



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

“ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN, EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL HOSPITAL BÁSICO DE CAYAMBE DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL, EN EL CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA.”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Energías.

Autor:

Ing. Aguiñaca Caraguay Iván Marcelo

Tutor:

MSc. Quinatoa Caiza Carlos Iván

LATACUNGA – ECUADOR

2024

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “**ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN, EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL HOSPITAL BÁSICO DE CAYAMBE DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL, EN EL CANTON CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA**” presentado por: AGUINSACA CARAGUAY IVAN MARCELO, para optar por el título Magíster en Gestión de Energías.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, abril 23 de 2024



.....
MSc. Carlos Iván Quinatoa Caiza
CC.: 0503287864

AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN, EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL HOSPITAL BÁSICO DE CAYAMBE DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL, EN EL CANTON CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA”, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Gestión de Energías; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, 23 de abril, 2024



MSc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado
C.I. 0502656424
Presidente del tribunal



MSc. Edgar Roberto Salazar Achig.
C.I. 0502847619
Lector 2



MSc. Luigi Orlando Freire Martínez.
C.I. 0502529589
Lector 3

DEDICATORIA

Esta investigación dedico a mi esposa Inés Betzabé Mayorga por ser parte de mi vida, mi gran amor y la luz de mis ojos.

A mis cachorritas Camilita y Valentina, que son lo mejor que mi esposa y Diosito me pudo a ver dado, aunque no sea un gran padre ellas saben que las amo mucho y que yo haría todo por ellas.

A Mary por siempre también estar ahí y cuidar de sus hermanas, aunque sea enojona siempre ha estado ahí con nosotros.

A los mejores padres del mundo Marcial y Piedad, quienes toda la vida han sido el pilar fundamental durante mi vida, quienes me han apoyado y me apoyan siempre, gracias de todo corazón y que Diosito les de muchos años más de vida mis viejitos lindos.

A mi sobrinito Panchito que casi no lo puedo ver, pero sé que me quiere mucho.

A mis hermanos Rolando y Edison, y familiares que constantemente han estado pendientes de mí y me han deseado los mejores éxitos.

Iván Marcelo

AGRADECIMIENTO

Antes que nada agradezco a Dios por darme salud y vida para continuar adelante luchando por mi esposa y mis hijas.

Quiero agradecer al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, entidad a la que pertenezco por autorizarme a realizar mi proyecto de Investigación.

Al Magister Carlos Quinatoa por guiarme y ser gran apoyo para poder culminar con éxito el desarrollo de mi proyecto de tesis

Al Ingeniero Cristhian Masaquiza por la paciencia y el apoyo brindado en el desarrollo de la presente tesis.

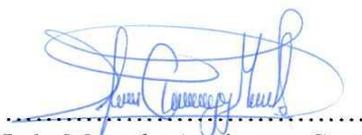
A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y permitirme seguir preparando profesionalmente.

Iván Marcelo

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, Abril, 23 2024



Ing. Iván Marcelo Aguirre Caraguay
C.C.: 1103596621

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, abril, 23 2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Iván Marcelo Aguiñaga Caraguay', enclosed within a blue oval scribble.

.....
Ing. Iván Marcelo Aguiñaga Caraguay
C.C.: 1103596621

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Análisis de consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación, en el proyecto de construcción del Hospital Básico de Cayambe del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, abril, 23, 2024,



.....
MSc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado
C.I. 0502656424

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Título: “Análisis de consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación, en el proyecto de construcción del Hospital Básico de Cayambe del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha”

Autor: Aguinaca Caraguay Iván Marcelo

Tutor: Quinatoa Caiza Carlos Iván MSc.

RESUMEN

Este estudio investigó la eficiencia y el impacto económico de diferentes tecnologías de iluminación en entornos hospitalarios. Se compararon las luminarias LED y fluorescentes en términos de eficacia luminosa, vida útil y costos asociados. Los resultados mostraron que las luminarias LED presentan una eficacia luminosa superior (111 Lm/W) y una vida útil más larga (100,000 horas) en comparación con las fluorescentes (108 Lm/W y 60,000 horas). Utilizando métodos de lúmenes y flujo inicial, se determinó la cantidad óptima y la disposición de luminarias para garantizar una distribución lumínica adecuada en áreas críticas como quirófanos y salas de emergencias. Las simulaciones en DIALux Evo confirmaron la eficacia de estas distribuciones lumínicas. Además, se evaluó el costo-beneficio, revelando un ahorro anual de \$781,14 USD al cambiar a luminarias LED. Este estudio ofrece un enfoque sistemático para mejorar la calidad de la iluminación en hospitales, resaltando la eficiencia y durabilidad de las luminarias LED como una opción rentable y sostenible para optimizar el diseño de iluminación en entornos críticos de atención médica.

Palabras clave: Costo, Dialux, Fluorescente, Led, Hospitales

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCION DE POSGRADO**

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

TITLE: “Analysis of electrical energy consumption in the lighting system, in the construction project at Hospital Básico de Cayambe del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, in Cayambe canton, Pichincha province”

Author: Aguinsaca Caraguay Iván Marcelo

Tutor: Quinatoa Caiza Carlos Iván MSc.

ABSTRACT

This study investigated the efficiency and economic impact of different lighting technologies in hospital environments. LED and fluorescent luminaires were compared in terms of luminous efficacy, lifespan and associated costs. The results showed that LED luminaires have a higher luminous efficacy (111 Lm/W) and a longer useful life (100,000 hours) compared to fluorescent ones (108 Lm/W and 60,000 hours). Using lumen and initial flux methods, the optimal number and arrangement of luminaires is calculated to ensure adequate light distribution in critical areas such as operating rooms and emergency rooms. Simulations in DIALux Evo confirmed the effectiveness of these light distributions. Additionally, the cost-benefit was evaluated, revealing an annual savings of \$781,14 USD when switching to LED lighting. This research offers a systematic approach to improving lighting quality in hospitals, highlighting the efficiency and durability of LED luminaires as a cost-effective and sustainable option to optimize lighting design in critical healthcare environments.

Keywords: Cost, Dialux, Fluorescent, Led, Hospitals

Mayra Alexandra Rueda Flores con cédula de identidad número: 050340110-1, Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Ingles, con número de registro de la SENESCYT: 1020-14-1262388; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: “Análisis de Consumo de Energía Eléctrica en el Sistema de Iluminación, en El Proyecto de Construcción del Hospital Básico de Cayambe del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, en El Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.” de: Aguinsaca Caraguay Iván Marcelo, aspirante a magister en Energías.



Lic. Mayra Alexandra Rueda Flores
C.C. 050340110-1

Latacunga, abril, 22, 2024

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AVAL DEL TUTOR.....	ii
AVAL DEL TRIBUNAL.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	vi
RENUNCIA DE DERECHOS.....	vii
AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.....	viii
RESUMEN.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv

INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes:	2
Planteamiento del problema:.....	3
Formulación del problema	4
Objetivo General:.....	4
Objetivos Específicos:.....	4
Sistema de tareas con relación a los objetivos específicos	6
Justificación.....	7
Hipótesis:.....	7

I. FUNDAMENTOS TEORICOS

1. Normativa guía de acabado para hospitales.....	8
1.2. Dialux	8
1.2.1. Modelamiento en Dialux	9
1.3. Curvas de energía	10
1.4. Factor de carga.....	10
1.5. Factor de demanda.....	11

1.6. Factor de simultaneidad.....	12
1.7. Sistemas de utilización:	12
1.8. Potencia.....	13
1.8.1. Potencia instalada	13
1.8.2. Potencia media.....	14
1.8.3. Potencia instantánea	15
1.8.4. Potencia de transformador.....	16
1.8.5. Grupo de electrógeno	17
1.8.6. UPS.....	18
1.8.7. Tablero de transferencia de carga.....	19
1.9. Energía.....	20
1.9.1. Energía en horas pico	20
1.9.2. Energía en horas base	20
1.9.3. Medidores con registro de demanda.....	21
1.9.4. Medidores de energía eléctrica.....	22
1.10. Iluminación.....	23
1.10.1. Iluminación directa.....	23
1.10.2. Iluminación semidirecta	24
1.10.3. Iluminación mixta.....	25
1.10.4. Luminaria fluorescente.....	26
1.10.5. Luminaria Led	27
1.10.6. Luminaria de mercurio	28
1.10.7. Luminarias incandescentes.....	29
1.11. Diseño de iluminación hospitalaria quirófano emergencia	31
1.11.1. Aspectos básicos para la iluminación de un quirófano	31
1.11.2. Tipos de lámparas para quirófanos.....	32

II. PARAMETROS DE DISEÑO

2. Fundamentos de luminotecnia	34
2.1. Potencia Luminosa	34
2.2. Rendimiento Luminoso	35

2.3.	Deslumbramiento	35
2.4.	Iluminancia.....	36
2.5.	Intensidad luminosa.....	36
2.6.	Iluminancia.....	36
2.7.	Fotometría.....	36
2.8.	Factor de mantenimiento	37
2.9.	Iluminación Led.....	38
2.10.	Iluminación con luminaria Fluorescente	38
2.11.	Norma.....	39
2.11.1.	Guía de acabados interiores para Hospitales	40
2.12.	Metodología.....	40
2.12.4.	Método de lúmenes.....	42
2.12.5.	Método del flujo inicial	45
2.13.	Selección de luminarias para la simulación.....	45
2.14.	Luminaria LED: Selección y justificación	46
2.15.	Luminarias Fluorescentes: Selección y justificación	47
2.16.	Modelado en Dialux	47
2.17.	Simulación del Área de emergencias en dialux evo	49
2.18.	Simulación del Área quirúrgico.....	49

III. ANALISIS Y RESULTADOS

3.	Área de emergencias.....	51
3.1.	Resultados de luminarias tipo LED.....	52
3.2.	Resultados de iluminación Fluorescentes.....	54
3.3.	Área de cirugía.....	56
3.4.	Resultados de la simulación LED.....	58
3.5.	Resultados fluorescentes área de cirugía.....	60
3.6.	Análisis de los datos obtenidos.....	61
3.7.	Consumo obtenido	62
3.9.	Análisis del costo y el beneficio	71
	Caculos del VAN Y TIR.....	72

Análisis del VAN	74
4. Conclusiones	76
5. Recomendaciones.....	77
6. Referencias.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sistema de tareas con relación a los objetivos específicos.	6
Tabla 2: Tableros de distribución del facto de simultaneidad.....	13
Tabla 3: Para grupos de cargas del mismo tipo	13
Tabla 4: Características de cada una de las partes de la lámpara de mercurio	28
Tabla 5: Sección de los quirófanos	31
Tabla 6: Características de la iluminación en el quirófano	32
Tabla 7: Tipos de lampara.....	32
Tabla 8 Luminancia para cada área de hospitales	43
Tabla 9 Factor de mantenimiento distintos para áreas específicas.....	44
Tabla 10 Tipos de luminaria a escoger LEDS.....	46
Tabla 11 Luminarias Fluorescente candidatas para la simulación	47
Tabla 12 Resultados de la simulación, con su respectiva aceptación si cumple o no la norma.....	54
Tabla 13 Tabla de resultados de luxes en el área de emergencias	56
Tabla 14 Resultados del área de cirugía.....	58
Tabla 15 Resultado de los luxes medidos área de cirugía.....	60
Tabla 16 Datos de luminaria para los cálculos.....	62
Tabla 17 Subáreas con su factor de simultaneidad	63
Tabla 18 Luminaria Led con su factor de simultaneidad	64
Tabla 19 Luminaria Fluorescente con su factor de simultaneidad.....	67
Tabla 20 Resultados del consumo y costo	71
Tabla 21 Comparativo del VAN y TIR.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diferentes funciones.....	15
Figura 2 Instalación directiva.....	23
Figura 3 Aparatos provistos por luminarias fluorescentes.....	24
Figura 4 Instalación semidirecta	24
Figura 5 Instalación por iluminación semidirecta con aparatos de alumbrado fluorescentes.....	25
Figura 6 Iluminación mixta.....	25
Figura 7 Iluminación mixta con lámparas fluorescentes	26
Figura 8 Partes de una lámpara	28
Figura 9 Espectro electromagnético.....	30
Figura 10 Rendimiento de una lampara inductoras	30
Figura 11 A la derecha distribución simétricas y a la izquierda asimétrica.....	37
Figura 12 Metodología de diseño.....	41
Figura 13 Diagrama de flujo del método de lúmenes	43
Figura 14 Centro Quirúrgico en DIALUX EVO	48
Figura 15 Lado izquierdo en 2D del área de emergencia y lado derecho su respectiva simulación	49
Figura 16 Área simulada del centro Quirúrgico.....	50
Figura 17 Distribución de locales	52
Figura 18 Sumario de resultados.....	53
Figura 19 Ubicación de luminarias fluorescentes	55
Figura 20 Vista general del área de cirugía.....	57

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura hospitalaria, la eficiencia energética y la optimización de recursos juegan un papel crucial en la búsqueda de un funcionamiento sostenible y de calidad. En este sentido, el presente estudio se centra en el análisis exhaustivo del consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación del Hospital Básico de Cayambe, perteneciente al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), ubicado en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha, Ecuador. El Hospital Básico de Cayambe, siendo una institución de vital importancia para la atención médica de la comunidad local, requiere de un sistema de iluminación eficiente y confiable que cumpla con los estándares de calidad y seguridad establecidos para entornos hospitalarios [1].

Por ende, se hace imprescindible realizar un análisis detallado del consumo de energía eléctrica en dicho sistema, con el fin de identificar posibles áreas de mejora, optimización y eficiencia energética [2]. Este estudio se fundamenta en la aplicación de herramientas de simulación y cálculo, respaldadas por software especializado como DIALux Evo, que permiten evaluar el rendimiento lumínico, la eficiencia energética y los costos asociados al sistema de iluminación del hospital. Además, se consideran las especificaciones técnicas de las luminarias utilizadas en el proyecto de construcción, así como las normativas y estándares nacionales e internacionales aplicables en materia de iluminación para entornos hospitalarios [2].

El análisis detallado del consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación del Hospital Básico de Cayambe proporcionará información valiosa para la toma de decisiones informadas en cuanto a la selección de tecnologías lumínicas, la implementación de medidas de eficiencia energética y la planificación de mantenimiento preventivo. Asimismo, contribuirá a la optimización de recursos, la reducción de costos operativos y el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y calidad en la gestión hospitalaria [2].

El análisis detallado del consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación del Hospital Básico de Cayambe proporcionará información valiosa para la toma

de decisiones informadas en cuanto a la selección de tecnologías lumínicas, la implementación de medidas de eficiencia energética y la planificación de mantenimiento preventivo [2,3]. Asimismo, contribuirá a la optimización de recursos, la reducción de costos operativos y el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y calidad en la gestión hospitalaria. [3].

El objetivo fundamental analizar el consumo de energía eléctrica, mediante un sistema de iluminación para el costo-beneficio en el proyecto de construcción del Hospital Básico de Cayambe del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha.

Antecedentes: La República del Ecuador, en su artículo 3, numeral 1, atribuye como deber primordial del Estado, garantizar sin discriminación alguna, el efectivo goce de los derechos establecidos en la esta norma suprema y en los instrumentos internacionales, en particular la salud.

La invocada norma, en su Art. 32 establece que la *"(...) salud es un derecho que garantiza el Estado (...) mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional"*.

La Ley Orgánica de Salud en su Art. 9. determina que le corresponde al Estado garantizar el derecho a la salud de las personas, para lo cual tiene, entre otras, las siguientes responsabilidades: *(...) e) Establecer a través de la autoridad sanitaria nacional, los mecanismos que permitan a la persona como sujeto de derechos, el acceso permanente e ininterrumpido, sin obstáculos de ninguna clase a acciones y servicios de salud de calidad; (...) i) Garantizar la inversión en infraestructura y equipamiento de los servicios de salud que permita el acceso permanente de la población a atención integral, eficiente, de calidad y oportuna para responder adecuadamente a las necesidades epidemiológicas y comunitarias.*

El Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social y en cumplimiento a lo que establece la Constitución de la República del Ecuador, en el presente año va a construir un nuevo Hospital en la ciudad de Cayambe, la misma que estará dotada de 20 camas, es por ello que actualmente ya se cuenta con los diseños arquitectónicos y las ingenierías para la construcción de la misma, por lo que se está cumplimiento con lo establecido por el Sistema Nacional de Contratación Pública, para poder realizar la adjudicación y comenzar con la construcción del mismo.

Así pues el presente estudio se relaciona con el análisis de los sistemas de iluminación, con la línea de investigación correspondiente a: energías alternativas y renovables, eficiencia energética, con lo cual el tema se ajusta al estudio de análisis y consumo de energía en el sistema de iluminación del proyecto del Hospital Básico de Cayambe del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

Planteamiento del problema:

El Hospital Básico de Cayambe, perteneciente al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), se encuentra en una etapa crucial de su desarrollo, donde la eficiencia energética y la optimización de recursos son aspectos fundamentales para garantizar su funcionamiento sostenible y de calidad. En este contexto, el sistema de iluminación del hospital emerge como un componente crítico que requiere de una evaluación exhaustiva para identificar posibles áreas de mejora y optimización. El problema radica en la falta de un análisis detallado del consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación del Hospital Básico de Cayambe, lo que limita la capacidad de la institución para tomar decisiones informadas en cuanto a la selección de tecnologías lumínicas, la implementación de medidas de eficiencia energética y la planificación de mantenimiento preventivo. La ausencia de este análisis impide aprovechar todo el potencial de ahorro energético y económico que una gestión eficiente de la iluminación puede ofrecer.

Además, se carece de un estudio integral que considere las especificaciones técnicas de las luminarias utilizadas en el proyecto de construcción del hospital, así como las normativas y estándares nacionales e internacionales aplicables en materia de iluminación para entornos hospitalarios. Esta falta de información dificulta la

implementación de estrategias efectivas para mejorar la eficiencia energética y reducir los costos operativos asociados al sistema de iluminación del hospital. Por lo tanto, es necesario abordar este problema mediante un análisis exhaustivo del consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación del Hospital Básico de Cayambe, utilizando herramientas de simulación y cálculo respaldadas por software especializado, y considerando las especificaciones técnicas de las luminarias, así como las normativas y estándares aplicables. Este análisis permitirá identificar oportunidades de mejora, optimización y eficiencia energética, contribuyendo así a garantizar un funcionamiento sostenible y de calidad del hospital.

Formulación del problema ¿Cómo afectaría el consumo de energía eléctrica con los diferentes sistemas de iluminación en el proyecto del hospital básico Cayambe, del cantón Cayambe de la provincia de Pichincha?

Objetivo General:

Analizar el consumo de energía eléctrica, del sistema de iluminación en el centro quirúrgico y emergencia mediante el simulador DIALux evo, para determinar el costo-beneficio en el proyecto de construcción del Hospital Básico de Cayambe del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha.

Objetivos Específicos:

- Revisar el estado del arte referente a la gestión energética relacionada con los hospitales mediante una investigación bibliográfica relacionados con la gestión energética.
- Realizar un análisis del sistema de iluminación, que incluya un estudio del consumo de energía con luminarias LED y fluorescentes, así como la modelación del sistema utilizando el software DIALUX con diferentes tipos de luminarias, con el propósito de determinar tanto la carga de consumo como realizar un análisis costo-beneficio para optimizar la eficiencia energética y económica del sistema de iluminación

- Analizar el Costo-beneficio entre lámparas LED y fluorescentes en el sistema de iluminación, evaluando los costos de adquisición y operativos a largo plazo, con el fin de identificar la opción más rentable y eficiente en términos económicos y energéticos.

Sistema de tareas con relación a los objetivos específicos

Tabla 1 Sistema de tareas con relación a los objetivos específicos.

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
<ul style="list-style-type: none"> Revisar el estado del arte referente a la gestión energética relacionada con los hospitales, mediante una investigación bibliográfica, que permita identificar conocimientos relacionados con la gestión energética. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación bibliográfica en medios físicos y digitales de la gestión energética. Indagación en textos cuestionables o trabajos impresos dedicados al estudio de gestión energética en los hospitales públicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Identifica los fundamentos teóricos y técnicos para el desarrollo de la investigación. 	Investigación bibliográfica: <ul style="list-style-type: none"> Libros. Tesis. Paper Revistas tecnológicas. Ficha técnica
<ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis del sistema de iluminación, que incluya un estudio del consumo de energía con luminarias LED y fluorescentes, así como la modelación del sistema utilizando el software DIALUX con diferentes tipos de luminarias, con el propósito de determinar tanto la carga de consumo como realizar un análisis costo-beneficio para optimizar la eficiencia energética y económica del sistema de iluminación 	<ul style="list-style-type: none"> Recopilación de los resultados obtenidos del DIALUX Evo con respecto a luminarias led y fluorescentes Simulación en dialux de áreas específicas Cantidad de luminarias 	<ul style="list-style-type: none"> Luxes por ambientes Consumo diario Consumo mensual Consumo anual 	<ul style="list-style-type: none"> Cálculos donde se detallan los consumos de cada día, mes y año. Consumo dependiendo del tipo de luminaria Simulación y reportes obtenidos mediante el software DIALUX
<ul style="list-style-type: none"> Analizar el Costo-beneficio entre lámparas LED y fluorescentes en el sistema de iluminación, evaluando los costos de adquisición y operativos a largo plazo, con el fin de identificar la opción más rentable y eficiente en términos económicos y energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el costo de inversión de luminarias led y fluorescente Análisis económico del consumo energético de luminarias led y fluorescentes. Análisis financiero 	<ul style="list-style-type: none"> Costo del proyecto. <p>VAN TIR</p>	<ul style="list-style-type: none"> Cálculos Estudio económico Análisis financiero.

Justificación

La realización de un análisis detallado del consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación del Hospital Básico de Cayambe, en el marco del proyecto de construcción llevado a cabo por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), se justifica por diversas razones de índole técnica, económica y ambiental. En primer lugar, la eficiencia energética se ha convertido en un aspecto crucial en el diseño y operación de instalaciones hospitalarias, donde el consumo eléctrico, especialmente en sistemas de iluminación, representa una parte significativa de los costos operativos. Además, la implementación de medidas de eficiencia energética en el sistema de iluminación del hospital no solo contribuirá a la reducción de costos operativos a largo plazo, sino que también tendrá un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental, al disminuir la huella de carbono y promover prácticas más responsables con el medio ambiente.

Por otro lado, la selección adecuada de tecnologías lumínicas y la planificación de mantenimiento preventivo basadas en un análisis detallado del consumo energético permitirán prolongar la vida útil de las luminarias, reducir los costos de mantenimiento y mejorar la calidad de la iluminación en el hospital, lo que beneficiará tanto al personal médico como a los pacientes.

Asimismo, la realización de este análisis respaldará la toma de decisiones informadas por parte de la institución, al proporcionar datos y resultados objetivos que servirán como base para la implementación de estrategias de gestión energética eficientes y efectivas en el sistema de iluminación del Hospital Básico de Cayambe.

Hipótesis:

La utilización de luminarias led en el Hospital Básico de Cayambe resultarían más económicos que utilizar luminarias fluorescentes.

I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1. Normativa guía de acabado para hospitales

Los establecimientos de salud deben cumplir con normas de diseño, construcción, implementación y mantenimiento que aseguren tanto la calidad de la atención a los pacientes como el confort y la seguridad del cuerpo médico-administrativo y operativo correspondiente.

Con este propósito, y para homologar la calidad estético-funcional de los interiores en los hospitales; se ha desarrollado la Guía de Acabados Interiores para Hospitales (GAIH). La GAIH es un documento de referencia que establece lineamientos y especificaciones técnicas para la planificación, construcción y mantenimiento de los acabados interiores en establecimientos de salud. Esta guía estandariza los criterios de selección de materiales, colores, texturas y detalles constructivos, con el objetivo de garantizar ambientes seguros, funcionales y estéticamente agradables para los pacientes, visitantes y personal médico. La GAIH es una herramienta útil para consultores, diseñadores, constructores, administradores, fiscalizadores y el personal técnico relacionado con infraestructura para la salud, ya que contribuye a la calidad y seguridad en la prestación de los servicios del MSP y materializa el derecho a la salud con respeto y dignidad para todos los habitantes del país [4].

1.2. Dialux

DIALux es un software gratuito diseñado para la creación de proyectos de iluminación. Permite documentar los resultados obtenidos por medio de visualizaciones fotorrealistas, e incluye librerías de todos los fabricantes líderes a

nivel mundial. Toma como base los datos CAD de otros programas arquitectónicos, trabaja con ellos y los devuelve al programa original. Permite también la utilización de modelos 3D obtenidos de internet [5].

1.2.1. Modelamiento en Dialux

DIALux Evo se erige como el estándar ineludible en el diseño y la planificación lumínica de proyectos, tanto en ámbitos médicos como en la esfera comercial y residencial. En entornos hospitalarios, donde la iluminación no es simplemente una cuestión estética, sino un factor crítico que incide directamente en el bienestar y la seguridad de pacientes, personal médico y visitantes, DIALux Evo emerge como una herramienta indispensable. Su capacidad para modelar de forma minuciosa cada espacio dentro de un hospital, desde quirófanos hasta pasillos y salas de espera, permite no solo cumplir con los estándares y normativas establecidos, sino también optimizar la distribución de luminarias de acuerdo con las necesidades específicas de cada área [5].

Además de facilitar la configuración precisa de los niveles de iluminación requeridos, DIALux Evo ofrece un análisis exhaustivo de la eficiencia energética y el potencial de ahorro mediante la implementación de diversas soluciones lumínicas. Esta funcionalidad resulta invaluable tanto en la optimización de recursos como en la garantía de un entorno óptimo para la atención médica.

En el ámbito de edificios comerciales, oficinas y residenciales, la versatilidad de DIALux Evo se manifiesta de manera igualmente impresionante. La capacidad para modelar con precisión diferentes espacios, desde salas de reuniones hasta áreas comunes, y determinar la cantidad y disposición óptima de luminarias, se traduce en una iluminación que no solo cumple con los estándares requeridos, sino que también mejora significativamente el confort, la productividad y la experiencia de los ocupantes [6].

La herramienta no solo permite evaluar la eficiencia energética y el impacto visual de las soluciones propuestas, sino que también garantiza el cumplimiento riguroso de las normativas vigentes en materia de iluminación. En un mundo donde

la calidad lumínica es un factor determinante en la calidad de vida y el rendimiento laboral, DIALux Evo se erige como un aliado insustituible para arquitectos, diseñadores y profesionales de la iluminación que buscan alcanzar estándares de excelencia en cada proyecto. [6].

1.3. Curvas de energía

Una curva de carga en energía eléctrica es un gráfico en el que se representa la carga (kW o MW) en un tiempo específico. También se le puede llamar curva cronológica y tiene como finalidad mostrar la carga que se obtiene de la central eléctrica durante un periodo de tiempo adecuado [6].

Dentro de las curvas de carga podemos encontrar varios tipos según el tiempo de medida utilizado. Si la curva representa la carga durante las 24 horas del día se denominará curva de carga diaria. Mientras, en el caso que se considere el año completo, pasaría a ser la curva de carga anual.

Por otro lado, también se pueden distinguir entre curva de carga de verano o de invierno, dos periodos estacionales en los que hay una marcada diferencia en la carga del sistema eléctrico [6].

1.4. Factor de carga

El factor de carga se define como la relación entre la carga promedio durante un período de tiempo determinado y la demanda máxima (carga máxima) que se produce durante ese período. En otras palabras, el factor de carga es la relación entre la energía consumida en un período de tiempo determinado y la carga máxima que se produce durante ese período de tiempo en particular. Es la relación entre la demanda media y la demanda máxima, y describe el grado en que se mantiene la demanda máxima durante el período de tiempo en estudio. Los factores de carga se calculan sobre una base diaria, mensual o anual [6,7].

Ecuación 1: Factor de carga

$$FC = \frac{D \text{ media}}{D \text{ maxima}} = \frac{E(\text{energía en KWh})}{T * D \text{ maxima}}$$

Un factor de carga es el resultado del comportamiento de la demanda y también mide la utilización de una instalación de alguna manera. El factor de carga significa qué tan eficientemente usamos la energía. Es una medida del uso de energía eléctrica durante un período de tiempo determinado en el uso de energía máximo posible durante ese período. El factor de carga juega un papel importante en el costo unitario de generación (kWh). Cuanto mayor sea el factor de carga, menor será el costo de generación para el mismo pico de demanda. factor de carga vs. sobre energía [6,7]. Dependiendo de la cantidad de horas en días, semanas, En meses o años definimos diferentes factores de carga. Para el factor de carga diaria, el período T se toma como 24 horas; De manera similar, durante semanas, meses y años se toma el valor diferente de T. Para calcular el factor de carga, se requiere la siguiente información;

- Kilovatios reales horas utilizadas (kWh)
- Pico de kilovatios de demanda (kW)
- Número de días

1.5. Factor de demanda

El factor de demanda es la relación entre la suma de la demanda máxima de un sistema (o parte de un sistema) y la carga total conectada en el sistema (o parte del sistema) bajo consideración. El factor de demanda es siempre menos de uno [8].

O también conocido como factor de utilización (f.u.), definido formalmente como: "La relación entre la demanda máxima de un sistema o una parte de este y la carga total conectada al sistema o una parte de este"[8]. Esto es oficial, pero también puede interpretarse como el uso promedio de electricidad en el hogar durante un período de 24 horas. Aplicarlo le dará una aproximación lo suficientemente cercana para conocer el tamaño del conductor apropiado para alimentar la carga.

1.6. Factor de simultaneidad

Relación, expresada como un valor numérico o como un porcentaje, de la potencia simultánea máxima de un grupo de artefactos eléctricos o clientes durante un período determinado; y la suma de sus potencias individuales máximas durante el mismo período [9].

Por lo general, no todas las cargas de un sistema funcionarán simultáneamente, siempre habrá algún grado de diversidad, representado por un factor de simultaneidad para cada conjunto de cargas. Se define como el cociente entre la demanda máxima del grupo j y la suma de las demandas máximas de cada carga (i) del grupo j [9].

Ecuación 2: Factor simultaneidad

$$f_s = \frac{DM_t}{\sum_{i=1}^n DM_i}$$

La determinación de estos factores es responsabilidad del diseñador y requiere un conocimiento detallado de las condiciones de instalación y servicio para cada carga y grupo de cargas [10]. Por estas razones, no es posible dar valores generales de aplicación correspondientes a todos los factores, pero si no hay valores disponibles Para obtener información precisa se pueden manipular los valores de los siguientes factores de simultaneidad:

1.7. Sistemas de utilización:

- a. Para tableros de Distribución que alimentan determinado número de circuitos, se especifican los siguientes factores de simultaneidad, cuando no se conoce como se distribuye la carga total entre los circuitos.

Tabla 2: Tableros de distribución del facto de simultaneidad

Numero de circuitos	Factor de simultaneidad
2- 3	0,9
4-5	0,8
6-9	0,7
10 a más	0,6

Fuente: [10]

- b. Para grupos de cargas del mismo tipo, se especifican los siguientes factores:

Tabla 3: Para grupos de cargas del mismo tipo

Función del circuito	Factor de simultaneidad
Iluminación	1
Aire acondicionado y calefacción	1
Toma corriente	0,1 a 0,2
Elevación y carga Motor mayor 2do motor Resto de los motores	1 0,75 0,60

Fuente:[10]

1.8. Potencia

1.8.1. Potencia instalada

La potencia instalada corresponderá a la máxima potencia activa alcanzable por la unidad de producción y vendrá determinada por menos de la especificada en la placa de características de las unidades motoras, turbinas o alternadores montados en serie, o en su caso cuando se instalen varios motores, turbina o alternador se configuran en paralelo, será la menor de la suma de las potencias que figuran en las placas de características de los motores, turbinas o alternadores en paralelo [11].

Para instalaciones fotovoltaicas, la potencia instalada será la menor de:

- La suma de las potencias específicas máximas de los módulos fotovoltaicos que componen la instalación, medidas en condiciones estándar según la norma UNE correspondiente [11].
- La potencia máxima de los inversores o, en su caso, la suma de las potencias de los inversores que componen el aparato. “Por tanto, la potencia instalada será la menor de las dos anteriores [11].

1.8.2. Potencia media

Inicialmente se define la potencia media P_m , como la razón entre el trabajo y el tiempo:

Ecuación 3: Potencia media

$$P_m = \Delta W / \Delta t$$

Donde ΔW es una pequeña cantidad de trabajo y Δt es el intervalo de tiempo en que fue realizado. En el Sistema Internacional de unidades (SI), la potencia se expresa en vatios o watts, abreviado W, unidad nombrada en honor al ingeniero escocés James Watt (1736-1819), pionero de la Revolución Industrial, quien se dedicó a mejorar la máquina de vapor. Como en el SI el trabajo viene dado en Joules (J) y el tiempo en segundos (s), resulta que $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$. Este límite es la derivada temporal de la potencia, lo que se interpreta como la tasa de cambio del trabajo en el tiempo.

Ecuación 4: Tasa de cambio del trabajo en el tiempo

$$P = dW/dt$$

Una maquinaria con gran potencia, entrega mucho trabajo por unidad de tiempo, en cambio una maquinaria menos potente realiza el mismo trabajo en un tiempo mayor [12].

La potencia pudiera variar a lo largo del ciclo de trabajo, siendo conveniente definir la potencia instantánea, haciendo el intervalo de tiempo Δt muy pequeño, es decir,

que tienda a 0 (sin llegar a ser realmente 0) y esto crea la ecuación 5.

Ecuación 5: Potencia media para periodos largos de tiempo

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\theta_U - \theta_i)$$

La potencia promedio es la potencia medida durante largos períodos de tiempo, es decir, cuando t en la ecuación de potencia Δt es muy grande. Una forma de calcularlo es encontrar el área bajo la curva a partir de un gráfico de potencia frente a potencia. tiempo (dando el trabajo total realizado) y dividirlo por el tiempo total. Esto se hace mejor con cálculo, pero por lo general solo se puede usar la geometría para hacer estimaciones bastante precisas [12]

1.8.3. Potencia instantánea

En un circuito de CA, tanto el voltaje como la corriente varían con el tiempo, y puede haber un cambio de fase entre estas señales, a diferencia de un circuito de CC donde estos valores son constantes [12]. La siguiente figura 2 representa tres funciones, el azul es la corriente, el rojo es el voltaje y el negro es la potencia [12].

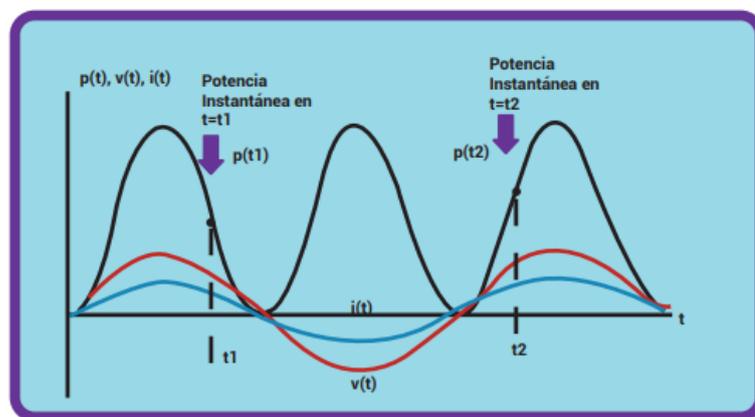


Figura 1 Diferentes funciones.

Fuente: [12]

El voltaje y la corriente están en fase, es decir, cuando la corriente está en su valor máximo, el voltaje también lo está; de igual manera, cuando el valor de uno es cero, el valor del otro también es cero [13].

Entonces en una función de potencia tenemos valores cero cuando el voltaje y la corriente son cero, y en una función de potencia solo tenemos valores positivos que varían sinusoidalmente [13].

Por otro lado, es cierto que el cargo representado por esta señal corresponde a una resistencia porque, como sabes, en una resistencia, el voltaje y la corriente siempre están en fase. Como la potencia varía con el tiempo, su valor puede conocerse. La potencia en un instante dado, digamos en el tiempo t_1 , tendrá un valor de potencia específico: $p(t_1)$, y en el instante t_2 , tendrá otro valor de potencia específico $p(t_2)$. Estos valores de potencia específicos se denominan potencias instantáneas (p) porque se obtienen en momentos específicos [13].

1.8.4. Potencia de transformador

Los transformadores de potencia y distribución de baja pérdida de las series 220kv, 110kv, 69kv, 66kv de Dalin son una nueva generación de transformadores desarrollados de forma independiente por nuestra empresa sobre la base de la absorción de tecnologías avanzadas nacionales y extranjeras. Características como una fuerte capacidad de protección contra cortocircuitos. Circuito [14].

Es imperfecto, limitado y menos capaz de regular la electricidad. Pero con el tiempo, los transformadores también se han modificado y mejorado [14]. De hecho, es posible que no sepa que hay muchos tipos de transformadores en el mercado, y vienen en una variedad de tamaños diferentes, así como funciones y diseños específicos.

Suele expresarse en kVA o MVA (mil o millones de voltios-amperios) y define el "tamaño" del transformador o el valor máximo de corriente que corresponde a cada devanado [15]. Para entender mejor este parámetro fundamental de un transformador, basaremos nuestra definición en la norma IRAM 2099 "Transformadores de Potencia. Propósito General" El punto "Condiciones de uso normal" de esta norma específica, entre otras cosas, la altitud a la que se instalará el transformador y la temperatura ambiente. Una vez establecidas las condiciones normales de servicio u operación de un transformador, la condición nominal se

define como un conjunto de valores atribuidos a la magnitud que define la operación del transformador bajo las condiciones especificadas en esta norma y se utiliza como base para el fabricante. garantías y artículos. Estas magnitudes nominales pueden ser: tensión nominal, corriente nominal, potencia nominal, etc [15].

Nos detendremos en la definición de potencia nominal, según lo especificado por IRAM 2099: Un transformador recibe potencia nominal cuando se aplica un voltaje nominal al devanado primario y una corriente nominal fluye a través de las terminales del devanado secundario. Los transformadores deben ser capaces de operar continuamente a potencia nominal en las condiciones normales de servicio mencionadas, sin exceder los límites de calentamiento especificados en IRAM 2018 "Transformadores de potencia. Ensayos de calentamiento".

1.8.5. Grupo de electrógeno

Grupo electrógeno se refiere a un dispositivo cuya función es convertir la llamada capacidad calorífica en energía mecánica y luego en energía eléctrica. En resumen, consta del motor y el alternador, que están conectados a otros elementos y enchufados a la base [16].

Estos elementos complementarios son:

- baterías
- tanque de combustible
- panel de control
- cuadro
- silenciador

En términos de uso, por regla general, los grupos electrógenos pueden utilizarse como fuentes de energía principales o auxiliares para responder de manera confiable y eficiente a las demandas de energía, cualquiera que sea su aplicación. En cuanto a su funcionamiento, un grupo electrógeno consta de un generador eléctrico que se alimenta de la combustión existente en el motor con la ayuda de un alternador. Para el combustible de dicho equipo, puede elegir: diesel o diesel, gas

natural, biogás, etc. Un grupo electrógeno puede considerarse un elemento clave o un aliado de peso para cualquier aplicación o proyecto. Por ejemplo, en la concepción de proyectos industriales o en el sector de la construcción, una de las preocupaciones inherentes es asegurar un suministro energético continuo y fiable. Aquí, un fallo de suministro de energía puede conllevar muchos daños, y es en ese sentido que los grupos electrogeno serán la respuesta para hacer frente a esa necesidad, pues son extremadamente confiables y robustos para cumplir esta función [16].

1.8.6. UPS

Un UPS (sistema de alimentación ininterrumpida o sistema de alimentación ininterrumpida) es una fuente de energía que permite proporcionar energía a los equipos conectados durante un período de tiempo limitado en caso de un corte de energía o un problema eléctrico de la infraestructura [16]. Esto es posible porque el UPS funciona con baterías y puede usar la energía almacenada para alimentar otros equipos. Por ejemplo, si está trabajando en su computadora y de repente se corta la energía, el UPS puede proporcionarle energía durante unos minutos, guardar sus archivos importantes y asegurarse de que no pierda el trabajo que ha realizado [17].

Existen tres tipos de UPS, los cuales protegen desde parcial hasta totalmente los equipos:

- **Protección esencial (fuera de línea):** este tipo de artefactos son los más básicos, lo que hacen es proteger los dispositivos durante un apagón o un voltaje bajo recurriendo a su batería interna para proveer la electricidad necesaria. Este tipo de UPS son las más utilizadas para proteger computadores, sistemas básicos de seguridad u otros dispositivos.
- **Protección profesional (línea interactiva):** estas funcionan casi igual a las de protección esencial, la diferencia es que cuentan con un regulador de voltaje que permite la corrección de fluctuaciones de voltaje menores, esto quiere decir que, a menos que la UPS pase de ciertos voltajes (ya sea que el voltaje aumente o disminuya), no cambia a modo batería.

- Protección total (en línea, doble conexión): la UPS de protección total entrega la energía de las baterías todo el tiempo, ya que el inversor y las baterías de la UPS están sobre la línea que sostiene el suministro eléctrico. La diferencia entre los otros dos sistemas UPS es que no hay brechas de energía, ya que siempre se proporcionan brechas de energía. Esto es especialmente importante para dispositivos altamente sensibles como conmutadores, enlaces de alto rendimiento, enrutadores y servidores.

1.8.7. Tablero de transferencia de carga

También conocido como interruptor de transferencia automática (ATS), que en español se traduce como interruptor o interruptor de transferencia automática (ITA), se utiliza para arrancar el grupo electrógeno y transferir cargas críticas entre la línea normal y la línea del grupo electrógeno, activando ambas automáticamente [17].

Un panel de distribución es un dispositivo que se instala junto a un tablero de distribución y conecta los circuitos que suministran energía en caso de un corte de energía o apagón [18]. La función principal del TTA es redistribuir la energía de la red eléctrica a la fuente de energía de respaldo.

En circunstancias normales, cuando hay energía externa disponible, la placa de transferencia automática (ATT) transmite el voltaje de línea normal y conecta la energía a la carga a través del pin de alimentación [18].

En caso de un corte de energía: El sistema de control inicia automáticamente una secuencia de arranque del generador y cambia la carga a la energía suministrada por el generador. El interruptor principal en la placa de transferencia conmuta el suministro de energía de la red al generador, evitando que se produzca una descarga eléctrica masiva de la red [18].

1.9. Energía

1.9.1. Energía en horas pico

La creciente demanda de electricidad a lo largo de los años ha llevado al Estado de Ecuador a tomar medidas para reducir el consumo de energía mediante el uso eficiente de la electricidad. En toda América Latina, los mismos esfuerzos de eficiencia energética se están impulsando de diferentes maneras dependiendo de cómo los países administran sus redes a los generadores, reduciendo así la ocurrencia de sobretensiones grupales en la red.

Primer proyecto de eficiencia energética impulsado desde el año 2008 por el Gobierno Nacional con el fin de reducir la demanda de potencia y energía en horas pico, en la primera fase del proyecto se sustituyó 6 millones de focos incandescentes a usuarios residenciales con un consumo inferior a 150 kWh/mes, para la segunda fase desarrollada en el 2010 se sustituyó 10 millones de focos ahorradores enfocándose esta vez a usuarios residenciales con un consumo de energía menor a 200 kWh/mes y a sectores de la salud, educación y servicio social. Además de reducir el consumo de energía en el año 2011 se registra el proyecto de sustitución de focos incandescentes por ahorradores como Mecanismo de desarrollo limpio (MDL), luego de ser validado por la Convención de Cambio Climático de las Naciones Unidas.

1.9.2. Energía en horas base

Corresponde al consumo de energía eléctrica en el período comprendido entre 22:00 a 08:00 horas. El Consumo Incremental, en cada caso, se establecerá considerando un Consumo Base (*ConsumoBase*), el mismo que lo determinará la distribuidora y será el resultante del análisis estadístico del historial de consumos de energía eléctrica de los últimos 12 meses del consumidor, previo a su registro en el Programa PEC [19].

Ecuación 6: Consumo base incrementa

$$\text{ConsumoIncremental} = \text{Consumo} - \text{ConsumoBase}$$

Consumo_n. - Corresponde al consumo en kWh medido por la distribuidora en el mes correspondiente, luego del registro en el Programa PEC.(- año, n.d.)

ConsumoBase. - Corresponde al consumo en kWh, resultante del análisis estadístico del historial de consumos de energía eléctrica. (- año, n.d.)

Si el Consumo Incremental es menor o igual al límite establecido, según sea el caso, el Consumo de la Residencia, excluido el consumo incremental, será igual al Consumo Base. Si el Consumo Incremental es mayor al límite establecido, según sea el caso, el Consumo de la Residencia, excluido el consumo incremental, se determinará de la siguiente forma, que vemos en la ecuación 7.

Ecuación 7: Consumo residencia

$$\text{ConsumoResidencia} = \text{ConsumoBase} + \text{Exceso ConsumoIncremental}$$

El consumidor debe pagar, lo que respecta [19]:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
- El Consumo Incremental pagará un cargo de 0,00 USD/kWh, como el incentivo tarifario por registrarse en el Programa PEC.
- El Consumo de la Residencia, excluido el consumo incremental, pagará los cargos incrementales por energía en USD/kWh, definidos en la Tarifa Residencial de este Pliego Tarifario y en función de la energía consumida.

1.9.3. Medidores con registro de demanda

Este medidor visualiza la demanda de consumo en kWh con base en las tarifas escalonadas de tipo residencial de CFE. El dispositivo también muestra voltaje, corriente, potencia y tiempo de medición. Este medidor toma muestras de voltaje y corriente de una onda sinusoidal y las convierte a valores digitales para su procesamiento en tiempo real. Este dispositivo se basa en el microcontrolador PIC16F874 de Microchip Technology. Todos los parámetros medidos y calculados se muestran en una pantalla LCD de 2 x 16 caracteres [19].

Hay un menú para seleccionar qué parámetros mostrar. Si falla el suministro de energía, el medidor ahorra consumo de energía. Como estructura del dispositivo están diseñadas cuatro tarjetas (adquisición de datos, procesamiento de señales, procesamiento de señales, visualización de resultados), que están interconectadas para formar un medidor de potencia digital [20].

1.9.4. Medidores de energía eléctrica

Los medidores de energía eléctrica son instrumentos que se utilizan para medir la demanda de energía eléctrica que consume una carga eléctrica; estos medidores también son llamados kilowattómetros, porque la mayoría de ellos mide la energía en kWh. La medición de la energía eléctrica se ha estandarizado en kWh, aunque se puede medir en cualquier instante, algunos miden kW por segundo, minuto, día, etc. Los medidores de energía pueden ser analógicos o digitales [21].

Una revisión de los algoritmos de recolección de energía eléctrica ayudó a formular algoritmos de programación individuales integrados en microcontroladores para manejar cálculos de energía y determinar los costos de consumo debido a las necesidades de energía eléctrica. El principal valor que muestra este dispositivo es el costo del consumo de energía basado en la tarifa 1A de la CFE. Los planes tarifarios están escalonados ya que el coste por kWh varía con el consumo, siendo el precio más bajo para consumos inferiores a 100 kWh y el coste por kWh de 100 a 150 kWh aumenta y a partir de 150 kWh este plan tarifario es el más caro. Este dispositivo fue desarrollado como una alternativa a los dispositivos de medición digitales [21].

Debido a que es digital, tiene características como la eliminación de errores de paralaje, es compatible con otros sistemas electrónicos y es fácil de leer. Además del pago de la electricidad y su consumo, se muestran el voltaje RMS, la corriente RMS, la potencia activa y el tiempo de medición. Estos son los parámetros incluidos para proporcionar más información [21].

Este diseño presenta componentes electrónicos de bajo costo y fáciles de encontrar en el mercado. La construcción del medidor se basa en un sistema simple y eficiente

con la capacidad requerida para la medición de energía con poco esfuerzo constructivo. El diseño actual cumple con los requisitos actuales para la medición de energía eléctrica en viviendas,

El diseño cuenta con las siguientes etapas:

- Sistema de adquisición de datos.
- Sistema de acondicionamiento de señal.
- Procesamiento de señal.
- Presentación y almacenamiento de datos.

1.10. Iluminación

1.10.1. Iluminación directa

Casi todo el flujo luminoso ilumina directamente la zona de iluminación. En la iluminación real, especialmente en exteriores, siempre existe la luz directa de la fuente de luz más la luz reflejada de las paredes, por lo que es imposible lograr una iluminación directa perfecta [22]. La iluminación directa crea sombras duras y profundas y corre el riesgo de deslumbrar. Para evitar este peligro, las luminarias deben incluir pantallas o paneles de vidrio difusores verticales que atenúen la porción de luz que llega directamente al campo de visión del observador [22].

La Figura 3 muestra una instalación de iluminación directa utilizando una lámpara incandescente [22].

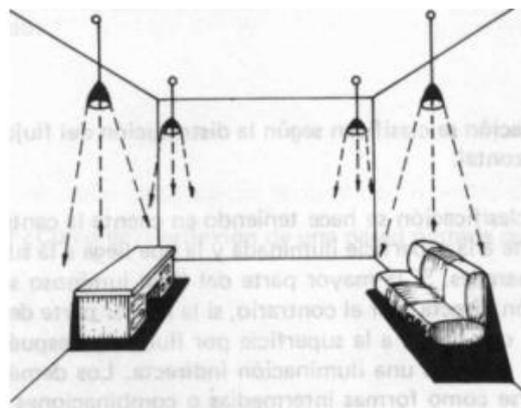


Figura 2 Instalación directiva

Fuente: [22]

En la figura 4 tenemos la misma instalación directa y cuyos aparatos de alumbrado están provistos de lámparas fluorescentes.

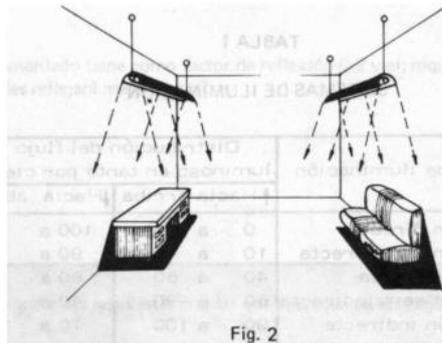


Figura 3 Aparatos provistos por luminarias fluorescentes
Fuente: [23]

1.10.2. Iluminación semidirecta

Con este tipo de iluminación, la mayor parte del flujo luminoso se dirige sobre la superficie iluminada y una porción (entre el 10 % y el 40 %) se dirige sobre la superficie después de la reflexión desde el techo y las paredes. Las sombras son tan intensas como con la iluminación directa y el riesgo de deslumbramiento también se reduce considerablemente [24]. Para obtener una iluminación semidirecta de una luminaria directa, basta con añadir el cristal difusor adecuado. Esto reduce el rendimiento lumínico de la instalación, pero el efecto conseguido es mucho más agradable a la vista.

La Figura 5 muestra un dispositivo de iluminación semidirecta que utiliza lámparas incandescentes.

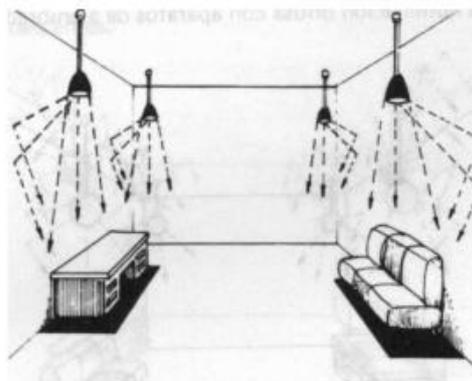


Figura 4 Instalación semidirecta
Fuente: [24]

En la figura 6 se representa una instalación por iluminación semidirecta con aparatos de alumbrado fluorescentes.

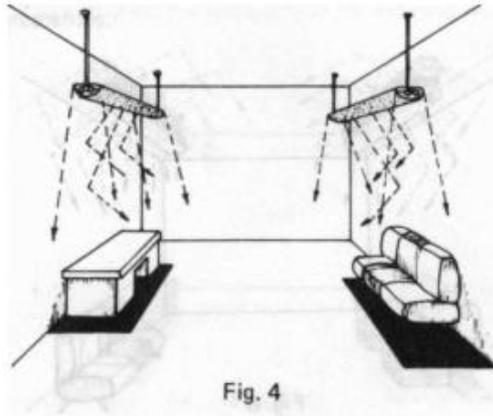


Figura 5 Instalación por iluminación semidirecta con aparatos de alumbrado fluorescentes

1.10.3. Iluminación mixta

También llamada iluminación difusa. Aproximadamente la mitad del flujo luminoso se dirige hacia abajo. La otra mitad llega al techo, rebota varias veces en el techo y las paredes y luego regresa a la superficie mediante rayos. Este tipo de iluminación elimina por completo las sombras y el área luminosa aumentada del proporciona una iluminación suave y minimiza el deslumbramiento. El efecto logrado es agradable, pero parece un poco monótono al ojo del espectador ya que toda la habitación está iluminada y no hay áreas oscuras.

Este sistema no es muy adecuado ya que no hay sombras sobre el objeto, parece plano al observador y no da la impresión de profundidad. La figura 7 muestra la iluminación difusa con una luminaria equipada con una lámpara incandescente.

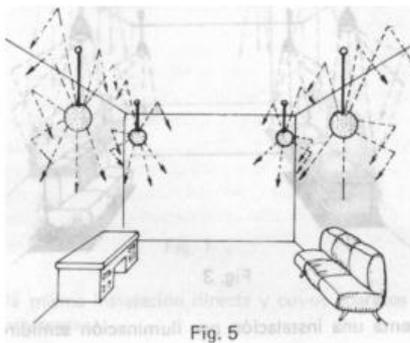


Figura 6 Iluminación mixta

En la figura 8 se ve la misma instalación con iluminación *mixta*, pero se utiliza lámparas fluorescentes.

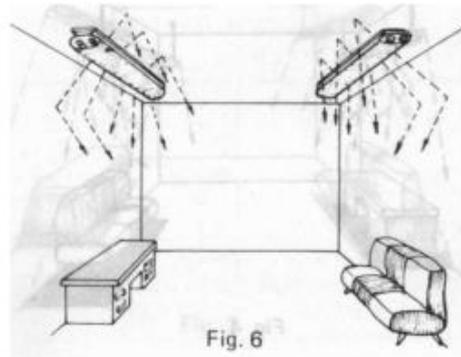


Figura 7 Iluminación mixta con lámparas fluorescentes

1.10.4. Luminaria fluorescente

El flujo de luz. Cada tipo de iluminación, como incandescente, fluorescente, LED1, tiene un flujo luminoso específico que también depende de su potencia, es decir, vatios de consumo, temperatura ambiente, tensión de red, etc. Por ejemplo, en términos de temperatura, el tubo fluorescente blanco de 30W "Daylight " tiene un flujo luminoso óptimo de 24°C, él es 10-5°C más bajo, mientras que él también es un 5% más bajo. A 35 °C es 2 (2). Respecto al funcionamiento de él, si la tensión de red es inferior al nominal de la lámpara utilizada, la potencia también será inferior, pero no se entregará energía [24]. Las lámparas incandescentes clásicas están retiradas del mercado de la Unión Europea, por lo que me abstengo de incluirlas, pero su eficiencia energética (relación w/\emptyset) es 6-7 veces mayor que la de las lámparas fluorescentes normales [24].

Coeficiente η . Depende de la reflectancia del techo y paredes de la nave, de sus dimensiones, de la altura del punto de luz, de la presencia o ausencia de pantalla, de la naturaleza de éstas y del tipo de luz [24].

El tipo de luz, este es otro aspecto que debería incluirse en la estimación del factor η . A pesar de que la luz fluorescente tiene una mayor producción (relación lúmenes/W) que la incandescente, la tasa de utilización $-\eta-$ de esta última es menor, alrededor de un 30% menor [24,25].

El factor "d", está determinado por el envejecimiento de los componentes físicos del punto de luz y el grado de contaminación que se haya acumulado en ellos, como por ejemplo polvo o restos de moscas. Lógicamente, para un punto de luz viejo y muy sucio, el valor de este factor será mayor y menor que la intensidad de iluminación resultante.

1.10.5. Luminaria Led

Los LEDs de alta luminosidad están permitiendo crear un sin número de aplicaciones de iluminación comercial, que están dejando atrás las típicas aplicaciones de LEDs en teléfonos celulares y demás equipos electrónicos.

Es tipo de luz, este es otro aspecto que debería incluirse en la estimación del factor η . A pesar de que la luz fluorescente tiene una mayor producción (relación lúmenes/W) que la incandescente, la tasa de utilización $-\eta-$ de esta última es menor, alrededor de un 30% menor factor "d" [26]. Esto está determinado por el envejecimiento de los componentes físicos del punto de luz y el grado de contaminación que se haya acumulado en ellos, como por ejemplo polvo o restos de moscas. Lógicamente, para un punto de luz viejo y muy sucio, el valor de este factor será mayor y menor que la intensidad de iluminación resultante.

Ya se han instalado satisfactoriamente aplicaciones de iluminación en sectores residenciales, comerciales e industriales en todo el mundo. Los beneficios que trae la tecnología de LED para la iluminación son:

- Menor consumo de energía: los LED requieren menos Energía que produce la misma cantidad de luz, por ejemplo. Por ejemplo, una bombilla incandescente de 100 W con filtro El rojo produce 1 W de luz roja (como un semáforo), Al mismo tiempo, para producir la misma cantidad de luz roja, El LED requiere sólo 12W; es decir, tiene una mayor eficiencia energética.
- Menos riesgos eléctricos: los LED suelen ser Suministro de 24 V CC, reducido a Minimizar el riesgo potencial de descarga eléctrica.

- Mayor velocidad de conmutación (encendido y reinicio): los LED responden a Funciona mucho más rápido que las luces. Halógeno o fluorescente, la diferencia es de órdenes de magnitud. microsegundos.
- Mejor continuidad de funcionamiento: el sistema LED tiene responder mejor a posibles cambios en la alimentación, como no tiene filamento brillante, cambios de luz y su posible rotura.
- Mayor duración: los LED duran más en comparación con los sistemas de iluminación tradicional.
- Gestión del color: los sistemas LED tienen ventajas Permiten controlar el color; por ejemplo, asegurar un tono de luz específico.

1.10.6. Luminaria de mercurio

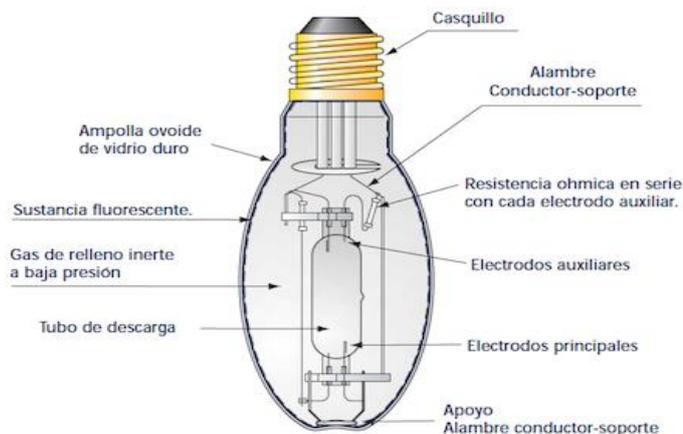


Figura 8 Partes de una lámpara

Tabla 4: Características de cada una de las partes de la lámpara de mercurio

Nombre	Descripción
Tubo de descarga	Es un tubo de cuarzo para soportar altas presiones y temperaturas. En su interior hay dos electrodos en los extremos de wolframio o tungsteno con cavidades rellenas de un material que facilita la emisión de electrones
Ampolla exterior	Es de vidrio endurecido y soporta temperaturas de 350°C aproximadamente. Su misión es proteger el tubo de descarga y todos los soportes. Está relleno por un gas inerte, argón o nitrógeno, que ayuda a evitar la oxidación de los elementos metálicos.
Casquillo	Tiene la función es sellar la ampolla y conectar la tensión de línea a los electrodos del tubo de cuarzo. Debe llevar un balasto en serie con los electrodos.

Cuando se cierra el interruptor, se genera un pequeño arco entre el electrodo de arranque principal y el electrodo de arranque auxiliar, lo que hace que el gas lleno en el tubo de cuarzo se ionice e inicie la descarga principal. Como el mercurio todavía está a temperatura ambiente y a baja presión, la descarga se produce primero a través del gas. A medida que el mercurio se calienta, se vaporiza, aumentando la presión dentro del tubo y el voltaje en los terminales de la lámpara. Después de unos minutos, el mercurio se volatiliza por completo y se produce una descarga a través de él. En este momento, el flujo luminoso aumenta y cambia el color de la fuente de luz. Una vez equilibrado, la intensidad se regula median [26].

1.10.7. Luminarias incandescentes

La era de las lámparas incandescentes instaladas en el interior de los hogares ha llegado a un punto en el que los bienes de consumo se han vuelto muy elevados, por lo que están surgiendo formas de aplicar nuevas tecnologías para evitar este inconveniente siendo más conscientes con el medio ambiente. Una alternativa eficaz es utilizar luminarias LED en tus instalaciones, ya que estas se han desarrollado a lo largo de los años en tecnología de fabricación para ofrecer ventajas sobre las lámparas incandescentes y consumir menos energía [27].

Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y la duración de las lámparas. Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano.

Todos los cuerpos calientes como en la figura 10 emiten energía en forma de radiación electromagnética. Mientras más alta sea su temperatura mayor será la energía emitida y la porción del espectro electromagnético ocupado por las radiaciones emitidas. Si el cuerpo pasa la temperatura de incandescencia una buena parte de estas radiaciones caerán en la zona visible del espectro y obtendremos luz [27].

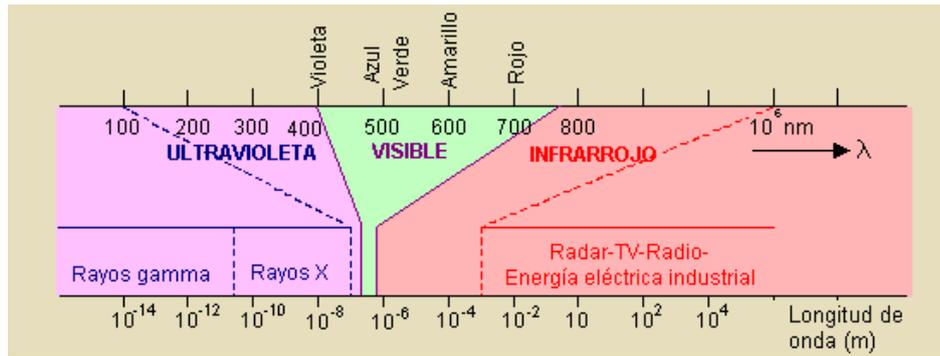


Figura 9 Espectro electromagnético

El brillo se puede lograr de dos maneras. La primera posibilidad es la quema de sólidos como antorchas, líquidos como lámparas de aceite o sustancias gaseosas como lámparas de gas [28]. El segundo método consiste en hacer pasar la corriente a través de un cable muy fino, similar a una bombilla normal. De una forma u otra, recibimos luz y calor (ya sea calentando moléculas de aire o mediante radiación infrarroja). Generalmente, este tipo de lámparas tiene un rendimiento deficiente ya que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor como se ve en la figura 11 [28].

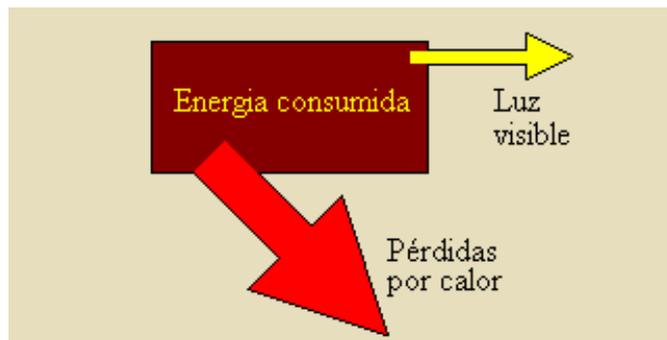


Figura 10 Rendimiento de una lámpara incandescentes

[28] Menciona que la producción de luz mediante la incandescencia tiene una ventaja adicional, y es que la luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible o dicho de otra manera, su espectro de emisiones es continuo. De esta manera se garantiza una buena reproducción de los colores de los objetos iluminados.

1.11. Diseño de iluminación hospitalaria quirófano emergencia

En los hospitales existen múltiples zonas de riesgo. Pero quizás en la que se viven momentos más tensos y críticos sea en los quirófanos, bisturí en mano, bajo la luz de una potente iluminación e intentando salvarle la vida al paciente que está sobre la camilla.

Los quirófanos están compuestos por tres estructuras, en función del potencial de control y generación de partículas contaminantes:

Tabla 5: Sección de los quirófanos

- **Sección no restringida o área negra.** Es el primer amortiguador frente a los agentes patológicos. Aquí se encuentran los facultativos que van con bata y el material que aún no ha pasado por el proceso de desinfección. No hay un control de acceso y es donde encontramos oficinas, baños y vestidores así como la zona de recepción o admisión quirúrgica.
- **Sección semi restringida o zona gris.** A partir de esta sección, los médicos pueden acceder únicamente con ropa quirúrgica. Aquí están las zonas de lavado quirúrgico, habitación de anestesia, salas de recuperación, zona séptica, etc.
- **Sección restringida o zona blanca.** Es la parte más limpia y aséptica de cualquier quirófano. Siempre está cerrada, el acceso está absolutamente controlado y solo pueden entrar cirujanos y asistentes, siempre con ropa quirúrgica. Aquí es donde se realizan las operaciones y se encuentran equipos de vital importancia como el encargado de distribuir el gas medicinal.

1.11.1. Aspectos básicos para la iluminación de un quirófano

Además del control de acceso y la limpieza en el quirófano, también hay que tener en cuenta la iluminación. Una mesa de operaciones bien iluminada es esencial para que los cirujanos operen en el mejor ambiente posible. Siga leyendo para conocer los conceptos básicos de la iluminación del quirófano [29].

Tabla 6: Características de la iluminación en el quirófano

Características
<ul style="list-style-type: none"> • La luz de las lámparas debe ser blanca ya que en el quirófano el médico necesita poder observar el color de cualquier órgano o tejido ya que éste es un indicador del estado y salud del paciente. En este sentido, si debido a la iluminación se apreciara un color distinto al real, podría provocar complicaciones en el diagnóstico o en la propia intervención quirúrgica. • Mientras más corriente eléctrica, más intensa es la luz. • Los luminarios deben ser fácilmente manipulables, es decir, que el ajuste mecánico para cambiar la lámpara de ángulo o posición pueda realizarse de forma rápida y sencilla, sin maniobras complicadas pues en una operación el foco de atención debe ser el paciente. • No generar radiaciones infrarrojas (IR) ni ultravioletas (UV) ya que puede provocar daños o lesiones en el tejido corporal que está expuesto durante la operación quirúrgica. Además, también provoca calor en la nuca del equipo médico. • Accesibilidad y mantenimiento fácil. • Ofrecer una luz intensa dirigida pero que evite el mínimo cansancio visual y no provoque fatiga ocular a los facultativos y asistentes. • Una luz que no genere sombras y que se centre en el área de intervención quirúrgica. • Los luminarios, especialmente los situados en el techo deben ser compatibles con el sistema de aire acondicionado para poder controlar las partículas contaminantes.

1.11.2. Tipos de lámparas para quirófanos

Tabla 7: Tipos de lampara

Tipo	Características	Ventajas
Lámparas de halógeno	Están hechas de gas halógeno y vidrio de cuarzo. Son incandescentes y ofrecen una luz blanca muy intensa y brillante. Es lo más parecido a la tradicional lámpara incandescente que solían utilizarse en el ámbito doméstico.	A mayor corriente eléctrica, mayor iluminación y, por lo tanto, una imagen más nítida para la visión de la mesa de operaciones en la que trabaja el cirujano y todo el equipo médico. Otro punto a favor de este luminario es que reduce el consumo de energía.
Lámparas LED	Ofrecen una luz blanca intensa y sin sombras, ofreciendo así una óptima iluminación en el quirófano para la	No se calientan y no generan tanto calor. Otra virtud de este tipo de lámparas quirúrgicas es que se pueden tocar con la mano

	<p>labor desarrollada por los cirujanos y sus asistentes.</p> <p>Su funcionamiento gira entorno al diodo, que distribuye el flujo de corriente eléctrica en un único sentido, de forma que se aprovecha la electricidad de forma mucho más eficiente y se necesita muy poca cantidad de la misma para lograr una potente iluminación en quirófano.</p>	<p>sin que haya riesgo de quemadura. Todas estas ventajas que ofrecen las lámparas LED para quirófanos facilitan la seguridad y el confort dentro de la sala de operaciones.</p>
--	--	--

a) Equipo utilizado para la generación de energía eléctrica en hospitales

Para el suministro de energía eléctrica a un hospital se requieren dispositivos de uso específico, los cuales son:

- a) Transformador
- b) Central de transferencia automática.
- c) Elementos de protección.
- d) Generadores
- e) Tablero de control general.
- f) Fuentes de energía aisladas.
- g) Buses de cables

II. PARÁMETROS DE DISEÑO

El papel de la iluminación en un hospital es esencial para garantizar la visibilidad y el bienestar tanto de los pacientes como del personal médico. Esta importancia se magnifica en áreas críticas como la cirugía y las emergencias, donde la precisión y la eficiencia son vitales. En el contexto específico del área de cirugía y emergencias, los parámetros de diseño de la iluminación adquieren una relevancia aún mayor. La intensidad lumínica adecuada, una distribución uniforme, la temperatura de color óptima y el control del deslumbramiento son factores esenciales para asegurar condiciones de trabajo seguras y eficientes. Una iluminación cuidadosamente diseñada no solo cumple con los estándares de seguridad y rendimiento exigidos, sino que también contribuye al proceso de curación y al bienestar de los pacientes. Además, en entornos como las áreas de cirugía y emergencias, donde la atención médica se brinda las 24 horas del día, la eficiencia energética juega un papel crucial en la reducción de costos operativos y en la sostenibilidad a largo plazo del hospital [29]. Por lo tanto, el diseño y la implementación de sistemas de iluminación adecuados en estas áreas deben ser una prioridad, garantizando condiciones óptimas para la atención médica y contribuyendo al bienestar general de pacientes y personal médico.

2. Fundamentos de luminotecnia

2.1. Potencia Luminosa

El Flujo luminoso es la cantidad de luz emitida por una fuente de luz, dentro del espectro visible, en un segundo y en todas las direcciones. La unidad del flujo luminoso (φ) es el lumen (lm) [29].

2.2.Rendimiento Luminoso

De la energía eléctrica que una lámpara consume, no toda se transforma la luz visible, perdiéndose un porcentaje en forma de calor, radiación no visible (infrarrojo IR o ultravioleta UV), etc. El rendimiento luminoso de una fuente de luz, indica el flujo (radiación visible) que emite la misma por cada unida de potencia eléctrica consumida para su obtención [30]

Viene dada por la ecuación 8 :

$$\eta, \varepsilon = \frac{\varphi}{P}$$

2.3.Deslumbramiento

El deslumbramiento se produce fundamentalmente si la incidencia de los rayos luminosos es horizontal o próxima a la horizontal [31]. Las luminarias deben disponer de sistemas que eviten esta situación. El deslumbramiento es uno de los factores importantes del entorno que puede perturbar la percepción y el rendimiento visual. En general, se puede producir deslumbramiento cuando:

- La luminancia de los objetos del entorno (principalmente luminarias y ventanas) es excesiva en relación con la luminancia general existente en el entorno (deslumbramiento directo).
- Cuando las fuentes de luz se reflejan en superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos).

Se lo puede calcular con la siguiente ecuación 9:

$$TI = \frac{k * E_e}{L_m^{0.8} * \varnothing^2}$$

Donde:

- *k*: Es una constante referente al observador, su valor es 6303 .
- *E_e*: Iluminancia de las luminarias.

- *Lm*: Corresponde al promedio de la luminancia
- ϕ : Ángulo correspondiente a la luminaria

2.4. Iluminancia

Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su símbolo es (E) y puede ser expresada en lux (lx) o en lumen por metro cuadrado ($\frac{lm}{m^2}$) [31].

2.5. Intensidad luminosa

Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su símbolo es (I) y su unidad la candela (cd).

2.6. Iluminancia

La iluminancia (E) es un parámetro que cuantifica la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie en función de su área.

Se puede calcular mediante la ecuación 10

$$E = F/S [Lx]$$

Donde F representa el flujo luminoso y S es el área sobre la cual se proyecta dicho flujo. En esta fórmula, la iluminancia se expresa en lux (Lx), y proporciona información crucial sobre la intensidad lumínica en un determinado espacio. Este concepto es esencial en el diseño de iluminación, arquitectura y diversas aplicaciones donde se requiere una evaluación precisa de la distribución de la luz.

2.7. Fotometría

La curva de distribución luminosa, también conocida como curva fotométrica, describe la manera en que la luz emitida por una luminaria se distribuye en el espacio. Esta representación gráfica se obtiene mediante mediciones de la intensidad luminosa en diversos ángulos alrededor de la luminaria, siendo comúnmente representada en coordenadas polares [32].

Esta curva, una de las características fundamentales proporcionadas por el fabricante, permite no solo evaluar la intensidad luminosa, sino también entender la dirección del flujo emitido. Este dato es esencial para anticipar cómo se dispersa la luz, facilitando la selección adecuada de luminarias para aplicaciones específicas [32]. Además, la curva de distribución luminosa es crucial en la planificación de la iluminación, ya que proporciona información detallada sobre el rendimiento lumínico de un dispositivo y su idoneidad para distintos entornos.

En la ilustración 11 se observa una distribución simétrica. Curvas idénticas para cualquiera de los planos meridionales (Y-Y'), por lo que una sola curva es suficiente para su identificación fotométrica y distribución asimétrica. Cada plano tiene una curva diferente, por lo que es necesario conocer todos los planos. Uno de estos planos se alinea con el eje longitudinal de la luminaria, abarcando desde 0° hasta 180°, mientras que el otro se sitúa de manera transversal, extendiéndose desde 90° hasta 270°.

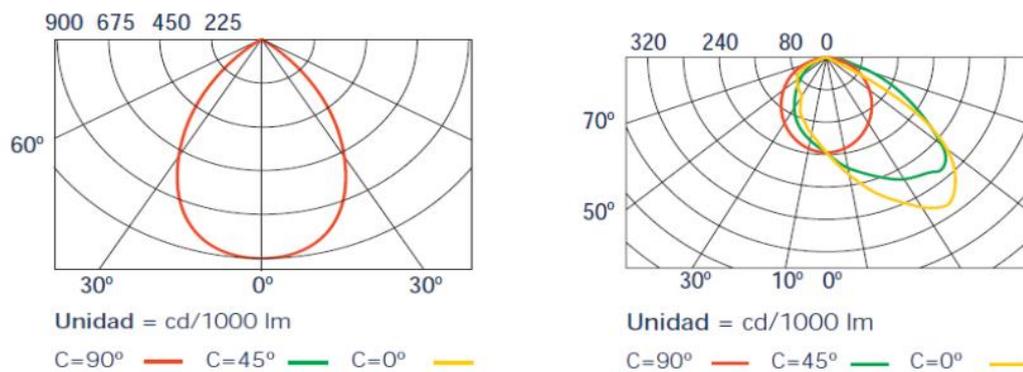


Figura 11 A la derecha distribución simétricas y a la izquierda asimétrica

2.8. Factor de mantenimiento

Factor usado en el cálculo de la luminancia y de la iluminancia después de un periodo dado y bajo condiciones establecidas. Tiene en cuenta las variaciones de temperatura y tensión, la acumulación de suciedad sobre la luminaria, la depreciación luminosa de la bombilla, los procedimientos de mantenimiento y las condiciones atmosféricas [32].

2.9. Iluminación Led

Se han implementado con éxito sistemas de iluminación basados en tecnología LED en áreas residenciales, comerciales e industriales en diferentes partes del mundo [33].

Las ventajas inherentes a la tecnología LED en la iluminación incluyen:

- Consumo de energía reducido: Los LEDs requieren menos potencia para generar la misma cantidad de luz en comparación con fuentes tradicionales. Por ejemplo, mientras que una bombilla incandescente de 100 W con filtro rojo puede producir 1 W de luz roja (como en un semáforo), un LED solo necesita 12 W para generar la misma cantidad de luz roja, mostrando así una mayor eficiencia energética.
- Menor riesgo eléctrico: Los LEDs generalmente operan con una corriente continua de 24 V, minimizando los posibles peligros de electrocución.
- Mayor velocidad de conmutación (encendido y apagado): Los LEDs presentan una respuesta operativa considerablemente más rápida en comparación con las lámparas halógenas o fluorescentes, con una diferencia medida en microsegundos.

2.10. Iluminación con luminaria Fluorescente

El uso extendido de las lámparas fluorescentes ha experimentado un notable aumento en la iluminación de centros comerciales, empresas y algunas residencias. Este tipo de luminaria emite una baja cantidad de calor y, simultáneamente, produce más lúmenes por vatio que cualquier otra lámpara, resultando en un menor consumo de energía. Los tubos fluorescentes, fabricados en vidrio, varían en longitud según la potencia deseada [33, 34]. Estos tubos contienen un gas inerte, comúnmente Argón, y una pequeña cantidad de mercurio líquido. El gas inerte tiene la función de facilitar la formación del arco eléctrico, posibilitando el funcionamiento de la lámpara. Asimismo, el vidrio del tubo está recubierto con un material fluorescente para convertir los rayos ultravioletas generados por la lámpara en luz visible.

2.11. Norma

Para controlar la cantidad mínima de luz requerida en los proyectos, se cuenta con regulaciones a nivel internacional y nacional. Estas normativas examinan la iluminación adecuada según la función del espacio de trabajo. Sin embargo, es importante destacar que estas directrices raramente pueden asegurar que el usuario experimente una percepción agradable del entorno iluminado [34].

Para lograr una iluminación óptima en fachadas arquitectónicas, calles, parques y monumentos, entran en juego diversos factores. Entre ellos se incluyen el índice de reflexión de la fachada, la superficie del edificio, la iluminación de áreas circundantes, las especificaciones técnicas de las luminarias y el índice de aprovechamiento. No obstante, resulta fundamental adherirse a regulaciones que garanticen la correcta ejecución del proyecto, de preferencia cumpliendo con las pautas establecidas por la entidad distribuidora local,

En el contexto de Ecuador, cada compañía distribuidora en el ámbito local posee regulaciones particulares que guardan notables similitudes entre ellas en relación con la iluminación pública. Por lo general, todas las pautas referentes a la iluminación pública derivan de los estándares CIE [34], razón por la cual se ha decidido adoptar las normativas ornamentales de índole internacional provenientes de Europa, especialmente en lo concerniente a áreas verdes, junto con las directrices de la CIE-115, las cuales están focalizadas en la iluminación pública de zonas urbanas.

La "Guía de Acabados Interiores para Hospitales en Ecuador" se presenta como un recurso esencial en el ámbito del diseño hospitalario, proporcionando directrices y recomendaciones específicas para la selección de acabados que no solo cumplan con los estándares estéticos, sino que también promuevan entornos seguros, sanitarios y funcionales. Esta guía se erige como un marco normativo para profesionales del diseño de interiores y arquitectos, ofreciendo un conjunto estructurado de pautas que buscan optimizar la eficiencia operativa y mejorar la experiencia del paciente y del personal médico [34]

2.11.1. Guía de acabados interiores para Hospitales

En el Ecuador solo para el ámbito de salud se hace referencia a la guía de acabados de interiores para hospitales ya que predomina en luz, iluminación, color y espacios de color.

Se menciona que la guía proporciona referencias a detalles arquitectónicos aplicables en diversas etapas del desarrollo del proyecto, incluyendo plantas, elevaciones interiores, diseño interior y mobiliario. La estructura de la guía se divide en tres secciones: Matriz, Fichas y Cartilla. La Matriz de Acabados sintetiza información específica sobre pisos, paredes, cielos falsos y puertas [35].

La Guía no sólo enfoca los aspectos estético-formales de los acabados, sino también la utilidad de los mismos. Su referencia a detalles arquitectónicos puede ser aplicable para el desarrollo del proyecto en plantas, elevaciones interiores, diseño interior y mobiliario.

La interpretación técnica de esta matriz se respalda con información gráfica y escrita en las Fichas Técnicas [35]. Se destaca que estas fichas no deben considerarse como documentos contractuales, y la consultoría se encargará de desarrollar detalles constructivos necesarios. Hoy en día las normas vigentes de luminaria son reguladas por el ARC basadas en la norma CIE en el ámbito de proyectos de iluminación.

2.12. Metodología

La eficaz implementación de una metodología sólida es crucial para el análisis detallado del consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación del Hospital Básico de Cayambe. La metodología se desarrollará en etapas claves para garantizar un enfoque sistemático y comprensivo.

Inicialmente, se recolectarán datos sobre el consumo de energía eléctrica de las luminarias LED y fluorescentes utilizadas en el hospital. Se realizará una comparativa detallada de la eficiencia energética, durabilidad y vida útil de ambas tecnologías. Posteriormente, se evaluarán los costos asociados con la adquisición,

instalación y mantenimiento de cada tipo de luminaria a lo largo de su vida útil. Estos datos se verificarán con las normativas y estándares nacionales e internacionales aplicables en materia de iluminación para entornos hospitalarios. Finalmente, se realizará un análisis de costo-beneficio para determinar la opción más favorable en términos económicos y de eficiencia energética para el Hospital Básico de Cayambe. La capacidad de interpretar y validar estos resultados es esencial para garantizar la precisión y relevancia de los hallazgos obtenidos mediante la aplicación de herramientas computacionales en el contexto específico del hospital.

En la figura 12 se muestra la metodología que se sigue para poder simular este proyecto



Figura 12 Metodología de diseño

2.12.1. Diseño

El diseño interior en entornos hospitalarios es un aspecto crucial para garantizar un ambiente seguro, funcional y acogedor para pacientes, familiares y personal médico. Siguiendo los principios establecidos en la Guía de Acabados Interiores para Hospitales (GAIH) [4], se realiza un análisis detallado de cada área, como las zonas de emergencia y los quirófanos, para comprender las actividades que se llevan a cabo y las condiciones de iluminación requeridas en cada una.

2.12.2. Selección de Software

Para este caso, se ha seleccionado DIALux Evo, considerando su capacidad para realizar cálculos precisos de iluminación, generar visualizaciones realistas y cumplir con los estándares de la industria. Ya que utiliza algoritmos avanzados para realizar cálculos precisos de iluminación, teniendo en cuenta factores como la distribución de las luminarias, la reflexión de la luz en las superficies y la absorción por parte de los materiales. Y por otro lado permite calcular parámetros importantes como los niveles de iluminación promedio, mínimos y máximos, la uniformidad de la luz y los índices de deslumbramiento, lo que garantiza que el diseño cumpla con los estándares de iluminación establecidos por normativas y recomendaciones industriales.

2.12.3. Presentación de resultados

Los resultados proporcionados por DIALux Evo destacan por su realismo y precisión, lo que los posiciona favorablemente en comparación con otros programas de diseño de iluminación. Esta afirmación se sustenta en varios aspectos técnicos y prácticos. Los resultados obtenidos con DIALux Evo suelen ser consistentes con mediciones reales realizadas en entornos hospitalarios, lo que demuestra su capacidad para simular de manera precisa las condiciones de iluminación en la práctica, tanto como los luxes que se demuestra en la simulación serán verificados mediante las normas correspondientes de la GAIH, y normativa INEN.

2.12.4. Método de lúmenes

El método descrito tiene como propósito determinar la distancia ideal entre las luminarias que garantice el nivel promedio deseado de luminancia (iluminación). Esto se logra mediante un proceso iterativo o repetitivo, donde se calculan valores con un margen de error mínimo. Se busca favorecer la recuperación de pacientes, comodidad de los trabajadores y precisión en exámenes y procedimientos médicos [35]. El proceso corresponde a un diagrama de flujo:

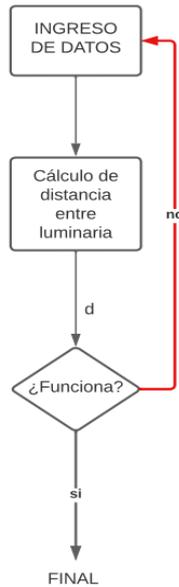


Figura 13 Diagrama de flujo del método de lúmenes

La luminancia media es un parámetro importante en el diseño de iluminación de interiores, especialmente para ambientes hospitalarios. A continuación, algunos detalles al respecto: La luminancia (cd/m^2) define el brillo o intensidad luminosa reflejada por una superficie. Cuanto más alta la luminancia, se facilitan las tareas visuales sin forzar en exceso la vista.

Para interiores, se recomiendan niveles medios de entre 300-500 cd/m^2 dependiendo del tipo de actividad: áreas generales de circulación, salas de reunión, aulas y salones de clase.

En hospitales, se requieren niveles medios más altos por la precisión necesaria, en la tabla 8 se especifica algunos lúmenes recomendados para diferentes áreas [35].

Tabla 8 Luminancia para cada área de hospitales

Área	Luminancia cd/m^2
Habitaciones de los pacientes	300
Áreas de examen	500
Salas de emergencia	1000
Quirófanos y salas de operación	2000-5000

También es muy importante la uniformidad de la luminancia (relación de valores mínimo/máximo). Se recomiendan uniformidades de al menos 0.6 para entornos médicos.

El factor de mantenimiento es otro aspecto crucial en el diseño de iluminación de interiores de hospitales. Este factor considera la degradación del flujo luminoso de las lámparas a lo largo del tiempo debido a la acumulación de suciedad y polvo, en la tabla 9 se muestra algunos valores que se debe mantener para ciertas áreas [35].

Tabla 9 Factor de mantenimiento distintos para áreas específicas

Áreas	Factor de mantenimiento
Hospitales Generales	0.70
Salas de emergencia y unidades críticas	0.80
Quirófanos y salas de operación	0.90

Esto se debe a que los interiores hospitalarios requieren una limpieza y desinfección más frecuente que reduce la acumulación de suciedad sobre las luminarias en comparación con oficinas, aulas o residencias.

Asimismo, al trabajar con niveles lumínicos más altos, no se puede permitir que la iluminación decaiga mucho antes de aplicar mantenimiento. El buen funcionamiento y rendimiento visual es esencial en todo momento.

Por ello los factores de mantenimiento típicamente especificados son superiores a 0.70 e incluso 0.90 para quirófanos u otras áreas críticas. Esto asegura una vida útil adecuada del sistema de iluminación y los niveles visuales óptimos en el tiempo.

Una vez determinados todos los factores se procede con los cálculos, como es el factor de utilización, la cual es una medida que evalúa el rendimiento de la luminaria definida como el coeficiente entre el flujo útil que está llegando al lugar de trabajo y el flujo emitido por la lámpara, y se define con la ecuación // siguiente:

$$\eta = \frac{\varphi_{util}}{\varphi_{total}}$$

Donde

η = *Es el factor de utilización*

φ_{util} = *Es el flujo util*

φ_{total} = *Es el flujo total*

2.12.5. Método del flujo inicial

Toma como datos la iluminancia (lux) promedio deseado, las dimensiones y el índice del local (relación entre altura y área). Con ese índice se halla un "flujo inicial" teórico necesario y se calcula el número de luminarias para igualar o superar ligeramente dicho valor [36].

Toma como dato inicial la iluminancia media (lux) que se desea obtener en el plano de trabajo. Por ejemplo, 500 lux para una sala de examinación de hospital. Usando tablas predeterminadas de flujo inicial según el índice K, se obtiene un "flujo inicial" teórico (lúmenes) necesario para cumplir con la iluminancia deseada [36].

Se selecciona una luminaria adecuada al espacio. Basado en su flujo luminoso unitario (lúmenes) se calcula la cantidad aproximada de luminarias requiriendo el flujo inicial. Tras la simulación en DIALux, se ajusta ligeramente el número de luminarias para cumplir la norma precisa [36].

2.13. Selección de luminarias para la simulación

En el marco de este estudio, la elección de las luminarias para interiores se ha enfocado en dos tecnologías específicas: las luminarias LED y las luminarias fluorescentes. Este proceso de selección se fundamenta en una evaluación exhaustiva que abarca aspectos cruciales como el costo asociado, los detalles específicos de las fichas y los niveles técnicos adaptados a entornos interiores. La finalidad de esta elección es optimizar la eficiencia lumínica y satisfacer las demandas particulares de un entorno crítico como el área de emergencias y quirúrgicas [37].

2.14. Luminaria LED: Selección y justificación

En el contexto del área de emergencias y quirúrgicas, se ha optado por una luminaria LED entre tres alternativas consideradas. Esta elección se fundamenta en un análisis detallado de las condiciones económicas, revelando que la luminaria seleccionada ofrece ventajas financieras, técnicas, más sustanciales en comparación con las otras dos opciones disponibles [37].

En la tabla 10 se ve de cerca tres tipos de luminarias con diferentes especificaciones.

Tabla 10 Tipos de luminaria a escoger LEDS

	LUMINARIA 1 SILVANYA	LUMINARIA 2 MAVIJU	LUMINARIA 3 LEDEX
Flujo luminoso	4000Lm	4000 Lm	4000 Lm
Consumo	36W	40 W	40 W
Eficación luminosa	111Lm/W	100Lm/W	100Lm/W
Vida útil	100,000 horas	30,000 horas	30,000 horas

La Luminaria 1 (SILVANYA) destaca por su eficiencia luminosa significativamente más alta (111Lm/W) y una vida útil más larga (100,000 horas), lo que la convierte en una opción atractiva en términos de eficiencia y durabilidad. Las luminarias 2 y 3 (MAVIJU y LEDEX) tienen eficiencia luminosa y vida útil similares, pero el consumo de la MAVIJU es ligeramente menor. Dada la prioridad en eficiencia y vida útil, la Luminaria 1 (SILVANYA) parece ser la opción más favorable desde una perspectiva técnica. Sin embargo, si la diferencia en el costo inicial es significativa, también sería relevante considerar este factor en la decisión final.

2.15. Luminarias Fluorescentes: Selección y justificación

La selección adecuada de luminarias fluorescentes desempeña un papel esencial en la planificación y diseño de espacios iluminados. Este proceso implica evaluar cuidadosamente una variedad de criterios técnicos, estéticos y económicos para garantizar un rendimiento óptimo y eficiente. En esta exploración sobre las "Luminarias Fluorescentes: Selección y Justificación", se abordará la importancia de este aspecto en la iluminación, destacando los factores clave que influyen en la elección de estas luminarias y proporcionando una justificación técnica para su uso en distintos contextos.

En la tabla 11 se especifica tres tipos de marcas para la selección.

Tabla 11 Luminarias Fluorescente candidatas para la simulación

	LUMINARIA 1 COOPER	LUMINARIA 2 SILVANYA	LUMINARIA 3 INDIKO
Flujo luminoso	4200Lm	1680Lm	865Lm
Consumo	39W	24W	36W
Eficacion luminosa	108Lm/W	70Lm/W	24Lm/W
Vida util	60000 horas	25000 horas	30000 horas

En el análisis de luminarias, destaca la Luminaria 1 (Cooper) con 4200 Lm de flujo luminoso, 39W de consumo, eficiencia luminosa de 108 Lm/W y una vida útil de 60000 horas. Aunque la Luminaria 2 (Silvanya) tiene menor consumo (24W), la Luminaria 1 es más equilibrada, ofreciendo alta eficiencia y vida útil prolongada, respaldando objetivos de eficiencia energética y calidad de iluminación. La elección técnica recomendada es la Luminaria 1 (Cooper).

2.16. Modelado en Dialux

Creación de un modelo virtual del entorno hospitalario en DIALux Evo, donde se modela el centro quirúrgico, la sala de emergencias que son de los departamentos que trabajan las 24 horas, incorporando detalles arquitectónicos y eléctricos

relevantes. Inserción precisa de datos sobre las luminarias y su disposición en el modelo virtual. Estableciendo parámetros específicos en DIALux, incluyendo horarios de operación, condiciones ambientales y requisitos lumínicos según las normativas vigentes. Sirve para detectar y corregir sombras excesivas o zonas oscuras no deseadas dentro del espacio hospitalario. Esto garantiza la uniformidad de la iluminación; crucial en quirófanos y salas de examinación. También en la ejecución de simulaciones lumínicas para evaluar la distribución de la iluminación en diferentes áreas del hospital. Análisis de resultados para determinar la cantidad de luz incidente en cada zona y verificar el cumplimiento de los estándares establecidos [38].

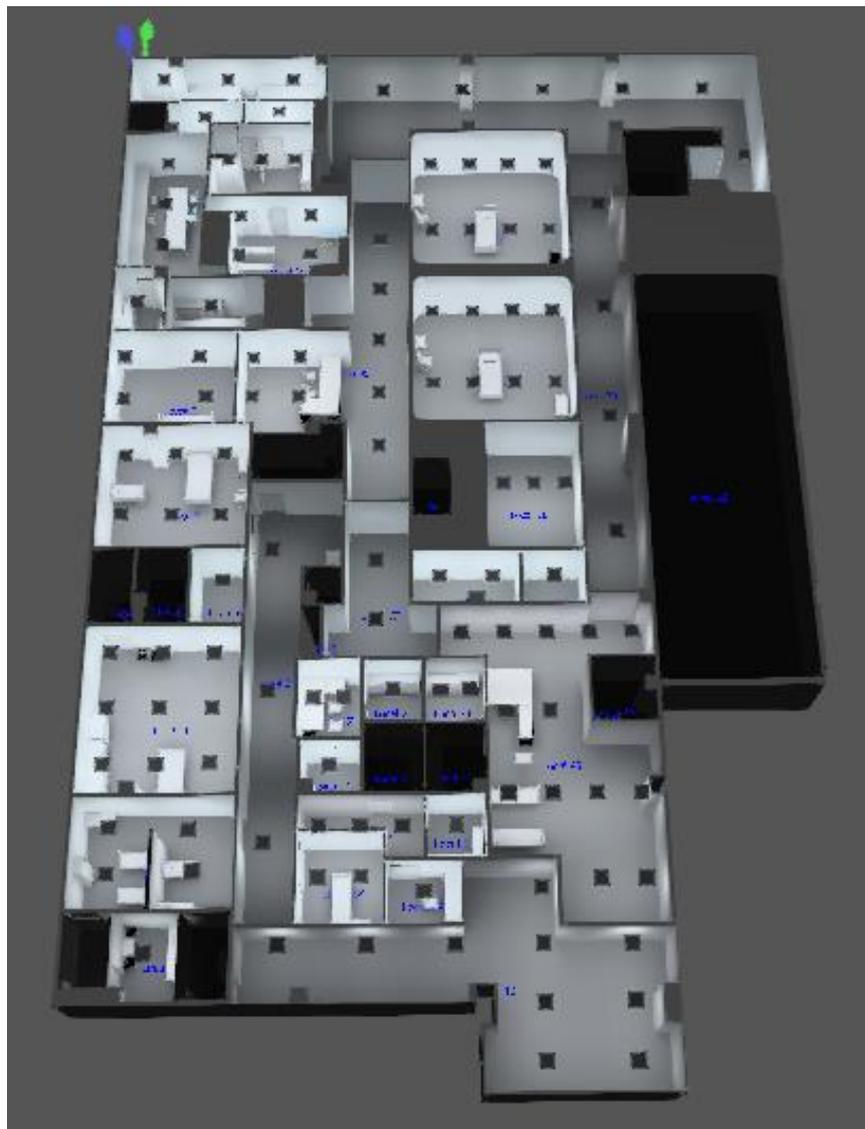


Figura 14 Centro Quirúrgico en DIALUX EVO

2.17. Simulación del Área de emergencias en dialux evo

En el proceso de diseño y evaluación del sistema de emergencia, se inicia con un análisis minucioso del plano correspondiente. Este análisis sirve como punto de partida para llevar a cabo una simulación integral que garantice la eficacia y seguridad del área de emergencia [39]. Los datos previamente recolectados del plano se convierten en insumos cruciales para la siguiente fase, que consiste en la entrada de información detallada en el software Dialux.

Dentro del entorno de simulación, se implementarán dos tipos específicos de luminarias diseñadas para abordar las necesidades particulares del área de emergencia. Estas luminarias han sido seleccionadas cuidadosamente con el objetivo de asegurar una iluminación óptima y eficiente en situaciones de emergencia [40].

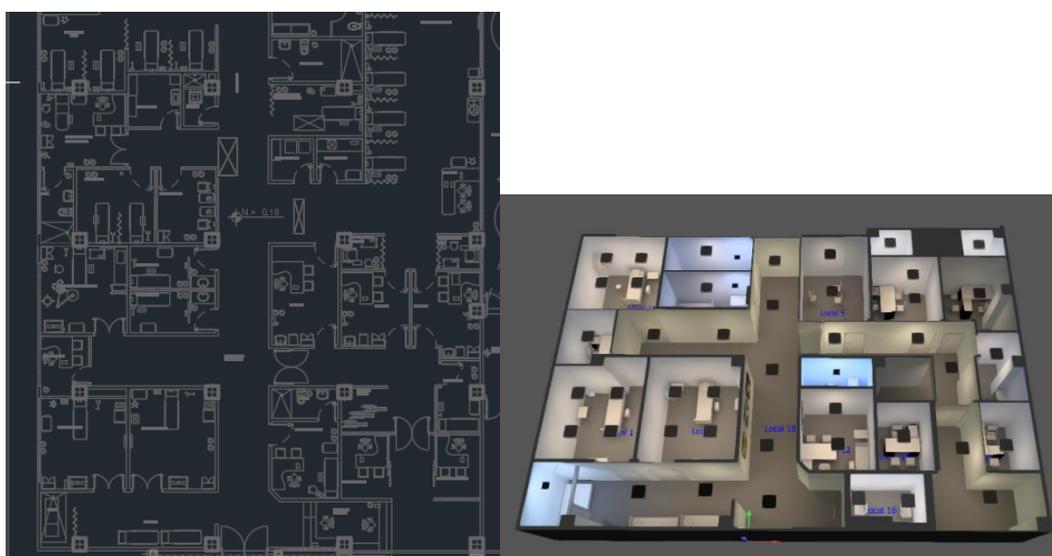


Figura 15 Lado izquierdo en 2D del área de emergencia y lado derecho su respectiva simulación

2.18. Simulación del Área quirúrgico

La simulación en el ámbito quirúrgico ha emergido como una herramienta crucial para mejorar la formación y el rendimiento de los profesionales de la salud. La recreación fiel del entorno quirúrgico proporciona una plataforma segura y controlada para el entrenamiento de habilidades, la toma de decisiones y la coordinación del equipo médico. En este contexto, la simulación no solo se ha

convertido en una herramienta indispensable para el desarrollo de competencias clínicas, sino también en un medio efectivo para evaluar y mejorar la eficiencia operativa en el quirófano [41]. Esta investigación se adentrará en la simulación del área quirúrgica, explorando su impacto en la formación médica, la mejora de la seguridad del paciente y la optimización de los procesos hospitalarios, en la ilustración 15 se observa el área que se ha simulado.

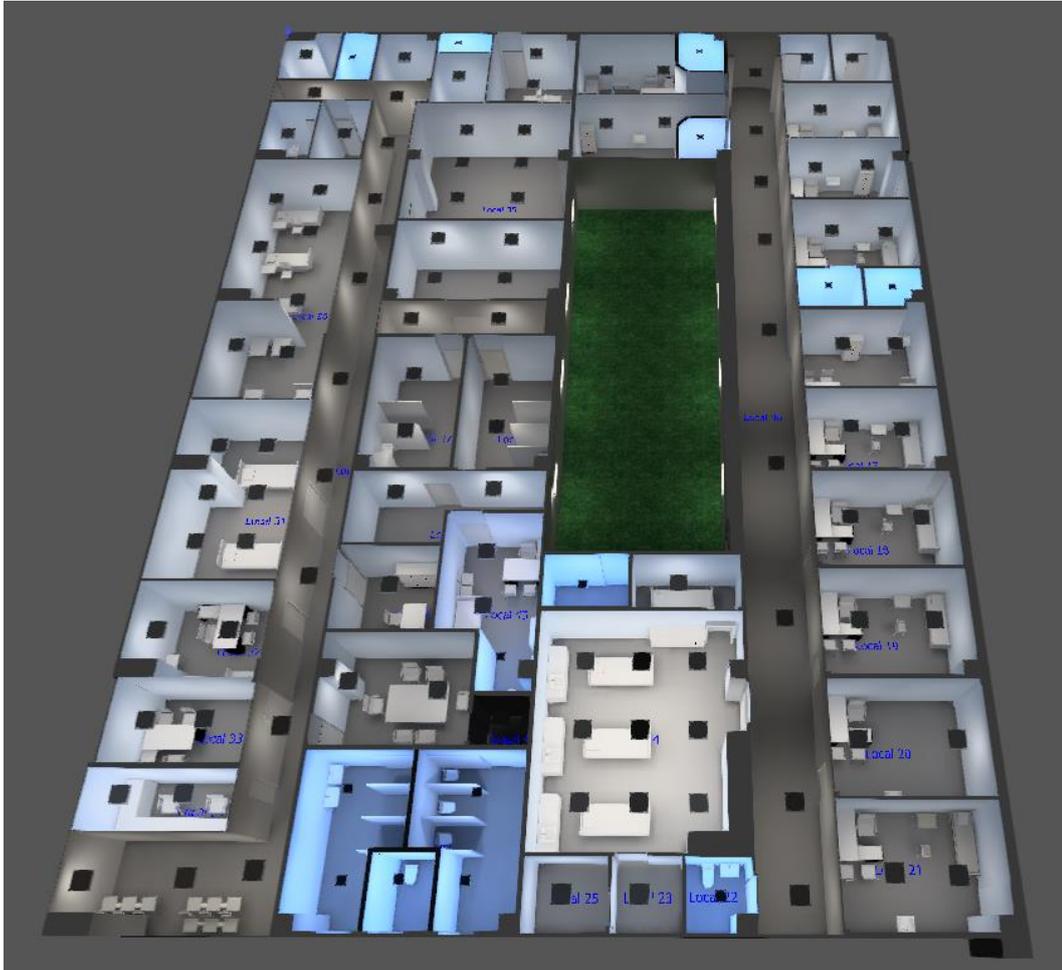


Figura 16 Área simulada del centro Quirúrgico

III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se presentan de manera integral todos los resultados derivados del proyecto, junto con los criterios de diseño pertinentes que se tuvieron en cuenta durante su desarrollo.

Es importante destacar que la obtención de todos los resultados plasmados en este capítulo se llevó a cabo mediante el uso de diversas herramientas de software. En la actualidad, estos programas se han convertido en instrumentos esenciales para el diseño de sistemas de iluminación. Por esta razón, no se realizaron cálculos manualmente ni se empleó algún otro programa adicional. La normativa vigente exige la presentación de resultados obtenidos a través de simulaciones, y en este contexto, se optó por la utilización del software DIALux Evo. Esta plataforma cuenta con certificación de entes reguladores reconocidos, como ARC, REBT, CENACE, entre otros, lo que asegura resultados con la máxima precisión posible [39].

La elección de DIALux Evo no solo se basa en su certificación, sino también en la eficiencia que proporcionan. Esto no solo reduce el tiempo necesario para la entrega de resultados, sino que también ofrece una experiencia visual que permite observar cómo se materializaría el diseño en la realidad.

3. Área de emergencias

Dentro del hospital se tiene la sección de área de emergencia que funciona las veinticuatro horas del día. A continuación, se muestra los resultados de la simulación con diferentes tipos de luminarias (LED Y FLUORESCENTES) y el análisis [40].

El área de emergencia se dividió por 18 locales, cada uno representa y tiene su nivel de iluminación. En la ilustración 16 se observa como está distribuido los locales.



Figura 17 Distribución de locales

3.1. Resultados de luminarias tipo LED

Las luminarias ubicadas en el interior del área de emergencia están siguiendo la guía de acabados de hospitales, entonces en la figura 17 se ve de forma general los luxes para cada local.

La iluminación en entornos hospitalarios y salas de consulta desempeña dos funciones esenciales: asegurar condiciones óptimas para llevar a cabo las tareas correspondientes y contribuir a una atmósfera que brinde comodidad al paciente. Una iluminación adecuada no solo puede afectar el estado de ánimo, sino que, cuando se combina con otros elementos, puede desempeñar un papel significativo en el proceso de recuperación del paciente.

Al analizar el diseño de la iluminación en un hospital, se nota la presencia de diversas tareas en espacios variados, cada una requiriendo un enfoque específico.

La iluminación de un quirófano, por ejemplo, se abordará de manera diferente a la de una lavandería, una sala de consulta o una cafetería. Cada espacio y las actividades que se realizan en él tienen requisitos de iluminación particulares y específicos.

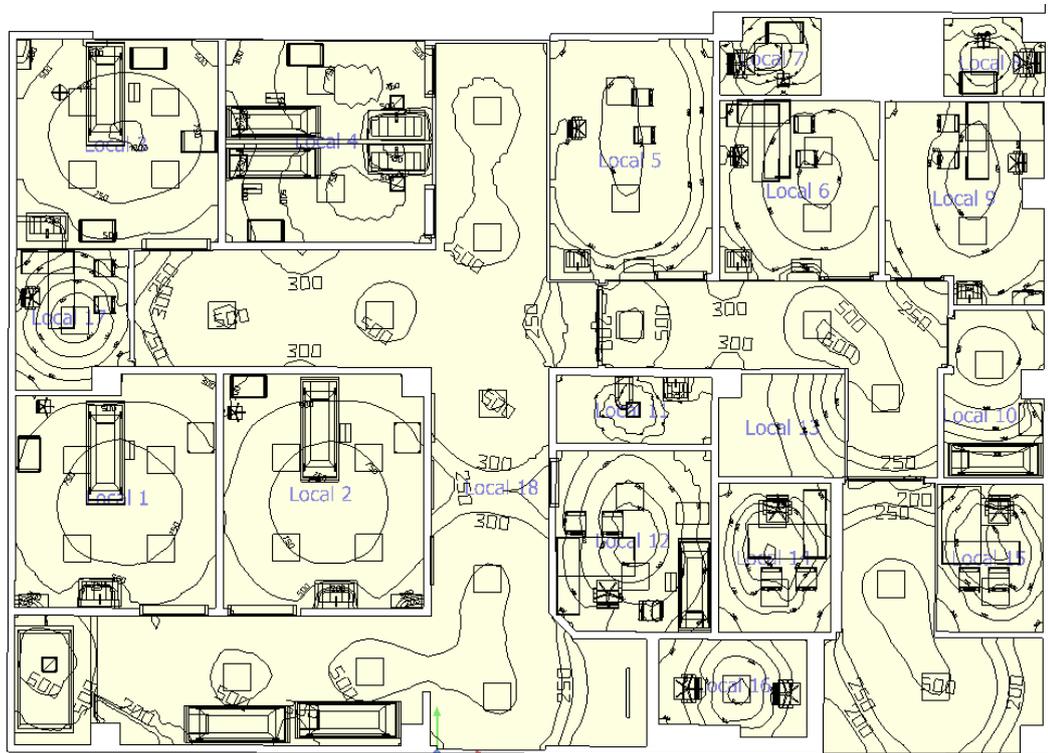


Figura 18 Sumario de resultados

Todos los locales evaluados cumplen con la norma establecida para los niveles de iluminación recomendados. En general, se observa que los luxes registrados en cada local están dentro de los rangos sugeridos por la normativa. Los resultados indican que diferentes tipos de espacios, como consultas, oficinas, baños, bodegas, recepción y pasillos, han sido evaluados en cuanto a iluminación. Cada local parece haber sido tratado de acuerdo con los requisitos específicos de iluminación según su función.

Se observa en la tabla 11 que áreas críticas, como consultas y la recepción, cumplen con los niveles recomendados. Esto es crucial para garantizar condiciones adecuadas para la realización de tareas médicas y para la comodidad de los pacientes.

Tabla 12 Resultados de la simulación, con su respectiva aceptación si cumple o no la norma

LAMPARAS LED			
LOCALES	LUXES	LUXES RECOMENDADOS POR LA NORMA	CUMPLE SI O NO
LOCAL 1 CONSULTA	620	400 a 1000 Lx	Si
LOCAL 2 CONSULTA	602	400 a 1000 Lx	Si
LOCAL 3 CONSULTA	672	400 a 1000 Lx	Si
LOCAL 4 CUARTO DE CONSULTA	526	400 a 1000 Lx	Si
LOCAL 5 OFICINA	360	300 a 1000 Lx	Si
LOCAL 6 OFICINA	469	300 a 1000 Lx	Si
LOCAL 7 CONSULTA	645	400 a 1000 Lx	Si
LOCAL 8 CONSULTA	646	400 a 1000 Lx	Si
LOCAL 9 CONSULTA	451	400 a 1000 Lx	Si
LOCAL 10 CONSULTA	364	400 a 1000 Lx	Si
LOCAL 11 BAÑOS	632	100 Lx	Si
LOCAL 12 CONSULTA	496	400 a 1000 Lx	Si
LOCAL 13 BODEGA	134	100 Lx	Si
LOCAL 14 OFICINA	725	300 a 1000 Lx	Si
LOCAL 15 OFICINA	755	300 a 1000 Lx	Si
LOCAL 16 RECEPCION	759	300 a 1000 Lx	Si
LOCAL 17 CONSULTA	409	400 a 1000 Lx	Si
LOCAL 18 PASILLO	400	300 a 1000 Lx	Si

3.2. Resultados de iluminación Fluorescentes

La iluminación fluorescente desempeña un papel fundamental en entornos como hospitales y salas de consulta, donde la calidad lumínica no solo es una cuestión estética, sino que también influye directamente en la eficiencia de las tareas y en el bienestar de los pacientes. En el análisis del diseño lumínico en estos espacios, se observa la necesidad de abordar de manera específica las diversas tareas realizadas en áreas variadas.

Al igual que en el caso de las luminarias LED en el área de emergencia, la

iluminación fluorescente se rige por estándares y normativas específicas, especialmente en entornos hospitalarios donde se prioriza la seguridad y el confort. En la ilustración 18 se presenta dónde están ubicadas dichas luminarias, detallando los niveles de lux para cada local dentro del hospital, siguiendo las pautas establecidas para garantizar condiciones óptimas.

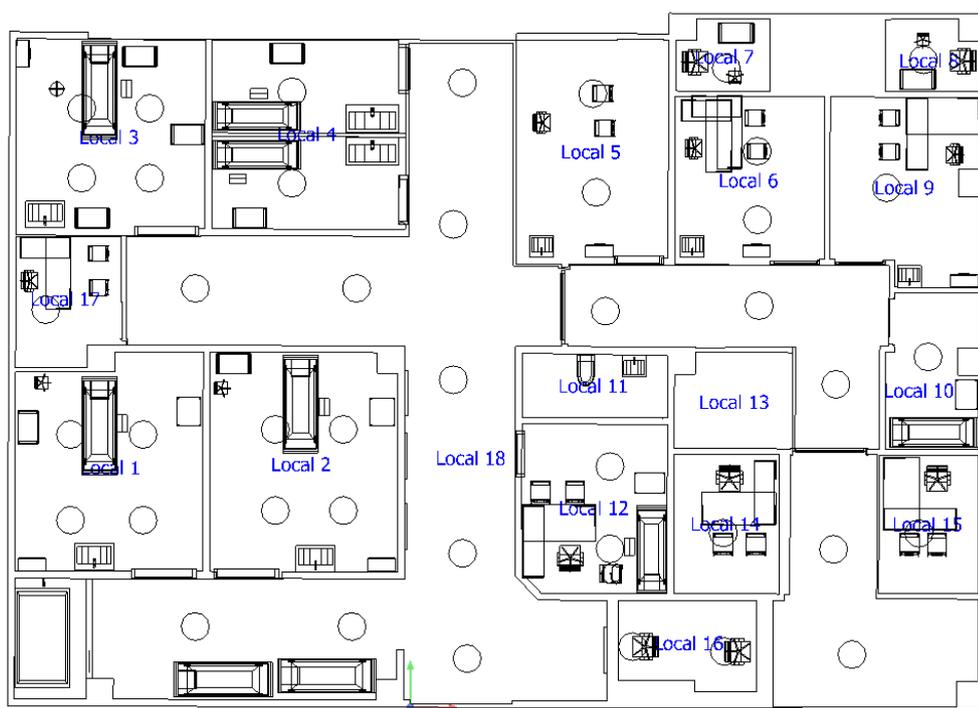


Figura 19 Ubicación de luminarias fluorescentes

En la tabla 13, al evaluar los resultados, se destaca que todos los locales analizados cumplen con los niveles de iluminación recomendados por las normativas vigentes. Los luxes registrados en consultas, oficinas, baños, bodegas, recepción y pasillos se encuentran dentro de los rangos sugeridos, indicando un diseño lumínico que atiende de manera específica los requisitos de cada área. Además, se observa que áreas críticas como consultas y la recepción cumplen con los niveles recomendados, asegurando condiciones óptimas tanto para la realización de tareas médicas como para la comodidad de los pacientes.

Tabla 13 Tabla de resultados de luxes en el área de emergencias

<i>ÁREA DE EMERGENCIA.</i>			
<i>LOCALES</i>	<i>LUXES</i>	<i>LUXES RECOMENDADOS POR LA NORMA</i>	<i>CUMPLE SI O NO</i>
<i>LOCAL 1 CONSULTA</i>	<i>666</i>	<i>400 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 2 CONSULTA</i>	<i>655</i>	<i>400 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 3 CONSULTA</i>	<i>724</i>	<i>400 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 4 CUARTO DE CONSULTA</i>	<i>476</i>	<i>400 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 5 OFICINA</i>	<i>384</i>	<i>300 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 6 OFICINA</i>	<i>493</i>	<i>300 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 7 CONSULTA</i>	<i>632</i>	<i>400 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 8 CONSULTA</i>	<i>644</i>	<i>400 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 9 CONSULTA</i>	<i>464</i>	<i>400 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 10 CONSULTA</i>	<i>708</i>	<i>400 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 11 BAÑOS</i>	<i>499</i>	<i>100 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 12 CONSULTA</i>	<i>516</i>	<i>400 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 13 BODEGA</i>	<i>537</i>	<i>100 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 14 OFICINA</i>	<i>737</i>	<i>300 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 15 OFICINA</i>	<i>782</i>	<i>300 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 16 RECEPCION</i>	<i>787</i>	<i>300 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 17 CONSULTA</i>	<i>408</i>	<i>400 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>
<i>LOCAL 18 PASILLO</i>	<i>404</i>	<i>300 a 1000 Lx</i>	<i>Si</i>

3.3. Área de cirugía

La iluminación en el área de cirugías dentro de los hospitales desempeña un papel crucial en la realización de procedimientos médicos delicados y precisos. Este entorno demanda condiciones lumínicas específicas que van más allá de la simple visibilidad, ya que la iluminación adecuada en el quirófano es esencial para garantizar la seguridad del paciente y proporcionar un entorno propicio para la labor del personal médico. En el diseño lumínico de salas de cirugía, se debe tener en cuenta no solo la intensidad de la luz, sino también la calidad del color y la

distribución uniforme de la iluminación. La capacidad de los cirujanos para distinguir detalles finos, percibir colores con precisión y evitar sombras indeseadas son aspectos críticos que la iluminación debe abordar de manera meticulosa. Al destacar la simulación que se ve en la ilustración 19 realizada con ambos tipos de luminarias, se subraya la importancia de la toma de decisiones informadas y personalizadas en la implementación de sistemas de iluminación en áreas críticas como las salas de cirugía. Este enfoque hacia la excelencia y la adaptabilidad demuestra la búsqueda constante de la mejora continua en la infraestructura hospitalaria ecuatoriana.

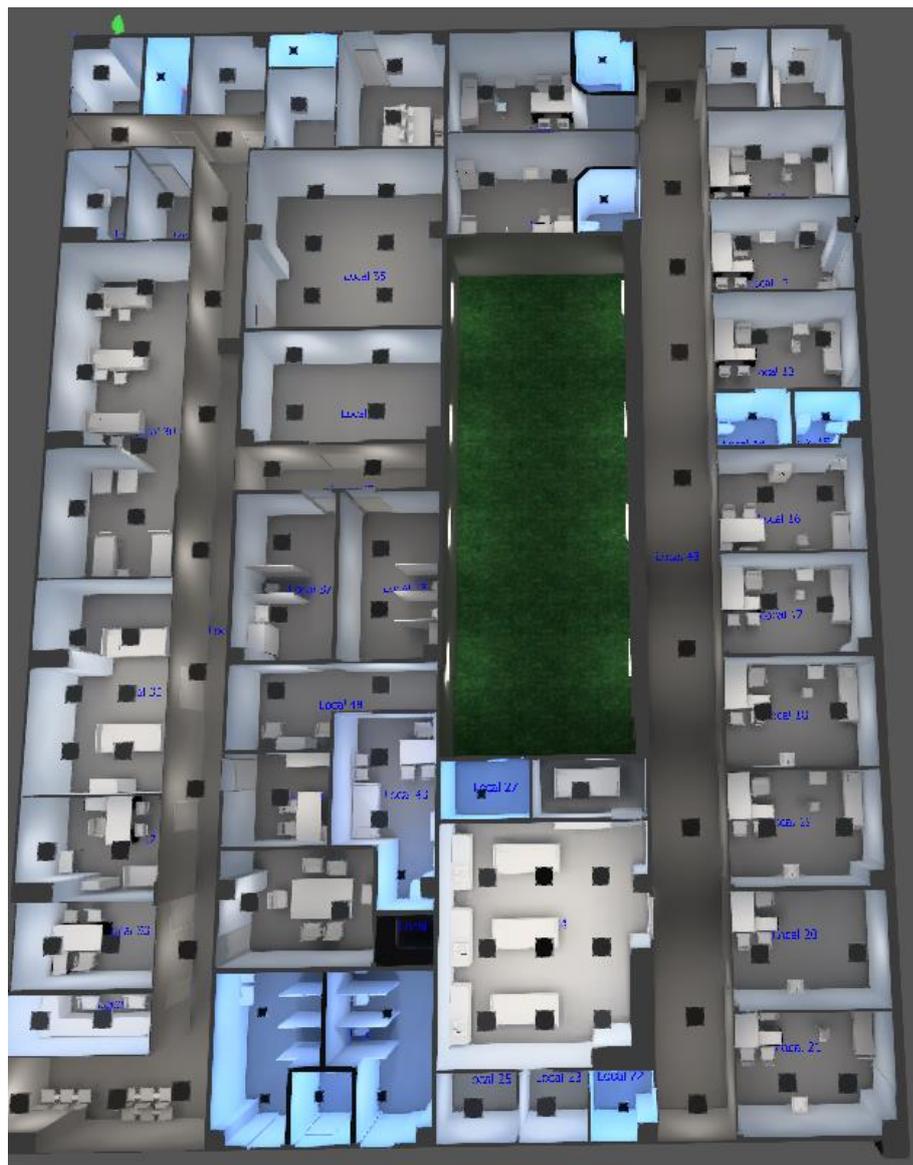


Figura 20 Vista general del área de cirugía

3.4. Resultados de la simulación LED

La transición hacia la iluminación LED en entornos hospitalarios, específicamente en áreas de cirugía, representa un avance significativo en términos de eficiencia energética y calidad de la iluminación. En la siguiente tabla se muestran los resultados:

Tabla 14 Resultados del área de cirugía

AREA DE CIRUGIA			
RESULTADOS LED			
LOCAL	LUXES	NORMA LX	CUMPLE
1	918	300 a 500	si
LOCAL 2 BODEGA	606	300 a 500	si
LOCAL 3 BODEGA	833	300 a 500	si
LOCAL 4 BODEGA	796	300 a 500	si
LOCAL 5 BODEGA	868	300 a 500	si
LOCAL 6 OFICINA	667	300 a 500	si
LOCAL 7 CONSULTORIO	523	300 a 700	si
LOCAL 8 CONSULTORIO	489	300 a 700	si
LOCAL 9 OFICINA	484	300 a 500	si
LOCAL 10 OFICINA	876	300 a 500	si
LOCAL 11 CONSULTORIO	694	300 a 700	si
LOCAL 12 CONSULTORIO	668	300 a 700	si
LOCAL 13 CONSULTORIO	653	300 a 700	si
LOCAL 14 BAÑO	639	100 a 300	si
LOCAL 15 BAÑO	737	101 a 300	si
LOCAL 16 CONSULTORIO	646	300 a 700	si
LOCAL 17 CONSULTORIO	700	300 a 700	si
LOCAL 18 CONSULTORIO	656	300 a 700	si
LOCAL 19 CONSULTORIO	653	300 a 700	si
LOCAL 20 CONSULTORIO	653	300 a 700	si
LOCAL 21 CONSULTORIO	652	300 a 700	si
LOCAL 22 BAÑO	675	100 a 300	si
LOCAL 23 OFICINA	662	300 a 500	si

LOCAL 24 SALA DE REPOSO	518	1000 a 3000	si
LOCAL 25 OFICINA	600	300 a 500	si
LOCAL 26 CAMILLA	883	300 a 500	si
LOCAL 27 BODEGA	576	300 a 500	si
LOCAL 28 OFICINA	846	300 a 500	si
LOCAL 29 OFICINA	717	300 a 500	si
LOCAL 30 SALA DE REPOSO	1111	300 a 500	si
LOCAL 31 SALA DE REPOSO	300	300 a 500	si
LOCAL 32 CONSULTORIO	525	300 a 500	si
LOCAL 33 OFICINA	320	300 a 500	si
LOCAL 34 RECEPCION	420	300 a 500	si
LOCAL 35 OPERACIÓN	1068	1000 a 3000	si
LOCAL 36 SALA	1366	300 a 500	si
LOCAL 37 SALA	1475	300 a 500	si
LOCAL 38 SALA	1365	300 a 500	si
LOCAL 39 SALA	648	300 a 500	si
LOCAL 40 OFICINA	648	300 a 500	si
LOCAL 41 OFICINA	511	300 a 500	si
LOCAL 42 CONSULTORIO	669	300 a 500	si
LOCAL 43 CONSUTLORIO	647	300 a 500	si
LOCAL 44 SALA	158	50 a 200	si
LOCAL 45 SALA	447	300 a 500	si
LOCAL 46 SALA	447	300 a 500	si
LOCAL 47 SALA	636	300 a 500	si
LOCAL 48 SALA	606	300 a 500	si

3.5.Resultados fluorescentes área de cirugía

Tabla 15 Resultado de los luxes medidos área de cirugía

AREA DE CIRUGIA			
RESULTADOS FLUORESCENTES			
LOCAL	LUXES	NORMA LX	CUMPLE
LOCAL 1 BODEGA	459	300 a 500	si
LOCAL 2 BODEGA	305	300 a 500	si
LOCAL 3 BODEGA	426	300 a 500	si
LOCAL 4 BODEGA	756	300 a 500	si
LOCAL 5 BODEGA	650	300 a 500	si
LOCAL 6 OFICINA	659	300 a 500	si
LOCAL 7 CONSULTORIO	524	300 a 700	si
LOCAL 8 CONSULTORIO	364	300 a 700	si
LOCAL 9 OFICINA	452	300 a 500	si
LOCAL 10 OFICINA	661	300 a 500	si
LOCAL 11 CONSULTORIO	466	300 a 700	si
LOCAL 12 CONSULTORIO	660	300 a 700	si
LOCAL 13 CONSULTORIO	648	300 a 700	si
LOCAL 14 BAÑO	597	100 a 300	si
LOCAL 15 BAÑO	668	101 a 300	si
LOCAL 16 CONSULTORIO	640	300 a 700	si
LOCAL 17 CONSULTORIO	474	300 a 700	si
LOCAL 18 CONSULTORIO	657	300 a 700	si
LOCAL 19 CONSULTORIO	655	300 a 700	si
LOCAL 20 CONSULTORIO	653	300 a 700	si
LOCAL 21 CONSULTORIO	654	300 a 700	si
LOCAL 22 BAÑO	648	100 a 300	si
LOCAL 23 OFICINA	617	300 a 500	si
LOCAL 24 SALA DE REPOSO	543	1000 a 3000	si
LOCAL 25 OFICINA	565	300 a 500	si
LOCAL 26 CAMILLA	662	300 a 500	si
LOCAL 27 BODEGA	542	300 a 500	si

LOCAL 28 OFICINA	604	300 a 500	si
LOCAL 29 OFICINA	528	300 a 500	si
LOCAL 30 SALA DE REPOSO	409	300 a 500	si
LOCAL 31 SALA DE REPOSO	458	300 a 500	si
LOCAL 32 CONSULTORIO	513	300 a 500	si
LOCAL 33 OFICINA	576	300 a 500	si
LOCAL 34 RECEPCION	621	300 a 500	si
LOCAL 35 OPERACIÓN	586	1000 a 3000	si
LOCAL 36 SALA	615	300 a 500	si
LOCAL 37 SALA	526	300 a 500	si
LOCAL 38 SALA	482	300 a 500	si
LOCAL 39 SALA	491	300 a 500	si
LOCAL 40 OFICINA	637	300 a 500	si
LOCAL 41 OFICINA	352	300 a 500	si
LOCAL 42 CONSULTORIO	665	300 a 500	si
LOCAL 43 CONSUTLORIO	511	300 a 500	si
LOCAL 44 SALA	138	50 a 200	si
LOCAL 45 SALA	235	200 a 500	si
LOCAL 46 SALA	236	200 a 500	si
LOCAL 47 SALA	535	300 a 500	si
LOCAL 48 SALA	545	300 a 500	si

3.6. Análisis de los datos obtenidos

Para seleccionar la mejor luminaria para el área de cirugía, es crucial considerar varios factores, incluyendo la calidad de la luz, la eficiencia energética, la durabilidad y la seguridad. En este contexto, la tecnología LED emerge como la opción más favorable.

Las luminarias LED ofrecen una serie de ventajas sobre las luminarias fluorescentes tradicionales. En primer lugar, proporcionan una calidad de luz superior con una reproducción cromática precisa, lo cual es esencial en entornos quirúrgicos donde la visibilidad detallada es crítica. Además, las luminarias LED tienen una vida útil significativamente más larga que las fluorescentes, lo que reduce los costos de

mantenimiento y reemplazo a lo largo del tiempo.

En términos de eficiencia energética, las luminarias LED son líderes indiscutibles. Consumen considerablemente menos energía que las luminarias fluorescentes mientras generan una cantidad comparable o mayor de luz, lo que resulta en ahorros significativos en costos operativos a lo largo de la vida útil de la luminaria. La seguridad también es un factor clave a considerar en el entorno quirúrgico. Las luminarias LED no contienen mercurio ni otros materiales peligrosos, lo que las hace más seguras tanto para los pacientes como para el personal médico.

3.7. Consumo obtenido

*Para obtener datos más reales, nos vamos a basar en el área de cirugía y el área de emergencia, que son las que abarcan más luminarias y más cargas. Entonces, procedemos a hacer los cálculos necesarios para las luminarias Led y las luminarias Fluorescentes, sabiendo que en Cayambe el kW/h está a 0.09 usd. En la tabla siguiente se muestran los datos que se va a ocupar para dicho cálculo. Las luminarias totales son **176 luminarias para el tipo Led y 240 luminarias para el tipo fluorescente** para el área de cirugía y emergencias, para que esto pueda cumplir con el requerimiento de luxes mínimos y estimando unas 8 horas diarias de trabajo.*

Tabla 16 Datos de luminaria para los cálculos

LUMINARIA TIPO	ESPECIFICACIONES
LUMINARIA TIPO LED	4000Lm 36W 111Lm/W 100,000 horas
LUMINARIA TIPO FLUORESCENTE	LUMINARIA 1 COOPER
	4200Lm 39W 108Lm/W 60000 horas

3.8. Estimación de vida útil

Para las luminarias LED

$$\text{Años vida} = \frac{\text{Horas de vida útil}}{\text{Horas en un año}}$$

$$\text{Años vida} = \frac{100000}{8760}$$

$$\text{Años vida} = 11.42 \text{ años}$$

Para las luminarias Fluorescentes

$$\text{Años vida} = \frac{\text{Horas de vida útil}}{\text{Horas en un año}}$$

$$\text{Años vida} = \frac{60000}{8760}$$

$$\text{Años vida} = 6.85 \text{ años}$$

La luminaria tipo LED tiene una vida útil estimada de aproximadamente 11.42 años. La luminaria tipo fluorescente tiene una vida útil estimada de aproximadamente 6.85 años. Estos cálculos proporcionan una estimación de la vida útil promedio de las luminarias y pueden variar según las condiciones de uso y otros factores ambientales.

Para abordar estos cálculos nos remitimos a diferentes factores de simultaneidad para comprobar en si la eficacia de la luminosidad que tienen distintas subáreas de las áreas de emergencia y cirugía, de la tabla 17 utilizamos los valores dependiendo de cada subárea, por lo cual la potencia total tanto de iluminación LED como FLUORESCENTE. *La potencia total de la iluminación led es de 4,0788 kW, y para la luminaria fluorescente es de 7,0512 kW, con estos datos obtenidos podemos calcular el consumo diario, mensual y anual.*

Tabla 17 Subáreas con su factor de simultaneidad

Subáreas	Factor de simultaneidad
Oficinas, Bodegas y consultorios	0.4 a 0.6
Camillas y salas de operación	0.6 a 1

Para mayor claridad de los datos, nos dirigimos a las tablas 17 y 18 que muestran los factores de simultaneidad utilizados para cada área.

Tabla 18 Luminaria Led con su factor de simultaneidad

LUMINARIAS LED (CIRUGIA Y EMERGENCIA)					
EMERGENCIA					
LOCAL	# LUMINARIAS	POTENCIA DE LA LUMINARIA	P.TOTAL W	F. U	P.UTIL
LOCAL 1 CONSULTA	4	36	144	0,6	86,4
LOCAL 2 CONSULTA	4	36	144	0,6	86,4
LOCAL 3 CONSULTA	4	36	144	0,6	86,4
LOCAL 4 CONSULTA	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 5 OFICINA	2	36	72	0,5	36
LOCAL 6 OFICINA	2	36	72	0,5	36
LOCAL 7 CONSULTA	1	36	36	0,6	21,6
LOCAL 8 CONSULTA	1	36	36	0,6	21,6
LOCAL 9 CONSULTA	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 10 CONSULTA	1	36	36	0,6	21,6
LOCAL 11 BAÑOS	1	36	36	0,3	10,8
LOCAL 12 CONSULTA	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 13 BODEGA	1	36	36	0,4	14,4
LOCAL 14 OFICINA	1	36	36	0,5	18
LOCAL 15 OFICINA	1	36	36	0,5	18
LOCAL 16 RECEPCION	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 17 CONSULTA	1	36	36	0,6	21,6
LOCAL 18 PASILLO	14	36	504	0,4	201,6
	46				853,2
CIRUGIA					
LOCAL 1 BODEGA	1	36	36	0,4	14,4
LOCAL 2 BODEGA	1	36	36	0,4	14,4
LOCAL 3 BODEGA	1	36	36	0,4	14,4

LOCAL 4 BODEGA	1	36	36	0,4	14,4
LOCAL 5 BODEGA	1	36	36	0,4	14,4
LOCAL 6 OFICINA	3	36	108	0,5	54
LOCAL 7 CONSULTORIO	3	36	108	0,6	64,8
LOCAL 8 CONSULTORIO	3	36	108	0,6	64,8
LOCAL 9 OFICINA	1	36	36	0,5	18
LOCAL 10 OFICINA	2	36	72	0,5	36
LOCAL 11 CONSULTORIO	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 12 CONSULTORIO	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 13 CONSULTORIO	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 14 BAÑO	2	36	72	0,3	21,6
LOCAL 15 BAÑO	2	36	72	0,3	21,6
LOCAL 16 CONSULTORIO	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 17 CONSULTORIO	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 18 CONSULTORIO	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 19 CONSULTORIO	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 20 CONSULTORIO	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 21 CONSULTORIO	2	36	72	0,6	43,2
LOCAL 22 BAÑO	1	36	36	0,3	10,8
LOCAL 23 OFICINA	1	36	36	0,5	18
LOCAL 24 SALA DE REPOSO	6	36	216	0,8	172,8
LOCAL 25 OFICINA	1	36	36	0,5	18

LOCAL 26 CAMILLA	1	36	36	0,8	28,8
LOCAL 27 BODEGA	1	36	36	0,4	14,4
LOCAL 28 OFICINA	1	36	36	0,5	18
LOCAL 29 OFICINA	1	36	36	0,5	18
LOCAL 30 SALA DE REPOSO	6	36	216	0,8	172,8
LOCAL 31 SALA DE REPOSO	3	36	108	0,8	86,4
LOCAL 32 CONSULTORIO	1	36	36	0,6	21,6
LOCAL 33 OFICINA	1	36	36	0,5	18
LOCAL 34 RECEPCION	1	36	36	0,4	14,4
LOCAL 35 OPERACIÓN	9	36	324	1	324
LOCAL 36 SALA	9	36	324	1	324
LOCAL 37 SALA	3	36	108	1	108
LOCAL 38 SALA	3	36	108	1	108
LOCAL 39 SALA	2	36	72	1	72
LOCAL 40 OFICINA	3	36	108	0,5	54
LOCAL 41 OFICINA	6	36	216	0,5	108
LOCAL 42 CONSULTORIO	1	36	36	0,6	21,6
LOCAL 43 CONSUTLORIO	3	36	108	0,6	64,8
LOCAL 44 NATURALEZA	12	36	432	0,5	216
LOCAL 45 SALA PASILLO	13	36	468	0,4	187,2
LOCAL 46 SALA PASILLO	13	36	468	0,4	187,2
LOCAL 47 PASILLO	3	36	108	0,4	43,2
LOCAL 48 OFICINA	3	36	108	0,5	54
					3225,6
POTENCIA TOTAL DE LAS 2 AREAS LED					4,0788 kW

Tabla 19 Luminaria Fluorescente con su factor de simultaneidad

LUMINARIAS FLUORESCENTE (CIRUGIA Y EMERGENCIA)					
EMERGENCIA					
LOCAL	# LUMINARI AS	POTENCI A DE LA LUMINAR IA	P. TOTAL W	F. U	P.UTI L
LOCAL 1 CONSULTA	4	39	156	0,6	93,6
LOCAL 2 CONSULTA	4	39	156	0,6	93,6
LOCAL 3 CONSULTA	4	39	156	0,6	93,6
LOCAL 4 CONSULTA	4	39	156	0,6	93,6
LOCAL 5 OFICINA	2	39	78	0,5	39
LOCAL 6 OFICINA	2	39	78	0,5	39
LOCAL 7 CONSULTA	1	39	39	0,6	23,4
LOCAL 8 CONSULTA	1	39	39	0,6	23,4
LOCAL 9 CONSULTA	2	39	78	0,6	46,8
LOCAL 10 CONSULTA	2	39	78	0,6	46,8
LOCAL 11 BAÑOS	1	39	39	0,3	11,7
LOCAL 12 CONSULTA	2	39	78	0,6	46,8
LOCAL 13 BODEGA	1	39	39	0,4	15,6
LOCAL 14 OFICINA	2	39	78	0,5	39
LOCAL 15 OFICINA	2	39	78	0,5	39
LOCAL 16 RECEPCION	2	39	78	0,6	46,8
LOCAL 17 CONSULTA	1	39	39	0,6	23,4
LOCAL 18 PASILLO	14	39	546	0,4	218,4
	51				1033,5
CIRUGIA					
LOCAL 1 BODEGA	2	39	78	0,4	31,2
LOCAL 2 BODEGA	1	39	39	0,4	15,6
LOCAL 3 BODEGA	1	39	39	0,4	15,6
LOCAL 4 BODEGA	2	39	78	0,4	31,2
LOCAL 5 BODEGA	3	39	117	0,4	46,8
LOCAL 6 OFICINA	6	39	234	0,5	117
LOCAL 7 CONSULTORIO	8	39	312	0,6	187,2

LOCAL 8 CONSULTORIO	6	39	234	0,6	140,4
LOCAL 9 OFICINA	2	39	78	0,5	39
LOCAL 10 OFICINA	3	39	117	0,5	58,5
LOCAL 11 CONSULTORIO	4	39	156	0,6	93,6
LOCAL 12 CONSULTORIO	6	39	234	0,6	140,4
LOCAL 13 CONSULTORIO	6	39	234	0,6	140,4
LOCAL 14 BAÑO	2	39	78	0,3	23,4
LOCAL 15 BAÑO	2	39	78	0,3	23,4
LOCAL 16 CONSULTORIO	6	39	234	0,6	140,4
LOCAL 17 CONSULTORIO	4	39	156	0,6	93,6
LOCAL 18 CONSULTORIO	6	39	234	0,6	140,4
LOCAL 19 CONSULTORIO	6	39	234	0,6	140,4
LOCAL 20 CONSULTORIO	6	39	234	0,6	140,4
LOCAL 21 CONSULTORIO	6	39	234	0,6	140,4
LOCAL 22 BAÑO	2	39	78	0,3	23,4
LOCAL 23 OFICINA	2	39	78	0,5	39
LOCAL 24 SALA DE REPOSO	12	39	468	0,8	374,4
LOCAL 25 OFICINA	2	39	78	0,5	39
LOCAL 26 CAMILLA	2	39	78	0,8	62,4
LOCAL 27 BODEGA	2	39	78	0,4	31,2
LOCAL 28 OFICINA	3	39	117	0,5	58,5
LOCAL 29 OFICINA	3	39	117	0,5	58,5
LOCAL 30 SALA DE REPOSO	10	39	390	0,8	312

LOCAL 31 SALA DE REPOSO	7	39	273	0,8	218,4
LOCAL 32 CONSULTORIO	4	39	156	0,6	93,6
LOCAL 33 OFICINA	4	39	156	0,5	78
LOCAL 34 RECEPCION	3	39	117	0,4	46,8
LOCAL 35 OPERACIÓN	12	39	468	1	468
LOCAL 36 SALA	8	39	312	1	312
LOCAL 37 SALA	6	39	234	1	234
LOCAL 38 SALA	6	39	234	1	234
LOCAL 39 SALA	3	39	117	1	117
LOCAL 40 OFICINA	6	39	234	0,5	117
LOCAL 41 OFICINA	8	39	312	0,5	156
LOCAL 42 CONSULTORIO	1	39	39	0,6	23,4
LOCAL 43 CONSUTLORIO	5	39	195	0,6	117
LOCAL 44 NATURALEZA	12	39	468	0,5	234
LOCAL 45 SALA PASILLO	16	39	624	0,4	249,6
LOCAL 46 SALA PASILLO	16	39	624	0,4	249,6
LOCAL 47 PASILLO	6	39	234	0,4	93,6
LOCAL 48 OFICINA	4	39	156	0,5	78
					6017,7
POTENCIA TOTAL DE LAS 2 AREAS FLUORESCENTES					7,0512

A) Consumo diario del área de cirugía para Led y Fluorescentes

$$C_{dL} = 4.0788 \text{ kW} * 8 \frac{\text{h}}{\text{diarias}} = 32.6304 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}}$$

$$C_{dF} = 7.0512 \text{ kW} * 8 \frac{\text{h}}{\text{diarias}} = 56.4096 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}}$$

B) Consumo Mensual

$$C_m = 32.6304 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}} * 30 \text{ días} = 978.912 \text{ Kwh/mes}$$

$$C_{mF} = 56.4096 \frac{\text{kwh}}{\text{día}} * 30 \text{ días} = 1692.288 \text{ Kwh/mes}$$

C) Consumo Anual

$$C_{A-L} = 32.6304 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 11910.096 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$$

$$C_{mF} = 56.4096 \frac{\text{kwh}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 20589.504 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}}$$

Costo diario, mensual y anual

a) Costo diaria Led y Fluorescentes

$$\text{Costo}_{\text{Led}} = 32.6304 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}} * 0.09 \frac{\text{Usd}}{\text{kWh}} = 2.9367 \frac{\text{Usd}}{\text{día}}$$

$$\text{Costo}_{\text{Fluorescente}} = 56.4096 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * 0.09 \frac{\text{Usd}}{\text{kWh}} = 5.0768 \frac{\text{Usd}}{\text{día}}$$

b) Costo mensual Led y fluorescente

$$C_m = 978.912 \frac{\text{Wh}}{\text{mes}} * 0.09 \frac{\text{Usd}}{\text{kWh}} = 88.1020 \frac{\text{usd}}{\text{mes}}$$

$$C_{mF} = 1692.288 \frac{\text{Wh}}{\text{mes}} * 0.09 \frac{\text{Usd}}{\text{kWh}} = 152.3059 \frac{\text{usd}}{\text{mes}}$$

c) Costo anual

$$C_{A-L} = 11910.096 \frac{\text{Wh}}{\text{año}} * 0.09 \frac{\text{Usd}}{\text{kWh}} = 1071.9086 \frac{\text{usd}}{\text{año}}$$

$$C_{mF} = 20589.504 \frac{\text{Wh}}{\text{año}} * 0.09 \frac{\text{Usd}}{\text{kWh}} = 1853.0553 \frac{\text{usd}}{\text{año}}$$

3.9. Análisis del costo y el beneficio

En la tabla 20, se observa los resultados obtenidos para estos dos tipos de luminaria. La que más predomina es la de tipo Led.

Tabla 20 Resultados del consumo y costo

LUMINARIA	COSTO
Luminaria tipo Led	Consumo diario: 32.6304 Wh/día
	Consumo mensual: 978.912 Wh/mes
	Consumo anual: 11910.096 Wh/año
	Costo diario: \$2.9367 USD/día
	Costo mensual: \$88.1020 USD/mes
	Costo anual: \$1071.9086 USD/año
Luminaria tipo fluorescente	Consumo diario: 56.4096 Wh/día
	Consumo mensual: 1692.288 Wh/mes
	Consumo anual: 20589.504 Wh/año
	Costo diario: \$5.0768 USD/día
	Costo mensual: \$152.3059 USD/mes
	Costo anual: \$1853.0553 USD/año

Veamos el costo anual es que para las de luminarias LED: \$1071.9086USD/año y para las luminarias fluorescentes: \$1853.0553 USD/año.

El beneficio es evidente que cambiar a luminarias LED resulta un ahorro anual de \$781.1467 USD en comparación con las luminarias fluorescentes. Este ahorro es significativo y podría justificar la inversión inicial en la actualización de las luminarias.

Además del ahorro de costos, como mencionamos anteriormente, también hay que considerar otros beneficios de las luminarias LED, como su mayor eficiencia energética y vida útil más larga. Estos factores pueden contribuir aún más a la rentabilidad y a la satisfacción general con la iluminación del espacio.

Porcentaje de ahorro

$$\%Ahorro = \frac{\text{Diferencia de costos}}{\text{Costo anual}} * 100\%$$

$$\%Ahorro = \frac{781.1467}{1071.9086} * 100\% = 72.87\%$$

Basándonos en estos cálculos, la luminaria tipo LED parece ser más económica en términos de costos operativos anuales, con un ahorro aproximado del 72.87% en comparación con la luminaria tipo fluorescente.

Cálculos del VAN Y TIR

Van a lámparas Led

Aplicando la fórmula del VAN a 10 años con una tasa de descuento del 8%, para las luminarias LED, que mi inversión inicial es de \$3344.00 (176 luminarias a \$19.00 cada una)

$$VAN = -3344.00 + 1071.9086 * \frac{\left[1 - \frac{1}{((0.08)^{-10})}\right]}{0.08}$$

$$VAN = -3344.00 + 13398.8575$$

$$VAN = \$10054.8575$$

Este resultado indica que, al descontar los ahorros operativos anuales a la tasa del 8% y restarle la inversión inicial, la opción de luminarias LED genera un valor actual neto positivo de \$10054.8575 en el horizonte de 10 años. Un VAN positivo significa que la inversión produce ganancias por encima de la tasa de descuento exigida.

VAN a lámparas Fluorescentes

Inversión Inicial = \$14892.00 (240 luminarias a \$63.75 cada una)

Flujos de Efectivo Anuales = \$0 (Al ser la opción de mayor costo operativo)

$$VAN = -14892.00 + \left(1853.0553 \times \frac{(1 - (1 + 0.08)^{-10})}{0.08} \right)$$

$$VAN = -14892.00 + 23163.19124$$

$$VAN = 8271.1912$$

El VAN para las lámparas LED es significativamente más alto que el VAN para las lámparas fluorescentes. Para las lámparas LED, el VAN es de \$10054.8575, mientras que para las lámparas fluorescentes es de \$8271.1912. Esto indica que el proyecto de inversión en lámparas LED genera un mayor valor neto presente en comparación con el proyecto de lámparas fluorescentes.

Un VAN más alto sugiere una mayor rentabilidad del proyecto. En este caso, el VAN positivo y más alto para las lámparas LED indica que esta opción proporciona un mayor retorno financiero en términos absolutos en comparación con las lámparas fluorescentes.

Además, el proyecto de lámparas LED requiere una inversión inicial más baja de \$3344.00, mientras que el proyecto de lámparas fluorescentes requiere una inversión inicial más alta de \$14892.00. Esto significa que el proyecto de lámparas LED proporciona un mayor valor neto presente con una inversión inicial menor.

En cuanto a la Tasa Interna de Retorno (TIR):

TIR Luminarias LED: Encontrada al igualar el VAN a 0 y despejar la tasa que lo satisface:

$$0 = -3344.00 + \frac{1071.9086 * (1 - 1 + TIR^{-10})}{TIR}$$

$$TIR: 82 \%$$

Este valor de la TIR del 48% representa la tasa de rentabilidad anual compuesta equivalente que se obtendría con los flujos de ahorro de la opción LED. Al ser muy superior a la tasa de descuento del 8%, se confirma que el proyecto es sumamente rentable.

En el caso de las luminarias fluorescentes, al no haber ahorros anuales.

$$0 = -14892.00 + \frac{1853.0553 * (1 - 1 + TIR^{-10})}{TIR}$$

$$TIR = 12\%$$

Este valor de la TIR del 12% representa la tasa de rentabilidad anual compuesta equivalente que se obtendría con los flujos de ahorro de la opción Fluorescente. Al ser poco superior a la tasa de descuento del 8%, se confirma que el proyecto es débilmente rentable a comparación del LED.

Análisis del VAN

El Valor Actual Neto (VAN) es una medida clave en la evaluación de proyectos de inversión, ya que indica la rentabilidad relativa de una inversión al descontar los flujos de efectivo futuros al valor presente utilizando una tasa de descuento.

Para el proyecto de lámparas LED, el VAN es de \$10054.8575, mientras que para el proyecto de lámparas fluorescentes es de \$8271.1912. Esto sugiere que el proyecto de lámparas LED es significativamente más rentable en términos absolutos, ya que genera un VAN más alto.

Además, se observa que el proyecto de lámparas LED requiere una inversión inicial más baja (\$3344.00) en comparación con el proyecto de lámparas fluorescentes (\$14892.00), lo que indica que el proyecto de lámparas LED proporciona un mayor valor neto presente con una inversión inicial menor.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de rendimiento que hace que el VAN sea igual a cero, lo que representa la rentabilidad intrínseca del proyecto.

Para el proyecto de lámparas LED, la TIR es del 82%. Esto significa que el proyecto de lámparas LED ofrece una tasa de rendimiento anual compuesta del 82%, lo cual es significativamente mayor que la tasa de descuento del 8%. Por lo tanto, se confirma que el proyecto es altamente rentable.

Para el proyecto de lámparas fluorescentes, la TIR es del 12%. Aunque esta tasa es superior a la tasa de descuento del 8%, es mucho menor en comparación con la TIR del proyecto de lámparas LED. Esto indica que el proyecto de lámparas fluorescentes es menos rentable en comparación con el de lámparas LED.

Tabla 21 Comparativo del VAN y TIR

TECNOLOGÍA	VAN	TIR
<i>Led</i>	<i>\$10054.8575</i>	<i>82%</i>
<i>Fluorescente</i>	<i>\$8271.1912</i>	<i>12%</i>

4. Conclusiones

- Los cálculos revelan que las luminarias LED presentan un consumo energético diario, mensual y anual considerablemente menor en comparación con las luminarias fluorescentes. Además, el costo operativo anual de las luminarias LED es significativamente más bajo, lo que resulta en un ahorro anual sustancial en comparación con las luminarias fluorescentes.
- El análisis del consumo y el costo de las luminarias LED y fluorescentes muestra que cambiar a luminarias LED resulta en un ahorro anual significativo de \$781.14 USD en comparación con las luminarias fluorescentes.
- La simulación realizada en el área de cirugía resalta las ventajas de las luminarias LED sobre las fluorescentes. Además de cumplir con los niveles de iluminación recomendados, las luminarias LED ofrecen una mayor eficiencia energética, una vida útil más larga y una calidad de luz superior, lo que las convierte en la opción más favorable en términos de calidad y eficiencia.

5. Recomendaciones

- Es fundamental mantener el cumplimiento de las normativas y estándares establecidos para los niveles de iluminación en entornos hospitalarios. Esto asegurará condiciones adecuadas para la realización de tareas médicas y la comodidad de los pacientes, así como garantizará la seguridad y eficiencia de los sistemas de iluminación.
- Para prolongar la vida útil y mantener el rendimiento óptimo de las luminarias LED, es importante implementar un programa de mantenimiento preventivo regular. Esto incluye la limpieza de las luminarias, la inspección de conexiones eléctricas y la sustitución o reparación de componentes defectuosos.
- En áreas donde aún se utilicen luminarias fluorescentes, se debería considerar la actualización a tecnología LED. Si bien puede implicar una inversión inicial, los ahorros a largo plazo en costos operativos y mantenimiento, junto con los beneficios en términos de calidad de luz y eficiencia energética, justifican esta actualización.

6. Referencias

- [1] "Importancia DEL Factor DE Carga Y EL Factor DE Potencia EN EL SEN Y CFE - TECNOLÓGICO NACIONAL DE - Studocu", Studocu.com. [En línea]. Disponible: <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-tuxtepec/mecanica-de-suelos/importancia-del-factor-de-carga-y-el-factor-de-potencia-en-el-sen-y-cfe/20600315>.
- [2] Asesorías académicas de Cali, "Factor de Corrección Por Continuidad |", [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/382384576/Factor-de-Correccion-Por-Continuidad>.
- [3] "CURSO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS: TEMA 48. Factor de Demanda", Cursosdeelectricidad.blogspot.com, 2008. [En línea]. Disponible: <http://cursosdeelectricidad.blogspot.com/2008/06/tema-48-factor-de-demanda.html>.
- [4] P. Prado, A. Lafebre, N.H. Delgado, et al., "Guía de Acabados Interiores para Hospitales (GAIH)," Hospitecnia,. Disponible en: <https://hospitecnia.com/documentacion/documentos/guia-acabados-interioreshospitales-ecuador/>.
- [5] Herrador, M., Porras, A.I., & Sánchez, F.J. (2014). DIALux: Free Software for Lighting Design. In Proceedings of the International Conference on Product Management and Innovation (PICMET), 1-8.
- [6] "Significado de potencia (media, instantánea, mecánica...) «Definición, y diferencia»", Significado.com. [En línea]. Disponible: <https://significado.com/potencia-fisica/>.
- [7] "¿Qué es la potencia? (artículo) | Khan Academy", Es.khanacademy.org. [En línea]. Disponible: <https://es.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/a/what-is-power>.
- [8] "Energía eléctrica: conceptos y principios básicos Valores efectivos y promedio".
- [9] "Transformador de Potencia y Transformador de Distribución", Daelim-electric.com, 2023. [En línea]. Disponible: <https://daelim-electric.com/es/transformador-de-potencia-y-transformador-de-distribucion/>.

- [10] "Transformadores | Potencia nominal de un transformador de energía eléctrica | Editores", Editores-srl.com.ar, 2023. [En línea]. Disponible: https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/304/ingenieria_mayo_potencia_nominal.
- [11] J. Eliecer. Sandoval Romero, "Diseño e implementación de un sistema de telemetría para un grupo electrógeno", dic. 2016. [En línea]. Disponible: <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/678>.
- [12] "UPS: qué es, cómo funciona y beneficios de tenerla - Tronex Industrial", Tronex-industrial.com, 2023. [En línea]. Disponible: <https://tronex-industrial.com/ups-que-es-como-funciona-y-beneficios/>.
- [13] M. S. Laura Quispe and R. E. [tutor] Escalante Mendoza, "Diseño de un tablero de transferencia automático de carga eléctrica para el área de vacunas del Centro de Salud Alto Mariscal Santa Cruz Red 2 Utilizando microcontrolador PIC16F877A", 2017. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/12122>.
- [14] "Tablero de transferencia - Fabricante en México", Gpo.com.mx, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.gpo.com.mx/post/tablero-de-transferencia-fabricante-en-m%C3%A9xico>.
- [15] H. DE Pico Demanda Mediante Un Prototipo, "Modelamiento para el almacenamiento y aporte de energía a la red en horas pico de demanda mediante un prototipo", 2015. [En línea]. Disponible: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8220>.
- [16] Pliego Tarifario Servicio Público de Energía Eléctrica Año 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/05/Pliego-Tarifario-Servicio-Publico-de-Energia-Elctrica_-Ano-2022.
- [17] M. Alonso, D. Lucio, and L. Caballero, "Kilowattorímetro Digital Tipo Doméstico con Registro de Demanda en Base a Tarifas Escalonadas de la CFE", 2003. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/profile/Ruben-Martinez-Alonso/publication/265086759_Kilowattorimetro_Digital_Tipo_Domestic

o_con_Registro_de_Demanda_en_Base_a_Tarifas_Escalonadas_de_la_CFE/links/545dae900cf295b5615e716e/Kilowattorimetro-Digital-Tipo-Domestico-con-Registro-de-Demanda-en-Base-a-Tarifas-Escalonadas-de-la-CFE.

- [18] B. Nourdine and A. Saad, "Energy Efficiency and Importance of Energy Monitoring System in Moroccan Hospitals", *Rev Invest (Guadalajara)*, vol. 4, no. 2, pp. 39–45, 2020.
- [19] G. M. Quijano, "Principios de iluminación", 1986. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1859>.
- [20] N. B. Berrio, "Microscopía de fluorescencia de campo de luz por iluminación estructurada", 2018. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/35062>.
- [21] D. Saurina Martínez, "Diseño de una luminaria led", 2017. [En línea]. Disponible: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/117719>.
- [22] H. Baldomiro and C. Garzón, "agosto de 2010", *Scientia et Technica Año XVI*, vol. 45, 2010. [En línea]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_color.
- [23] "Curso de iluminación", *Grlum.dpe.upc.edu*, 2023. [En línea]. Disponible: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz-LamparasDeDescarga-LamparaVaporMercurioAltaPresion.php>.
- [24] M. Dávila, E. D.-R. T. energía, and undefined 2013, "Utilización de Luminarias Led como Reemplazo de Luminarias Incandescentes y Fluorescentes: Análisis de Potencias", *Revistaenergia.cenace.gob.ec*.
- [25] "Lámparas incandescentes", *Recursos.citcea.upc.edu*. [En línea]. Disponible: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/lamparas/lincan.html>.
- [26] "Iluminación en quirófano: características, lámparas y seguridad eléctrica - ETKHO Hospital Engineering", *Etkho.com*, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.etkho.com/iluminacion-en-quirofano-caracteristicas-lamparas-y-seguridad-electrica/>.
- [27] N. AL Antonio Quezada Mejia Edw Ard Enrique Lopez Luna Para Optar Titulo De, E. Salvador, and C. America, "'NORMATIVAS PARA EL DISEÑO DE AREAS CRITICAS HOSPITALARIAS'. MARZO-2000".

- [28] " Ó. Rodríguez Serna, "Diseño, construcción e implementación de un Sistema de Gestión de Energía Eléctrica mediante la aplicación de usuarios inteligentes en un conjunto residencial en la ciudad de Bogotá", Repositorio Institucional Universidad Konrad Lorenz, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.konradlorenz.edu.co/handle/001/3477>.
- [29] C. Nuria Castilla y V. Blanca Giménez. RiuNet repositorio UPV. 5 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/articulo%20docente%20Cálculo%20método%20de%20los%20lúmenes>.
- [30] C. M. Dinamarca Cubillos, "Cálculo del Flujo Luminoso Superior emitido por un sistema de iluminación mediante software DIALux". [En línea]. Disponible: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-8000/UCC8148_01.pdf.
- [31] M. Paul, C. Guaman, N. Christos, and P. Murillo, "UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍAS CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO EN CONCEPTO EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT VISUAL, IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA PARA PRUEBAS. AUTORES".
- [32] M. V Lojano Uguña and W. F. Pañi Uguña, "Determinar el nivel de iluminación en el área urbana de la ciudad de Cuenca".
- [33] H. Baldomiro and C. Garzón, "APLICACIONES DE ILUMINACIÓN CON LEDs", Scientia et Technica Año XVI, vol. 45, 2010. [En línea]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_color.
- [34] J. Guillermo Vega Pacheco and G. Andrés Ramos, "DISEÑO DE FUENTE DE PODER PARA ILUMINACION FLUORESCENTE".
- [35] J. F. Muñoz, "CTE HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación".
- [36] P. M. Salvador, A. L. Quiroa, and N. H. Delgado, "Guia de acabados de hospitales".
- [37] C. V. B. Vaca, J. G. Dihigo, D. P. A. Espinoza, and Y. A. Barrios, "Estudio de la iluminación en los laboratorios de la carrera de ingeniería de alimentos,

Quito-Ecuador," *Rev. Arquitectura e Ingeniería*, vol. 16, no. 1, pp. 1-7, 2022."

[38] J. E. Flores Flores, "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO Y ORNAMENTAL".

[39] K. Matsui, M. Wirotasangthong, and A. Nishikawa, "Analysis of Signaling Pathways Involved in Peptidoglycan-Induced RANTES Production from Murine Langerhans Cells", *Int Arch Allergy Immunol*, vol. 149, no. 2, pp. 167–172, 2009, doi: 10.1159/000189201.

[40] A. P. Santo, B. Agostini, C. A. Garzonio, E. Pecchioni, and T. Salvatici, "Decay Process of Serpentinite: The Case of the San Giovanni Baptistery (Florence, Italy) Pavement", *Applied Sciences*, vol. 12, no. 2, p. 861, Jan. 2022, doi: 10.3390/app12020861.