocado a iluminación en la Facultad de Artes (ASAB) de la Universidad Distrital usando el software Dialux Evo. [Tesis de Pregrado. Universidad Distrital Francisco José De Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/26712>

Llinares, C. Castilla, N. y Higuera-Trujillo, J.L. Do Attention and Memory Tasks Require the Same Lighting? A Study in University Classrooms. *Sustainability* 2021, 13, 8374. <https://doi.org/10.3390/su13158374>

Universidad EAN. (2024). *Resolución No. 051 de julio de 2024*. Universidad EAN. [[https://universidadean.edu.co/sites/default/files/institucion/acuerdos/Resolucion\\_No\\_051\\_de\\_julio\\_23\\_de\\_2024\\_cleaned.pdf](https://universidadean.edu.co/sites/default/files/institucion/acuerdos/Resolucion_No_051_de_julio_23_de_2024_cleaned.pdf)]

Resolución 40150 (2024, 03 de mayo) Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP. [https://www.minenergia.gov.co/documents/11684/Resoluci%C3%B3n\\_40150\\_de\\_2024\\_compilada\\_con\\_los\\_cuatro\\_libros.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/11684/Resoluci%C3%B3n_40150_de_2024_compilada_con_los_cuatro_libros.pdf)

Unidad de Planeación Minero Energética. (s.f). Programa de uso racional y eficiencia de la energía – PROURE. <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PROURE.aspx>

ESGinnova Group. (2024, septiembre). ISO: 50001: La eficiencia energética. <https://www.nueva-iso-14001.com/2020/09/iso-50001-la-eficiencia-energetica/>

División de Recursos Naturales, CEPAL. (2024, junio). Eficiencia Energética en la Transición Sostenible e Inclusiva de América Latina y el Caribe: Progresos y Políticas. [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/estudio\\_eficiencia\\_energetica\\_alc\\_cepal.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/estudio_eficiencia_energetica_alc_cepal.pdf)

Parlamento Europeo. (2024, marzo). La eficiencia energética. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/69/la-eficiencia-energetica>

Henao Robledo, F. (2007). Riesgos físicos II: iluminación: ( ed.). Ecoe Ediciones.

Widarth, V., Ra, I., Lee, S. y Kim, C. (2024). Advancing Smart Lighting: A Developmental Approach to Energy Efficiency through Brightness Adjustment Strategies.

<https://www.nueva-iso-14001.com/2020/09/iso-50001-la-eficiencia-energetica/>

Seo, H., Yun, W. (2022). Digital Twin-Based Assessment Framework for Energy Savings in University Classroom Lighting. <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/5/544>

Pavlov, D. Ivanov, D. y Petrov, V. (2019). Energy efficient biodynamic lighting for use in science and education establishments.