



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**MECÁNICA ELÉCTRICA**

**TESIS**

**OPTIMIZACIÓN TECNOECONÓMICA MEDIANTE  
ENERGÍA RENOVABLE DEL SISTEMA DE  
ILUMINACIÓN DEL CENTRO DE RADIOLOGÍA  
INTERVENCIONISTA (CERIN) CHICLAYO,  
LAMBAYEQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autor:**

**Bach. Coronado Quispe, Roberto Antonio**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1584-6469>**

**Asesor:**

**Mtro. Vives Garnique, Juan Carlos**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0988-9881>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2024**

**Optimización tecnoeconómica mediante energía renovable del sistema de iluminación del Centro de radiología intervencionista (CERIN) Chiclayo, Lambayeque**

**Aprobación del jurado**

---

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

**Vocal del Jurado de Tesis**



## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy **egresado (s)** del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### **OPTIMIZACIÓN TECNOECONÓMICA MEDIANTE ENERGÍA RENOVABLE DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL CENTRO DE RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA (CERIN) CHICLAYO, LAMBAYEQUE**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Coronado Quispe, Roberto Antonio	DNI: 73242544	
----------------------------------	---------------	--

Pimentel, 28 de mayo del 2024.

## **Dedicatoria**

Dedicó esta investigación primeramente a Dios, quién ha puesto a grandes personas en mi vida, los cuales me han brindado conocimientos, alientos durante todo este largo tiempo, para lograr realizarlo satisfactoriamente. Asimismo, le dedicó este trabajo a mi familia que siempre estuvieron presente a lo largo de mi vida, dándome esos impulsos cuando escalaba cada peldaño, hasta culminar con mi desarrollo profesional con respecto a mi vida universitaria.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por darme una familia, los cuales han luchado por sacar adelante mi desarrollo personal como profesional, por levantarme en cada derrota, por aconsejarme y guiarme.

Asimismo, quiero agradecer a cada uno de los docentes y a mi asesor, quienes me brindaron los conocimientos en el proceso, que me orientaron y potencializaron mis habilidades.

Y para culminar agradezco al Centro de Radiología Intervencionista-CERIN, por el tiempo brindado, para el desarrollo de la investigación.

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Índice de diagramas.....	8
Índice de tablas.....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1. Realidad Problemática .....	11
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Hipótesis.....	14
1.4. Objetivos.....	14
1.5. Teorías relacionadas al tema .....	15
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	33
2.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	33
2.2. Variables y operacionalización.....	33
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección .....	37
2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	37
2.5. Procedimiento de análisis de datos .....	39
2.6. Criterios éticos .....	40
2.7. Criterios de rigor científico .....	41
III. RESULTADOS Y MÉTODOS.....	42
3.1. RESULTADOS.....	42
3.2. DISCUSIÓN.....	98
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
4.1. Conclusiones .....	103
4.2. Recomendaciones.....	104
REFERENCIAS .....	105
ANEXOS .....	108

## Índice de figuras

Figura 1: Ubicación y fachada del edificio principal de la Clínica CERIN .....	14
Figura 2: Formación de energía solar fotovoltaica .....	16
Figura 3: Estructura de soporte.....	17
Figura 4: Inversor de corriente .....	18
Figura 5: Módulo fotovoltaico .....	19
Figura 6: Conexión mixta (serie y paralelo) de celdas fotovoltaicas .....	21
Figura 7: Eficiencia luminosa.....	24
Figura 8: Iluminancia .....	24
Figura 9: Fotómetro .....	25
Figura 10: Demanda máxima actual de iluminación del primer piso .....	47
Figura 11: Demanda máxima actual de iluminación del segundo piso .....	48
Figura 12: Demanda máxima actual de iluminación del tercer piso.....	48
Figura 13: Demanda máxima actual de iluminación del cuarto piso.....	49
Figura 14: Demanda máxima actual de iluminación del quinto piso.....	50
Figura 15: Demanda máxima actual de iluminación del sexto piso .....	50
Figura 16: Datos de iluminancia por ambiente del primer piso.....	53
Figura 17: Luminarias por ambiente del primer piso según planos actuales .....	54
Figura 18: Datos de iluminancia por ambiente del segundo piso.....	55
Figura 19: Luminarias por ambiente del segundo piso según planos actuales .....	56
Figura 20: Datos de iluminancia por ambiente del tercer piso .....	57
Figura 21: Luminarias por ambiente del tercer piso según planos actuales.....	58
Figura 22: Datos de iluminancia por ambiente del cuarto piso.....	59
Figura 23: Luminarias por ambiente del cuarto piso según planos actuales.....	60
Figura 24: Datos de iluminancia por ambiente del quinto piso.....	61
Figura 25: Luminarias por ambiente del quinto piso según planos actuales.....	62
Figura 26: Datos de iluminancia por ambiente del sexto piso .....	63
Figura 27: Luminarias por ambiente del sexto piso según planos actuales .....	64
Figura 28: Datos de iluminancia por ambiente del primer piso.....	65
Figura 29: Cantidad de luminarias por ambiente del primer piso.....	66
Figura 30: Luminarias seleccionadas por ambiente del primer piso .....	67
Figura 31: Datos de iluminancia por ambiente del segundo piso.....	68
Figura 32: Cantidad de luminarias por ambiente del segundo piso.....	69
Figura 33: Luminarias seleccionadas por ambiente del segundo piso .....	70
Figura 34: Datos de iluminancia por ambiente del tercer piso .....	71
Figura 35: Cantidad de luminarias por ambiente del tercer piso .....	72
Figura 36: Luminarias seleccionadas por ambiente del tercer piso .....	73
Figura 37: Datos de iluminancia por ambiente del cuarto piso .....	74
Figura 38: Cantidad de luminarias por ambiente del cuarto piso .....	75
Figura 39: Luminarias seleccionadas por ambiente del cuarto piso .....	76
Figura 40: Datos de iluminancia por ambiente del quinto piso.....	77
Figura 41: Cantidad de luminarias por ambiente del quinto piso .....	78
Figura 42: Luminarias seleccionadas por ambiente del quinto piso .....	79
Figura 43: Datos de iluminancia por ambiente del sexto piso .....	80
Figura 44: Cantidad de luminarias por ambiente del sexto piso.....	81

Figura 45: Luminarias seleccionadas por ambiente del sexto piso .....	82
Figura 46: Luminaria adosada LED 24W IP54 .....	83
Figura 47: Luminaria adosada LED cuadrada 48W 3500lm .....	84
Figura 48: Conexión de paneles en paralelo .....	90
Figura 49: Colocación de los paneles en la azotea .....	90
Figura 50: Luminaria adosada LED 18W .....	116
Figura 51: Luminaria adosada LED 24W .....	117

## Índice de diagramas

Diagrama 1: <i>Caja Negra para variables</i> .....	34
Diagrama 2: <i>Procedimiento para la recolección de datos</i> .....	39
Diagrama 3: <i>Procedimiento para el análisis de datos</i> .....	39

## Índice de tablas

Tabla 1: <i>Tipos de celdas fotovoltaicas</i> .....	19
Tabla 2: <i>Operacionalización de variables</i> .....	35
Tabla 3: <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i> .....	38
Tabla 4: <i>Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 1</i> .....	42
Tabla 5: <i>Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 2</i> .....	43
Tabla 6: <i>Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 3</i> .....	43
Tabla 7: <i>Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 4</i> .....	44
Tabla 8: <i>Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 5</i> .....	45
Tabla 9: <i>Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 6</i> .....	45
Tabla 10: <i>Demanda máxima total de los circuitos de alumbrado</i> .....	51
Tabla 11: <i>Iluminancia (luxes) en ambientes médicos según la norma EM.110</i> .....	52
Tabla 12: <i>Características técnicas de la luminaria LED de 24W IP54</i> .....	83
Tabla 13: <i>Características técnicas de la luminaria LED de 48W 3500lm</i> .....	84
Tabla 14: <i>Máxima demanda y circuitos de iluminación del Tablero de Iluminación</i> .....	85
Tabla 15: <i>Resumen de resultados del procedimiento de cálculo para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico</i> .....	87
Tabla 16: <i>Cantidad de paneles con voltaje diferente a 48V</i> .....	89
Tabla 17: <i>Conexión mixta de paneles</i> .....	89
Tabla 18: <i>Corriente del proyecto y paneles en paralelo según radiación solar por mes</i> .....	91
Tabla 19: <i>Costos directos del sistema fotovoltaico</i> .....	92
Tabla 20: <i>Costos directos de la nueva instalación del circuito de alumbrado</i> .....	93
Tabla 21: <i>Gastos indirectos</i> .....	94
Tabla 22: <i>Inversión total</i> .....	94
Tabla 23: <i>Inversión total solo por el sistema fotovoltaico</i> .....	96
Tabla 24: <i>VAN y TIR</i> .....	97
Tabla 25: <i>Características técnicas de la luminaria LED de 18W</i> .....	116
Tabla 26: <i>Características técnicas de la luminaria LED de 24W</i> .....	117
Tabla 27: <i>Radiación solar del 2020 según el portal PVGIS</i> .....	127

## RESUMEN

La presente investigación se basa en un estudio sobre la optimización tecnoeconómica mediante energía renovable del sistema de iluminación general del Centro de Radiología Intervencionista (CERIN) ubicado en el centro de Chiclayo, departamento de Lambayeque. El enfoque es del tipo cuantitativo, con alcance descriptivo y una metodología secuencial que inicial con un diagnóstico de la situación técnica de las instalaciones de iluminación presentes en la clínica a fin de evaluar el cumplimiento de la normativa técnica exigible EM. 110, Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética; el análisis se realizó en el software Dialux EVO, encontrándose que ningún ambiente médico cumplía con los luxes detallados por la normativa.

Posteriormente, se procedió a realizar un replanteo de las instalaciones de iluminación para cada ambiente, agrupándose en un total de 12 circuitos para los cuales se diseñó un tablero con máxima demanda de 39.71kW. Luego, se procedió a dimensionar un sistema fotovoltaico que alimentara de forma independiente el nuevo circuito de luminarias para el CERIN, con un total de 4 paneles en paralelo de 48V y 450 Wp, un inversor de 48V y 12,000W, 4 baterías de 125Ah y 48V y un regulador de carga de 60A.

Finalmente, con el análisis técnico se concluyó que la conexión en paralelo es la más eficiente en temas de espacio, ocupando apenas 12.5m<sup>2</sup> (5m x 2.5m) y el análisis económico estableció la factibilidad de la inversión, con un total de S/ 23,213 y un tiempo de retorno de 20 años.

**Palabras Clave:** eficiencia energética; iluminación LED; iluminación interior; DIALux; optimización técnica.

## ABSTRACT

This research is based on a study on the techno-economic optimization through renewable energy of the general lighting system of the Center for Interventional Radiology (CERIN) located in the center of Chiclayo, department of Lambayeque. The approach is of the quantitative type, with a descriptive scope and a sequential methodology that begins with a diagnosis of the technical situation of the lighting installations present in the clinic in order to evaluate compliance with the required technical regulations EM. 110, Thermal and Light Comfort with Energy Efficiency; the analysis was carried out in the Dialux EVO software, finding that no medical environment complied with the luxes detailed by the regulations.

Subsequently, a layout of the lighting installations for each environment was carried out, grouping them into a total of 12 circuits for which a board with a maximum demand of 39.71kW was designed. Then, a photovoltaic system was dimensioned that would independently power the new lighting circuit for the CERIN, with a total of 4 panels in parallel of 48V and 450 Wp, a 48V and 12,000W inverter, 4 batteries of 125Ah and 48V and a 60A charge regulator.

Finally, with the technical analysis it was concluded that the parallel connection is the most efficient in terms of space, occupying only 12.5m<sup>2</sup> (5m x 2.5m) and the economic analysis established the feasibility of the investment, with a total of S/ 23,213 and a return time of 20 years.

**Keywords:** energy efficiency; LED lighting; Interior lighting; technical optimization.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

#### **Problemática internacional**

En la actualidad, la crisis energética del planeta es una problemática que está llevando al agotamiento de combustibles fósiles, lo cual trae también como consecuencias el cambio climático, contaminación de recursos, etc. En la década de los ochenta se comenzaron a tomar en cuenta medidas para un ahorro energético basados en la transición a electrodomésticos y bombillas de bajo consumo eléctrico, esto no dio los mejores resultados y a continuación se empezaron a innovar en tecnologías con eficiencia energética [1].

A nivel mundial más del 80% de la demanda de energía es obtenida mediante el proceso térmico de combustibles de origen fósil, en Latinoamérica este índice tiene un valor del 74%. Durante el intervalo entre 1973 y 2014, el requerimiento de energía a nivel mundial se ha duplicado, mientras que en Latinoamérica en el mismo periodo de tiempo la necesidad energética se ha triplicado. Debido a esto, se está desarrollando estrategias a largo plazo que tienen como finalidad obtener un sistema energético sostenible a través del aprovechamiento de recursos autóctonos [2].

La energía solar fotovoltaica y su implementación mediante paneles es una alternativa eficiente para la generación de energía renovable, el uso de esta tecnología implica varios factores como recursos, capital, aceptabilidad social, soporte institucional y tecnológico, entre otros. Para que se pueda realizar una migración hacia la utilización de energías renovables es necesario que cada ciudad analice sus necesidades y recursos disponibles a través de estudio sobre sus características locales [3]

#### **Problemática nacional**

La energía que se utiliza en el Perú para las distintas actividades de cada ciudad es proveniente de yacimientos fósiles y minerales hasta en un 73.6%. Este índice es alarmante y consecuente de la desinformación que existe sobre el uso de este tipo de fuentes para la

generación de electricidad, además, la falta de apoyo por parte del estado es un factor que impacta de manera negativa [4].

La actividad de generación de energía eléctrica en el Perú se inició en el año 1884 con la primera central hidroeléctrica ubicada en el distrito de Yangas, provincia de Huaraz, la cual fue construida por una empresa minera. En 1886, en el gobierno del general Miguel Iglesias, la empresa privada Peruvian Electric Construction and Supply (PECS) puso en marcha la primera central térmica que permitió la iluminación de algunas calles de Lima incluyendo la Plaza de Armas [5].

En la actualidad, en el Perú se han venido desarrollando proyectos de implementación de tendidos de redes eléctricas para la ampliación del SEIN, a la par, se bien trabajando en mini hidroeléctricas, sistemas fotovoltaicos, parques eólicos, entre otros, que permitan llegar al objetivo que implica un 95.8% de coeficiente de electrificación rural considerado en el Plan Nacional de Electrificación Rural para el período 2013-2022 [6]. Como se puede corroborar, en el Perú, ya hay antecedentes del uso de energía fotovoltaica para la alimentación a menor y mediana escala.

### **Problemática local**

En Lambayeque existen registros de uso de energía fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica, ejemplo de esto es el proyecto realizado por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en el 2018, el cual consistió en la instalación de 5 kW/h de potencia para 60 hogares que no contaban con electricidad [7].

En las clínicas actuales es común la utilización de equipos avanzados para la muestra de imágenes, además de otros elementos de examinado altamente sensibles. Todos estos, tienden a requerir una onda sinusoidal muy estable para evitar perturbaciones o ruido en las imágenes mostradas. Equipos altamente sensibles a ligeras perturbaciones tienden a ser equipos radiográficos, equipos para ecografías, o similares, que dan resultados imprescindibles para la toma de decisiones de un profesional de la salud sobre un paciente.

Por otro lado, debido a las jornadas de trabajo que se emplean y el uso casi en su totalidad de las instalaciones, es común que los circuitos de iluminación, a diferencia de cualquier otro circuito independiente, trabaje con factores de utilización del 100%, y, debido a las exigencias especiales de lúmenes para establecimientos del rubro salud, tengan un alto impacto en los costos energéticos mensuales.

Para la Clínica de Radiología Intervencionista, estos dos aspectos son altamente críticos en su funcionamiento, y es que, desde la instalación de los equipos de Iluminación LED algunos equipos radiográficos han presentado cierto registro de ruido que podría estar afectando o entorpeciendo el trabajo de los profesionistas, sumado a un posible descontento en los niveles de iluminación por parte de algunos trabajadores. Además, debido a la contratación de mano de obra técnica no profesional se tiene la ausencia de documentación correspondiente a las instalaciones eléctricas, desde falta de planos de instalaciones eléctricas precisos, memorias de cálculo, entre otros.

Sumado a esto, y al alto costo energético correspondiente a la iluminación, se cree conveniente proponer un proyecto de inversión para la independización del circuito de iluminación del edificio, y, a fin de aprovechar el recurso energético solar abundante en la zona norte del Perú, se propone calcular un sistema fotovoltaico que lo alimente.

De esta forma se busca resolver, no solo los problemas de ruido en los equipos radiográficos, sino, además, aumentar la independencia energética de la institución y reestablecer a mediano plazo los costos de inversión, mientras se evalúa si el sistema de iluminación actual realmente cumple con la normativa nacional vigente dada por el Reglamento Nacional de Edificaciones y el Código Nacional Eléctrico – Utilización y se corrigen las ausencias de documentación presentadas.

El proyecto tiene como lugar de aplicación el Centro de Radiología Intervencionista E.I.R.L. (CERIN) ubicado en la calle Colón 222 en el centro de Chiclayo, departamento de Lambayeque.



**Figura 1: Ubicación y fachada del edificio principal de la Clínica CERIN**

**Fuente: Google Maps, 2022**

La Clínica CERIN consta de un edificio de seis (06) pisos enfocados en el rubro médico.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles serán las configuraciones técnicas y económicas del sistema fotovoltaico para alimentar el circuito de iluminación optimizado para el Centro de Radiología Intervencionista (CERIN) – Chiclayo, Lambayeque?

## **1.3. Hipótesis**

Esta investigación no tiene hipótesis aplicable.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Optimizar técnica y económicamente el sistema de iluminación mediante la aplicación de un sistema de generación fotovoltaica del CERIN, Chiclayo Perú.

### **Objetivos específicos**

- Diagnosticar el estado actual de los circuitos eléctricos de iluminación.
- Proponer un sistema de iluminación según la norma peruana E.M 110/Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética para cada ambiente.
- Evaluar la factibilidad técnica y económica del dimensionamiento del sistema fotovoltaico para generar energía eléctrica para los circuitos de iluminación del Centro de Radiología Intervencionista (CERIN).

## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **Energía renovable**

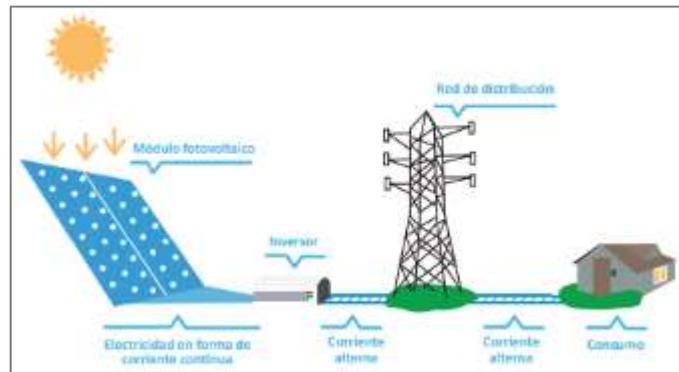
La energía renovable es aquella energía que se obtiene a partir de fuentes naturales consideradas inagotables, son conocidas también como energías limpias debido a la facultad que tienen por contaminar muy poco la naturaleza, además de no emitir los gases suficientes que producen el efecto invernadero. Las fuentes primarias para la generación de energía renovables son: energía eólica, solar, hidráulica, biomasa y biogás, mareomotriz, entre otras [8].

### **Energía solar**

Perteneciente al grupo de energías renovables, se obtiene después de la captación de radiaciones electromagnéticas provenientes del sol. Esta puede provocar reacciones químicas o generar corriente eléctrica. Los sistemas de aprovechamiento de energía solar se dividen en dos grupos: activos y pasivos. Los sistemas activos requieren dispositivos para captar la radiación, como los paneles fotovoltaicos o los colectores solares térmicos, mientras que los pasivos no requieren de dispositivos para la captación de energía solar, esta se realiza a través de la aplicación de elementos arquitectónicos bioclimáticos que tengan estrecha relación con el sol, capaces de dispersar la luz [9].

## Tecnología solar fotovoltaica

Consiste en la transformación de la radiación solar en energía eléctrica a partir de materiales semiconductores, como las células fotovoltaicas que están fabricadas a partir del silicio (uno de los metaloides más abundantes en el mundo). Las partículas de la luz del sol llamadas fotones impactan en una de las caras de la cédula fotovoltaica generando de esta manera corriente eléctrica que se usa como fuente de suministro energético [9].



**Figura 2: Formación de energía solar fotovoltaica**

**Fuente: Schemerler Vainstein, Velarde Sacio, Rodríguez González & Solís Sosa, 2019**

### Tipos de sistemas fotovoltaicos

#### *Sistemas fotovoltaicos aislados*

Los sistemas fotovoltaicos aislados son aquellos que emplean en lugares alejados a una red pública de electricidad, generalmente en zonas de difícil acceso. Los sistemas aislados principalmente están conformados por paneles solares fotovoltaicos y módulos de baterías, suelen instalarse en casas de campo, refugios de montaña, etc., y pueden cubrir la demanda requerida sin problemas como cualquier otro sistema de generación de energía eléctrica [10].

#### *Sistemas fotovoltaicos conectados a la red*

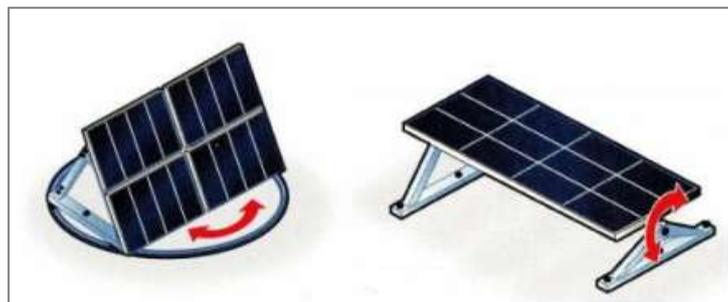
Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red son aquellos que pueden prescindir de baterías, los cuales son los componentes más costosos y de menor tiempo de vida dentro del sistema. Suelen generar electricidad con el fin de inyectarla a la red de distribución de energía

eléctrica. Son sistemas muy factibles y trabajan dependiendo de la disposición de recurso solar [11].

### **Componentes de una instalación fotovoltaica**

#### *Estructura de soporte*

Tiene como función albergar y disponer según la orientación calculada los paneles solares. Estos elementos pueden ser móviles o fijos. Las estructuras móviles o también conocidos como de seguimiento permiten cambiar la inclinación y/o orientación de la placa para seguir la trayectoria del sol, esto se debe a los seguidores solares que incorporan. Por otro lado, los soportes estáticos disponen de mayor uso en el mercado para pequeños consumos o autoconsumos, estos perfiles se instalan en la inclinación óptima para su funcionamiento, además, resisten grandes inclemencias. Dotar la instalación de estos elementos aumenta el costo del proyecto, pero aumenta el rendimiento de la instalación. Su selección es objeto de estudio [12].



**Figura 3: Estructura de soporte**

**Fuente: Sancho Núñez, 2019**

#### *Inversor*

El inversor es un componente que puede ser obviado en la instalación de un sistema fotovoltaico pero que es imprescindible cuando se trabaja con corriente alterna (CA). Es el elemento encargado de convertir la corriente continua (proveniente de baterías) en corriente alterna para un uso convencional [10].

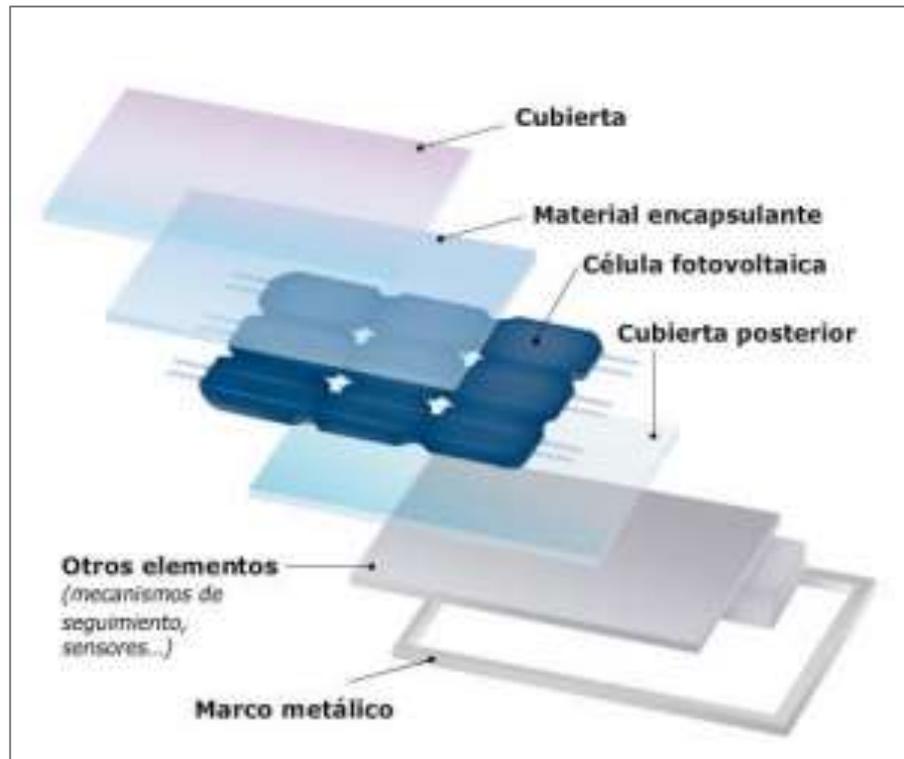


**Figura 4: Inversor de corriente**

**Fuente: Energía solar Perú, 2021**

### ***Módulo fotovoltaico***

Su función consiste en captar la radiación solar y convertirla en energía eléctrica. Cada módulo se compone de células fotovoltaicas. La configuración de estos módulos, en serie o paralelo, permite variar la tensión y la corriente entregadas. Si se añaden varios módulos en serie se consigue aumentar la tensión, por el contrario, disponerlos en paralelo suministra mayor corriente, el agrupamiento de los módulos para aumentar la tensión de salida se le conoce como configuración en serie [12].



**Figura 5: Módulo fotovoltaico**

**Fuente: Sancho Núñez, 2019**

Los módulos fotovoltaicos más conocidos comercialmente son los siguientes [13]:

**Tabla 1: Tipos de celdas fotovoltaicas**

Tipo de Celda	Tecnología	Eficiencia (%)	Precio (USD/W)
Silicio Amorfo	Película delgada	6-7	3,5-4,2
Seleniuro de Indio y Cobre CIS	Película delgada	10-11	4-4,4
Silicio Policristalino	Oblea cristalina	12-15	3,8-4,3
Silicio Monocristalino	Oblea cristalina	16-20	3,7-4,6

### *Batería*

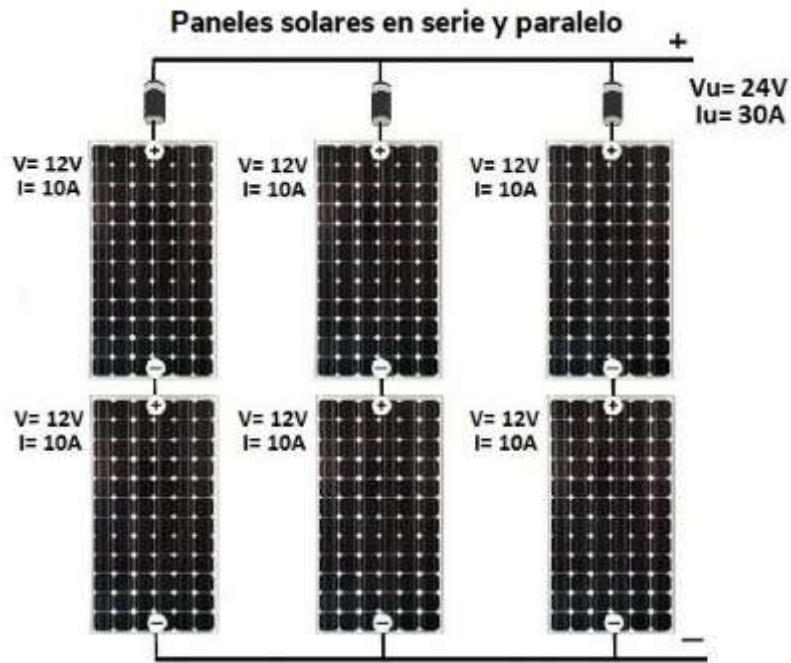
Las baterías que se emplean en los sistemas fotovoltaicos son de ciclo profundo, es decir, son capaces de soportar profundas descargas y tienen un ciclo de vida considerable. Generalmente se recomienda el uso de baterías de ion-litio, pues éstas se cargan más rápido y tienen una capacidad de almacenamiento mayor a comparación de otras baterías. Los sistemas fotovoltaicos usan la batería como una forma de guardar la energía generada, lo que asegura autonomía eléctrica aún en periodo sin luz solar. Cabe precisar que, en algunos casos, los sistemas fotovoltaicos no pueden tener baterías [9].

### *Reguladores*

Los reguladores tienen como función principal evitar la sobrecarga de las baterías, esto con la finalidad de alargar la vida útil de estos equipos de almacenamiento de energía. Los reguladores también administran la sobre descarga de las baterías y comercialmente se encuentran en base a su capacidad de corriente a control (amperaje máximo) [10].

### **Conexión de módulos fotovoltaicos**

Los paneles fotovoltaicos pueden conectarse en serie o paralelo. La conexión en serie sirve para obtener altos niveles de tensión, mientras que la conexión en paralelo se utiliza para aumentar la capacidad que tienen de generar corriente. Independientemente de la conexión de los paneles se sugiere emplear siempre módulos con las mismas características técnicas y si es posible, del mismo fabricante [13].



**Figura 6: Conexión mixta (serie y paralelo) de celdas fotovoltaicas**

**Fuente: MPPT Solar, 2019**

### **Tecnología LED**

La tecnología LED hace referencia al inglés Light Emitting Diode, en el cual se menciona que es un semiconductor polarizado de manera directa que es atravesado por una fuente de corriente, la cual genera una luz monocromática en la capa activa del dispositivo [14].

#### *Vida útil de luminarias LED*

Una de las características de las luminarias que utilizan tecnología LED para su funcionamiento es la larga vida útil que poseen. Esta oscila entre 50000 y 100000 horas de trabajo. Este rango de vida se interpreta como un funcionamiento duradero y viable [15].

#### *Ventajas de la tecnología LED*

Adicionalmente al ahorro energético, la tecnología LED cuenta con las siguientes y considerables ventajas [16]:

### **Gran ahorro**

Utilizan 2.5 y 8.9 menos de energía que una bombilla de bajo consumo convencional y que una bombilla tradicional incandescente, respectivamente. Producen un ahorro económico que puede llegar hasta al 90% en la factura de consumo eléctrico.

### **Larga vida útil**

Las bombillas LED tienen una vida útil que logra reducir la capacidad lumínica, es decir, las bombillas LED duran hasta 50 000 horas de utilización más que una bombilla tradicional de 2 000 horas, con la diferencia que una bombilla LED no deja de funcionar en comparación a otras bombillas.

### **Protección del medio ambiente y la salud**

A comparación a otras bombillas, son más ecológicas, ya que no genera luz ultravioleta ni infrarroja, de esta manera evita la contaminación al medio ambiente y a las personas.

### **Alta eficiencia en iluminación**

Su iluminación a comparación con otras es de un 80% menos, es decir se puede ahorrar hasta 150 lúmenes por watts en las lámparas de alta eficiencia y de 80 lúmenes por watts en las comunes. De esta manera se evita el impacto negativo al consumo energético.

### **Calidad de luz**

Poseen un alto IRC (Índice de reproducción cromática), permitiéndole fielmente reproducir los colores de varios objetos. Comparándolos con otras bombillas, es de 90 frente a un 44 de las bombillas convencionales, lo cual, nos da como resultado colores más puros, nítidos, intensos y profundos.

## **Versatilidad en aplicaciones**

Soporta bajas temperaturas, hasta  $-40^{\circ}\text{C}$ , lo que las hace aptas para instalarlas en lugares como cámaras frigoríficas.

## **Mayor resistencia térmica y mecánica**

Gracias al material con las que están fabricadas los LED pueden resistir variaciones de vibración y de temperatura.

### **No emiten calor**

Esto permite tener un ahorro adicional de energía necesaria para enfriar el calor generado por la tecnología tradicional, permitiéndonos una mejor seguridad, manipulación, mantenimiento y uso.

### **Flujo luminoso**

Se conoce como flujo luminoso a la potencia emitida de forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. La unidad del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI) es el lumen (lm) y su símbolo es  $\phi$  [17].

### **Intensidad luminosa**

Se define como intensidad luminosa al flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. La unidad de medida de la intensidad luminosa en el SI (Sistema Internacional) es la candela (cd) y su símbolo es (l) [17].

### **Eficiencia luminosa**

No toda la energía eléctrica consumida por una lámpara se transforma en luz visible, parte de ésta se pierde por calor y otra parte en radiación no visible. Por tal razón se define a la eficiencia luminosa como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida. En otras palabras, mientras mayor sea la eficiencia luminosa mejor será la lámpara y gastará menos energía. Su símbolo es el  $\eta$  y la unidad de medida; lumen por watts (lm/W) [17].

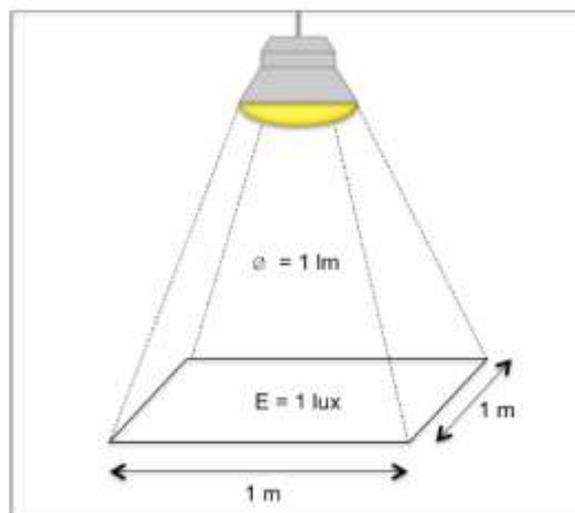


**Figura 7: Eficiencia luminosa**

**Fuente: Yáñez Chiluisa, 2019**

### **Iluminancia**

La iluminancia o Nivel de Iluminación es el flujo lumínico que incide sobre una superficie. La unidad de medida de la iluminancia en el SI es el lux (lx) y se define como la iluminación que produce un lumen que incide sobre una superficie de un metro cuadrado. Se mide con un instrumento llamado luxómetro [18].



**Figura 8: Iluminancia**

**Fuente: Espinal Prado, 2019**

$$E = \frac{\phi}{S}$$

Donde:

$E$  = Iluminancia (lux)

$S$  = Área ( $m^2$ )

$\phi$  = Flujo luminoso (lumen)

### Medición de iluminancia

La medición de la iluminancia se da a través del uso de fotómetros, los cuales utilizan técnicas eléctricas para medir el voltaje o corriente generado cuando la luz cae en una celda sensible a la luz fotoemisora, fotoconductora o fotovoltaica [18].



**Figura 9: Fotómetro**

**Fuente:** [19]

## **Luminancia**

La luminancia es la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria o secundaria (reflejada), en la cual, la superficie aparente es la proyección de la superficie para que sea perpendicular al haz de luz. La unidad de medida de la luminancia es la cd/m<sup>2</sup>, también conocida como NIT (nt) y se representa con la letra L. El instrumento que mide la luminancia es el luminancímetro. La luminancia también es la magnitud que el ojo puede detectar, mide el brillo de las fuentes de luz o de los objetos tal como los ve el ojo humano. A mayor luminancia mayor es la sensación de claridad, por eso, es necesario vigilar la luminancia ya que una luminancia muy elevada puede generar deslumbramiento no deseado. Para diseños de proyectos de alumbrado exterior, existen los criterios de calidad que se basan en parámetros que sirven para identificar si la instalación cumple con los requisitos establecidos [18].

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\beta}$$

L = Iluminancia en Cd/m<sup>2</sup>

S = Área en m<sup>2</sup>

I = Intensidad lumínica en candela

## **Uniformidad**

La luminancia es la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria o secundaria (reflejada), en la cual, la superficie aparente es la proyección de la superficie para que sea perpendicular al haz de luz. La unidad de medida de la luminancia es la cd/m<sup>2</sup>.

## **Normativa vigente**

Para el diseño de sistemas de iluminación de las distintas edificaciones se emplea la siguiente normativa:

- EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética.

Se empleará la norma detallada para rediseñar los nuevos circuitos de alumbrado.

En el **Anexo 1** se muestra la portada de esta Normativa.

## **Software Dialux EVO**

El software Dialux EVO es una herramienta digital gratuita utilizada para la creación de proyectos de iluminación. Dentro del programa hay contenido sobre librerías de todos los fabricantes líderes a nivel mundial y, además, permite obtener modelos 3D del proyecto realizado. Su principal función, es que ejecuta el cálculo energético de los sistemas de iluminación para asegurar el cumplimiento de las normas actuales y vigentes a nivel nacional e internacional [20].

## **Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica**

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica se emplea la ecuación y método mostrado por los autores [21] en su investigación “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para la demanda eléctrica del Centro de Salud Magllanal, Jaén – Cajamarca”.

## **Cálculo del consumo medio diario**

Para el cálculo del consumo medio diario se toma en cuenta el impacto por de las eficiencias del inversor, conductores y baterías, y el rendimiento del inversor en cargas de corriente continua y cargas de corriente alterna.

$$E_{dm} = \frac{E_{dm, CD} + \frac{E_{dm, CA}}{\eta_i}}{\eta_{bat} + \eta_{cond}}$$

$E_{dm}$  = Consumo medio diario (Wh)

$E_{dm, CD}$  = Consumo diario en corriente continua (kWh/mes)

$E_{dm, CA}$  = Consumo diario en corriente alterna (kWh/mes)

$\eta_i$  = Eficiencia del inversor = 90% [21]

$\eta_{bat}$  = Eficiencia de la batería = 90% [21]

$\eta_{cond}$  = Eficiencia de los conductores = 100% (Los conductores se seleccionan considerando su corriente nominal mucho mayor a la corriente del sistema)

### **Carga corregida**

$$Q = \frac{E_{dm}}{V_{SISTEMA}}$$

$Q$  = Carga corregida (Ah/día)

$E_{dm}$  = Consumo medio diario (Wh)

$V_{SISTEMA}$  = Tensión nominal del sistema de generación (V)

Si la potencia instalada del sistema es menor a 1.5kW la tensión nominal debería ser de 12V, si es entre 1.5kW y 5kW la tensión nominal debe ser de 48V y si es mayor a 5 kW, 48V o 120V.

## Corriente del proyecto

$$I_{PROYECTO} = \frac{Q}{HSP}$$

$I_{PROYECTO}$  = Corriente del proyecto (A)

$Q$  = Carga corregida (Ah/día)

$HSP$  = Horas solar pico (h/día)

$$HSP = \frac{RS}{1000 W/m^2}$$

$RS$  = Radiación solar ( $Wh/m^2$ )

Existen diversos portales web que indican la radiación de cualquier punto del mundo mediante la latitud y longitud del lugar. El portal de la NASA muestra la radiación solar en ángulos de inclinación y para identificar el ángulo de inclinación se usa la siguiente ecuación:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 \times \phi$$

$\beta_{opt}$  = Ángulo de inclinación óptima (grados sexagesimales)

$\phi$  = Latitud del lugar (grados sexagesimales)

Una vez calculado el ángulo de inclinación se procede a identificar la radiación solar en el mes más crítico. Este dato brindará las horas solar pico.

## Número de paneles

El número de paneles se calcula teniendo en cuenta una instalación en paralelo y serie.

$$NP_{PARALELO} = \frac{I_{PROYECTO}}{F_R \times I_{PANEL}}$$

$NP_{PARALELO}$  = Número de paneles en paralelo

$I_{PROYECTO}$  = Corriente del proyecto (A)

$F_R$  = Factor de reducción o degradación del panel (envejecimiento, polvo)

$I_{PANEL}$  = Corriente del panel (A)

$$NP_{SERIE} = \frac{V_{SISTEMA}}{V_{PANEL}}$$

$NP_{SERIE}$  = Número de paneles en serie

$V_{SISTEMA}$  = Tensión nominal del sistema (V)

$V_{PANEL}$  = Tensión nominal del panel (V)

$$NP_{TOTALES} = NP_{PARALELO} \times NP_{SERIE}$$

$NP_{TOTALES}$  = Número de paneles totales

$NP_{PARALELO}$  = Número de paneles en paralelo

$NP_{SERIE}$  = Número de paneles en serie

### **Potencia del sistema de generación**

$$P_{SG} = NP_{PARALELO} \times NP_{SERIE} \times P_{\max P}$$

$P_{SG}$  = Potencia del sistema de generación (Wp)

$NP_{PARALELO}$  = Número de paneles en paralelo

$NP_{SERIE}$  = Número de paneles en serie

$P_{\max P}$  = Potencia máxima del panel (Wp)

## Dimensionamiento del inversor

Para el dimensionamiento del inversor es necesario considerar la corriente de arranque de algunos equipos o máquinas, en caso el sistema fotovoltaico no alimente equipos con corriente de arranque, solo se debe considerar un factor de simultaneidad. El inversor debe tener una potencia 3 veces mayor si el sistema al que pertenece suministrará energía eléctrica a motores o compresores.

$$P_{INV} = P_{AC} \times FS$$

$P_{INV}$  = Potencia del inversor (W)

$P_{AC}$  = Potencia de las cargas en corriente alterna (W)

$FS$  = Factor de simultaneidad = 1

## Dimensionamiento del sistema de acumulación

$$C_{BB} = \frac{Q \times N_{d,out}}{(FP_{\max DB,d}) \times F_{CT}}$$

$C_{BB}$  = Capacidad nominal del banco de baterías (Ah)

$Q$  = Carga corregida (Ah/día)

$N_{d,out}$  = Número de días de autonomía del banco de baterías

$FP_{\max DB,d}$  = Factor de profundidad de descarga máxima diaria

$F_{CT}$  = Factor de corrección por temperatura

$$N_{B,PARALELO} = \frac{C_{BB}}{C_{NB}}$$

$N_{B,PARALELO}$  = Número de baterías en paralelo

$C_{BB}$  = Capacidad nominal del banco de baterías (Ah)

$C_{NB}$  = Capacidad nominal de la batería (Ah)

$$N_{B,SERIE} = \frac{V_{SISTEMA}}{V_{NB}}$$

$N_{B,SERIE}$  = Número de baterías en serie

$V_{SISTEMA}$  = Tensión nominal del sistema (V)

$V_{NB}$  = Tensión nominal de la batería (V)

$$N_{B,TOTALES} = N_{B,PARALELO} \times N_{B,SERIE}$$

$N_{B,TOTALES}$  = Número de baterías en total

$N_{B,PARALELO}$  = Número de baterías en paralelo

$N_{B,SERIE}$  = Número de baterías en serie

### **Dimensionamiento del regulador de carga**

$$I_{REGULADOR} > 1.25 \times I_{PANEL} \times NP_{PARALELO}$$

$I_{REGULADOR}$  = Corriente del regulador de carga (A)

$I_{PANEL}$  = Corriente del panel (A)

$NP_{PARALELO}$  = Número de paneles en paralelo

$$N_{REGULADOR} = \frac{I_{REGULADOR}}{I_{N,REGULADOR}}$$

$N_{REGULADOR}$  = Número de reguladores de carga

$I_{REGULADOR}$  = Corriente del regulador de carga (A)

$I_{N,REGULADOR}$  = Corriente del regulador de carga según fabricante (A)

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

El tipo de investigación adoptada será aplicada cuantitativa, dado que en esta investigación se generarán datos numéricos de las características técnicas y económicas obtenido mediante toda la información estadística adquirida, se optimizará técnica y económicamente el sistema de iluminación a través de paneles solares reduciendo costos de consumo que generarán un ahorro económico.

### 2.2. Variables y operacionalización

#### Variable Independiente

- Flujo luminoso (lumen)
- Área de ambientes (m<sup>2</sup>)

#### Variable Dependiente

- Potencia del sistema fotovoltaico (W)
- Número de celdas fotovoltaicas

Para un mejor entendimiento en el **Diagrama 1** se detalla una representación de Caja Negra para variables.

Diagrama 1: *Caja Negra para variables*



## Operacionalización de Variables

Tabla 2: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	TÉCNICA E INSTRUMENTO
					DE RECOLECCIÓN DE DATOS
VARIABLE INDEPENDIENTE					
Flujo luminoso	Es la potencia emitida en forma de radiación luminosa.	Flujo luminoso	--	lumen	Análisis documental Norma Técnica EM.110
Área de ambientes	Es la superficie plana de los distintos ambientes del centro de radiología intervencionista.	Área	A=Largo x Ancho	m <sup>2</sup>	Análisis documental Reglamento Nacional de Edificaciones
VARIABLE DEPENDIENTE					

---

Potencia del sistema fotovoltaico	Es la energía en una unidad de tiempo que emitirá el sistema fotovoltaico una vez esté operativo.	Potencia	$P = \frac{Joules}{segundo}$	W	Análisis documental [22]
Número de celdas fotovoltaicas	Es la cantidad de celdas necesarias para abastecedor una demanda máxima de energía eléctrica.	Cantidad	--	W	Análisis documental [22]

---

### **2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

No aplicable para este tipo de investigación.

### **2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **Abordaje metodológico**

##### *Analítico*

La estructura de estudio se divide de manera uniforme con la intención de obtener posibles soluciones a las distintas problemáticas que se presenten en el transcurso del avance de la investigación. Es por esto, se necesita tener conocimiento sobre los riesgos que involucra hacer este tipo de investigaciones.

En este trabajo de investigación se identificará la carga actual y máxima demanda de los circuitos de iluminación del centro de radiología intervencionista, esto con el objetivo de tener un análisis completo del circuito de iluminación general del edificio y su relación consumo-costos.

##### *Deductivo*

Se analizará trabajos anteriores a este como investigaciones, artículos científicos, revistas científicas, libros, etc., que nos brinden una idea energía fotovoltaica y sistemas de iluminación optimizados en centros médicos. Además, se llevará a cabo una revisión detallada de los antecedentes o trabajos previos asociados al tema de estudio.

##### *Inductivo*

La metodología de investigación usada para el desarrollo del presente trabajo nos permitirá obtener toda la información necesaria para solucionar la problemática hallada con respecto al alto consumo y mal diseño de los circuitos de iluminación del centro de radiología intervencionista.

## Técnicas e instrumentos

A continuación, se detalla una tabla donde se mencionan las técnicas e instrumentos utilizados en el presente trabajo de investigación:

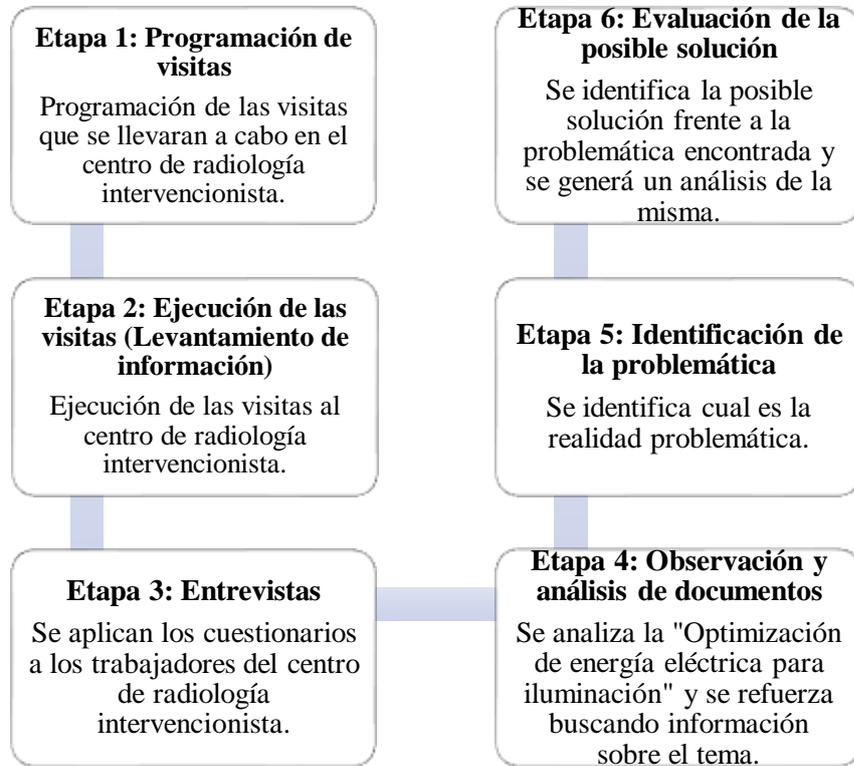
**Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

<b>Técnica de recolección de datos</b>	<b>Instrumento de recolección de datos</b>
<i>Entrevista</i>	<i>Cuestionario</i>
Técnica enfocada en el dialogo entre una persona que realiza preguntas y otra, que las contesta. Por lo general los entrevistados son conocedores de un tema en específico.	Cuestionario constituido por 5 preguntas, las cuales serán respondidas por los trabajadores del centro de radiología intervencionista. (Ver <b>Anexo 2</b> ).
<i>Observación</i>	<i>Guía de observación</i>
Permite conocer, identificar y registrar datos o situaciones.	En el <b>Anexo 6</b> se muestra la Guía de observación – Levantamiento de información utilizada para recopilar la situación actual de las instalaciones de alumbrado de la clínica CERIN.
<i>Análisis de documentos</i>	<i>Ficha de análisis documental</i>
Sirve para identificar cualquier documento importante y extraer la información más valiosa del mismo.  Ejemplo: Análisis de la NT EM.110.	Es un instrumento que contendrá toda la información obtenida de los distintos documentos revisados.

## Procedimientos para la recolección de datos

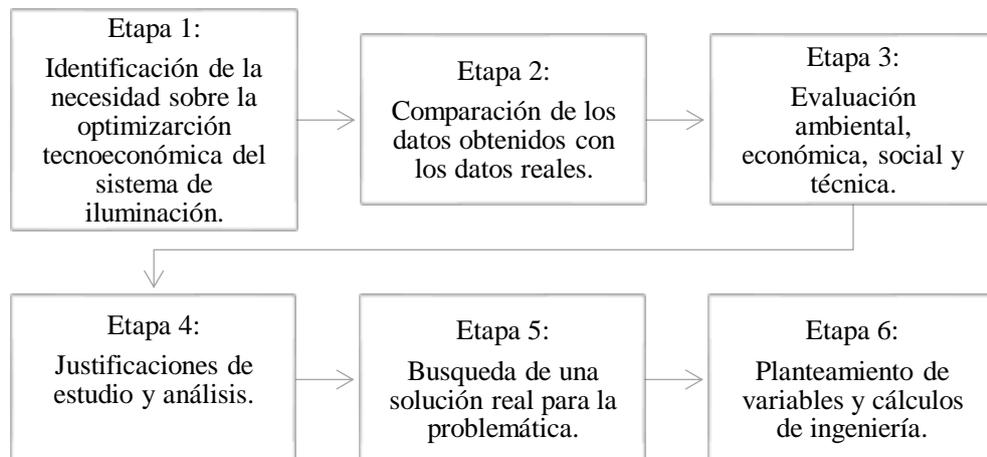
Para la recolección de datos se programó un procedimiento, el cual tendrá el siguiente esquema de realización:

**Diagrama 2: Procedimiento para la recolección de datos**



### 2.5. Procedimiento de análisis de datos

El procedimiento para el análisis de datos tiene el siguiente orden:



**Diagrama 3: Procedimiento para el análisis de datos**

## 2.6. Criterios éticos

Para el desarrollo de la presente investigación se tendrá en cuenta principios éticos plasmados en el Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán y el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú.

### **Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán (USS)**

Este documento (ver **Anexo 3**) detalla los criterios éticos y principios a tener en cuenta al momento de usar información de otros autores, así mismo muestra las políticas antiplagio. A continuación, se transcriben el primer artículo de este valioso código:

“Artículo 1. ° Finalidad: La finalidad del Código de Ética para la Investigación de la Universidad Señor de Sipán S.A.C. (en adelante Código de Ética) es garantizar que el proceso de investigación se efectúe en el marco de los principios éticos que establecen las normas vigentes.”

### **Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP)**

Este documento (ver **Anexo 4**) menciona los principios éticos que tiene que tener en cuenta un ingeniero para la competencia y el buen desarrollo de la profesión en relación con sus colegas, ambiente, sociedad y público. A continuación, se menciona un artículo valioso de este código de ética:

“Artículo 14. ° Los ingenieros están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tienen la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales.

Los ingenieros deben reconocer y hacer suyos los principios que el Colegio de Ingenieros del Perú desarrollo en su Estatuto en aplicación al ejercicio profesional.”

## 2.7. Criterios de rigor científico

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se tomará en cuenta los criterios de aplicabilidad, confiabilidad, fiabilidad, objetividad y validez.

**Aplicabilidad:** Los resultados a obtener en esta investigación pueden ser antecedentes de otros estudios.

**Confiabilidad:** La metodología de investigación permite resolver la problemática de manera cuantitativa a través del diseño óptimo de una máquina confiable.

**Fiabilidad:** La entrevista generada posee una cualidad de fiable que permite obtener resultados reales y creíbles.

**Objetividad:** La problemática de esta investigación demuestra la realidad tal cual.

**Validez:** Las variables de investigación presentan un estudio viable que logra definir los parámetros de diseño.

### III. RESULTADOS Y MÉTODOS

#### 3.1. RESULTADOS

##### Diagnóstico del estado actual de los circuitos eléctricos de iluminación

##### *Cantidad de circuitos de iluminación y luminarias por piso*

De los planos y diagramas unifilares de los planos: Lámina IE-01, Lámina IE-02, Lámina IE-03 y Lámina IE-04 (ver **Anexo 5**) y el levantamiento de información ejecutado en campo aplicando la Guía de Observación (ver **Anexo 6**), se obtuvo la siguiente información recopilada por piso:

**Tabla 4: Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 1**

Piso	Circuito	Luminaria	Tipo	Potencia [W]	Estado Luminaria	Estado Interruptor
P-1	C1	L-1	PANEL LED CIRCULAR	18	Ok	Ok
		L-2		18	Ok	Ok
		L-3		18	Ok	Ok
		L-4		18	Ok	Ok
		L-5		18	Ok	Ok
		L-6		18	Ok	Ok
		L-7		18	Ok	Ok
		L-8		18	Ok	Ok
		L-9		18	Ok	Ok
		L-10		18	Ok	Ok
	C2	L-11		18	Ok	Ok
		L-12		18	Ok	Ok
		L-13		18	Ok	Ok
		L-14		18	Ok	Ok
		L-15		18	Ok	Ok
		L-16		18	Ok	Ok
		L-17		18	Ok	Ok
		L-18		18	Ok	Ok
		L-19		18	Ok	Ok
		L-20		18	Ok	Ok
		L-21		18	Ok	Ok
		L-22		18	Ok	Ok

	L-23	18	Ok	Ok
	L-24	18	Ok	Ok
	L-25	24	Ok	Ok
	L-26	18	Ok	Ok
<b>C3</b>	L-27	18	Ok	Ok
	L-28	18	Ok	Ok
	L-29	18	Ok	Ok
	L-30	18	Ok	Ok
	L-31	18	Ok	Ok

**Tabla 5: Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 2**

Piso	Circuito	Luminaria	Tipo	Potencia [W]	Estado Luminaria	Estado Interruptor
<b>P-2</b>	<b>C1</b>	L-1	PANEL LED CIRCULAR	18	Ok	Ok
		L-2		18	Ok	Ok
		L-3		18	Ok	Ok
		L-4		24	Ok	Ok
		L-5		18	Ok	Ok
		L-6		18	Ok	Ok
		L-7		24	Ok	Ok
		L-8		18	Ok	Ok
		L-9		18	Ok	Ok
		L-10		18	Ok	Ok
	<b>C2</b>	L-11		18	Ok	Ok
		L-12		18	Ok	Ok
		L-13		24	Ok	Ok
		L-14		18	Ok	Ok
		L-15		18	Ok	Ok
		L-16		18	Ok	Ok
		L-17		18	Ok	Ok
		L-18		24	Ok	Ok
		L-19		18	Ok	Ok
		L-20		18	Ok	Ok
	<b>C3</b>	L-21		18	Ok	Ok
		L-22		24	Ok	Ok
		L-23		18	Ok	Ok
		L-24		18	Ok	Ok
		L-25		24	Ok	Ok
		L-26		18	Ok	Ok
		L-27		18	Ok	Ok

**Tabla 6: Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 3**

Piso	Circuito	Luminaria	Tipo	Potencia [W]	Estado Luminaria	Estado Interruptor
P-3	C1	L-1	PANEL LED CIRCULAR	18	Ok	Ok
		L-2		18	Ok	Ok
		L-3		24	Ok	Ok
		L-4		18	Ok	Ok
		L-5		18	Ok	Ok
		L-6		18	Ok	Ok
		L-7		18	Ok	Ok
	C2	L-8		18	Ok	Ok
		L-9		18	Ok	Ok
		L-10		18	Ok	Ok
		L-11		24	Ok	Ok
		L-12		18	Ok	Ok
		L-13		18	Ok	Ok
		L-14		18	Ok	Ok
	C3	L-15		18	Ok	Ok
		L-16		18	Ok	Ok
		L-17		18	Ok	Ok
		L-18		18	Ok	Ok
		L-19		18	Ok	Ok
		L-20		18	Ok	Ok
		L-21		24	Ok	Ok
		L-22		18	Ok	Ok
		L-23		18	Ok	Ok

**Tabla 7: Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 4**

Piso	Circuito	Luminaria	Tipo	Potencia [W]	Estado Luminaria	Estado Interruptor
P-4	C1	L-1	PANEL LED CIRCULAR	18	Ok	Ok
		L-2		18	Ok	Ok
		L-3		18	Ok	Ok
		L-4		24	Ok	Ok
		L-5		24	Ok	Ok
		L-6		18	Ok	Ok
		L-7		18	Ok	Ok
	C2	L-8		18	Ok	Ok
		L-9		18	Ok	Ok
		L-10		18	Ok	Ok
		L-11		24	Ok	Ok
		L-12		18	Ok	Ok
		L-13		24	Ok	Ok
		L-14		18	Ok	Ok

	L-15	24	Ok	Ok
	L-16	18	Ok	Ok
	L-17	18	Ok	Ok
	L-18	18	Ok	Ok
	L-19	18	Ok	Ok
	L-20	24	Ok	Ok
<b>C3</b>	L-21	18	Ok	Ok
	L-22	18	Ok	Ok
	L-23	18	Ok	Ok
	L-24	18	Ok	Ok
	L-25	24	Ok	Ok

**Tabla 8: Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 5**

Piso	Circuito	Luminaria	Tipo	Potencia [W]	Estado Luminaria	Estado Interruptor
		L-1		18	Ok	Ok
		L-2		24	Ok	Ok
		L-3		24	Ok	Ok
	<b>C1</b>	L-4		24	Ok	Ok
		L-5		18	Ok	Ok
		L-6		18	Ok	Ok
		L-7		18	Ok	Ok
		L-8		18	Ok	Ok
		L-9		18	Ok	Ok
		L-10		24	Ok	Ok
		L-11		18	Ok	Ok
<b>P-5</b>	<b>C2</b>	L-12	PANEL LED CIRCULAR	24	Ok	Ok
		L-13		18	Ok	Ok
		L-14		24	Ok	Ok
		L-15		18	Ok	Ok
		L-16		18	Ok	Ok
		L-17		18	Ok	Ok
		L-18		24	Ok	Ok
		L-19		18	Ok	Ok
		L-20		18	Ok	Ok
	<b>C3</b>	L-21		18	Ok	Ok
		L-22		18	Ok	Ok
		L-23		18	Ok	Ok
		L-24		24	Ok	Ok

**Tabla 9: Detalle de luminarias y su estado por circuito – Piso 6**

Piso	Circuito	Luminaria	Tipo	Potencia [W]	Estado Luminaria	Estado Interruptor
P-6	C1	L-1	PANEL LED CIRCULAR	24	Ok	Ok
		L-2		24	Ok	Ok
		L-3		18	Ok	Ok
		L-4		18	Ok	Ok
		L-5		18	Ok	Ok
		L-6		18	Ok	Ok
	C2	L-7		18	Ok	Ok
		L-8		24	Ok	Ok
		L-9		18	Ok	Ok
		L-10		24	Ok	Ok
		L-11		18	Ok	Ok
		L-12		24	Ok	Ok
	C3	L-13		18	Ok	Ok
		L-14		18	Ok	Ok
		L-15		18	Ok	Ok
		L-16		24	Ok	Ok
		L-17		18	Ok	Ok
		L-18		24	Ok	Ok
		L-19		18	Ok	Ok

En el **Anexo 7** se detallan las luminarias que actualmente están instaladas, en el **Anexo 8** se muestra las imágenes del levantamiento de información y en el **Anexo 9**, los planos actualizados correspondiente a la tabla del **Anexo 5**.

## Identificación de la máxima demanda de iluminación por piso

En la visita de campo, se realizó un metrado por piso de todas las luminarias. Esto ayudó para identificar la máxima demanda actual de los circuitos de alumbrado teniendo en cuenta la norma EM 010 del RNE.

Evaluación de la Potencia Instalada y la Demanda Máxima									
Obra		: Centro de Radiología Intervencionista E.I.R.L. (CERIN)							
Nivel		: 1er piso							
1 Cargas con suministro eléctrico normal 220V, monofásico, 60Hz									
Artículo 4° de la Norma EM010 del RNE (Evaluación de la Demanda.)									
Descripción	Potencia Unitaria (W)	Cantidad	Factor simultaneidad (F.S)	Factor de potencia (FP)	Potencia Instalada (P.I)	Factor de demanda (F.D) %	Demanda Maxima (M.D)		
Panel LED circular 24W	24 W	1 Un		1	24 W	100	24	W	
Panel LED circular 18W	18 W	30 Un		1	540 W	100	540	W	
Total					564 W		564	W	
Tablero	Cargas	P (kW)	FP	Q (kVAR)	∅ (°)				
TI-01	Alumbrado LED	0.56	0.90	0.27	25.8				
	Total	0.56	0.90 <=1	0.27					

**Figura 10: Demanda máxima actual de iluminación del primer piso**

**Fuente: Propia, 2022**

En la Figura 10 se detalla la cantidad de luminarias de 24W y 18W, y considerando un factor de potencia 1 (energía activa) se procede a calcular la máxima demanda, el cual no es nada más que la suma de potencias. Este cuadro está basado en la información de la Tabla 4. En este piso solo se emplea 1 luminaria de 24W, las demás son de menor potencia (18W).

Evaluación de la Potencia Instalada y la Demanda Máxima							
Obra		: Centro de Radiología Intervencionista E.I.R.L. (CERIN)					
Nivel		: 2do piso					
1 Cargas con suministro eléctrico normal 220V, monofásico, 60Hz							
Artículo 4° de la Norma EM 010 del RNE (Evaluación de la Demanda.)							
Descripción	Potencia Unitaria (W)	Cantidad	Factor simultaneidad (F.S)	Factor de potencia (FP)	Potencia Instalada (P.I)	Factor de demanda (F.D) %	Demanda Maxima (M.D)
Panel LED circular 24W	24W	6 Un		1	144W	100	144 W
Panel LED circular 18W	18W	21 Un		1	378W	100	378 W
Total					522W		522 W
Tablero	Cargas	P (kW)	FP	Q (kVAR)	$\phi$ (°)		
TI-02	Alumbrado LED	0.52	0.90	0.25	25.8		
	Total	0.52	0.90 <=1	0.25			

**Figura 11: Demanda máxima actual de iluminación del segundo piso**

**Fuente: Propia, 2022**

En la Figura 11 se detalla la cantidad de luminarias de 24W y 18W, y considerando un factor de potencia 1 (energía activa) se procede a calcular la máxima demanda, el cual no es nada más que la suma de potencias. Este cuadro está basado en la información de la Tabla 5. En este piso la cantidad de luminarias de 24W son 6.

Evaluación de la Potencia Instalada y la Demanda Máxima							
Obra		: Centro de Radiología Intervencionista E.I.R.L. (CERIN)					
Nivel		: 3er piso					
1 Cargas con suministro eléctrico normal 220V, monofásico, 60Hz							
Artículo 4° de la Norma EM 010 del RNE (Evaluación de la Demanda.)							
Descripción	Potencia Unitaria (W)	Cantidad	Factor simultaneidad (F.S)	Factor de potencia (FP)	Potencia Instalada (P.I)	Factor de demanda (F.D) %	Demanda Maxima (M.D)
Panel LED circular 24W	24W	3 Un		1	72W	100	72 W
Panel LED circular 18W	18W	20 Un		1	360W	100	360 W
Total					432W		432 W
Tablero	Cargas	P (kW)	FP	Q (kVAR)	$\phi$ (°)		
TI-03	Alumbrado LED	0.43	0.90	0.21	25.8		
	Total	0.43	0.90 <=1	0.21			

**Figura 12: Demanda máxima actual de iluminación del tercer piso**

**Fuente: Propia, 2022**

En la Figura 12 se detalla la cantidad de luminarias de 24W y 18W, y considerando un factor de potencia 1 (energía activa) se procede a calcular la máxima demanda, el cual no es nada más que la suma de potencias. Este cuadro está basado en la información de la Tabla 6. En el tercer piso se tiene una cantidad de 3 luminarias de 24W.

Evaluación de la Potencia Instalada y la Demanda Máxima									
Obra		: Centro de Radiología Intervencionista E.I.R.L. (CERIN)							
Nivel		: 4to piso							
1 Cargas con suministro eléctrico normal 220V, monofásico, 60Hz									
Artículo 4° de la Norma EM 010 del RNE (Evaluación de la Demanda.)									
Descripción	Potencia Unitaria (W)	Cantidad	Factor simultaneidad (F.S)	Factor de potencia (FP)	Potencia Instalada (P.I)	Factor de demanda (F.D) %	Demanda Maxima (M.D)		
Panel LED circular 24W	24 W	7 Un		1	168 W	100	168	W	
Panel LED circular 18W	18 W	18 Un		1	324 W	100	324	W	
Total					492 W		492	W	
Tablero	Cargas	P (kW)	FP	Q (KVAR)	$\phi$ (°)				
TI-04	Alumbrado LED	0.49	0.90	0.24	25.8				
	Total	0.49	0.90 <=1	0.24					

**Figura 13: Demanda máxima actual de iluminación del cuarto piso**

**Fuente: Propia, 2022**

En la Figura 13 se detalla la cantidad de luminarias de 24W y 18W, y considerando un factor de potencia 1 (energía activa) se procede a calcular la máxima demanda, el cual no es nada más que la suma de potencias. Este cuadro está basado en la información de la Tabla 7.

Evaluación de la Potencia Instalada y la Demanda Máxima							
Obra		: Centro de Radiología Intervencionista E.I.R.L. (CERIN)					
Nivel		: 5to piso					
1 Cargas con suministro eléctrico normal 220V, monofásico, 60Hz							
Artículo 4° de la Norma EM 010 del RNE (Evaluación de la Demanda.)							
Descripción	Potencia Unitaria (W)	Cantidad	Factor simultaneidad (F.S)	Factor de potencia (FP)	Potencia Instalada (P.I)	Factor de demanda (F.D) %	Demanda Maxima (M.D)
Panel LED circular 24W	24 W	8 Un		1	192 W	100	192 W
Panel LED circular 18W	18 W	16 Un		1	288 W	100	288 W
Total					480 W		480 W
Tablero	Cargas	P (kW)	FP	Q (kVAR)	$\phi$ (°)		
TI-05	Alumbrado LED	0.48	0.90	0.23	25.8		
	Total	0.48	0.90 <=1	0.23			

**Figura 14: Demanda máxima actual de iluminación del quinto piso**

**Fuente: Propia, 2022**

En la Figura 14 se detalla la cantidad de luminarias de 24W y 18W, y considerando un factor de potencia 1 (energía activa) se procede a calcular la máxima demanda, el cual no es nada más que la suma de potencias. Este cuadro está basado en la información de la Tabla 8. El quinto piso utiliza la mayor cantidad de luminarias de 24 W (8 unidades).

Evaluación de la Potencia Instalada y la Demanda Máxima							
Obra		: Centro de Radiología Intervencionista E.I.R.L. (CERIN)					
Nivel		: 6to piso					
1 Cargas con suministro eléctrico normal 220V, monofásico, 60Hz							
Artículo 4° de la Norma EM 010 del RNE (Evaluación de la Demanda.)							
Descripción	Potencia Unitaria (W)	Cantidad	Factor simultaneidad (F.S)	Factor de potencia (FP)	Potencia Instalada (P.I)	Factor de demanda (F.D) %	Demanda Maxima (M.D)
Panel LED circular 24W	24 W	7 Un		1	168 W	100	168 W
Panel LED circular 18W	18 W	12 Un		1	216 W	100	216 W
Total					384 W		384 W
Tablero	Cargas	P (kW)	FP	Q (kVAR)	$\phi$ (°)		
TI-06	Alumbrado LED	0.38	0.90	0.18	25.8		
	Total	0.38	0.90 <=1	0.18			

**Figura 15: Demanda máxima actual de iluminación del sexto piso**

**Fuente: Propia, 2022**

En la Figura 15 se detalla la cantidad de luminarias de 24W y 18W, y considerando un factor de potencia 1 (energía activa) se procede a calcular la máxima demanda, el cual no es nada más que la suma de potencias. Este cuadro está basado en la información de la Tabla 9.

**Tabla 10: Demanda máxima total de los circuitos de alumbrado**

TABLERO	UBICACIÓN	POTENCIA INSTALADA	MÁXIMA DEMANDA
Tablero TI- 01	1er piso	564.00 W	564.00 W
Tablero TI- 02	2do piso	522.00 W	522.00 W
Tablero TI- 03	3er piso	432.00 W	432.00 W
Tablero TI- 04	4to piso	492.00 W	492.00 W
Tablero TI- 05	5to piso	480.00 W	480.00 W
Tablero TI- 06	6to piso	384.00 W	384.00 W
<b>TOTALES</b>		2874.00 W	2874.00 W

Interpretando la tabla anterior (Tabla 10) se puede verificar que el tablero ubicado en el primer piso cuenta con la mayor demanda eléctrica en circuitos de iluminación (564W), eso es debido a los ambientes con los que cuenta este nivel que requieren de una mayor cantidad de luxes (a mayor número de luxes, mayor potencia). En el **Anexo 1** se indica la normativa con la que se trabaja la cantidad de luxes por ambiente específico. En el objetivo 2 se analiza los luxes por tipo de ambiente médico más a fondo.

De la Tabla 4 a la Tabla 9 se puede apreciar la cantidad de circuitos que hay por piso (03 circuitos de alumbrado por piso) y según la Tabla 10, cada tablero se encuentra en un piso, entonces, cada tablero indicado cuenta con 3 circuitos de iluminación. Cabe mencionar que cada circuito posee una llave termomagnética de 2x20A y conductores eléctricos tipo NH-

80 de 2.5mm<sup>2</sup> (según diagramas unifilares de los planos del **Anexo 9**). El detalle de las llaves termomagnéticas se encuentra en el **Anexo 10** y el detalle de los conductores eléctricos en el **Anexo 11**.

La demanda total de los circuitos de iluminación actuales del Centro de Radiología Intervencionista E.I.R.L. (CERIN) es de 2.874 kW.

***Diagnóstico de los niveles de iluminación por piso mediante el software DIALux evo conforme a lo establecido en la normativa vigente***

Es necesario realizar un diagnóstico para saber si las instalaciones de alumbrado actuales cumplen con el flujo luminoso según la norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética (ver Tabla 11). Para esta actividad se usará el software DIALux evo y los planos de las instalaciones de alumbrado actuales (ver **Anexo 5**).

<b>Hospitales – Centros Médicos</b>	
Corredores o pasillos	
durante la noche	50
durante el día	200
Salas de pacientes	
circulación nocturna	1
observación nocturna	5
alumbrado general	150
exámenes en cama	300
Salas de exámenes	
alumbrado general	500
iluminación local	1000
Salas de cuidados intensivos	
cabecera de cama	50
observación local	750
Sala de enfermeras	300
Salas de operaciones	
sala de preparación	500
alumbrado general	1000
mesa de operaciones	100000
Salas de autopsias	
alumbrado general	750
alumbrado local	5000
Laboratorios y farmacias	
alumbrado general	750
alumbrado local	1000
Consultorios	
alumbrado general	500
alumbrado local	750

**Tabla 11: Iluminancia (luxes) en ambientes médicos según la norma EM.110**

## Diagnóstico de luminancia de los ambientes del primer piso

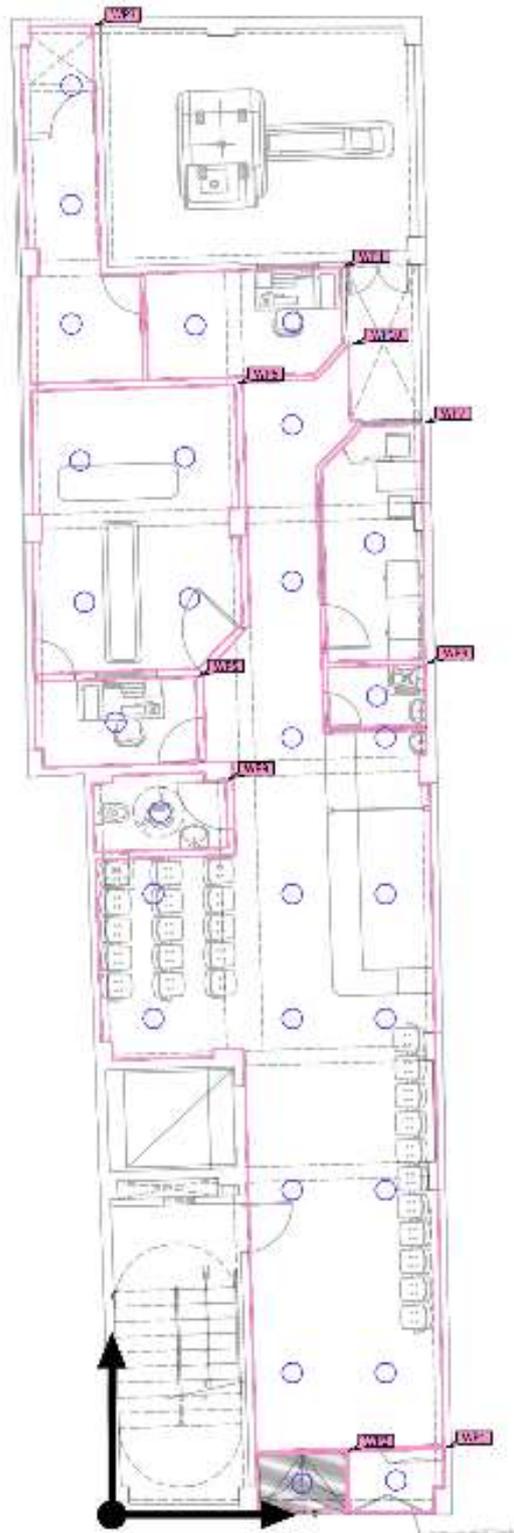
El software DIALux evo arrojó los siguientes datos de luminancia para los ambientes del primer piso:

Propiedades	E (Nominal)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Plano útil (Ingreso) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	226 lx (≥ 100 lx) ✓	172 lx	280 lx	0.76	0.61	WP1
Plano útil (Ingreso) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	234 lx (≥ 100 lx) ✓	179 lx	285 lx	0.76	0.63	WP2
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	200 lx (≥ 500 lx) ✗	85.6 lx	288 lx	0.43	0.30	WP3
Plano útil (Oficina) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	210 lx (≥ 500 lx) ✗	126 lx	274 lx	0.60	0.46	WP4
Plano útil (Control) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	142 lx (≥ 300 lx) ✗	75.7 lx	231 lx	0.53	0.33	WP5
Plano útil (Tomógrafo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	192 lx (≥ 500 lx) ✗	91.7 lx	270 lx	0.48	0.34	WP6
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	83.8 lx (≥ 500 lx) ✗	25.3 lx	191 lx	0.30	0.13	WP7
Plano útil (Baño) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	228 lx (≥ 100 lx) ✓	173 lx	283 lx	0.76	0.61	WP8
Plano útil (Baño) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	174 lx (≥ 100 lx) ✓	110 lx	246 lx	0.63	0.45	WP9
Plano útil (Recepción y pasadizo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	196 lx (≥ 200 lx) ✗	69.6 lx	305 lx	0.36	0.23	WP10

**Figura 16: Datos de iluminancia por ambiente del primer piso**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

En la Figura 16 se puede apreciar que solo los ambientes de baños e ingresos cumplen con el flujo luminoso según normativa. Esto se puede apreciar ya que son las únicas filas que tienen un check de color verde.



**Figura 17: Luminarias por ambiente del primer piso según planos actuales**  
**Fuente: Software DIALux evo 2022**

**Diagnóstico de luminancia de los ambientes del segundo piso**

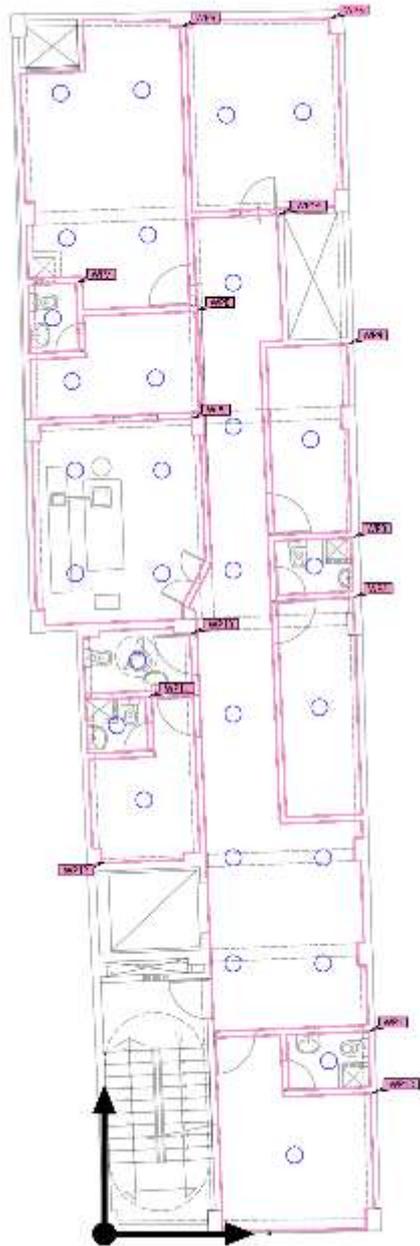
El software DIALux evo arrojó los siguientes datos de luminancia para los ambientes del segundo piso:

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (SSH)H Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	209 lx (≥ 100 lx) ✓	154 lx	267 lx	0.74	0.58	WP1
Plano útil (CONSULTORIO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	75.5 lx (≥ 500 lx) ✗	19.8 lx	194 lx	0.26	0.10	WP2
Plano útil (SSH)H Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	217 lx (≥ 100 lx) ✓	158 lx	275 lx	0.73	0.57	WP3
Plano útil (Sala de Descanso Rayos X) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	83.1 lx (≥ 300 lx) ✗	27.1 lx	191 lx	0.33	0.14	WP4
Plano útil (Sala de Lectura) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	104 lx (≥ 500 lx) ✗	34.2 lx	215 lx	0.33	0.16	WP5
Plano útil (Almacén de Insumos) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	171 lx (≥ 200 lx) ✗	54.9 lx	279 lx	0.32	0.20	WP6
Plano útil (SSH)H Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	238 lx (≥ 100 lx) ✓	187 lx	286 lx	0.79	0.65	WP7
Plano útil (CONSULTORIO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	190 lx (≥ 500 lx) ✗	55.5 lx	282 lx	0.29	0.20	WP8
Plano útil (RAYOS X) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	214 lx (≥ 500 lx) ✗	131 lx	282 lx	0.61	0.46	WP9
Plano útil (SSH)H Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	174 lx (≥ 100 lx) ✓	108 lx	244 lx	0.62	0.44	WP10
Plano útil (SSH)H Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	242 lx (≥ 100 lx) ✓	194 lx	290 lx	0.80	0.67	WP11
Plano útil (TÓPICO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	92.5 lx (≥ 300 lx) ✗	9.45 lx	189 lx	0.10	0.050	WP12
Plano útil (ECOGRAFÍA) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	61.4 lx (≥ 500 lx) ✗	7.60 lx	176 lx	0.12	0.043	WP13
Plano útil (PASADIZO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	173 lx (≥ 200 lx) ✗	67.4 lx	282 lx	0.39	0.24	WP14

Figura 18: Datos de iluminancia por ambiente del segundo piso

Fuente: Software DIALux evo 2022

En la Figura 18 se puede apreciar que solo los ambientes de baños cumplen con el flujo luminoso según normativa. Esto se puede apreciar ya que son las únicas filas que tienen un check de color verde.



**Figura 19: Luminarias por ambiente del segundo piso según planos actuales**  
**Fuente: Software DIALux evo 2022**

## Diagnóstico de luminancia de los ambientes del tercer piso

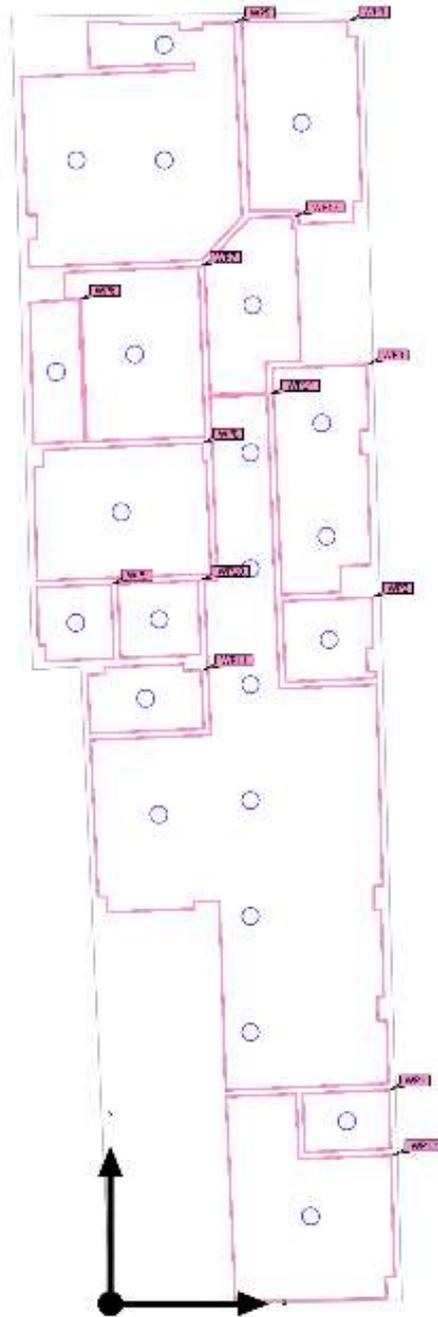
El software DIALux evo arrojo los siguientes datos de luminancia para los ambientes del tercer piso:

Propiedades	$E$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (SSH)	208 lx (≥ 100 lx)	147 lx	270 lx	0.71	0.54	WP1
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Cuarto Séptico)	179 lx (≥ 300 lx)	68.8 lx	245 lx	0.38	0.28	WP2
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (MAMÓGRAFO)	166 lx (≥ 500 lx)	86.5 lx	244 lx	0.52	0.35	WP3
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (Sala de descanso)	87.0 lx (≥ 200 lx)	29.6 lx	207 lx	0.34	0.14	WP4
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (RAYOS X)	117 lx (≥ 500 lx)	25.9 lx	265 lx	0.22	0.098	WP5
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (SSH)	163 lx (≥ 100 lx)	85.9 lx	257 lx	0.53	0.33	WP6
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Vestidores)	92.0 lx (≥ 100 lx)	18.3 lx	209 lx	0.20	0.088	WP7
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (ECÓGRAFO)	71.9 lx (≥ 500 lx)	24.2 lx	178 lx	0.34	0.14	WP8
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (SSH)	204 lx (≥ 100 lx)	144 lx	266 lx	0.71	0.54	WP9
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Almacén residuos)	197 lx (≥ 200 lx)	131 lx	256 lx	0.66	0.51	WP10
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (SSH)	173 lx (≥ 100 lx)	104 lx	246 lx	0.60	0.42	WP11
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (ECÓGRAFO)	61.1 lx (≥ 500 lx)	6.65 lx	178 lx	0.11	0.037	WP12
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (Pasadizo)	118 lx (≥ 200 lx)	44.3 lx	219 lx	0.38	0.20	WP13
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (SALA DE ESPERA)	127 lx (≥ 200 lx)	24.6 lx	276 lx	0.19	0.089	WP14
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					

Figura 20: Datos de iluminancia por ambiente del tercer piso

Fuente: Software DIALux evo 2022

En la Figura 20 se puede apreciar que solo los ambientes de baños cumplen con el flujo luminoso según normativa. Esto se puede apreciar ya que son las únicas filas que tienen un check de color verde.



**Figura 21: Luminarias por ambiente del tercer piso según planos actuales**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

## Diagnóstico de luminancia de los ambientes del cuarto piso

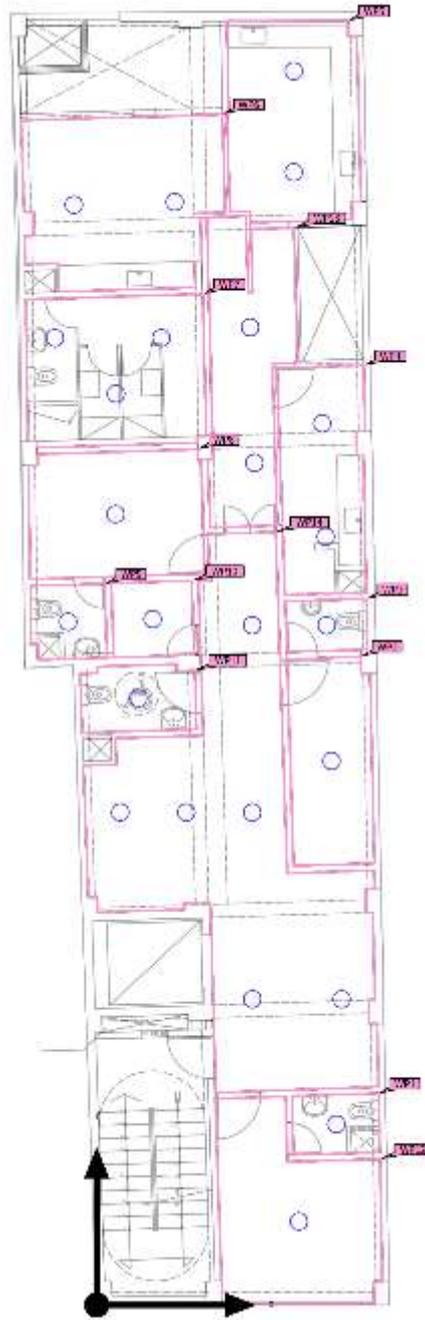
El software DIALux evo arroja los siguientes datos de luminancia para los ambientes del cuarto piso:

Propiedades	E (Nominal)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Plano útil (SSH)	208 lx (≥ 100 lx)	142 lx	266 lx	0.68	0.53	WP1
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Consultorio)	82.4 lx (≥ 500 lx)	25.1 lx	191 lx	0.30	0.13	WP2
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (SSH)	226 lx (≥ 100 lx)	166 lx	279 lx	0.73	0.59	WP3
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Consultorio)	172 lx (≥ 500 lx)	91.5 lx	247 lx	0.53	0.37	WP4
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (Consultorio)	122 lx (≥ 500 lx)	51.7 lx	204 lx	0.42	0.25	WP5
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (Consultorio)	126 lx (≥ 500 lx)	48.9 lx	231 lx	0.39	0.21	WP6
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (Vestidores)	198 lx (≥ 100 lx)	71.6 lx	289 lx	0.36	0.25	WP7
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Consultorio)	74.1 lx (≥ 500 lx)	25.8 lx	180 lx	0.35	0.14	WP8
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (SSH)	204 lx (≥ 100 lx)	142 lx	264 lx	0.70	0.54	WP9
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (SSH)	196 lx (≥ 100 lx)	136 lx	257 lx	0.69	0.53	WP10
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (SSH)	173 lx (≥ 100 lx)	106 lx	247 lx	0.61	0.43	WP11
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Consultorio)	61.3 lx (≥ 500 lx)	7.47 lx	176 lx	0.12	0.042	WP12
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (Pasadizo)	123 lx (≥ 200 lx)	18.0 lx	249 lx	0.15	0.072	WP13
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					
Plano útil (PASADIZO)	150 lx (≥ 200 lx)	21.0 lx	323 lx	0.14	0.065	WP14
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					

Figura 22: Datos de iluminancia por ambiente del cuarto piso

Fuente: Software DIALux evo 2022

En la Figura 22 se puede apreciar que solo los ambientes de baños y vestidores cumplen con el flujo luminoso según normativa. Esto se puede apreciar ya que son las únicas filas que tienen un check de color verde.



**Figura 23: Luminarias por ambiente del cuarto piso según planos actuales**  
**Fuente: Software DIALux evo 2022**

## Diagnóstico de luminancia de los ambientes del quinto piso

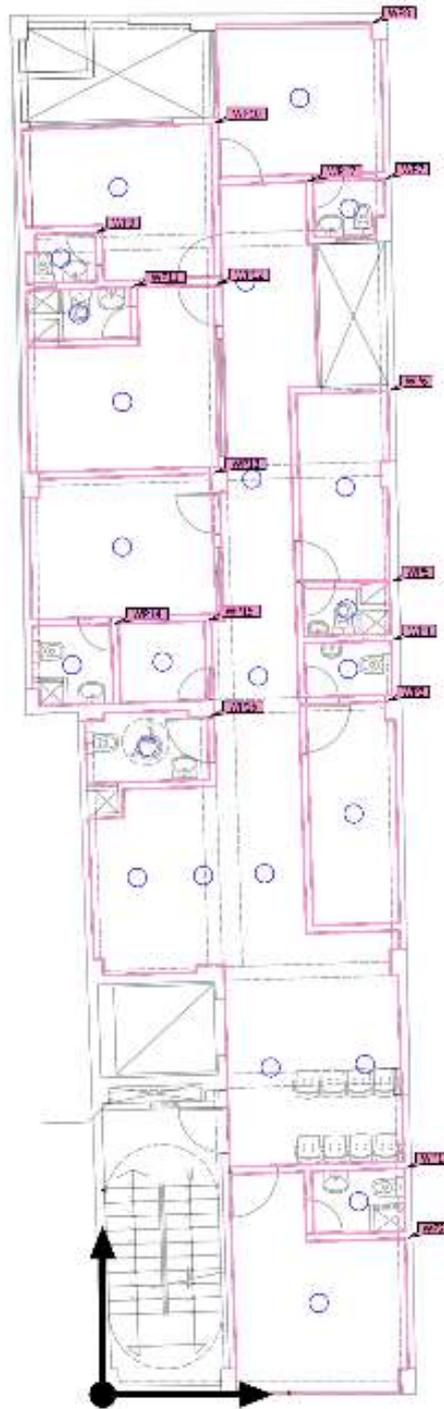
El software DIALux evo arrojó los siguientes datos de luminancia para los ambientes del quinto piso:

Propiedades	E (Nominal)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Piano 05l (SSH-H) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	238 lx (≥ 100 lx) ✓	141 lx	267 lx	0,58	0,53	WP1
Piano 05l (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	61,0 lx (≥ 500 lx) ✗	8,28 lx	175 lx	0,14	0,047	WP2
Piano 05l (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	82,0 lx (≥ 500 lx) ✗	21,0 lx	187 lx	0,29	0,13	WP3
Piano 05l (SSH-H) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	227 lx (≥ 100 lx) ✓	165 lx	280 lx	0,73	0,59	WP4
Piano 05l (SSH-H) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	231 lx (≥ 100 lx) ✓	168 lx	289 lx	0,73	0,58	WP5
Piano 05l (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	91,7 lx (≥ 500 lx) ✗	32,8 lx	194 lx	0,36	0,17	WP6
Piano 05l (SSH-H) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	246 lx (≥ 100 lx) ✓	181 lx	295 lx	0,74	0,61	WP7
Piano 05l (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	78,5 lx (≥ 500 lx) ✗	27,8 lx	179 lx	0,37	0,16	WP8
Piano 05l (SSH-H) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	258 lx (≥ 100 lx) ✓	203 lx	302 lx	0,79	0,67	WP9
Piano 05l (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	71,8 lx (≥ 500 lx) ✗	20,8 lx	179 lx	0,29	0,12	WP10
Piano 05l (SSH-H) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	210 lx (≥ 100 lx) ✓	144 lx	273 lx	0,69	0,53	WP11
Piano 05l (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	65,8 lx (≥ 500 lx) ✗	7,52 lx	179 lx	0,11	0,042	WP12
Piano 05l (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	72,0 lx (≥ 500 lx) ✗	25,8 lx	179 lx	0,36	0,14	WP13
Piano 05l (SSH-H) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	205 lx (≥ 100 lx) ✓	142 lx	274 lx	0,69	0,52	WP14
Piano 05l (Derivación) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	196 lx (≥ 100 lx) ✓	134 lx	258 lx	0,68	0,52	WP15
Piano 05l (SSH-H) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	173 lx (≥ 100 lx) ✓	101 lx	246 lx	0,58	0,41	WP16
Piano 05l (Sala de espera y pasadizo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	141 lx (≥ 300 lx) ✗	25,8 lx	330 lx	0,18	0,078	WP17

Figura 24: Datos de iluminancia por ambiente del quinto piso

Fuente: Software DIALux evo 2022

En la Figura 24 se puede apreciar que solo los ambientes de baños cumplen con el flujo luminoso según normativa. Esto se puede apreciar ya que son las únicas filas que tienen un check de color verde.



**Figura 25: Luminarias por ambiente del quinto piso según planos actuales**  
**Fuente: Software DIALux evo 2022**

## Diagnóstico de luminancia de los ambientes del sexto piso

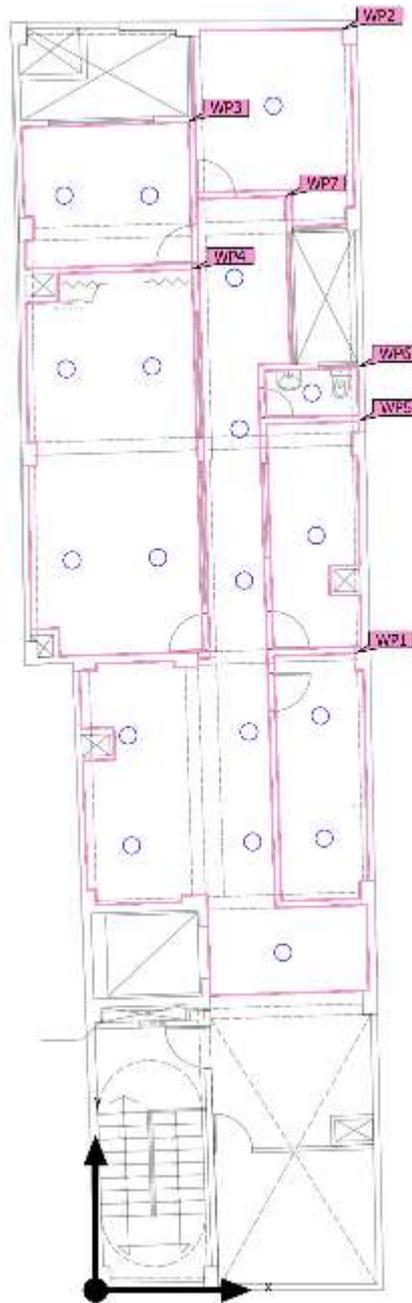
El software DIALux evo arrojo los siguientes datos de luminancia para los ambientes del sexto piso:

Propiedades	E (Nominal)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>r</sub>	g <sub>s</sub>	Índice
Plano útil (Sala Informática) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	154 lx (≥ 500 lx) ✗	76.2 lx	239 lx	0.49	0.32	WP1
Plano útil (Administración) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	60.5 lx (≥ 500 lx) ✗	7.53 lx	174 lx	0.12	0.043	WP2
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	155 lx (≥ 500 lx) ✗	53.7 lx	251 lx	0.35	0.21	WP3
Plano útil (Sala de Reuniones) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	108 lx (≥ 500 lx) ✗	36.4 lx	211 lx	0.34	0.17	WP4
Plano útil (Archivo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	70.3 lx (≥ 500 lx) ✗	4.88 lx	193 lx	0.069	0.025	WP5
Plano útil (SSH) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	211 lx (≥ 100 lx) ✓	150 lx	272 lx	0.71	0.55	WP6
Plano útil (Pasadizo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	152 lx (≥ 200 lx) ✗	25.7 lx	273 lx	0.17	0.094	WP7

**Figura 26: Datos de iluminancia por ambiente del sexto piso**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

En la Figura 26 se puede apreciar que solo el ambiente de baño cumple con el flujo luminoso según normativa. Esto se puede apreciar ya que es la única fila que tiene un check de color verde.



**Figura 27: Luminarias por ambiente del sexto piso según planos actuales**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

Mediante el diagnóstico en el software DIALux evo se pudo verificar que ningún ambiente médico del Centro de Radiología Intervencionista E.I.R.L. (CERIN) cumple con los luxes según la norma EM.110 Confor Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética.

## Propuesta del sistema de iluminación según la norma peruana E.M110/Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética para cada ambiente

Teniendo en cuenta la norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética se realiza el cálculo lumínico considerando el flujo luminoso por ambiente (ver Tabla 11).

### *Iluminancia de los ambientes del primer piso*

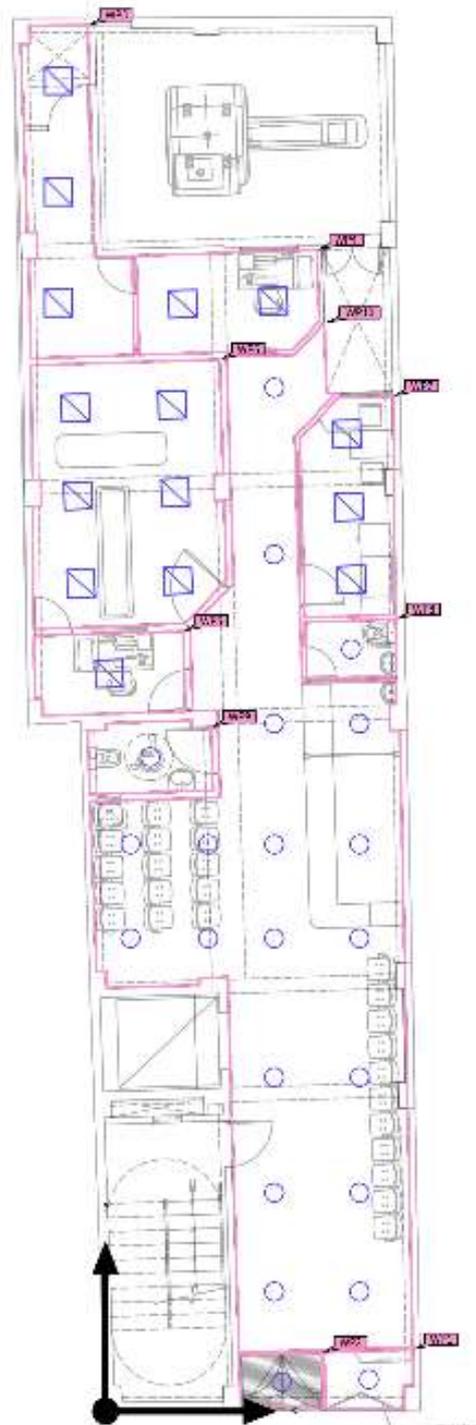
El software DIALux evo arrojó los siguientes datos de luminancia de los ambientes del primer piso:

Objetos de cálculo						
Planos útiles						
Propiedades	E (Nominal)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Plano útil (Ingreso) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.600 m, Zona marginal: 0.000 m	168 lx (≥ 100 lx)	137 lx	238 lx	0.73	0.58	WP1
Plano útil (Ingreso) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.600 m, Zona marginal: 0.000 m	196 lx (≥ 100 lx)	147 lx	241 lx	0.75	0.61	WP2
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	503 lx (≥ 500 lx)	126 lx	753 lx	0.26	0.17	WP3
Plano útil (Oficina) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.600 m, Zona marginal: 0.000 m	538 lx (≥ 500 lx)	252 lx	742 lx	0.47	0.34	WP4
Plano útil (Control) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.600 m, Zona marginal: 0.000 m	374 lx (≥ 300 lx)	138 lx	678 lx	0.37	0.20	WP5
Plano útil (Tomógrafo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	609 lx (≥ 500 lx)	316 lx	870 lx	0.47	0.36	WP6
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.600 m, Zona marginal: 0.000 m	703 lx (≥ 500 lx)	382 lx	914 lx	0.54	0.42	WP7
Plano útil (Baño) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.600 m, Zona marginal: 0.000 m	185 lx (≥ 100 lx)	138 lx	236 lx	0.75	0.58	WP8
Plano útil (Baño) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	144 lx (≥ 100 lx)	87.3 lx	211 lx	0.61	0.41	WP9
Plano útil (Recepción y pasadizo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	213 lx (≥ 200 lx)	51.2 lx	350 lx	0.24	0.15	WP10

**Figura 28: Datos de iluminancia por ambiente del primer piso**

Fuente: Software DIALux evo 2022

Lo enmarcado de rojo es la iluminancia requerida por ambiente médico según norma. Ahora, para que se pueda cumplir la luminancia de cada ambiente según norma, el software calculó las siguientes luminarias por ambiente:



**Figura 29: Cantidad de luminarias por ambiente del primer piso**  
**Fuente: Software DIALux evo 2022**

Con estas cantidades y modelo de luminarias, se cumple con la cantidad de luxes solicitados normativamente para cada ambiente. En la mayoría de los casos, la cantidad calculada es mayor a lo mínimo que indica la norma EM.110 (ver Figura 29).

El tipo de luminarias seleccionadas fueron dos. Para el ambiente que requiere de menor luxes una de menor flujo luminoso, y para los ambientes de mayor demanda de luxes según norma, una luminaria con mayor flujo luminoso.

Lista de luminarias						
$\Phi_{total}$ 86252 lm		$P_{total}$ 1068.0 W		Rendimiento lumínico 80.8 lm/W		
Unid.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
15	LEDVANCE	40581181422 00	PANEL VALUE 600 UGR < 19 36 W 4000 K WT	36.0 W	3600 lm	100.0 lm/W
22	SYLVANIA	0043283	SYLCIRCLE 24W 1500LM	24.0 W	1466 lm	61.1 lm/W

**Figura 30: Luminarias seleccionadas por ambiente del primer piso**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

## Iluminancia de los ambientes del segundo piso

El software DIALux evo arrojó los siguientes datos de luminancia de los ambientes del segundo piso:

Objetos de cálculo						
Planos útiles						
Propiedades	E (Nominal)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Plano útil (SSH)	174 lx	118 lx	230 lx	0.68	0.51	WP1
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 100 lx					
Plano útil (CONSULTORIO)	644 lx	342 lx	843 lx	0.53	0.41	WP2
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 500 lx					
Plano útil (SSH)	182 lx	125 lx	231 lx	0.69	0.54	WP3
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 100 lx					
Plano útil (Sala de Descanso Rayos X)	491 lx	219 lx	713 lx	0.45	0.31	WP4
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 300 lx					
Plano útil (Sala de Lectura)	579 lx	247 lx	779 lx	0.43	0.32	WP5
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 500 lx					
Plano útil (Almacén de Insumos)	317 lx	72.5 lx	687 lx	0.23	0.11	WP6
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 200 lx					
Plano útil (SSH)	199 lx	152 lx	244 lx	0.76	0.62	WP7
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 100 lx					
Plano útil (CONSULTORIO)	696 lx	187 lx	1033 lx	0.27	0.18	WP8
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 500 lx					
Plano útil (RAYOS X)	514 lx	261 lx	754 lx	0.51	0.35	WP9
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 500 lx					
Plano útil (SSH)	144 lx	84.3 lx	210 lx	0.59	0.40	WP10
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 100 lx					
Plano útil (SSH)	203 lx	155 lx	249 lx	0.76	0.62	WP11
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 100 lx					
Plano útil (TÓPICO)	375 lx	227 lx	454 lx	0.61	0.50	WP12
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 300 lx					
Plano útil (ECOGRAFÍA)	642 lx	91.0 lx	893 lx	0.14	0.10	WP13
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 500 lx					
Plano útil (PASADIZO)	266 lx	49.1 lx	700 lx	0.18	0.070	WP14
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	≥ 200 lx					

Figura 31: Datos de iluminancia por ambiente del segundo piso

Fuente: Software DIALux evo 2022



Con estas cantidades y modelo de luminarias, se cumple con la cantidad de luxes solicitados normativamente para cada ambiente. En la mayoría de los casos, la cantidad calculada es mayor a lo mínimo que indica la norma EM.110 (ver Figura 32).

El tipo de luminarias seleccionadas fueron dos. Para el ambiente que requiere de menor luxes una de menor flujo luminoso, y para los ambientes de mayor demanda de luxes según norma, una luminaria con mayor flujo luminoso.

Lista de luminarias						
Φtotal 115460 lm		Pot total 1248.0 W		Rendimiento lumínico 92.5 lm/W		
Unid.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
26	LEDVANCE	4056118142200	PANEL VALUE 600 UGR < 19 36 W 4000 K WT	36.0 W	3620 lm	100.0 lm/W
10	SYLVANIA	0048293	SYLCIRCLE 24W 1500LM	24.0 W	1466 lm	61.1 lm/W

**Figura 33: Luminarias seleccionadas por ambiente del segundo piso**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

## Iluminancia de los ambientes del tercer piso

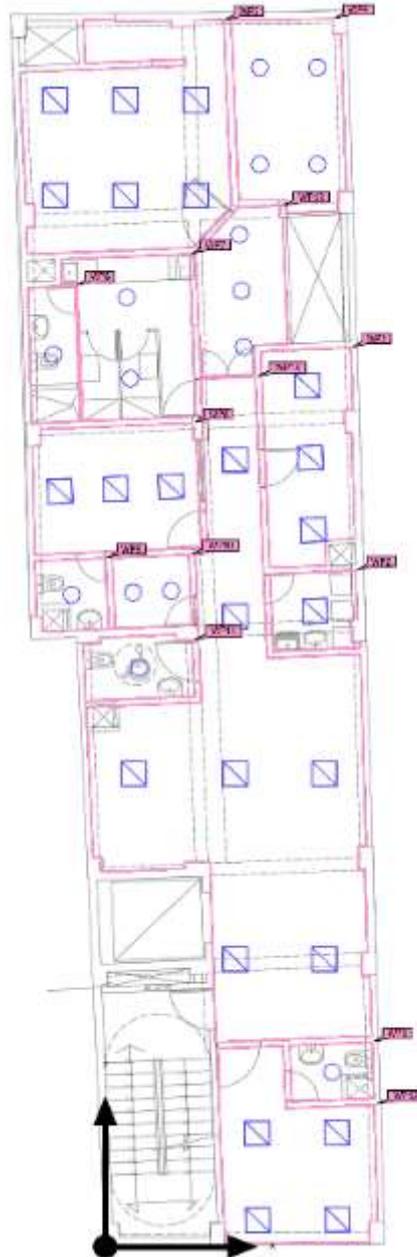
El software DIALux evo arrojó los siguientes datos de luminancia de los ambientes del tercer piso:

Objetos de cálculo						
Planos útiles						
Propiedades	E (Nominal)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Plano útil (SSH)	174 lx (≥ 100 lx)	119 lx	229 lx	0.68	0.52	WP1
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Cuarto Séptico)	485 lx (≥ 300 lx)	190 lx	696 lx	0.39	0.27	WP2
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (MAMÓGRAFO)	612 lx (≥ 500 lx)	285 lx	836 lx	0.47	0.34	WP3
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Sala de descanso)	247 lx (≥ 200 lx)	131 lx	313 lx	0.53	0.42	WPA
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (RAYOS X)	602 lx (≥ 500 lx)	416 lx	888 lx	0.007	0.005	WP5
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (SSH)	134 lx (≥ 100 lx)	64.5 lx	223 lx	0.48	0.29	WP6
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Vestidores)	142 lx (≥ 100 lx)	46.8 lx	221 lx	0.33	0.21	WP7
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (ECÓGRAFO)	594 lx (≥ 500 lx)	208 lx	990 lx	0.35	0.21	WP8
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (SSH)	171 lx (≥ 100 lx)	117 lx	226 lx	0.68	0.52	WP9
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Almacén residuos)	308 lx (≥ 200 lx)	219 lx	387 lx	0.71	0.57	WP10
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (SSH)	145 lx (≥ 100 lx)	83.8 lx	209 lx	0.58	0.40	WP11
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (ECÓGRAFO)	609 lx (≥ 500 lx)	99.3 lx	838 lx	0.16	0.12	WP12
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (Pasadizo)	255 lx (≥ 200 lx)	151 lx	330 lx	0.59	0.46	WP13
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					
Plano útil (SALA DE ESPERA)	318 lx (≥ 200 lx)	49.1 lx	713 lx	0.15	0.069	WP14
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

Figura 34: Datos de iluminancia por ambiente del tercer piso

Fuente: Software DIALux evo 2022

Lo enmarcado de rojo es la iluminancia requerida por ambiente médico según norma. Ahora, para que se pueda cumplir la luminancia de cada ambiente según norma, el software calculó las siguientes luminarias por ambiente:



**Figura 35: Cantidad de luminarias por ambiente del tercer piso**  
**Fuente: Software DIALux evo 2022**

Con estas cantidades y modelo de luminarias, se cumple con la cantidad de luxes solicitados normativamente para cada ambiente. En la mayoría de los casos, la cantidad calculada es mayor a lo mínimo que indica la norma EM.110 (ver Figura 35).

El tipo de luminarias seleccionadas fueron dos. Para el ambiente que requiere de menor luxes una de menor flujo luminoso, y para los ambientes de mayor demanda de luxes según norma, una luminaria con mayor flujo luminoso.

Lista de luminarias						
$\Phi_{total}$ 108390 lm		$P_{total}$ 1224.0 W		Rendimiento lumínico 88.5 lm/W		
Unid.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\phi$	Rendimiento lumínico
24	LEDVANCE	4058118142200	PANEL VALUE 600 UGR < 19 36 W 4000 K WT	36.0 W	3600 lm	100.0 lm/W
15	SYLVANIA	0043283	SYLCHROME 24W 1500LM	24.0 W	1486 lm	61.1 lm/W

**Figura 36: Luminarias seleccionadas por ambiente del tercer piso**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

## Iluminancia de los ambientes del cuarto piso

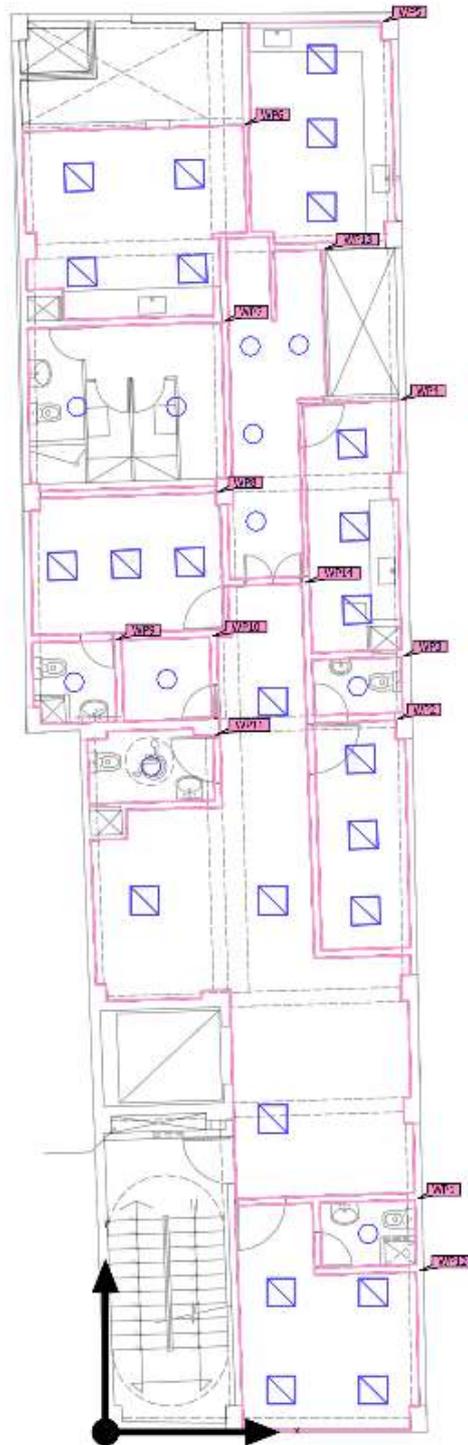
El software DIALux evo arrojó los siguientes datos de luminancia de los ambientes del cuarto piso:

Objetos de cálculo						
Planos útiles						
Propiedades	E (Nominal)	E <sub>min</sub>	E <sub>máx</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Plano útil (SSHH) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	174 lx ≥ 100 lx ✓	119 lx	228 lx	0.68	0.52	WP1
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	697 lx ≥ 500 lx ✓	381 lx	897 lx	0.55	0.42	WP2
Plano útil (SSHH) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	190 lx ≥ 100 lx ✓	137 lx	240 lx	0.72	0.57	WP3
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	636 lx ≥ 500 lx ✓	318 lx	849 lx	0.50	0.37	WP4
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	537 lx ≥ 500 lx ✓	191 lx	867 lx	0.36	0.22	WP5
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	565 lx ≥ 500 lx ✓	193 lx	803 lx	0.34	0.24	WP6
Plano útil (Vestidores) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	171 lx ≥ 100 lx ✓	50.2 lx	211 lx	0.41	0.24	WP7
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	616 lx ≥ 500 lx ✓	226 lx	993 lx	0.37	0.23	WP8
Plano útil (SSHH) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	171 lx ≥ 100 lx ✓	116 lx	231 lx	0.68	0.50	WP9
Plano útil (SSHH) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	164 lx ≥ 100 lx ✓	110 lx	221 lx	0.67	0.50	WP10
Plano útil (SSHH) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	144 lx ≥ 100 lx ✓	83.0 lx	210 lx	0.58	0.40	WP11
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	617 lx ≥ 500 lx ✓	120 lx	848 lx	0.19	0.14	WP12
Plano útil (Pasadizo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	214 lx ≥ 200 lx ✓	41.1 lx	362 lx	0.19	0.11	WP13
Plano útil (PASADIZO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	234 lx ≥ 200 lx ✓	19.2 lx	663 lx	0.082	0.029	WP14

Figura 37: Datos de iluminancia por ambiente del cuarto piso

Fuente: Software DIALux evo 2022

Lo enmarcado de rojo es la iluminancia requerida por ambiente médico según norma. Ahora, para que se pueda cumplir la luminancia de cada ambiente según norma, el software calculó las siguientes luminarias por ambiente:



**Figura 38: Cantidad de luminarias por ambiente del cuarto piso**  
**Fuente: Software DIALux evo 2022**

Con estas cantidades y modelo de luminarias, se cumple con la cantidad de luxes solicitados normativamente para cada ambiente. En la mayoría de los casos, la cantidad calculada es mayor a lo mínimo que indica la norma EM.110 (ver Figura 38).

El tipo de luminarias seleccionadas fueron dos. Para el ambiente que requiere de menor luxes una de menor flujo luminoso, y para los ambientes de mayor demanda de luxes según norma, una luminaria con mayor flujo luminoso.

Lista de luminarias						
Φ total 102526 lm		Potencia 1129.0 W		Rendimiento lumínico 90.9 lm/W		
Unid.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
24	LEDVANCE	4058118142200	PANEL VALUE 600 UGR < 19 36 W 4000 K WT	36.0 W	9600 lm	100.0 lm/W
11	SYLVANIA	0043283	SYLCIRCLE 24W 1500LM	24.0 W	1466 lm	61.1 lm/W

**Figura 39: Luminarias seleccionadas por ambiente del cuarto piso**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

## Iluminancia de los ambientes del quinto piso

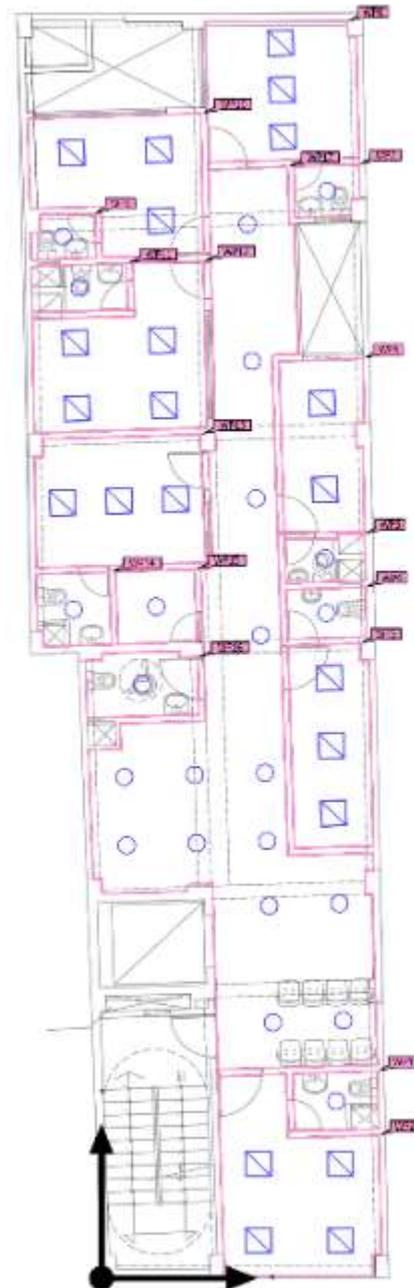
El software DIALux evo arrojó los siguientes datos de luminancia de los ambientes del quinto piso:

Objetos de cálculo						
Planos útiles						
Propiedades	E (Nominal)	E <sub>av</sub>	E <sub>av</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Plano útil (SSH-I) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	173 lx (≥ 100 lx) ✓	123 lx	227 lx	0.71	0.54	WP1
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	632 lx (≥ 500 lx) ✓	102 lx	857 lx	0.16	0.12	WP2
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	697 lx (≥ 500 lx) ✓	390 lx	897 lx	0.56	0.43	WP3
Plano útil (SSH-I) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	191 lx (≥ 100 lx) ✓	145 lx	238 lx	0.76	0.61	WP4
Plano útil (SSH-I) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	193 lx (≥ 100 lx) ✓	138 lx	245 lx	0.72	0.56	WP5
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	539 lx (≥ 500 lx) ✓	263 lx	742 lx	0.49	0.35	WP6
Plano útil (SSH-I) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	206 lx (≥ 100 lx) ✓	162 lx	248 lx	0.79	0.65	WP7
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	612 lx (≥ 500 lx) ✓	185 lx	1147 lx	0.30	0.16	WP8
Plano útil (SSH-I) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	218 lx (≥ 100 lx) ✓	174 lx	260 lx	0.80	0.67	WP9
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	589 lx (≥ 500 lx) ✓	201 lx	838 lx	0.34	0.24	WP10
Plano útil (SSH-I) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	174 lx (≥ 100 lx) ✓	114 lx	230 lx	0.66	0.50	WP11
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	681 lx (≥ 500 lx) ✓	122 lx	958 lx	0.18	0.13	WP12
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	597 lx (≥ 500 lx) ✓	299 lx	999 lx	0.35	0.21	WP13
Plano útil (SSH-I) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	171 lx (≥ 100 lx) ✓	121 lx	226 lx	0.71	0.54	WP14
Plano útil (Derivación) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	164 lx (≥ 100 lx) ✓	112 lx	221 lx	0.68	0.51	WP15
Plano útil (SSH-I) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	143 lx (≥ 100 lx) ✓	87.3 lx	209 lx	0.61	0.42	WP16
Plano útil (Sala de espera y pasadizo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	204 lx (≥ 200 lx) ✓	62.4 lx	371 lx	0.31	0.17	WP17

Figura 40: Datos de iluminancia por ambiente del quinto piso

Fuente: Software DIALux evo 2022

Lo enmarcado de rojo es la iluminancia requerida por ambiente médico según norma. Ahora, para que se pueda cumplir la luminancia de cada ambiente según norma, el software calculó las siguientes luminarias por ambiente:



**Figura 41: Cantidad de luminarias por ambiente del quinto piso**  
**Fuente: Software DIALux evo 2022**

Con estas cantidades y modelo de luminarias, se cumple con la cantidad de luxes solicitados normativamente para cada ambiente. En la mayoría de los casos, la cantidad calculada es mayor a lo mínimo que indica la norma EM.110 (ver Figura 41).

El tipo de luminarias seleccionadas fueron dos. Para el ambiente que requiere de menor luxes una de menor flujo luminoso, y para los ambientes de mayor demanda de luxes según norma, una luminaria con mayor flujo luminoso.

Lista de luminarias						
$\Phi_{total}$ 112918 lm		$P_{total}$ 1344.0 W		Rendimiento lumínico 84.0 lm/W		
Unl.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
22	LEDVANCE	40581181422 00	PANEL VALUE 600 UGR < 19 35 W 4000 K WT	35.0 W	3600 lm	100.0 lm/W
23	SYLVANIA	0043283	SYLCIRCLE 24W 1500LM	24.0 W	1466 lm	61.1 lm/W

**Figura 42: Luminarias seleccionadas por ambiente del quinto piso**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

## Iluminancia de los ambientes del sexto piso

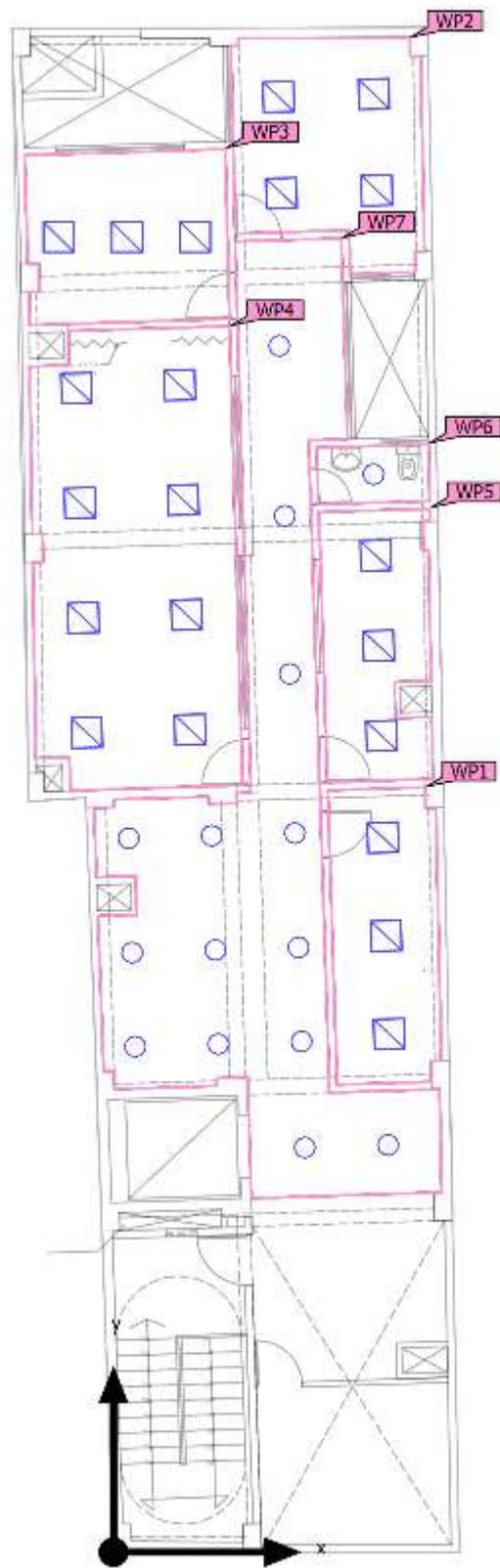
El software DIALux evo arrojó los siguientes datos de luminancia de los ambientes del sexto piso:

Objetos de cálculo						
Planos útiles						
Propiedades	E (Nominal)	E <sub>min</sub>	E <sub>máx</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Plano útil (Sala Informática) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	568 lx ≥ 500 lx ✓	262 lx	782 lx	0.46	0.34	WP1
Plano útil (Administración) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	635 lx ≥ 500 lx ✓	168 lx	843 lx	0.26	0.20	WP2
Plano útil (Consultorio) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	557 lx ≥ 500 lx ✓	148 lx	993 lx	0.27	0.15	WP3
Plano útil (Sala de Reuniones) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	600 lx ≥ 500 lx ✓	251 lx	806 lx	0.42	0.31	WP4
Plano útil (Archivo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	597 lx ≥ 500 lx ✓	197 lx	833 lx	0.33	0.24	WP5
Plano útil (SSH)	177 lx ≥ 100 lx ✓	122 lx	232 lx	0.69	0.53	WP6
Plano útil (Pasadizo) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	227 lx ≥ 200 lx ✓	35.7 lx	368 lx	0.16	0.097	WP7

**Figura 43: Datos de iluminancia por ambiente del sexto piso**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

Lo enmarcado de rojo es la iluminancia requerida por ambiente médico según norma. Ahora, para que se pueda cumplir la luminancia de cada ambiente según norma, el software calculó las siguientes luminarias por ambiente:



**Figura 44: Cantidad de luminarias por ambiente del sexto piso**  
**Fuente: Software DIALux evo 2022**

Con estas cantidades y modelo de luminarias, se cumple con la cantidad de luxes solicitados normativamente para cada ambiente. En la mayoría de los casos, la cantidad calculada es mayor a lo mínimo que indica la norma EM.110 (ver Figura 44).

El tipo de luminarias seleccionadas fueron dos. Para el ambiente que requiere de menor luxes una de menor flujo luminoso, y para los ambientes de mayor demanda de luxes según norma, una luminaria con mayor flujo luminoso.

Lista de luminarias						
Φ <sub>total</sub> 97590 lm		P <sub>total</sub> 1116.0 W		Rendimiento lumínico 87.4 lm/W		
Un.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
21	LEDVANCE	4058118142200	PANEL WALLIE 600 UGR < 19 36 W 4000 K WT	36.0 W	3600 lm	100.0 lm/W
15	SYLVANIA	0043283	SYLCIRCLE 24W 1500LM	24.0 W	1465 lm	61.1 lm/W

**Figura 45: Luminarias seleccionadas por ambiente del sexto piso**

**Fuente: Software DIALux evo 2022**

## Selección de luminarias

De acuerdo con los datos de las luminarias seleccionadas con la ayuda del software DIALux evo se emplea los siguientes equipos comerciales:

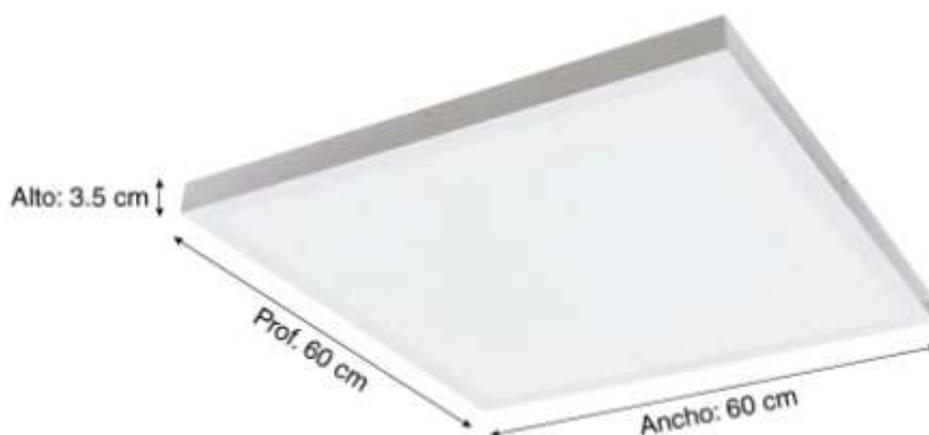


Figura 46: Luminaria adosada LED 24W IP54

Fuente: Goled Peru, 2022

Tabla 12: *Características técnicas de la luminaria LED de 24W IP54*

<b>Tipo de Luminaria</b>	Panel LED circular 24W
<b>Protección</b>	IP54
<b>Potencia</b>	24W
<b>Factor de potencia</b>	0.9
<b>Lúmenes</b>	1700 lm
<b>Voltaje</b>	220 V
<b>Frecuencia</b>	50-60 Hz
<b>Temperatura de color</b>	6000k
<b>Vida útil</b>	30 000 hrs
<b>Color de luz</b>	Blanco
<b>Temperatura de Trabajo</b>	-40°C + 50°C



**Figura 47: Luminaria adosada LED cuadrada 48W 3500lm**

**Fuente: Promart, 2022**

**Tabla 13: Características técnicas de la luminaria LED de 48W 3500lm**

<b>Tipo de Luminaria</b>	Panel LED cuadrado 48W
<b>Potencia</b>	48W
<b>Lúmenes</b>	3500 lm
<b>Voltaje</b>	100-240 V
<b>Frecuencia</b>	50-60 Hz
<b>Vida útil</b>	30 000 hrs
<b>Color de luz</b>	Fría
<b>Ángulo de iluminación</b>	120 grados

### **Cuadro de cargas y circuitos del nuevo sistema de iluminación del Centro de Radiología Intervencionista (CERIN)**

Una vez definido las nuevas cantidades y tipos de luminarias mediante la normativa y el uso del software DIALux evo, se procede a identificar los circuitos de alumbrado. La propuesta se resume en un solo tablero eléctrico para todos los circuitos de iluminación. Cada piso tendrá dos circuitos de iluminación agrupados según el tipo de panel LED. A continuación, se muestra las especificaciones técnicas del tablero y el cuadro de cargas.

Tabla 14: *Máxima demanda y circuitos de iluminación del Tablero de Iluminación*

PISO	CIRCUITOS	LUMINARIA	POTENCIA (kW)	CANTIDAD	CARGA INSTALADA (kW)	F.P.	M.D. (kW)	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR		ITM	ID
									CABLE	CAPACIDAD (A)		
1ER PISO	CI-01	Panel LED 24W	0.024	22	0.53	1	0.53	2.40	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
	CI-02	Panel LED 48W	0.048	15	0.72	1	0.72	3.27	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
2DO PISO	CI-03	Panel LED 24W	0.024	10	0.24	1	0.24	1.09	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
	CI-04	Panel LED 48W	0.048	28	1.34	1	1.34	6.11	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
3ER PISO	CI-05	Panel LED 24W	0.024	15	0.36	1	0.36	1.64	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
	CI-06	Panel LED 48W	0.048	24	1.15	1	1.15	5.24	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
4TO PISO	CI-07	Panel LED 24W	0.024	11	0.26	1	0.26	1.20	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
	CI-08	Panel LED 48W	0.048	24	1.15	1	1.15	5.24	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
5TO PISO	CI-09	Panel LED 24W	0.024	23	0.55	1	0.55	2.51	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
	CI-10	Panel LED 48W	0.048	22	1.06	1	1.06	4.80	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
6TO PISO	CI-11	Panel LED 24W	0.024	15	0.36	1	0.36	1.64	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
	CI-12	Panel LED 48W	0.048	21	1.01	1	1.01	4.58	NH-80 2.5mm2	24	2x16A	2x25A 30mA
<b>TABLERO DE ILUMINACIÓN - MÁXIMA DEMANDA TOTAL (kW)</b>						1	8.74	39.71	NH-80 10mm2	51	2x50A	

Debido al amperaje bajo de cada circuito de alumbrado, se selecciona la llave termomagnética de menor capacidad, la cual es de 2x16A. Cada circuito, además del ITM, tendrá una llave diferencial de 2x25A 30mA (ID de menor capacidad en el mercado). El conductor eléctrico de los circuitos de alumbrado será de 2.5mm<sup>2</sup> (cable de menor calibre en el mercado comercial), el cual posee una capacidad de corriente en ducto de 24A. La máxima demanda de los circuitos de alumbrado será de 8.74kW, el tablero eléctrico de iluminación tendrá una llave general de 2x50A, la cual posee una capacidad mayor de amperaje de todos los circuitos (39.71A según la Tabla 14). El alimentador principal tendrá un calibre de 10mm<sup>2</sup> (capacidad de ducto de 51A, ver Anexo 11). El sistema fotovoltaico deberá cubrir esta demanda eléctrica de 8.74kW (carga total de todos los sistemas de alumbrado del CERIN).

### **Evaluación de la factibilidad técnica y económica del dimensionamiento del sistema fotovoltaico**

Para llevar a cabo la evaluación técnica y económica del sistema fotovoltaico seleccionado, es necesario dimensionar cada componente y elementos que formará parte de dicho sistema.

#### **Dimensionamiento del sistema fotovoltaico**

En el **Anexo 12**, se muestra el procedimiento de cálculo para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico. Los resultados encontrados fueron calculados en base a información como la radiación solar sobre el Centro de Radiología CERIN en su punto más crítico del año y datos de voltaje, corriente y potencia de los posibles elementos del sistema fotovoltaico.

A continuación, se presenta el resumen de resultados por medio de la siguiente tabla:

<b>Ecuación o dimensionamiento</b>	<b>Parámetro seleccionado</b>	<b>Resultado</b>
	Todos los datos	
Cálculo de consumo medio	hallados son según ecuaciones y conceptos.	10.79 kWh/día
	Todos los datos	
Carga corregida	hallados son según ecuaciones y conceptos.	224.79 Ah/día
	<b>Hora solar pico en el mes más crítico.</b>	
Corriente del proyecto	<b>el mes más crítico.</b>	42.74 A
	<b>Voltaje del panel (48V, pero también puede ser de 12V o 24V o 36V).</b>	
Número y tipo de conexión de paneles		4 paneles conectados en paralelo
	Todos los datos	
Potencia del inversor	hallados son según ecuaciones.	8.74 kW
	Todos los datos	
Número de baterías	hallados son según ecuaciones y conceptos.	4 baterías
	Todos los datos	
Número de regulares de carga	hallados son según ecuaciones y conceptos.	2 reguladores de carga

**Tabla 15: Resumen de resultados del procedimiento de cálculo para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico**

## Evaluación de la factibilidad técnica del dimensionamiento del sistema fotovoltaico

De los parámetros seleccionados para las distintas ecuaciones y dimensionamiento, los únicos que son tomados en cuenta según criterios técnicos, son el número y tipo de conexión de paneles (serie o paralelo o mixto) y las horas solar pico, la cual depende de la radiación solar. Debido a ello, se hace la siguiente evaluación técnica para identificar el impacto en el sistema fotovoltaico en caso uno de estos parámetros varíe.

### Número y tipo de conexión de paneles

Es necesario evaluar técnicamente la cantidad y tipo de conexión de paneles, esto debido al espacio que pueden ocupar dentro del Centro de Radiología CERIN y, sobre todo, si se cuenta con dicho ambiente libre.

La cantidad de paneles en paralelo según el **Anexo 2** "Procedimiento de cálculo para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico" son 4 y en serie, 1, es decir, básicamente la instalación es de paneles en paralelo. Según este mismo anexo, la cantidad de paneles en paralelo depende más que nada de la corriente del proyecto, sin embargo, la cantidad de paneles en serie depende del voltaje. Según la Tabla 15, el voltaje del panel usado es de 48V, sin embargo, hay paneles de 12, 24 y 36 V. A continuación, se mostrará la cantidad de paneles si el voltaje no es 48V.

$$NP_{SERIE} = \frac{V_{SISTEMA}}{V_{PANEL}}$$

$NP_{SERIE}$  = Número de paneles en serie

$V_{SISTEMA}$  = Tensión nominal del sistema (V) = 48V (debido a que la carga instalada es mayor a 5 kW).

$V_{PANEL}$  = Tensión nominal del panel (V) = 12V, 24V, 36V o 48V

**Tabla 16: Cantidad de paneles con voltaje diferente a 48V**

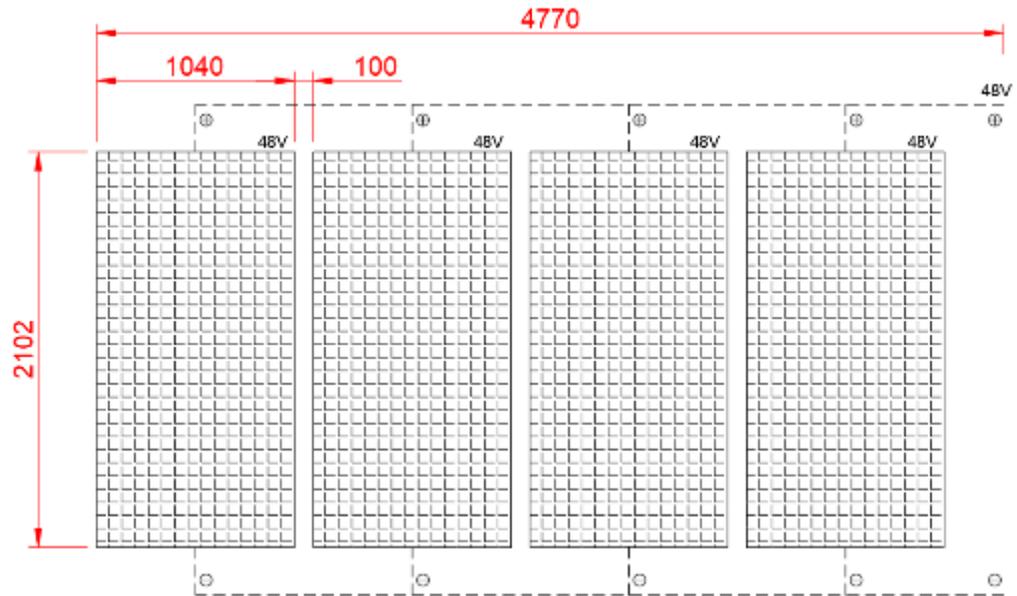
<b>Voltaje del panel</b>	<b>Cantidad de paneles en serie</b>
12V	4
24V	2
36V	1.3

Como se puede ver en la Tabla 16, mientras menor es el voltaje del panel, mayor es la cantidad de paneles en serie y debido a que la cantidad de paneles en paralelo son 4, se tendría una conexión mixta de:

**Tabla 17: Conexión mixta de paneles**

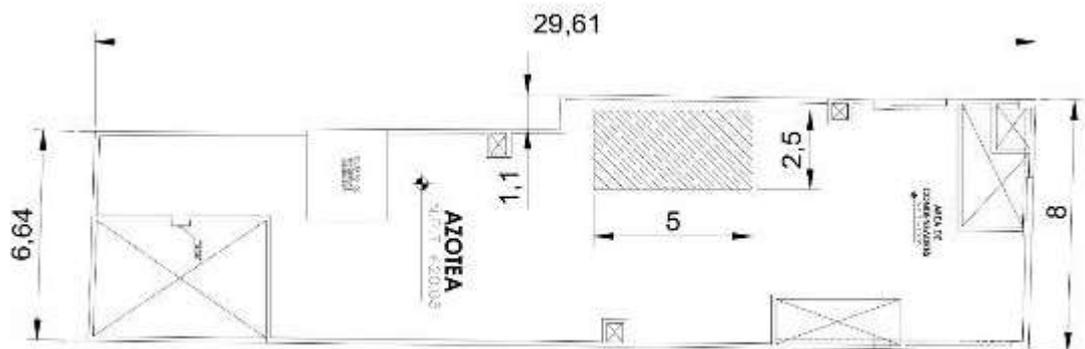
<b>Cantidad de paneles en serie</b>	<b>Conexión mixta</b>
4	16 paneles (4 en paralelo y 4 en serie)
2	8 paneles (4 en paralelo y 2 en serie)
1.3	5.2 paneles (4 en paralelo y 2 en serie)

La cantidad de paneles en total es significativa cuando el voltaje no es 48V, por ende, técnicamente se mantendrá el panel de 48V que da un total de 4 paneles en paralelo y 1 en serie (4 paneles en total). En el Anexo 13 se indica las longitudes del panel de 48V y gráficamente la conexión es la siguiente:



**Figura 48: Conexión de paneles en paralelo**  
**Fuente: Promart, 2022**

En total se requiere una dimensión de 5m de largo por 2.5m de ancho. Estas dimensiones consideran tolerancias en sus bordes para conexiones. A continuación, se presenta gráficamente el espacio que ocupa la instalación del sistema fotovoltaico en la azotea (parte sombreada), ver **Anexo 14**.



**Figura 49: Colocación de los paneles en la azotea**  
**Fuente: Propio, 2022**

## Horas solar pico de la radiación solar según los meses del año

Del **Anexo 12** se extraen los datos de la radiación promedio por mes y empleando la ecuación de corriente y número de paneles en paralelo se tienen los siguientes datos:

$$I_{PROYECTO} = \frac{Q}{HSP}$$

$I_{PROYECTO}$  = Corriente del proyecto (A)

$Q$  = Carga corregida (Ah/día) = 224.79 Ah/día

$HSP$  = Horas solar pico (h/día) según radiación solar

$$NP_{PARALELO} = \frac{I_{PROYECTO}}{F_R \times I_{PANEL}}$$

$NP_{PARALELO}$  = Número de paneles en paralelo

$I_{PROYECTO}$  = Corriente del proyecto (A)

$F_R$  = Factor de reducción o degradación del panel (envejecimiento, polvo) = 0.95

$I_{PANEL}$  = Corriente del panel (A) = 10.98 A (Según ficha técnica del panel, **Anexo 13**)

**Tabla 18: Corriente del proyecto y paneles en paralelo según radiación solar por mes**

Mes	Radiación solar (Wh/m <sup>2</sup> /día)	Corriente del proyecto (A)	Paneles en paralelo
<b>Enero</b>	6.34	35.46	3.40
<b>Febrero</b>	6.35	35.40	3.39
<b>Marzo</b>	6.39	35.18	3.37
<b>Abril</b>	6.29	35.74	3.43
<b>Mayo</b>	5.84	38.49	3.69
<b>Junio</b>	5.72	39.30	3.77
<b>Julio</b>	5.26	42.74	4.10
<b>Agosto</b>	5.86	38.36	3.68
<b>Setiembre</b>	6.24	36.02	3.45
<b>Octubre</b>	6.14	36.61	3.51
<b>Noviembre</b>	6.12	36.73	3.52
<b>Diciembre</b>	5.48	41.02	3.93

Como podemos visualizar en la Tabla 18, la radiación promedio entre cada mes no es tan variable, lo que genera que la cantidad de corriente del proyecto varia aproximadamente 6A entre la corriente más baja y la corriente más alta. Esto trae como consecuencia que la cantidad de paneles en paralelo bordee siempre las 4 unidades.

### **Evaluación de la factibilidad económica del dimensionamiento del sistema fotovoltaico**

Después de realizar la evaluación de la factibilidad económica, se procede a realizar la evaluación de la factibilidad económica del dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

#### **Costos del proyecto**

Los costos del proyecto se dividirán en costos directos e indirectos.

**Tabla 19: Costos directos del sistema fotovoltaico**

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
Panel fotovoltaico monocristalino de 48V 10.98A 450Wp	4	S/990.00	S/3 960.00
Inversor de onda senoidal de 48V a 220V 12000W	1	S/1 200.00	S/1 200.00
Batería de 125Ah 48V	4	S/2 030.00	S/8 120.00
Regulador de carga de 60A	1	S/2 943.00	S/2 943.00
Cable NH-80 4mm2	50m	S/180.00	S/180.00
Estructura de soporte de paneles de acero galvanizado	1	S/4 200.00	S/4 200.00
Adicionales de montaje	1 gbl	S/500.00	S/2 000.00
<b>Total</b>			<b>S/21 103.00</b>

**Tabla 20: Costos directos de la nueva instalación del circuito de alumbrado**

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
Luminaria LED de 24W IP54 modelo circular	96 und	S/25.00	S/2 400.00
Panel LED cuadrado de 48W adosado	134 und	S/90.00	S/12 060.00
Tablero eléctrico de 24 polos metálico empotrado con espacio para 12 diferenciales y barra a tierra	1 und	S/320.00	S/320.00
Interruptor termomagnético 2x16A	12 und	S/25.00	S/300.00
Interruptor diferencial 2x25A 30mA	12 und	S/75.00	S/900.00
Interruptor termomagnético 2x50A	1 und	S/50.00	S/50.00
Cable NH-80 2.5mm <sup>2</sup>	720 m	S/260.00	S/1 872.00
Cable NH-80 10mm <sup>2</sup>	20 m	S/650.00	S/130.00
Cinta aislante 3/4"	30 und	S/7.00	S/210.00
Interruptor simple	40 und	S/9.00	S/360.00
Interruptor doble	15 und	S/15.00	S/225.00
Interruptor triple	5 und	S/20.00	S/100.00
Tubería PVC SAP 15mm	650 m	S/6.30	S/1 365.00
Unión PVC SAP 15mm	650 und	S/1.00	S/650.00
Curva PVC SAP 15mm	250 und	S/2.00	S/500.00
Conector PVC SAP 15mm	480 und	S/1.00	S/480.00
Caja rectangular de FG	60 und	S/4.00	S/240.00
Caja octogonal de FG	230 und	S/4.50	S/1 035.00
<b>Total</b>			<b>S/23 197.00</b>

**Tabla 21: Gastos indirectos**

<b>Partida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
Instalación del sistema fotovoltaico	1 gbl	S/1 500.00	S/1 500.00
Instalación del nuevo sistema eléctrico de iluminación	1 gbl	S/2 500.00	S/2 500.00
Pagos de servicios y otros durante el periodo de trabajos (agua, energía eléctrica, transporte, etc.)	1 gbl	S/1 200.00	S/1 200.00
<b>Total</b>			<b>S/5 200.00</b>

**Tabla 22: Inversión total**

<b>Partida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
Costos directos del sistema fotovoltaico	1 gbl	S/21 103.00	S/21 103.00
Costos directos por la nueva instalación del circuito de alumbrado	1 gbl	S/23 197.00	S/23 197.00
Costos indirectos	1 gbl	S/5 200.00	S/5 200.00
<b>Total</b>			<b>S/49 500.00</b>

## Flujo de caja

Para calcular los indicadores de inversión VAN y TIR primero es necesario identificar el flujo de caja anual que se tendrá por la habilitación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de todos los circuitos de iluminación. Como ingresos se considera el ahorro por el pago de consumo de energía eléctrica y como egreso, el costo de mantenimiento (S/350.00 anual por el sistema fotovoltaico y 450 por los circuitos de alumbrado).

Para identificar el ahorro por el pago del consumo de energía eléctrica es necesario conocer el precio de este. Según la Tarifa BT5B de la concesionaria eléctrica de la región los

primeros 30 kW tienen un precio de S/14.5180 y lo adicional a los 30 kW tiene un valor de S/0.6452.

La máxima demanda de los circuitos de iluminación es de 8.74 kW y se asume un tiempo de operación de 24 horas por día, entonces:

$$8.74 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 209.76 \text{ kW/h}$$

Los primero 30kW vale S/14.5180 y lo adicional a los 30 kW cuesta S/0.6452, por lo tanto, los 179.76 kW/h restante tienen un costo de S/115.98. El total del pago mensual es de S/ 130.50 y al año es de S/1 566.00.

## **VAN**

El Valor Actual Neto es el índice que indica la buena proyección financiera del proyecto. Si el VAN es mayor que el dígito 0, entonces los ingresos durante un periodo determinado serán mayores a la inversión que se generó al inicio más los costos de operación en el mismo tiempo [23].

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+r)^t} - I$$

Donde:

Ft: Beneficio neto de flujo anual

I: Inversión inicial

r: Tasa de descuento (12%) = 0.12

t: Tiempo (años)

n: Número de años

Para el presente proyecto se tomará un periodo de 5 años.

## TIR

Actualmente un Banco Crediticio paga una tasa de interés del 12% en el Perú, para que un proyecto sea rentable es necesario que el TIR sea mayor que dicho porcentaje [23].

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Para calcular el VAN y TIR solo se considerará la inversión por la implementación del sistema fotovoltaico, esto debido a que el Centro de Radiología CERIN tenía programado y asumido los gastos por el cambio de instalación de los circuitos de iluminación, ya que esto no cumplía con la normativa peruana y para evitar una sanción o multa, se tenía planificado esta inversión.

**Tabla 23: Inversión total solo por el sistema fotovoltaico**

Partida	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
Costos directos del sistema fotovoltaico	1 gbl	S/21 103.00	S/21 103.00
Instalación del sistema fotovoltaico	1 gbl	S/1 500.00	S/1 500.00
Pagos de servicios y otros durante el periodo de trabajos (agua, energía eléctrica, transporte, etc.)	1 und	S/610.00	S/610.00
<b>Total</b>			<b>S/23 213.00</b>

**Tabla 24: VAN y TIR**

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Inversión Inicial	-23213												
Gastos en Reemplazos													
Gastos en operación, mantenimiento u otros		-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>-23213</b>	<b>-350</b>											
Ingresos por ahorro en pago de energía eléctrica		1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		<b>1566</b>											
<b>BENEFICIOS NETOS</b>	<b>-23213</b>	<b>1216</b>											

<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350
-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350	-350
1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566
1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566	1566
1216	1216	1216	1216	1216	1216	1216	1216	1216	1216	1216	1216

VAN = -13 747.27

TIR = 2%

El análisis del VAN y TIR aplicado indica que recién se podrá recuperar la inversión al año número 20. Esta evaluación de factibilidad económica del proyecto demuestra que es una implementación con recuperación de inversión a largo plazo. Su impacto más es en el tema ambiental.

### **3.2. DISCUSIÓN**

La presente investigación inició con un diagnóstico inicial de las instalaciones de iluminación en la Clínica CERIN, para posteriormente realizar un análisis de lúmenes y una propuesta de reacondicionamiento optimizado mediante el software DIALux EVO. Posteriormente, se dimensionó la instalación fotovoltaica adecuada a las condiciones de la instalación y la zona de estudio a fin de integrar la perspectiva sostenible de la investigación. Finalmente, se planteó el análisis técnico y económico de la propuesta construida.

De esta forma, para proseguir con el análisis y contextualizar los resultados obtenidos, a continuación, se contrastarán estos en cada una de las etapas mencionadas con otras investigaciones que mantuvieron el mismo enfoque o temática que la presente.

En primer lugar, con respecto al diagnóstico inicial de las instalaciones, se encontró como principales luminarias el uso de Paneles LED circulares con potencias entre 18W y 24W, todos en buenas condiciones, siendo un total de 149 elementos instalados en los seis pisos distintos, para una media de 29 por piso, con tableros independientes por cada uno, con su respectiva llave termomagnética de 2x20A y segmentado en tres circuitos de iluminación con conductores eléctricos tipo NH-80 de 2.5mm<sup>2</sup>. La demanda total se estimó en 2874 W de potencia, siendo el primer piso el que mayor demanda eléctrica reflejó, con 564 W; sin embargo, a pesar de la integridad de las instalaciones, el análisis de lúmenes por software en cada uno de los ambientes del edificio evidenció un incumplimiento de la normativa EM. 110 Confort Térmico y Lumínico, con solo un 38.16% de ambientes por sobre el mínimo de lúmenes requeridos (con valores de 80 lx a 250lx, mientras las exigencias normativas solicitaban rangos de 200lx a 500lx como mínimo).

Estos resultados permiten evaluar la magnitud que representan los circuitos de iluminación en instalaciones del rubro de la salud, y se ven dimensionadas al compararse con investigaciones como la propuesta realizada por Delgado y Sasai [24], en donde evalúan y optimizan las cargas de iluminación interior tipo LED en una residencial de Lima; para el caso, la inspección inicial de luminarias LED apantalladas dio un total de 11 dispositivos únicamente con potencias de 20W cada uno, mientras que las luminarias LED no apantalladas fueron un total de 11, con una media de 22W cada uno; en total, el circuito de luminarias para la residencial estudiada estimaba una demanda de 462W. Adicionalmente, en relación a los lúmenes establecidos el autor reportó valores de 100 a 350 lx, siendo estos superior a los exigidos por normativa para el tipo de instalación, corroborando la calidad de iluminación y confort; estos valores, aunque cercano.

Por otro lado, se encuentran los resultados de diagnóstico de la propuesta de Valdiviezo [25] en donde se diseña un sistema de iluminación LED alimentado por energía sola en ambientes de la Universidad de Piura; el análisis inicial a la edificación permitió registrar 20 ambientes diferentes con iluminación artificial en rangos de 60 u 80%, con valores medios de 120lx a 1200lx según la zona de toma de datos, existiendo una gran varianza que conllevaba a exceder solo en algunas ocasiones la exigencia mínima de 500lx según norma nacional; adicionalmente, para el caso, las luminarias encontradas fueron del tipo fluorescentes convencionales de 36W/865 con flujo luminoso estimado de 3050 lx y en adosables de aluminio. Para el caso el estudio fue un análisis directo, y la simulación por software se empleó solo en el modelo de mejora.

En otra instancia, se tiene la investigación realizada por Olano y Olano [26], en donde analizan el impacto en el consumo eléctrico de una optimización de luminarias por medio de LED's aplicando DIALux en viviendas de Cajamarca. Los autores encontraron en mayor medida el uso de luminarias convencionales con consumos estimados de 60kWh al mes, representando una facturación aproximada de S/22 para cada vivienda. Por lo general, se registraron luminarias del tipo halógena o fluorescente, con tiempos de uso diario de entre 3 a

10 horas y un consumo estimado de 100 a 200W, mientras que elementos especiales del tipo colgante podían alcanzar los valores de 600W.

De los resultados anteriores se puede observar que, aun cuando los valores de lúmenes y potencia encontrados en otras investigaciones puedan ser cercanos a los hallazgos en la Clínica CERIN, el incumplimiento en normativa se debe principalmente a una mayor exigencia en el confort lumínico para edificaciones relacionadas a la salud o educativas. Adicionalmente, se aprecia que la metodología de toma de datos es similar en todos los proyectos de la temática, comparando datos encontrados por medio de equipos de medición como luxómetros, en conjunto con las simulaciones aplicadas por medio de algún software como DIALux o Relux. Por último, se puede apreciar la diferencia significativa en los rangos de consumo para luminarias convencionales y soluciones basadas en tecnología LED, con valores que en algunas ocasiones exceden en 10 veces el consumo energético nominal.

En segundo lugar, con respecto a la propuesta de renovación del sistema de iluminación en base a la norma EM. 110, se replanteó la distribución y tipo de luminarias iniciales en base a un recálculo de los requerimientos de lux mínimos por ambiente, planteándose el uso de luminarias del tipo panel Led circular de 24W y 1700 lm y panel Led cuadrado de 48W y 3500lm según las recomendaciones mínimas calculadas con DIALux. Con la nueva instalación, la máxima demanda se proyectó en 8.74 kW, significativamente mayor a la instalación inicial, pero solventada en el objetivo posterior con la instalación solar fotovoltaica, con un total de 4 paneles solares instalados en paralelo y con parámetros de 48V, en conjunto con 4 baterías y 2 reguladores de carga.

Sobre esto, se deben destacar los resultados encontrados por Caceres [27] en su propuesta para reducir el consumo eléctrico y optimizar la iluminación en el instituto informático de la Universidad Nacional del Altiplano empleando tecnología LED y generación fotovoltaica. En el análisis inicial, el autor encuentra el uso extendido en toda la instalación de focos fluorescentes de 20 W de potencia, sin embargo, para el proceso de optimización y reducción de consumo aplica el software DIALux para replantear el análisis de lúmenes en base a la normativa EM 010, requiriendo por ser un centro de enseñanza, un nivel medio de

500 lux, y empleando para su cumplimiento luminarias de 7W de potencia y 12V, logrando reducir según estimaciones el consumo proyectado de 48,000 Ah a 16,800 Ah mensuales, con una potencia nominal instalada de 308 W para toda la instalación. Por otro lado, el dimensionamiento del sistema fotovoltaico dio como resultado la instalación de 3 módulos de 320Wp, con 6 baterías de 250 Ah.

Por otro lado, se toman en cuenta los resultados relacionados de Gamboa [28] que planteó diseñar un sistema de iluminación para zonas comunes de la Universidad Antonio Nariño por medio de DIALux y la normativa RETILAP, Colombia. El autor parte de la medición por luxómetro de los lux promedio de tres ambientes, parqueadero, plazoleta y hall, con valores de 13lx, 10lx y 14lx respectivamente, incumpliendo las exigencias normadas; de esta forma, por medio de la selección de equipos de iluminación LED marcas RALED y DELTA Light, con flujo luminoso de 3505, 215 lm y potencias de 27 y 8W respectivamente se rediseñan las instalaciones existentes, evaluando los niveles de intensidad por medio del software DIALux y reestableciendo la distribución de las mismas en todos los ambientes, demostrando gran aplicabilidad del mismo para rediseñar instalaciones con exigencias mínimas de diseño.

De esta forma, puede deducirse la gran aplicabilidad de los softwares para la simulación de sistemas de luminarias; para el caso, el software DIALux permite de forma satisfactoria en todas las aplicaciones el recálculo para el cumplimiento de las exigencias mínimas de diseño. En este aspecto, se reconoce la utilidad del mismo como herramienta para proyectos de optimización. Adicionalmente, demuestran una factibilidad técnica de aplicación en conjunto con sistemas de generación fotovoltaica, gracias al bajo nivel de potencia instalada estimados por la tecnología LED. Por otro lado, se pudo observar adicionalmente existencia de propuestas lumínicas de ultra bajo consumo, aún por sobre los sistemas de iluminación del tipo ahorrador, por lo que la tecnología LED demuestra gozar de un gran rango de formatos de aplicación y costos.

Finalmente, en relación al estudio de factibilidad económica, la propuesta de sistema fotovoltaica arrojó un estimado de inversión de S/22,213.00, cuyo estudio demostró obtener

un retorno de la inversión estimada en 20 años, reconociéndose como una inversión a largo plazo, y reconociendo como su mayor fortaleza el impacto ambiental que genera su implementación. Al respecto, se pueden resaltar los resultados obtenidos por Muñoz [29] en su propuesta de sistema de iluminación inteligente basado en leds de bajo consumo para Villa del Sol; el autor estima una inversión de S/ 32,661.42, en conjunto con el sistema de captación fotovoltaica, demostrando la factibilidad del mismo como una inversión a plazo medio, con un retorno estimado para 10 años de instalado el proyecto; en contraste, los resultados de Pedraza y Botero [30] en su propuesta de optimizar el sistema de iluminación en una IPS empleando energía fotovoltaica, plantea una inversión de \$ 117,200.00, obteniendo un VAN de \$74,148 y un TIR estimado del 41%, con una relación B/C de 1.43 en un plazo de 10 años.

De este análisis último puede apreciarse que la propuesta construida no goza de la misma factibilidad que las investigaciones contrastadas, pero por lo general, se aprecia que este tipo de proyectos no goza de un retorno inmediato o a corto plazo, planteándose generalmente como inversiones a mediano y largo plazo.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

El análisis ejecutado sobre la realidad de las instalaciones eléctricas de alumbrado de todos los niveles de Centro de Radiología Intervencionista (CERIN) arrojaron datos a nivel técnico correctos, en referencia a la tecnología usada para la iluminación de los ambientes (tecnología LED), sin embargo, se encontró una falla crítica ocasionada por el incumplimiento de la normativa respecto al nivel de iluminación (luxes) por ambiente médico. A través del software Dialux EVO se corroboró que solo los baños cumplían con la cantidad de luxes según la norma EM.110 (100 luxes), mientras que los ambientes médicos como tal se encontraron por debajo de los 500 o 300 luxes que señala la Norma Peruana.

Mediante el uso del Software gratuito Dialux EVO se logró identificar la cantidad de luminarias LED para cada ambiente médico según los luxes por área que señala la norma EM.110. De esta forma, se rediseño el sistema de iluminación de cada nivel, lo cual al final derivó al dimensionamiento del sistema fotovoltaico que alimentará estos circuitos de alumbrado. El sistema quedó definido por 4 paneles fotovoltaicos de 48V y 450 Wp conectados en paralelo, un inversor de 48V y 12000W, 4 baterías de 125Ah y 48V y un regulador de carga de 60A. La demanda máxima del nuevo sistema de iluminación fue de 39.71 kW representado por un tablero de 12 circuitos.

En las distintas visitas realizadas al Centro de Radiología Intervencionista (CERIN) se pudo identificar que técnicamente el proyecto es factible ya que la azotea del edificio cuenta con el espacio necesario como área libre para la instalación del sistema fotovoltaico de 5m x 2.5m, además, no hay generación de sombra de edificios vecinos, lo que genera que el sistema fotovoltaico funcione de manera óptima, y, por último, se cuenta con acceso para la instalación eléctrica principal con conductor de 10mm<sup>2</sup> NH-80. Económicamente, el análisis ejecutado arrojó una inversión total es de S/ 23 213.00 con un tiempo de retorno de 20 años.

## 4.2. Recomendaciones

En caso se utilizó la presente investigación como una referencia para próximos proyectos, se sugiere emplear paneles fotovoltaicos más eficientes que pueda aprovechar al máximo la radiación solar. Por la rentabilidad del proyecto se usó paneles comerciales, pero se sugiere el uso de paneles PERC (Célula trasera de emisor pasivados, por sus siglas en inglés), capaces de contener una capa adicional que permite reflejar hacia la célula fotovoltaica, parte de los fotones que atraviesa dicha célula y que, de esta forma, se aumenta la eficiencia del panel.

Por las limitaciones de la investigación asociadas a pruebas o ensayos del sistema fotovoltaico materializado, se recomienda ejecutar maniobras experimentales que permitan determinar cuál es el ángulo más ideal para aprovechar al máximo la radiación solar. Con estos datos empíricos y los datos teóricos calculados o encontrados en los documentos, se puede realizar una comparativa y de esta forma obtener la información precisa sobre el ángulo de inclinación correcto. Adicional, también se puede realizar ensayos en campo sobre la conexión de paneles en serie o paralelo, esto permitirá encontrar los parámetros eléctricos idóneos para el sistema.

Para la ejecución de este tipo de sistemas, es vital que se cuente con la información sobre el lugar donde se instalara los paneles y demás componentes, si este lugar cuenta con área libre y cuál es su entorno. Estos datos funcionan como punto de partida para dimensionar el sistema, ya que sirva para saber qué tipo de conexión puede tener los paneles fotovoltaicos, considerando que, en términos de áreas, no es lo mismo una instalación en serie que en paralelo. Además, es necesario seleccionar la protección correcta para cada componente considerando que estarán expuestos a un ambiente abierto. Ejemplo: si se instala un tablero eléctrico es necesario que sea IP66 (protección total contra el contacto de agua y polvo).

## REFERENCIAS

- [1] V. A. Ballesteros-Ballester y A. P. Gallego-Torres, «Modelo de educación en energías renovables desde el compromiso público y la actitud energética,» Bogotá, Colombia, 2019.
- [2] E. Barragán-Escandón, E. Zalamea-León, J. Terrados-Cepeda y P. Vanegas-Peralta, «Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad,» EURE, Santiago, 2019.
- [3] E. A. Barragán-Escandón, E. F. Zalamea-León, J. Terrados-Cepeda y A. Parra-González, «Las energías renovables a escala urbana. Aspectos determinantes y selección tecnológica.,» Cuenca, Ecuador, 2019.
- [4] A. Barrón Cornejo, M. Centurión Cruz, L. Ferreyros Corigliano, G. Forero Chávez, G. López Velásquez y L. Markovinovic Godoy, «La importancia del uso de energías renovables en centros comerciales en Lima,» Lima, Perú, 2021.
- [5] P. Gamio Aita, «Energías renovables alternativas, un reto para el Perú,» Lima, Perú, 2021.
- [6] C. Davila Vasquez, «Evaluación de Modelo de Negocios con Energías Renovables para Generación Distribuida en el Perú,» Lima, Perú, 2020.
- [7] F. R. Reyes Inoñan, «Diseño de un sistema solar fotovoltaico autónomo para generar energía eléctrica y suministrar al caserío granja sasape fundo Aguinaga Túcume Lambayeque,» Chiclayo, Perú, 2020.
- [8] R. A. Barragán Llanos, «La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables,» Quito, Ecuador, 2020.
- [9] D. Schmerler Vainstein, J. C. Velarde Sacio, A. Rodríguez González y B. Solís Sosa, «Osinergmin,» Noviembre 2019. [En línea]. Available: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf).
- [10] V. W. Castro Carhuamaca, «Diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda de energía eléctrica a la granja avícola San Jorge para reducir los costos de combustible en el Caserío Uá de Gato Jaén,» Chiclayo, Perú , 2019.
- [11] P. F. Mesones Abanto, «Dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico de conexión a red para restaurante "El Zarco" ubicado en la ciudad de Cajamarca,» Lambayeque, Perú, 2019.
- [12] F. J. Sancho Núñez, «ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES PARA ACS EN EL HOSPITAL DE ENFERMOS CRÓNICOS DOCTOR MOLINER DE SERRA,» Valencia, España, 2019.
- [13] P. D. Cardona Orozco, «Evaluación del impacto de la instalación de un sistema de paneles solares en el punto de conexión común,» Manizales, Colombia, 2018.

- [14 F. E. Delgado Ríos y D. A. Sasai Pizango, «Estudio para la implementación de cargas tipo LED en iluminación residencial interior para la optimización del confort visual y la demanda energética en Lima,» Lima, Perú, 2019.
- [15 W. A. Mayta Machaca, «Análisis y comparación del consumo de energía eléctrica por alumbrado público utilizando luminarias tipo LED y luminarias convencionales, en la empresa de distribución eléctrica Electro Puno S.A.A.,» Puno, Perú, 2018.
- [16 Ledbox, «Ledbox,» 2019. [En línea]. Available: <https://blog.ledbox.es/noticias-2/12-ventajas-iluminacion-led>.
- [17 D. P. Yáñez Chiluisa, ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA LED, CASO DE APLICACIÓN CENTRO COMERCIAL DE MAYORISTA Y NEGOCIOS ANDINOS, Quito, Ecuador, 2019.
- [18 J. M. Espinal Prado, Optimización en la iluminación, con tecnología led, Caso: planta concentradora C2–SMCV, Arequipa, Perú, 2019.
- [19 J. M. Prado Espinal, Optimización en la iluminación, con tecnología led, Caso: planta concentradora C2–SMCV, Arequipa, Perú, 2019.
- [20 Universidad Computense de Madrid, «Proyecto de innovación Software libre para ciencias e ingeniería,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.ucm.es/pimcd2014-free-software/dialux>.
- [21 J. E. Garrido Castillo y M. Y. Morales Quispe, «Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para la demanda eléctrica del centro de salud Magllanal, Jaén - Cajamarca,» Jaén, Perú, 2019.
- [22 A. Gómez Expósito, Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica, Getafe, España, 2002.
- [23 U. ESAN, «Conexión esan,» Universidad ESAN2019, [En línea]. Available: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/van-y-tir-para-que-sirven-y-cuando-usarlos/>. [Último acceso: 19 Noviembre 2019].
- [24 F. Delgado y D. Sasai, «Estudio para la Implementación de cargas tipo LED en iluminación residencial interior para la optimización del confort visual y la demanda energética en Lima,» Lima, 2019.
- [25 K. Valdiviezo, «Diseño de sistema LED, basado en energía solar, para iluminar ambientes en la Universidad De Piura,» Piura, 2021.
- [26 R. Olano y W. Olano, «Análisis de Consumo de energía eléctrica al implementar luminarias LED mediante software DIALUX, en cinco viviendas del departamento de Cajamarca, 2020,» Cajamarca, 2020.
- [27 O. Caceres, «Propuesta para la reducción de consumo eléctrico y optimización de iluminación en el Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Altiplano implementando un Sistema Fotovoltaico y tecnología LED,» Puno, 2018.

- [28 H. Gamboa, «Diseño del sistema de iluminación de algunas zonas de la universidad Antonio Nariño sede sur mediante software DIALUX en cumplimiento del reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP),» Bogotá, 2020.
- [29 A. Muñoz, «Diseño e implementación de un sistema de energía inteligente para iluminación utilizando tecnología LED de bajo consumo en Villa del Sol distrito de Yarabamba,» Arequipa, 2019.
- [30 J. Pedraza y D. Botero, «Optimización del sistema de iluminación de una IPS por medio de una Instalación Solar Fotovoltaica,» Medellín, Colombia, 2020.
- [31 C. A. Delgado Otálora, «Análisis de relación beneficio costo para la implementación del suministro de energía fotovoltaica en la Clínica Santa Ana S.A.,» Cúcuta, Colombia, 2019.
- [32 D. A. Sarmiento Cruz, J. M. Marrugo Redondo, V. A. Rodríguez Núñez y F. A. Chaparro Acosta, «Fase de Diseño de un Sistema de Generación Eléctrica Basado en Paneles Solares para la Clínica Cooperativa de Colombia,» Bogotá, Colombia, 2019.
- [33 E. J. Mejía V, «Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica,» Amazonas, Perú, 2019.
- [34 D. A. Espinoza Peralta, «Diseño de un sistema de aire acondicionado fotovoltaico para optimizar el confort del centro de salud Pósope Alto,» Chiclayo, Perú, 2020.
- [35 M. A. Santos Cueva, «Análisis de viabilidad técnica y económica de un sistema de microgeneración distribuida fotovoltaica para un edificio multifamiliar en el distrito de Chiclayo-Lambayeque,» Lambayeque, Perú, 2021.
- [36 L. María Daza, «Diseños Eléctricos y de Iluminación en la Empresa Conconcreto S.A.,» Medellín, Colombia, 2022.
- [37 M. C. Hinostroza Dávila, «Aplicación del Software Dialux para obtener iluminación eficiente en el Centro Comercial MINKA de Santiago de Surco,» Lima, Perú, 2017.

# ANEXOS

## Anexo 1

### Norma: EM.110 Confort Térmico y lumínico con eficiencia energética

Plenario Mes: 15 de mayo de 2014		NORMAS LEGALES	523069
		<b>NORMA</b>	
		<b>EM.110 CONFORT TÉRMICO Y LUMÍNICO CON EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	
		<b>INDICE</b>	
1	Generalidades		
2	Objeto		
3	Campo de Aplicación		
4	Marco Normativo		
4.1	Base legal		
4.2	Referencias normativas internacionales		
5	Glosario		
6	Zonificación Bioclimática del Perú		
6.1	Definición de las zonas bioclimáticas		
6.2	Selección de zonas bioclimáticas		
7	Confort térmico: Demanda energética máxima por zona bioclimática		
7.1	Transmitancias térmicas máximas de los elementos constructivos de la edificación		
7.2	Condensaciones		
7.3	Permeabilidad al aire de los carpinteros		
8	Confort lumínico		
9	Productos de construcción		
10	ANEXOS		
	ANEXO N° 1: (A) Ubicación de provincia por zona bioclimática		
	ANEXO N° 1: (B) Características climáticas de cada zona bioclimática		
	ANEXO N° 2: Metodología de Cálculo para obtener Confort Térmico		
	ANEXO N° 3: Lista de características higrométricas de los materiales de construcción		
	ANEXO N° 4: Metodología para el cálculo de condensaciones superficiales		
	ANEXO N° 5: Clases de permeabilidad al aire en carpinteros de ventanas		
	ANEXO N° 6: Metodología de Cálculo para obtener Confort Lumínico		
	ANEXO N° 7: Control Solar (Informativo)		
	<b>1 Generalidades</b>		
	A nivel mundial, aproximadamente la tercera parte de toda la energía primaria es utilizada en las edificaciones.		
	Mientras que en los países de ingresos altos y medios, la generación de energía se obtiene mayormente a través de combustibles fósiles, en los países de ingresos bajos la fuente de energía dominante es la biomasa. Sin embargo, ambas formas de consumo son intensivas, contribuyendo al calentamiento global.		
	En el Perú, el consumo de energía en las edificaciones está relacionado al diseño arquitectónico, al tipo de artefactos que la edificación alberga (para iluminación, calefacción, refrigeración, etc.) y a los hábitos de las familias o usuarios. Es necesario que los profesionales generen desde el diseño, edificaciones con eficiencia energética de acuerdo a los criterios modernos de sostenibilidad, para que a lo largo de la vida de la edificación se consuma menos energía.		
	El documento desarrollado a continuación, se convierte en la primera norma nacional que trata de mejorar a partir del diseño arquitectónico, las condiciones de confort térmico y lumínico con eficiencia energética de las edificaciones. En tal sentido, a través del tiempo esta norma debe perfeccionarse y actualizarse de acuerdo al desarrollo del país.		
	<a href="https://webenviavencio.com">https://webenviavencio.com</a>		

## Anexo 2

### Modelo de cuestionario

**Dirigida a al personal de la clínica CERIN**

**Tema:** Optimización tecnoeconómica mediante energía renovable del sistema de iluminación del Centro de Radiología Intervencionista (CERIN)

#### CUESTIONARIO

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

#### OBJETIVO:

Conocer la problemática actual con respecto a los circuitos de iluminación de la Clínica CERIN.

#### PREGUNTAS:

1. ¿Considera usted que el diseño actual de los circuitos de alumbrado está correcto o cumplen la normativa de iluminación para centros médicos?

---

---

---

2. ¿Siente usted que el flujo luminoso es el adecuado para realizar un trabajo cómodo?

---

---

---

3. ¿Cree usted que se puede optimizar los circuitos de alumbrado eléctrico?

---

---

---

4. ¿Conoce la energía fotovoltaica?

---

---

---

5. ¿Cree usted que la energía fotovoltaica puede suministrar electricidad para los circuitos de alumbrado sin ningún riesgo de corte o apagones?

---

---

---

---

Entrevistador: \_\_\_\_\_

ELABORADO POR: **Coronado Quispe, Roberto Antonio**

## Anexo 3

### Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán



[www.uss.edu.pe](http://www.uss.edu.pe)

# CÓDIGO DE ÉTICA PARA LA INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.



VERSIÓN 7

APROBADO MEDIANTE RESOLUCIÓN DE DIRECTORIO  
N.º 199 -2019/PD-USS

Versión: 7	F. implementación: 06/11/2019	Página 1 de 17
Elaborado por: Vicerrectorado de Investigación	Revisado por: Consejo Universitario	Aprobado con Resolución de Directorio N° 199-2019/PD-USS

## Anexo 4

### Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú

#### CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

##### TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

##### CAPÍTULO I DE LA BASE LEGAL

**Artículo 1.º** La Ley N.º 24648, Ley de Creación del Colegio de Ingenieros del Perú, promulgada el 20 de enero de 1987.

El Artículo 6.º de la Ley 24648 señala que un Estatuto aprobado por Decreto Supremo determinará de conformidad con la presente ley todo lo concerniente a la conformación, atribución y funciones de los diversos órganos del Colegio, el empleo y la distribución de sus rentas, las normas de colegiación y el ejercicio de la profesión de los ingenieros nacionales y extranjeros, las normas sobre Defensa y Ética Profesional y todos los otros aspectos que sean convenientes para su mejor funcionamiento.

**Artículo 2.º** El Estatuto del Colegio de Ingenieros del Perú, que establece el funcionamiento de los organismos deontológicos, así como las Faltas y los Procedimientos Disciplinarios.

**Artículo 3.º** La Ley N.º 16053, que autoriza al Colegio de Ingenieros del Perú supervisar a los profesionales de Ingeniería de la República.

**Artículo 4.º** La Ley N.º 28858, Ley que complementa la Ley N.º 16053, Ley que autoriza al Colegio de Ingenieros del Perú para supervisar a los profesionales de Ingeniería de la República y velar por que estas actividades se desarrollen dentro de las normas de ética profesional; además establece que todo profesional que ejerza labores propias de Ingeniería y de docencia de la Ingeniería, de acuerdo a Ley, requiere poseer grado académico y título profesional otorgado por una universidad nacional o extranjera debidamente revalidado en el país, estar colegiado y encontrarse habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú.

**Artículo 5.º** El Reglamento de la Ley N.º 28858, aprobado por el Decreto Supremo N.º 016-2008-VIVIENDA, que establece los criterios para la adecuada aplicación y cumplimiento de la Ley N.º 28858.

**Artículo 6.º** Texto Único Ordenado de la Ley del Procedimiento Administrativo General, Ley N.º 27444, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 06-2017-JUS, el cual rige supletoriamente en los procedimientos disciplinarios.

## Anexo 5

### Relación de planos

Lámina	Contenido	Piso
IE-01	Planos de alumbrado	1ero y 2do nivel
IE-02	Planos de alumbrado	3ero y 4to nivel
IE-03	Planos de alumbrado	5to y 6to nivel
IE-04	Diagramas unifilares de tableros	Todos los pisos

## Anexo 6

### Guía de Observación – Levantamiento de Información

GUÍA DE OBSERVACIÓN - LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN							
LUGAR:	CENTRO DE RADIOLOGÍA INTERENCIONISTA E.I.R.L. (CERIN)						
PLANTA	LUMINARIA	CANTIDAD	TIPO DE INSTALACIÓN	CIRCUITO - TABLERO	CARGA DEL CIRCUITO	ESTADO	ESTADO INTERRUPTOR

DESARROLLADO POR:	
-------------------	--

\_\_\_\_\_ FIRMA

FECHA:

HORA:

## Anexo 6 - continuación

### Guía de Observación – Información obtenida.

GUÍA DE OBSERVACIÓN - LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN							
LUGAR:	CENTRO DE RADIOLOGÍA INTERENCIONISTA E.I.R.L. (CERIN)						
PLANTA	LUMINARIA	CANTIDAD	TIPO DE INSTALACIÓN	CIRCUITO - TABLERO	CARGA DEL CIRCUITO	ESTADO	ESTADO INTERRUPTOR
<b>1</b>	PANEL LED CIRCULAR 18 W	10	adosado	C1 - (TD-01)	0.3 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	12	adosado	C2 - (TD-01)	0.3 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	8	adosado	C3 - (TD-01)	2.2 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	1	adosado	C3 - (TD-01)	2.2 Amperios	Bueno	Bueno
<b>2</b>	PANEL LED CIRCULAR 18 W	8	adosado	C1 - (TD-02)	0.7 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	2	adosado	C1 - (TD-02)	0.7 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	8	adosado	C2 - (TD-02)	0.3 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	2	adosado	C2 - (TD-02)	0.3 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	5	adosado	C3 - (TD-02)	0.8 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	2	adosado	C3 - (TD-02)	0.8 Amperios	Bueno	Bueno
<b>3</b>	PANEL LED CIRCULAR 18 W	6	adosado	C1 - (TD-03)	0.3 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	1	adosado	C1 - (TD-03)	0.3 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	8	adosado	C2 - (TD-03)	0.6 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	1	adosado	C2 - (TD-03)	0.6 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	6	adosado	C3 - (TD-03)	0.6 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	1	adosado	C3 - (TD-03)	0.6 Amperios	Bueno	Bueno
<b>4</b>	PANEL LED CIRCULAR 18 W	6	adosado	C1 - (TD-04)	0.7 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	2	adosado	C1 - (TD-04)	0.7 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	6	adosado	C2 - (TD-04)	0.4 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	3	adosado	C2 - (TD-04)	0.4 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	6	adosado	C3 - (TD-04)	0.4 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	2	adosado	C3 - (TD-04)	0.4 Amperios	Bueno	Bueno
<b>5</b>	PANEL LED CIRCULAR 18 W	4	adosado	C1 - (TD-05)	0.3 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	3	adosado	C1 - (TD-05)	0.3 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	7	adosado	C2 - (TD-05)	0.4 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	3	adosado	C2 - (TD-05)	0.4 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	5	adosado	C3 - (TD-05)	0.5 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	2	adosado	C3 - (TD-05)	0.5 Amperios	Bueno	Bueno
<b>6</b>	PANEL LED CIRCULAR 18 W	4	adosado	C1 - (TD-06)	1 Amperio	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	2	adosado	C1 - (TD-06)	1 Amperio	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	4	adosado	C2 - (TD-06)	0.8 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	3	adosado	C2 - (TD-06)	0.8 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 18 W	4	adosado	C3 - (TD-06)	0.8 Amperios	Bueno	Bueno
	PANEL LED CIRCULAR 24 W	2	adosado	C3 - (TD-06)	0.8 Amperios	Bueno	Bueno
DESARROLLADO POR:		Roberto Antonio Coronado Quispe					

FIRMA

FECHA: 20/04/2022

HORA: 10:30 a. m.

## Anexo 7

### Luminarias

Luminaria adosada LED 18W



**Figura 50: Luminaria adosada LED 18W**

**Fuente: Promart, 2022**

**Tabla 25: Características técnicas de la luminaria LED de 18W**

<b>Tipo de Luminaria</b>	Downlight adosable orange redondo 18W luz fría
<b>Protección</b>	IP20
<b>Potencia</b>	18W
<b>Lúmenes</b>	1250 lm
<b>Equivalencia Lum.</b>	170 W
<b>Voltaje</b>	100-240 V
<b>Frecuencia</b>	50-60 Hz
<b>Ángulo de Iluminación</b>	110°
<b>Vida útil</b>	15 000 hrs

## Luminaria adosada LED 24W



**Figura 51: Luminaria adosada LED 24W**

**Fuente: Promart, 2022**

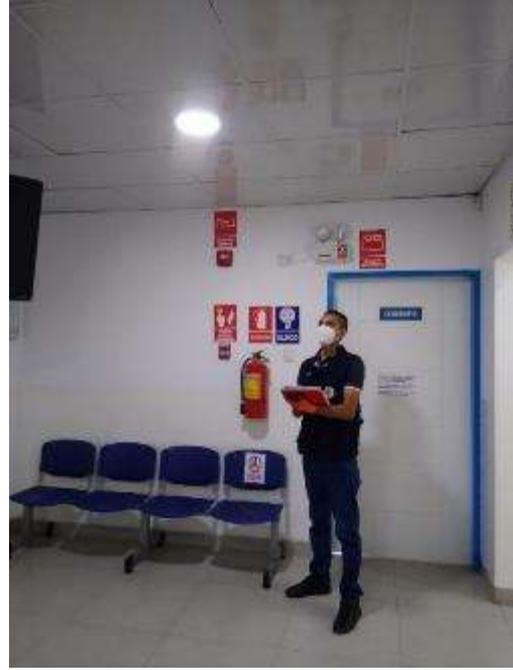
**Tabla 26: Características técnicas de la luminaria LED de 24W**

<b>Tipo de Luminaria</b>	Downlight adosable orange redondo 24W luz fría
<b>Protección</b>	IP20
<b>Potencia</b>	24W
<b>Lúmenes</b>	1500 lm
<b>Equivalencia Lum.</b>	200 W
<b>Voltaje</b>	100-240 V
<b>Frecuencia</b>	50-60 Hz
<b>Ángulo de Iluminación</b>	110°
<b>Vida útil</b>	15 000 hrs

## Anexo 8

### Evidencia gráfica del levantamiento de información

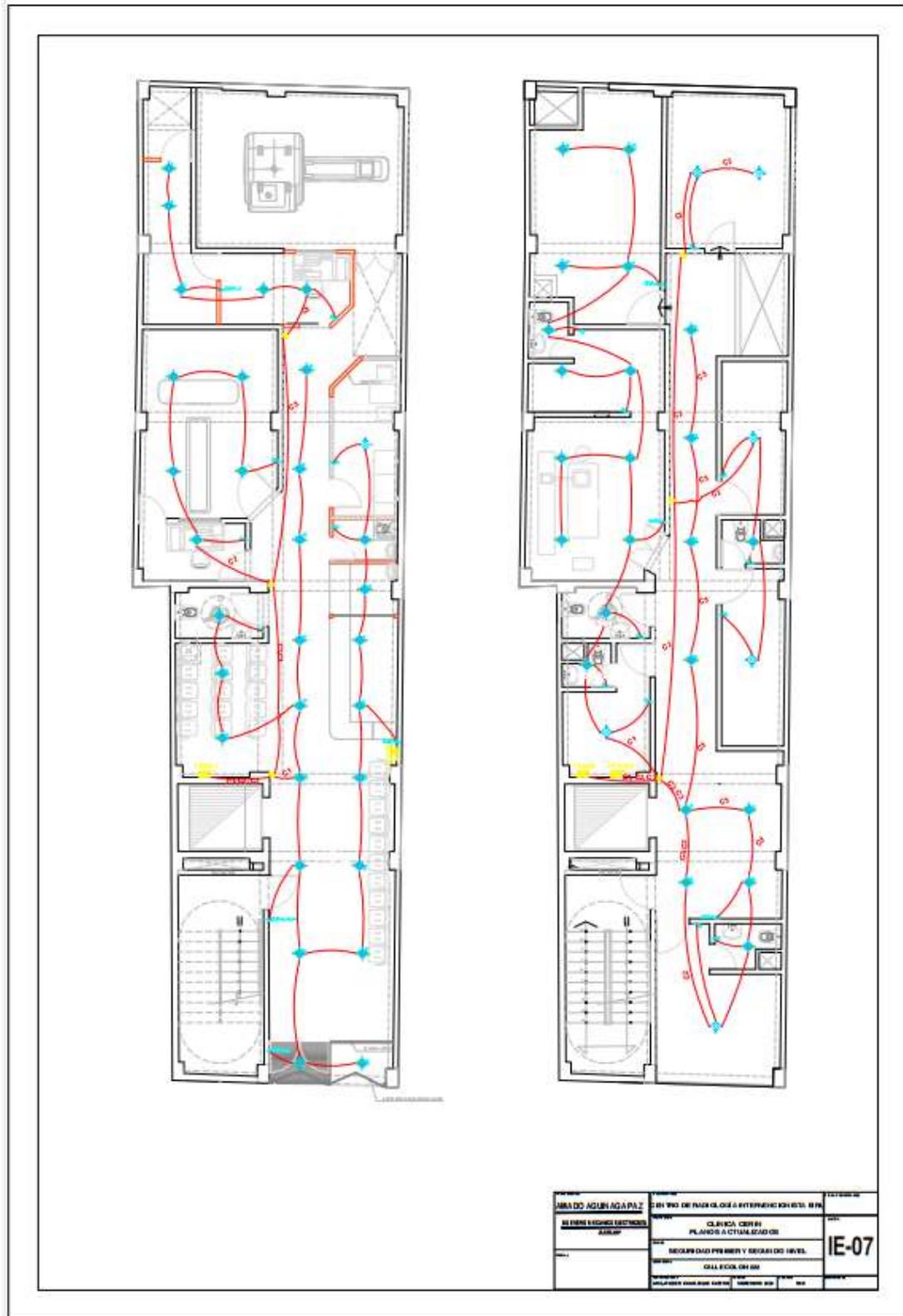




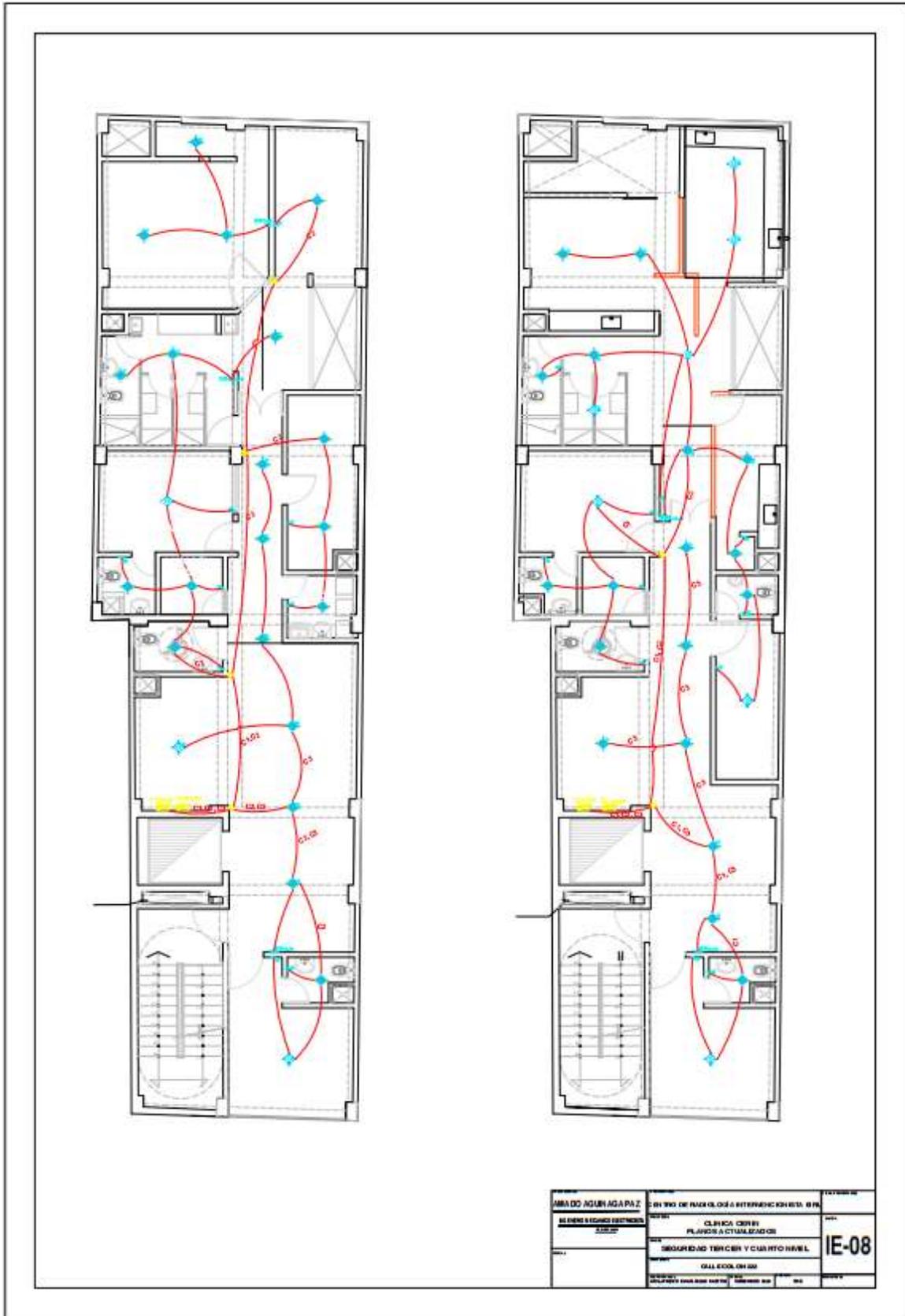
## Anexo 9

### Planos actualizados actuales de la clínica CERIN

#### Plano de iluminación actualizado primer y segundo nivel

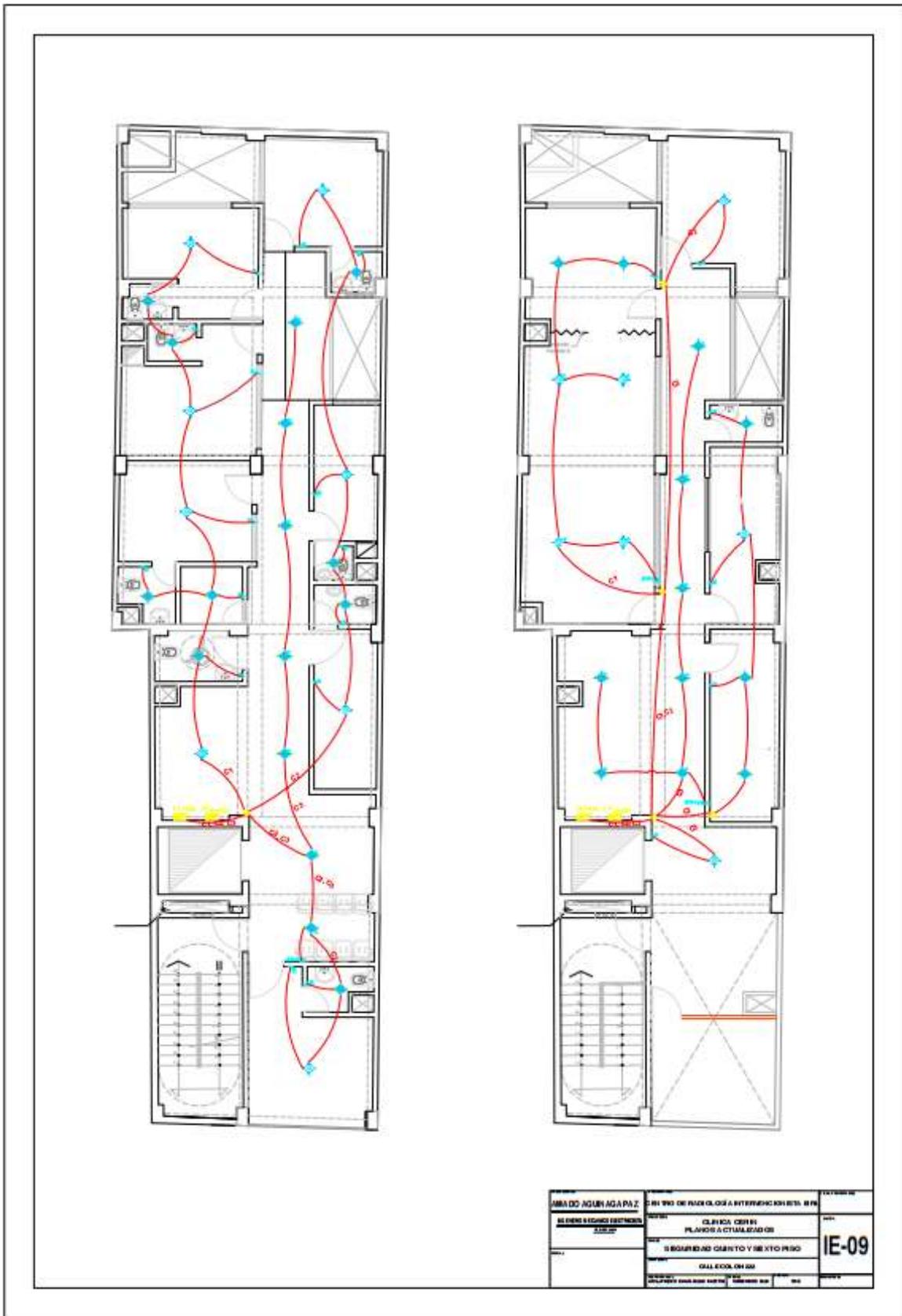


# Plano de iluminación actualizado tercer y cuarto nivel



INSTITUCIÓN <b>UNIVERSIDAD AGUIRRE AGUIRRE</b>	CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO <b>CLÍNICA ODONTOLÓGICA</b>	PROYECTO <b>SEGURIDAD TERCER Y CUARTO NIVEL</b>	IDENTIFICACIÓN <b>IE-08</b>
AUTOR <b>ING. JUAN CARLOS GARCÍA</b>	CLIENTE <b>UNIVERSIDAD AGUIRRE AGUIRRE</b>	FECHA <b>2018</b>	ESCALA <b>1:100</b>
TÍTULO <b>PLANO DE ILUMINACIÓN</b>	LOCALIZACIÓN <b>CALLE ESCOBAR</b>	ESTADO <b>CHILE</b>	CIUDAD <b>SANTIAGO</b>

# Plano de iluminación actualizado quinto y sexto nivel



## Anexo 10

### Llave termomagnética para circuitos de iluminación



#### Principal

Gama	Easy9
Aplicación del dispositivo	Distribución
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	Easy9 MCB
Polos	2P
Número de polos protegidos	2
Corriente nominal (In)	20 A
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	10000 A Icn en 220 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60898-1 6000 A Icn en 400 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60898-1
Apto para seccionamiento	Si acorde a IEC 60898-1

## Anexo 11

### Cable eléctrico NH-80

**TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80**

CALIBRE CONDUCTOR	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

## Anexo 12

### Procedimiento de cálculo para el dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

#### Cálculo del consumo medio diario

$$E_{dm} = \frac{E_{dm, CD} + \frac{E_{dm, CA}}{\eta_i}}{\eta_{bat} \times \eta_{cond}}$$

$E_{dm}$  = Consumo medio diario (Wh)

$E_{dm, CD}$  = Consumo diario en corriente continua (kWh/mes) = 0 kWh/mes

$E_{dm, CA}$  = Consumo diario en corriente alterna (kWh/mes)

$\eta_i$  = Eficiencia del inversor = 90% [21]

$\eta_{bat}$  = Eficiencia de la batería = 90% [21]

$\eta_{cond}$  = Eficiencia de los conductores = 100% (Los conductores se seleccionan considerando su corriente nominal mucho mayor a la corriente del sistema)

El consumo diario en corriente alterna es la multiplicación de la demanda máxima de los aparatos por la hora de uso:

$$E_{dm, CA} = MD \times horas\ uso$$

$MD$  = Máxima demanda = 8.74 kW

$horas\ uso$  = 1 hora

$$E_{dm, CA} = 8.74 \times 1 = 8.74 \text{ kWh/día}$$

$$E_{dm} = \frac{0 + \frac{8.74}{0.9}}{0.9 \times 1} = 10.79 \text{ kWh/día}$$

### Carga corregida

$$Q = \frac{E_{dm}}{V_{SISTEMA}}$$

$Q$  = Carga corregida (Ah/día)

$E_{dm}$  = Consumo medio diario = 10.79 kWh/día

$V_{SISTEMA}$  = Tensión nominal del sistema de generación (V) = 48V (Debido a la potencia instalada que es mayor a 5 kW).

$$Q = \frac{10\,790\text{ Wh/día}}{48\text{ V}} = 224.79\text{ Ah/día}$$

### Corriente del proyecto

$$I_{PROYECTO} = \frac{Q}{HSP}$$

$I_{PROYECTO}$  = Corriente del proyecto (A)

$Q$  = Carga corregida (Ah/día) = 224.79 Ah/día

$HSP$  = Horas solar pico (h/día)

$$HSP = \frac{RS}{1000\text{ W/m}^2}$$

$RS$  = Radiación solar ( $\text{Wh/m}^2$ )

Para saber la radiación solar se hallará el ángulo de inclinación y para identificar este dato se usa la siguiente ecuación:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 \times |\phi|$$

$\beta_{opt}$  = Ángulo de inclinación óptima (grados sexagesimales)

$\phi$  = Latitud del lugar (grados sexagesimales)

La latitud de la clínica CERIN es -6.7746 y la longitud es -79.8425 según Google Maps. Entonces:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 \times |-6.7746| = 7.76^\circ$$

El portal de la NASA brinda solo la data de 4 ángulos (0°, 5°, 20° y 90°), debido a este se emplea el portal PVGIS de la Comisión Europea Joint Research Center que estudia el recurso solar con ángulos de inclinación específicos. Este portal posee datos hasta el año 2020, los cuales fueron:

**Tabla 27: Radiación solar del 2020 según el portal PVGIS**

Mes	Radiación solar al mes (Wh/m <sup>2</sup> )	Radiación solar por día (Wh/m <sup>2</sup> / día)
Enero	196.48	6.34
Febrero	184.04	6.35
Marzo	198.17	6.39
Abril	188.74	6.29
Mayo	181.0	5.84
Junio	171.63	5.72
Julio	163.18	5.26
Agosto	181.63	5.86
Septiembre	187.27	6.24
Octubre	190.42	6.14
Noviembre	183.66	6.12
Diciembre	169.89	5.48

Se trabaja con la radiación solar más crítica para poder calcular las horas pico.

$$HSP = \frac{5.26 \text{ Wh/m}^2/\text{día}}{1000 \text{ W/m}^2} = 5.26 \text{ h pico/día}$$

$$I_{PROYECTO} = \frac{224.79 \text{ Ah/día}}{5.26 \text{ h pico/día}} = 42.74 \text{ A}$$

### Número de paneles

El número de paneles se calcula teniendo en cuenta una instalación en paralelo y serie.

$$NP_{PARALELO} = \frac{42.74 \text{ A}}{0.95 \times 10.98 \text{ A}} = 4.1 \cong 4$$

$NP_{PARALELO}$  = Número de paneles en paralelo

$I_{PROYECTO}$  = Corriente del proyecto (A) = 42.74 A

$F_R$  = Factor de reducción o degradación del panel (envejecimiento, polvo) = 0.95

$I_{PANEL}$  = Corriente del panel (A) = 10.98 A (Según ficha técnica del panel,

### Anexo 13)

$$NP_{SERIE} = \frac{48 \text{ V}}{48 \text{ V}} = 1$$

$NP_{SERIE}$  = Número de paneles en serie

$V_{SISTEMA}$  = Tensión nominal del sistema (V) = 48V

$V_{PANEL}$  = Tensión nominal del panel (V) = 48V (Según ficha técnica del panel,

### Anexo 13)

$$NP_{TOTALES} = 4 \times 1 = 4$$

$NP_{TOTALES}$  = Número de paneles totales = 4 paneles conectados en paralelo

### Potencia del sistema de generación

$$P_{SG} = NP_{PARALELO} \times NP_{SERIE} \times P_{\max P}$$

$P_{SG}$  = Potencia del sistema de generación

$NP_{PARALELO}$  = Número de paneles en paralelo = 4

$NP_{SERIE}$  = Número de paneles en serie = 1

$P_{\max P}$  = Potencia máxima del panel = 450 Wp (Según ficha técnica del panel, **Anexo 13**)

$$P_{SG} = 4 \times 1 \times 450 \text{ Wp} = 1800 \text{ Wp}$$

### Dimensionamiento del inversor

Para el dimensionamiento del inversor es necesario considerar la corriente de arranque de algunos equipos o máquinas, en caso el sistema fotovoltaico no alimente equipos con corriente de arranque, solo se debe considerar un factor de simultaneidad. El inversor debe tener una potencia 3 veces mayor si el sistema al que pertenece suministrará energía eléctrica a motores o compresores.

$$P_{INV} = P_{AC} \times FS$$

$P_{INV}$  = Potencia del inversor (W)

$P_{AC}$  = Potencia de las cargas en corriente alterna (W)

$FS$  = Factor de simultaneidad = 1

$$P_{INV} = 8.74 \text{ kW} \times 1 = 8.74 \text{ kW}$$

El inversor por seleccionar debe ser mayor a 8.74 kW con un voltaje de 48V.

## Dimensionamiento del sistema de acumulación

$$C_{BB} = \frac{Q \times N_{d,out}}{(FP_{\max DB,d}) \times F_{CT}}$$

$C_{BB}$  = Capacidad nominal del banco de baterías (Ah)

$Q$  = Carga corregida (Ah/día) = 224.79 Ah/día

$N_{d,out}$  = Número de días de autonomía del banco de baterías = 2 días

$FP_{\max DB,d}$  = Factor de profundidad de descarga máxima diaria = 100% (Se asume que las baterías estarán encendidas todo el día)

$F_{CT}$  = Factor de corrección por temperatura = 90%

$$C_{BB} = \frac{224.79 \text{ Ah} \times 2}{(1) \times 0.9} = 499.54 \text{ Ah}$$

$$N_{B,PARALELO} = \frac{499.54 \text{ Ah}}{125 \text{ Ah}} = 3.996 \cong 4$$

La capacidad nominal de la batería (Ah) debe ser igual a 125 Ah, de esta forma se tendrá un total de 4. Además, debe tener un voltaje de 48V.

$$N_{B,SERIE} = \frac{48 \text{ V}}{48 \text{ V}} = 1$$

$$N_{B,TOTALES} = 4 \times 1 = 4 \text{ baterías}$$

## Dimensionamiento del regulador de carga

$$I_{REGULADOR} > 1.25 \times I_{PANEL \text{ CC}} \times NP_{PARALELO}$$

$I_{REGULADOR}$  = Corriente del regulador de carga (A)

$I_{PANEL \text{ CC}}$  = Corriente del panel (A) = 11.53 A Según ficha técnica del panel,

**Anexo 12)**

$NP_{PARALELO} = \text{Número de paneles en paralelo} = 4$

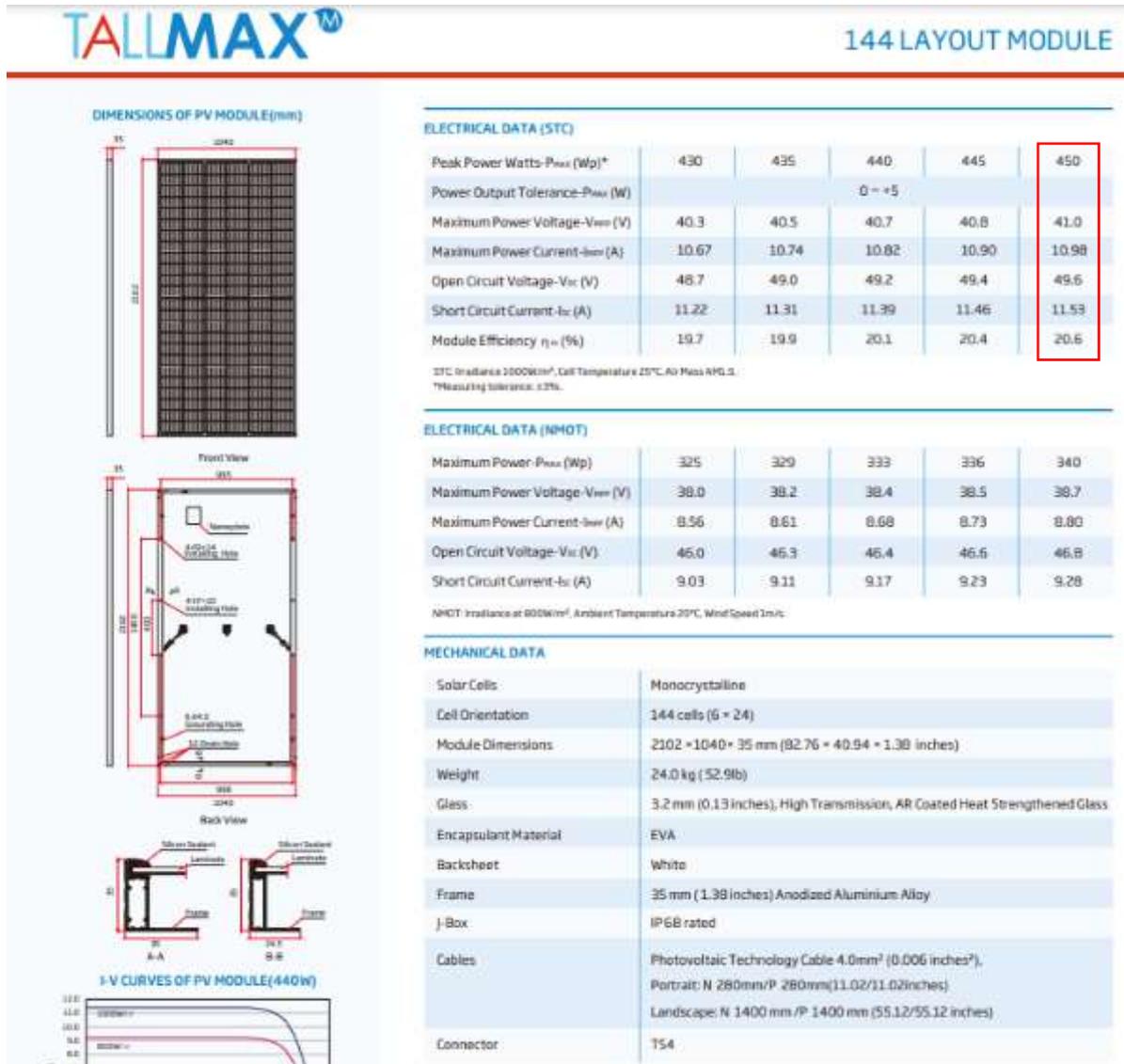
$$I_{REGULADOR} > 1.25 \times 11.53 \times 4 = 56.25 \text{ A}$$

$$N_{REGULADOR} = \frac{56.25 \text{ A}}{30 \text{ A}} = 1.88 \cong 2$$

El regulador seleccionado debe tener una corriente de 30 A, de esta forma se manejarán 2 regulares dando un total de 60 A (mayor a 56.25 A) o en todo caso, seleccionar un regulador de 60 A.

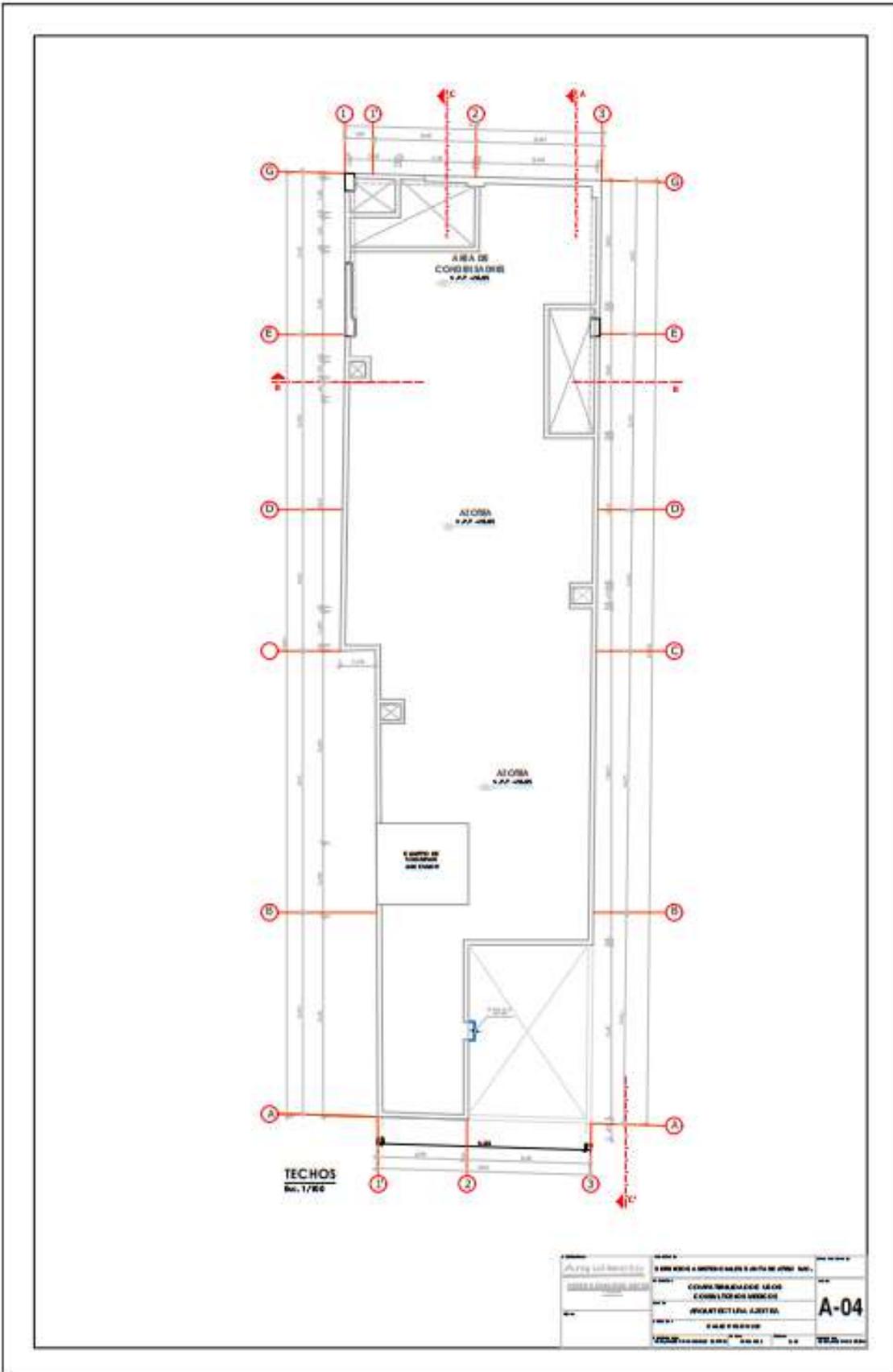
## Anexo 13

### Ficha técnica del panel de 450 Wp



# Anexo 14

## Plano de Arquitectura de la azotea



## ANEXO 15

### Antecedentes de estudio

#### Internacional

[31] Realizó un análisis de relación beneficio costo para la implementación del suministro de energía fotovoltaica en la Clínica Santa Ana S.A., primero partió por hacer un diagnóstico del consumo eléctrico de equipos e instalaciones y los costos asociados a estos, los cuales fueron de 90 596 kW/mes y 723 033 254 pesos colombianos pagados en el año 2018 por consumo eléctrico. Con la demanda energética hallada, implementó un sistema de generación de energía fotovoltaica constituida por un total de 236 paneles que fue capaz de alcanzar un ahorro energético de 120 150 kW/año y los resultados hallados mediante el cálculo del Valor Presente Neto, la Tasa Interna de Retorno y la relación Costo Beneficio arrojaron una inversión inicial de 1 380 950 610 pesos colombianos y un ahorro económico por año del 11% en costos de energía.

[32] Desarrollaron un proyecto asociado a la Fase de Diseño de un Sistema de Generación Eléctrica Basado en Paneles Solares para la Clínica Cooperativa de Colombia. Luego de hacer un seguimiento al comportamiento energético del hospital entre el periodo de septiembre del 2018 a junio del 2019, detectaron un promedio de consumo de 249.000 kW/h por mes, lo cual representó un costo de 100'000.000 COP\$. Con los datos de consumo y costo conocidos, propusieron un sistema energético que fue capaz de reducir en un 20% mensual el costo (27'000.000 COP\$), con una inversión inicial de \$110'000.000.

## Nacional

[21] Llevaron a cabo una investigación asociada al diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para la demanda eléctrica del centro de Salud Magllanal, Jaén – Cajamarca. Primero, los autores realizaron la evaluación de la radiación solar en el lugar donde se implementó el proyecto, paso siguiente calcularon la potencia nominal instalada, la cual fue de 21 658W y la demanda energética (equivalente a 66,31 kWh/día). Los resultados hallados dimensionaron los elementos del sistema fotovoltaico, el cual quedó constituido por 112 paneles de 340 Wp, 07 reguladores de carga de 100A, 80 baterías 12 V CD y 150 Ah y 03 inversores de 10 000W. El presupuesto del proyecto quedó definido en S/. 306 701,56 con un TIR del 5%, VAN de S/. 16 943,22 y un tiempo de retorno de inversión de 11 años. La reducción en costos por consumo de energía eléctrica fue de S/. 27 882,72 anuales.

[33] Realizó el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. A través de un análisis energético, detectó la demanda eléctrica del laboratorio, el cuál fue de 2 944W y un consumo energético teórico de 21 168 kWh/semana y 956 Wh/día. Con los datos de consumo y demanda obtenidos y la ayuda de ecuaciones asociadas a la generación de energía eléctrica, dimensionaron y seleccionaron el sistema fotovoltaico. El proyecto fue capaz de suministrar 8 980,53 Wh/día o 187,09 Ah/día con un voltaje de 48V y quedó constituido por 28 paneles fotovoltaico de 135 Wp para conectarse 04 en serie y 07 en paralelo, 01 regulador de carga de 85 A, 01 inversor monofásico de 48 V CD/230 V CA y 24 baterías de 85 Ah que fueron conectadas 04 en serie y 06 en paralelo (02 días de autonomía).

## Local

[34] Diseñó un sistema de aire acondicionado fotovoltaico para optimizar el confort del centro de salud Pósope Alto en Chiclayo, Perú. Mediante un análisis energético térmico identificó la potencia total requerida de 46 719,40 kcal y con este dato dimensionó los elementos electromecánicos del sistema fotovoltaico de aire acondicionado, el cual quedó integrado por un evaporador de 46 719,40 kcal, un absorbedor de 59 816 kcal/h y un colector solar de 46 719 40 kcal/h con eficiencia del 90%. El análisis económico ejecutado al proyecto en un plazo de 5 años arrojó un VAN de 180 253,68 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 53,22%. La inversión inicial fue de S/. 121 963,00.

[35] Llevó a cabo el análisis de viabilidad técnica y económica de un sistema de microgeneración distribuida fotovoltaica para un edificio multifamiliar en el distrito de Chiclayo-Lambayeque. Luego de identificar la radiación solar a través de la página web de la NASA de 4,47 kW/h/m<sup>2</sup>/día a 5,98 kW/h/m<sup>2</sup>/día y la demanda máxima del edificio de 38 069 W, calculó un sistema fotovoltaico que fue capaz de generar 93 697 kW/h por día compuesto principalmente por un grupo de 7 paneles solares de 410 Wp y un inversor de 20 kW. El estudio financiero del proyecto arrojó un VAN de S/. 82 608,49 y un TIR del 29% para una etapa de 25 años. La inversión inicial fue de S/. 78 442,40.