



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**PROYECTO TECNOLÓGICO**

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN  
FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO  
DE SIMULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
UTILIZANDO LA NORMA INEN 1 154**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico

**Autores:**

Sangotasig Tocumbe Wilson Fabian

Tasinchana Casa Cesar Agustín

**Tutor Académico:**

PhD. Secundino Marrero Ramírez

**LATACUNGA - ECUADOR**

**Febrero - 2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **SANGOTASIG TOCUMBE WILSON FABIAN**, y **TASINCHANA CASA CESAR AGUSTIN** declaramos ser los autores del presente proyecto tecnológico: **“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UTILIZANDO LA NORMA INEN 1 154”**, siendo **PHD. SECUNDINO MARRERO RAMÍREZ** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



.....  
Sangotasig Tocumbe Wilson Fabian

CC: 050398854-5



.....  
Tasinchana Casa Cesar Agustín


CC: 050436220-3

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo del proyecto tecnológico sobre el título:

**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UTILIZANDO LA NORMA INEN 1 154”**, de los estudiantes **SANGOTASIG TOCUMBE WILSON FABIAN**, y **TASINCHANA CASA CESAR AGUSTIN** de la carrera Ingeniería en Electricidad, considero que dicha propuesta tecnológica cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero, 2023



**Tutor de Titulación**

PhD. Secundino Marrero Ramírez

CC: 175710790-7

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes **SANGOTASIG TOCUMBE WILSON FABIAN**, y **TASINCHANA CASA CESAR AGUSTIN** con el título de Proyecto de titulación “**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UTILIZANDO LA NORMA INEN 1 154**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.


Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero, 2023

Para constancia firman:



.....  
**Lector 1(presidente)**  
Ing. MSc. Vásquez Teneda Franklin  
CC: 171043449-7



.....  
**Lector 2**  
Ing. MSc. León Segovia Marco  
CC: 050230540-2



.....  
**Lector 3**  
Ing. MSc. León Segovia Manuel  
CC: 050204135-3

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de director de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi certificado que mediante al proyecto tecnológico **“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UTILIZANDO LA NORMA INEN 1 154”** de los señores **SANGOTASIG TOCUMBE WILSON FABIAN**, y **TASINCHANA CASA CESAR AGUSTIN**, realizan la entrega del sistema de iluminación alimentado por energía fotovoltaica, para el laboratorio de simulación, carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, febrero 2023

  
.....  
Ing MSc. Eduardo Hinojosa  
C.C. 050236581-0



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por mantenerme firme, nunca abandonarme y darme la sabiduría necesaria para afrontar este reto que fue mi carrera como ingeniero eléctrico.

De igual forma expreso un especial agradecimiento a mis padres, Sangotasig Carillo José Jorge y Tocumbe Paucar Maria Monica por ser mi fortaleza, por sus enseñanzas y nunca abandonarme en los malos momentos, gracias al apoyo incondicional en todas y cada una de mis decisiones, por demostrarme que, con esfuerzo, dedicación y nunca rendirme se puede lograr grandes cosas sin importar los obstáculos.

A mis hermanos, Beatriz, José y Diego que gracias a su apoyo y consejos me permitieron alcanzar la meta más importante de mi vida.

De igual manera a mi novia Noemi Tipantuña por ser ese soporte en cada momento difícil de lucha y superación.

En general, agradezco a todo y cada uno de los docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica por formarme íntegramente como profesional y por las enseñanzas brindadas durante el proceso académico. En especial, al Ing. Franklin Vásquez e Ing. Marco Leon como consejeros académicos y al Phd. Secundino Marrero como tutor de mi proyecto quien me ha guiado con su paciencia, y sabiduría como docente.

***Wilson F. Sangotasig T.***

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento y gratitud a Dios, quien con su bendición supo guiarme y acompañarme a culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres Cesar Augusto Tasinchana Casa y María Margarita Casa Casa que siempre me apoyaron y motivaron durante mi formación como profesional, por todo su cariño y paciencia brinda en cada una de mis decisiones, quienes con esfuerzo y perseverancia me enseñaron a no rendirme sin importar las circunstancias. A todos mis hermanos y cuñadas por estar conmigo apoyándome y motivándome durante el desarrollo de este proyecto.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi que me abrió sus puertas durante mi formación como estudiante, brindándome tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento. A mi compañero de tesis por compartir tantas enseñanzas durante la vida universitaria.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica por los conocimientos brindados a lo largo de mi formación profesión, de manera especial, al Ing. Franklin Vásquez, Ing. Marco León e Ing. Eduardo Hinojosa como consejeros académicos. Al PhD. Secundino Marrero Ramírez como tutor de mi proyecto quien me ha guiado con su paciencia, y sabiduría como docente.

A mi enamorada Belén Cahuana por brindarme su ayuda en los momentos difíciles y motivarme durante la realización de este proyecto.

***Cesar A. Tasinchana C.***

## **DEDICATORIA**

Es un privilegio dedicar este trabajo escrito del proyecto tecnológico a las personas que fueron y serán un pilar fundamental en mi vida, mi mamá, Tocumbe Paucar Maria Monica y a mi padre Sangotasig Carillo José Jorge, que pese a las adversidades de la vida siempre velaron por mi bienestar con un amor incondicional y eterno, impulsándome a ser cada día una persona de bien y con la fortaleza necesaria para cumplir las metas propuestas.

A mis hermanos Beatriz, José y Diego, por acompañarme en el proceso educativo y brindarme su apoyo día tras día en el transcurso de los años de mi carrera universitaria.

A mis familiares, Sangotasig y Tocumbe, en especial a mis abuelos Maria Paucar y José Tocumbe, por brindarme sus consejos y sabiduría para afrontar cada circunstancia de la vida.

***Wilson F. Sangotasig T.***



## **DEDICATORIA**

Este proyecto tecnológico, está dedicado a la memoria de todos mis abuelitos por parte de mi Madre y de mi Padre, que Dios los tiene en su gloria y ahora son ángeles que me cuidan siempre, donde sea que se encuentren sé que están orgullosos de mí.

Dedico mi tesis por el inmenso amor que les tengo mis padres Cesar Augusto Tasinchana Casa y María Margarita Casa Casa, que han estado apoyándome y motivándome hasta el último día de mi vida Universitaria, los amo mucho padres.

A mis hermanos Gustavo, Edison, Marco, Luis, Diego y Jessica por guiarme de la mejor manera y que sin ustedes nada de esto sería posible, gracias por todo.

***Cesar A. Tasinchana C.***

**TEMA:** “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UTILIZANDO LA NORMA INEN 1 154”

**Autores:**

Sangotasig Tocumbe Wilson Fabian

Tasinchana Casa Cesar Agustín

## **RESUMEN**

En el presente proyecto tecnológico se desarrolló la implementación de un sistema de generación fotovoltaico, para alimentar el sistema de iluminación del Laboratorio de Simulación, debido a que sus niveles están por debajo de los valores establecidos por la Norma INEN 1 154. Mediante el método de la cuadrícula se verificó que el nivel de iluminación existente en el laboratorio era de 155,44 luxes, por lo cual, al realizar el dimensionamiento del sistema de iluminación y la proyección de nuevas luminarias por el método de Lúmenes, determinando como resultado la instalación de 18 luminarias para el Laboratorio de Simulación, alcanzando un nivel de iluminación actual de 405,69 luxes y cumpliendo con la norma utilizada. Para el dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico se utilizó la metodología descrita detalladamente en el proyecto, una vez culminado el sistema fotovoltaico se procedió a realizar la evaluación, donde se concluyó que los 10 paneles solares generan una potencia máxima de 1560,76 W, un voltaje máximo de 108,13 V y una corriente máxima de 12,71 A, en cuanto al sistema de acumulación está compuesto por 2 baterías en serie y 4 baterías en paralelo que proporcionarán un voltaje de 24 V. Al finalizar el proyecto se evidenció que la carga del Laboratorio de Simulación paso de 432 W a 1080 W, alcanzando un crecimiento del 1,5% y la capacidad utilizada del inversor llegó al 66%, teniendo una expansión permitida del 34% para aprovechar al máximo los 3000 VA.

**Palabras Clave:** Proyección, Evaluación, Capacidad, Arreglo, Software, Generación, Iluminación, Norma.

**THEME:** "IMPLEMENTATION OF THE PHOTOVOLTAIC GENERATION SYSTEM FOR THE LIGHTING OF THE SIMULATION LABORATORY AT THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI USING THE INEN 1 154 STANDARD"

**Autores:**

Sangotasig Tocumbe Wilson Fabian

Tasinchana Casa Cesar Agustín

### **ABSTRACT**

In this technological project, a photovoltaic generation system was implemented to feed the Simulation Laboratory's lighting system due to its levels being below the values established by the INEN 1 154 Standard. Through the method of the grid, it was verified that the level of lighting existing in the laboratory was 155.44 lux; therefore, when sizing the lighting system and projecting new luminaires by the Lumens method, getting as a result in the installation of 18 luminaires for the Simulation Laboratory, reaching a current lighting level of 405.69 lux and complying with the standard used. The methodology described in detail in the project was used for the sizing of the photovoltaic generation system; once the photovoltaic system was completed, the evaluation was carried out, where it was concluded that the 10 solar panels generate a maximum power of 1560.76 W, a maximum voltage of 108.13 V and a maximum current of 12.71 A; as for the accumulation system, it is made up of 2 batteries in series and 4 batteries in parallel that will provide a voltage of 24 V. At the end of the project, it was evidenced that the load of the Simulation Laboratory went from 432 W to 1080 W, reaching a growth of 1.5%, and the used capacity of the inverter got 66%, having an expansion allowed of 34% to take advantage of the maximum 3000 VA.

**Keywords:** Projection, Evaluation, Capacity, Arrangement, Software, Generation, Illumination, Standard.

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UTILIZANDO LA NORMA INEN 1 154”** presentado por: **Sangotasig Tocumbe Wilson Fabian, y Tasinchana Casa Cesar Agustín**, egresado de la Carrera de: **Ingeniería en Electricidad**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Febrero del 2023

Atentamente,



firmado digitalmente por  
WILMER PATRICIO  
COLLAGUAZO VEGA



CENTRO  
DE IDIOMAS

-----  
MSc: Wilmer Patricio Collaguazo Vega

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

**CI: 172241757**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
2.1.	El problema: .....	2
2.1.1.	Situación problemática: .....	2
2.1.2.	Formulación del problema.....	3
2.2.	Objeto y Campo de acción .....	3
2.3.	Beneficiarios .....	3
2.3.1.	Beneficiarios directos .....	3
2.3.2.	Beneficiarios indirectos.....	3
2.4.	Justificación.....	3
2.5.	Hipótesis.....	4
2.6.	Objetivos .....	4
2.6.1.	General: .....	4
2.6.2.	Específicos: .....	4
2.7.	Sistema de tareas .....	5
<b>3.</b>	<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>7</b>
3.1.	Antecedentes .....	7
3.2.	El sol como fuente de energía .....	9
3.3.	Inclinación o ángulo de elevación ( $\beta$ ) .....	10
3.4.	Orientación o Ángulo de acimut ( $\Psi$ ).....	11
3.5.	Hora solar Pico.....	11
3.6.	Radiación solar.....	12
3.6.1.	Tipos de Radiación.....	12
3.7.	Sistema fotovoltaico.....	13
3.7.1.	Clasificación de los SFV por su estructura .....	13
3.8.	Tipo de paneles fotovoltaicos.....	14
3.8.1.	Silicio Monocristalino .....	14
3.8.2.	Silicio Policristalina .....	15
3.8.3.	Silicio Amorfo.....	15
3.8.4.	Conexión de módulos fotovoltaicos .....	16
3.9.	Inversor .....	19
3.9.1.	Tipos de Inversores .....	19

3.10. Baterías .....	20
3.10.1. Tipos de baterías.....	21
3.10.2. Tipo de conexión de baterías o acumuladores.....	22
3.11. Sistema de Iluminación.....	23
3.11.1. Magnitudes lumínicas.....	23
3.12. Curvas fotométricas .....	27
3.13. Temperatura de color .....	28
3.14. Índice de reproducción de color.....	29
3.15. Tipo de Lámparas.....	30
3.15.1. Incandescentes.....	30
3.15.2. Halógenas .....	31
3.15.3. Lámpara de descarga .....	31
3.15.4. Vapor de sodio.....	32
3.15.5. Vapor de mercurio.....	32
3.15.6. Fluorescente.....	33
3.15.7. Led.....	34
3.16. Conductores.....	35
3.16.1. Tipos.....	35
3.17. Medición de niveles de iluminación .....	36
3.17.1. Luxómetro .....	37
3.18. Marco legal.....	37
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
4.1. Tipos de Investigación .....	38
4.1.1. Investigación Bibliográfica .....	38
4.1.2. Investigación de Campo .....	38
4.2. Métodos de investigación.....	38
4.2.1. Método Inductivo .....	38
4.2.2. Método Deductivo.....	38
4.2.3. Método Analítico.....	39
4.2.4. Método Descriptivo.....	39
4.3. Materiales e instrumento .....	39
4.3.1. Luxómetro .....	39
4.3.2. Programa AutoCAD .....	39
4.3.3. Programa DIALux evo 10.1 .....	39

4.4.	Metodología para el dimensionamiento del sistema de iluminación .....	40
4.4.1.	Método de la cuadrícula .....	40
4.4.2.	Cálculo del flujo luminoso total necesario .....	41
4.4.3.	Cálculo del número de luminarias.....	43
4.5.	Metodología para el dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico .....	43
4.5.1.	Cálculo de la Irradiación Global Diaria sobre la Superficie del Generador.....	45
4.5.2.	Cálculo de los Parámetros Eléctricos del Generador .....	46
4.5.3.	Dimensionamiento del Banco de Baterías.....	48
4.5.4.	Dimensionamiento de inversor.....	49
4.5.5.	Cálculo de los conductores y caída de tensión del Sistema Fotovoltaico Autónomo	49
4.5.6.	Cálculo de Disyuntores o Breakers del sistema Fotovoltaico .....	51
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
5.1.	generalidades de La Universidad Técnica de cotopaxi .....	52
5.2.	Análisis de los niveles de iluminación de los laboratorios de ciya .....	53
5.2.1.	Medición de los niveles de iluminación .....	53
5.2.2.	Procedimiento para la medición de iluminación .....	53
5.2.3.	Simulación de los sistemas de iluminación de los laboratorios de CIYA mediante el Software DIALux Evo 10.1 .....	61
5.2.4.	Análisis de los resultados obtenidos mediante el cálculo realizado y el software DIALux Evo 10.1.....	64
5.3.	Propuesta de diseño para los sistemas de iluminación de los laboratorios con luminarias led	64
5.3.1.	Características de las luminarias .....	64
5.3.2.	Proyección de las luminarias para los laboratorios de CIYA.....	65
5.3.3.	Simulación de las luminarias proyectadas de los laboratorios de CIYA .....	67
5.3.4.	Análisis económico de las luminarias proyectadas para los Laboratorios de CIYA..	69
5.3.5.	Análisis económico de las bandejas para las luminarias proyectadas de los Laboratorios de CIYA .....	70
5.4.	Dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico para el laboratorio de simulación .....	72
5.4.1.	Cálculo de los módulos para energizar el sistema de iluminación del Laboratorio ...	72
5.4.2.	Dimensionamiento del inversor.....	78
5.4.3.	Dimensionamiento de banco de baterías .....	79
5.4.4.	Cálculo de los conductores y caídas de tensión del sistema fotovoltaico autónomo .	80
5.4.5.	Cálculo de protecciones para el sistema fotovoltaico .....	85

5.5.	impactos (TÉCNICOS, sociales, ambientales o económicos) .....	86
5.5.1.	Impacto técnico. ....	86
5.5.2.	Impacto social.....	87
5.5.3.	Impacto ambiental .....	87
5.5.4.	Impacto económico .....	87
5.6.	Evaluación del sistema de iluminación del laboratorio de simulación.....	87
5.7.	Evaluación del sistema de generación fotovoltaico .....	88
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>89</b>
6.1.	Conclusiones .....	89
6.2.	Recomendaciones.....	90
<b>7.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>91</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>
8.1.	Anexo 1: Informe técnico del urko .....	95
8.2.	Anexo 2: Estudio Técnico del sistema de iluminación .....	97
8.2.1.	Estudio de iluminación en el Laboratorio de Simulación .....	97
8.2.2.	Estudio de iluminación en el Área de instalaciones eléctricas (Sección A).....	98
8.2.3.	Estudio de iluminación en el Área de instalaciones eléctricas (Sección B).....	100
8.2.4.	Estudio de iluminación en el Área de Óleo Neumática.....	102
8.2.5.	Estudio de iluminación en el Área de Control Industrial .....	103
8.3.	Anexo 3. Especificaciones técnicas del Luxómetro SPER SCIENTIFIC 850007.....	106
8.4.	Anexo 4. Certificado de calibración del Luxómetro SPER SCIENTIFIC 850007.....	108
8.5.	Anexo 5. Especificaciones técnicas de la luminaria Volton .....	109
8.6.	Anexo 6. Sistema unifilar existente del laboratorio de simulación.....	110
8.7.	Anexo 7. Especificaciones técnicas del Módulo Fotovoltaico, EGE.270P-60 Policristalino.....	111
8.8.	Anexo 8. Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico, Powest 270 W Policristalino	112
8.9.	Anexo 9. Especificaciones técnicas del Módulo Fotovoltaico, Monocristalino .....	113
8.10.	Anexo 10. características y especificaciones técnicas del inversor .....	114
8.11.	Anexo 11. Especificación técnica del cable THHN/THWN-2 Cu 90°C 8 AWG.....	115
8.12.	Anexo 12. Especificación técnica del Breker termomagnético Marca Schneider iC60N 1P 20° curva C.....	116
8.13.	Anexo 13. Sistema unifilar realizadas en el laboratorio de simulación .....	118
8.14.	Anexo 14. Tablero de distribución.....	119
8.15.	Anexo 15. Análisis del sistema de generación fotovoltaico .....	120



8.15.1. Potencia generada del sistema de generación fotovoltaico .....	120
8.15.2. Tensión de entrada al inversor del sistema de generación fotovoltaico .....	121
8.15.3. Corriente generada del sistema fotovoltaico .....	122
8.15.4. Tensión de las baterías del sistema de acumulación .....	123
8.15.5. Capacidad del sistema de acumulación .....	124

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1.</b> Ángulo de posición del sol. Paso aparente del sol [10].	10
<b>Figura 3.2.</b> Ángulo de acimut ilustrado mediante un módulo fotovoltaico [44].	11
<b>Figura 3.3.</b> Hora solar pico [10].	12
<b>Figura 3.4.</b> Radiación solar [11].	13
<b>Figura 3.5.</b> Sistema Fotovoltaico autónomo [14].	14
<b>Figura 3.6.</b> Sistema Fotovoltaico de conexión de la red [14].	14
<b>Figura 3.7.</b> Panel Solar Monocristalino [16].	15
<b>Figura 3.8.</b> Panel solar Policristalino [16].	15
<b>Figura 3.9.</b> Celda solar de silicio amorfo [18].	16
<b>Figura 3.10.</b> Conexión serié con dos módulos [11].	17
<b>Figura 3.11.</b> Conexión paralela con dos módulos [11].	18
<b>Figura 3.12.</b> Conexión serie/paralelo con cuatro módulos [11].	19
<b>Figura 3.13.</b> Dos baterías conectadas en paralelo de 12 V 200 Ah [24].	22
<b>Figura 3.14.</b> Dos baterías conectadas en serie de 12 V 200 Ah [24].	23
<b>Figura 3.15.</b> Cuatro baterías en conexión Serie/Paralelo (Mixto) [24].	23
<b>Figura 3.16.</b> Flujo Luminoso de una lámpara [25].	24
<b>Figura 3.17.</b> Luminancia [27].	24
<b>Figura 3.18.</b> Superficie aparente [27].	25
<b>Figura 3.19.</b> Curva fotométrica de la lámpara [31].	27
<b>Figura 3.20.</b> Curva fotométrica en dos dimensiones [31].	27
<b>Figura 3.21.</b> Escala de la temperatura de color [35].	28
<b>Figura 3.22.</b> Partes de una lámpara incandescente [37].	30
<b>Figura 3.23.</b> Lámpara de descarga o (vapor de mercurio) [38].	31
<b>Figura 3.24.</b> Partes de la lámpara de vapor de sodio a alta presión [33].	32
<b>Figura 3.25.</b> Partes de la lámpara de vapor de mercurio [33].	33
<b>Figura 3.26.</b> Partes de la lámpara fluorescente y funcionamiento [33].	33
<b>Figura 3.27.</b> Partes de la lámpara LED [37].	35
<b>Figura 3.28</b> Conductores eléctricos [41].	35
<b>Figura 3.29.</b> Cable unipolar y multipolar (fase neutro y protección) [42].	36
<b>Figura 3.30.</b> Luxómetro con sonda remota [42].	37

<b>Figura 4.1.</b> Diagrama de flujo para el dimensionamiento de las luminarias .....	40
<b>Figura 4.2.</b> Diagrama de flujo del sistema fotovoltaico. ....	44
<b>Figura 4.3.</b> Pérdidas de energía en un generador fotovoltaico aislado de la red eléctrica [47]. .....	46
<b>Figura 4.4.</b> Tramos de línea en un sistema fotovoltaico aislado sin considerar los dispositivos de protección [18].....	50
<b>Figura 5.1.</b> Sistema de generación fotovoltaico. ....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1.</b> Ángulo de inclinaciones recomendados para sistemas fijos [43].	10
<b>Tabla 3.2.</b> Eficiencia luminosa de las distintas lámparas [30].	26
<b>Tabla 3.3.</b> Recomendaciones de índice de temperatura [35].	29
<b>Tabla 3.4.</b> Índice de reproducción de color [36].	29
<b>Tabla 4.1.</b> Número de mediciones [42].	41
<b>Tabla 4.2.</b> Coeficientes de reflexión recomendables [45].	42
<b>Tabla 4.3.</b> Coeficiente de utilización.	42
<b>Tabla 4.4.</b> Coeficiente de mantenimiento.	43
<b>Tabla 5.1.</b> Medidas del Laboratorio de Simulación.	54
<b>Tabla 5.2.</b> Resultados de los niveles de iluminación del Laboratorio de Simulación.	55
<b>Tabla 5.3.</b> Medidas de las Áreas de Instalaciones Eléctricas (Sección A).	55
<b>Tabla 5.4.</b> Resultados de los niveles de iluminación del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A).	56
<b>Tabla 5.5.</b> Medidas de las Áreas de Instalaciones Eléctricas (Sección B).	57
<b>Tabla 5.6.</b> Resultados de los niveles de iluminación del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B).	58
<b>Tabla 5.7.</b> Medidas del Área de Óleo Neumática.	58
<b>Tabla 5.8.</b> Resultados de los niveles de iluminación del Área de Óleo Neumática.	59
<b>Tabla 5.9.</b> Medidas del Área de Control Industrial.	60
<b>Tabla 5.10.</b> Resultados de los niveles de iluminación del Área de Control Industrial.	61
<b>Tabla 5.11.</b> Resultados obtenidos de los niveles de iluminación medidos y simulados en los Laboratorios de CIYA.	64
<b>Tabla 5.12.</b> Características de las Luminarias LED.	65
<b>Tabla 5.13.</b> Proyección de los tubos LED para los Laboratorios.	66
<b>Tabla 5.14.</b> Estructuras para las luminarias de los Laboratorios.	66
<b>Tabla 5.15.</b> Cotización de las luminarias requeridas para el Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A).	69
<b>Tabla 5.16.</b> Cotización de las luminarias requeridas para el Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B).	70
<b>Tabla 5.17.</b> Cotización de las luminarias requeridas para el Área Óleo Neumática.	70
<b>Tabla 5.18.</b> Cotización de las luminarias requeridas para el Área Control Industrial.	70
<b>Tabla 5.19.</b> Cotización de las bandejas requeridas para el área de Instalaciones Eléctricas (Sección A).	71

<b>Tabla 5.20.</b> Cotización de las bandejas requeridas para el área de Instalaciones Eléctricas (Sección B).....	71
<b>Tabla 5.21.</b> Cotización de las bandejas requeridas para el área de Óleo Neumática.....	71
<b>Tabla 5.22.</b> Cotización de las bandejas requeridas para el área de Control Industrial. ....	72
<b>Tabla 5.23.</b> Uso de horas diarias del Laboratorio de Simulación. ....	72
<b>Tabla 5.24.</b> Estimación de carga.....	73
<b>Tabla 5.25.</b> Insolación global en la ubicación de los laboratorios.....	73
<b>Tabla 5.26.</b> Datos de la ubicación del proyecto.....	74
<b>Tabla 5.27.</b> Característica del panel solar Monocristalino. ....	76
<b>Tabla 5.28.</b> Característica de los paneles solares Policristalinos.....	76
<b>Tabla 5.29.</b> Especificaciones técnicas inversoras. ....	79
<b>Tabla 5.30.</b> Características para el cálculo de baterías. ....	79
<b>Tabla 5.31.</b> Características de la batería. ....	80
<b>Tabla 5.32.</b> Sección de los conductores por el Método de Caída de tensión.....	85
<b>Tabla 5.33.</b> Resultados de los niveles de iluminación medidos y simulados de los laboratorios de CIYA. ....	88
<b>Tabla 5.34.</b> Resultados de las variables calculadas y medidas del sistema de generación fotovoltaico.....	88
<b>Tabla 8.1.</b> Coeficientes de reflexión recomendados por la Norma INEN 1 153.....	97

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título:**

Implementación del sistema de generación fotovoltaico para la iluminación del Laboratorio de Simulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi utilizando la norma INEN 1 154

### **Fecha de inicio:**

11 de octubre del 2022

### **Fecha de finalización:**

28 de febrero del 2023

### **Lugar de ejecución:**

Laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi

### **Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

### **Carrera que auspicia:**

Electricidad

**Proyecto de investigación vinculado:** Desarrollo de sistemas eficientes para el abastecimiento y uso de energía eléctrica a nivel local, regional o nacional

### **Equipo de Trabajo:**

Tutor: PhD. Secundino Marrero Ramírez

Estudiantes: Sangotasig Tocumbe Wilson Fabian.

Tasinchana Casa Cesar Agustin

### **Área de Conocimiento:**

07 ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713

Electricidad y Energía.

### **Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

### **Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Conversión y uso racional de la energía eléctrica

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1. EL PROBLEMA:**

#### **2.1.1. Situación problemática:**

El Laboratorio de Simulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi carece de un adecuado sistema de iluminación, debido a que existen pocas luminarias en las distintas áreas de trabajo y una mala ubicación de las lámparas, generando fatiga ocular, dolores de cabeza o accidentes en los Docentes y estudiantes. Los sistemas de iluminación son importantes, ya que el 80% de la información requerida para ejecutar un trabajo se lo adquiere por medio del sentido de la visión, es así que los sistemas de iluminación deben asegurar buenos niveles de iluminación, un adecuado uso del color y del contraste.

Actualmente se cambiaron las luminarias de los laboratorios, los cuales contenían lámparas Fluorescentes que al pasar el tiempo, presentan inconvenientes tales como parpadeos, fueras de servicio y quedando obsoletas, dichas luminarias se reemplazaron por Tecnologías Led que presentan efectos beneficiosos para el medio ambiente porque no utiliza mercurio o gases, con el cambio realizado se dio como resultado un ligero aumento de la iluminación, sin embargo, el Laboratorio de Simulación siguen sin cumplir los requerimientos establecidos por la Norma INEN 1 154.

Por otra parte, las fuentes generadoras de energía basadas en combustibles fósiles son grandes contaminantes para el medio ambiente y contribuyen al calentamiento global debido al  $\text{CO}_2$  que envían a la atmosfera como resultado de su combustión, es por ello que una solución alternativa para la reducción de emisiones de  $\text{CO}_2$ , es la generación a través de los sistemas fotovoltaicos, en donde cada kilovatio de energía solar fotovoltaica deja de emitir 0,311 Kg de  $\text{CO}_2$  en la atmosfera, por lo tanto el sistema fotovoltaico de los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi requieren de una repotenciación, debido a que no se está aprovechando al máximo la capacidad del inversor. La repotenciación del sistema fotovoltaico se lo realiza con el fin de alimentar el sistema de iluminación del Laboratorio de Simulación, dando como resultado menos contaminación ambiental y un ahorro económico en la planilla energética.

### **2.1.2. Formulación del problema**

Los niveles de iluminación del Laboratorio de Simulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, no cumplen con el estándar 36 (Laboratorio y cuarto de pruebas) de la Norma INEN 1 154 y el generador fotovoltaico no abastece en su totalidad la demanda requerida por el sistema de iluminación.

## **2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

- **Objeto:** Sistema iluminación
- **Campo de Acción:** Generación fotovoltaica y calidad de iluminación

330000 Ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 330604 Iluminación Eléctrica

## **2.3. BENEFICIARIOS**

### **2.3.1. Beneficiarios directos**

Universidad Técnica de Cotopaxi

### **2.3.2. Beneficiarios indirectos**

Docentes y estudiantes de la Facultad de CIYA

## **2.4. JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto tecnológico se encuentra anclado al proyecto formativo de la carrera de ingeniería en electricidad de la Universidad Técnica de Cotopaxi, y a su línea de investigación general, así también como a su Sublínea denominada Conversión y uso racional de la energía eléctrica.

El desarrollo del proyecto pretende establecer una propuesta capaz de mejorar el sistema de iluminación, corrigiendo zonas oscuras presentes por la mala selección y distribución de la luminaria dentro del Laboratorio de Simulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Todo esto es motivo suficiente para buscar una alternativa que beneficie económicamente (ahorro) a la misma y a la vez esta se encuentre en plena sintonía con el medio ambiente.

Con el desarrollo del proyecto tecnológico se busca tener un mejoramiento del sistema de iluminación del Laboratorio de Simulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, así como también, el mejoramiento del sistema de iluminación beneficiará a los estudiantes y docentes, brindando una mejor visualización al momento de realizar las respectivas actividades



académicas, de esta forma se suministrará energía eléctrica a más áreas de los laboratorios, dependiendo de la capacidad del inversor.

El mejoramiento del sistema de iluminación beneficiará a los estudiantes y docentes, brindando una mejor visualización al momento de realizar las respectivas actividades académicas, por otra parte, la repotenciación del sistema fotovoltaico beneficiará principalmente a la Universidad, debido a que más sistemas de iluminación de las diferentes áreas de los laboratorios de electricidad se encontraran conectados a un sistema de generación no convencional y no a la red eléctrica, de esa forma se reducirán un porcentaje en los costos de la planilla.

La utilidad primordial que tendrá este proyecto tecnológico, será la adquisición de habilidades, práctica e implementación de los conocimientos teóricos que se ha adquirido durante el transcurso de la carrera.

## **2.5. HIPÓTESIS**

Mediante el dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico se podrá alimentar el sistema eléctrico de alumbrado del Laboratorio de Simulación y mejorar los niveles de iluminación.

## **2.6. OBJETIVOS**

### **2.6.1. General:**

Implementar un sistema de iluminación alimentado desde la generación fotovoltaica para el Laboratorio de Simulación de la facultad de CIYA, con el fin de mejorar los niveles de iluminación y la autonomía de energía del sistema.

### **2.6.2. Específicos:**

- Realizar una investigación bibliográfica, para establecer el estado del arte en relación al sistema de iluminación y generación fotovoltaica.
- Levantamiento de carga y estudio de los niveles de iluminación para determinar las luminarias requeridas con el Software DIALux evo 10.1.
- Reestructurar el sistema de iluminación del laboratorio de simulación y generación fotovoltaica.
- Evaluar el sistema de generación fotovoltaica acorde a la demanda.

## 2.7. SISTEMA DE TAREAS

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Realizar una investigación bibliográfica, para estableceré el estado del arte en relación al sistema de iluminación y generación fotovoltaica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión bibliográfica sobre los sistemas fotovoltaicos.</li> <li>- Investigación de métodos, técnicas y diseños de los sistemas fotovoltaicos.</li> <li>- Extracción de la información más relevante relacionada al tema de estudio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocimiento sobre el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos.</li> <li>- Información sobre los tipos de conexiones de los paneles, inversores, baterías, etc.</li> <li>- Inicio de redacción del documento general.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Libros</li> <li>- Artículos científicos</li> <li>- Tesis</li> <li>- Revistas</li> <li>- Normativas</li> <li>- Informes Técnicos</li> </ul>
Levantamiento de carga y estudio de los niveles de iluminación para determinar las luminarias requeridas con el Software DIALux evo 10.1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recopilación de los datos de potencias y cantidades de las luminarias.</li> <li>- Diseño del plano arquitectónico del Laboratorio de Simulación.</li> <li>- Simulación de los sistemas de iluminaciones existentes.</li> <li>- Reubicación y proyección de las nuevas luminarias del Laboratorio de Simulación.</li> <li>- Cotización de las luminarias proyectadas de los laboratorios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Archivo en Excel que contiene las cargas de luminarias totales de los laboratorios.</li> <li>- Archivo ejecutable del plano en AutoCAD.</li> <li>- Archivo ejecutable en DIALux Evo 10.1 de la iluminación de los laboratorios.</li> <li>- Cumplimiento del nivel de iluminación del Laboratorio de Simulación.</li> <li>- Archivo en Excel con los montos individuales y totales de las lámparas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software AutoCAD.</li> <li>- Software DIALux Evo 10.1</li> <li>- Normativas</li> <li>- Excel</li> </ul>

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
<p>Reestructurar el sistema de iluminación del laboratorio de simulación y generación fotovoltaica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mediciones de los niveles de iluminación actuales a través del método de cuadrícula.</li> <li>- Simulación de la reconfiguración del sistema de iluminación.</li> <li>- Seccionamiento de las luminarias del laboratorio de simulación.</li> <li>- Conexión del nuevo diseño del sistema de iluminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promedio de iluminación del laboratorio de simulación.</li> <li>- Ubicación de los puntos de iluminación.</li> <li>- Aprovechamiento racional de las luminarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luxómetro para la medición del nivel de iluminación</li> <li>- Software DIALux Evo 10.1.</li> <li>- Normativas.</li> <li>- Materiales eléctricos.</li> </ul>
<p>Evaluar el sistema de generación fotovoltaica acorde a la demanda.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación de la generación calculada del sistema fotovoltaico.</li> <li>- Verificación del cumplimiento del sistema de iluminación del laboratorio de simulación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resultados similares de los datos eléctricos entre calculados y generados.</li> <li>- Cumplimiento de la iluminación según la Normativa INEN 154.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excel</li> <li>- Word</li> <li>- Materiales eléctricos</li> <li>- Analizador de red</li> <li>- Multímetro</li> <li>- Luxómetro</li> </ul>

### **3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1. ANTECEDENTES**

El efecto fotovoltaico fue descubierto por el Francés Alexandre Edmond Bequere en 1838 cuando solo tenía 19 años. Bequerel estaba experimentando con una pila electrolítica con electrodos de platino cuando comprobó que la corriente subía en uno de los electrodos cuando esto se exponía al sol. En 1873 se avanzó con segundo paso cuando el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith descubrió el efecto fotovoltaico sobre de material Selenio. Poco más tarde, en 1877, el inglés William Grylls Adams profesor de Filosofía Natura en la King College de Londres, junto con su alumno Richard Evans Day, crearon el primer celular fotovoltaica de selenio [1].

Este descubrimiento dio como resultado los paneles solares, los cuales se han convertido en una alternativa para producir energía casi en cualquier lugar, ya sea un edificio, una casa con difícil acceso o a su vez una propiedad agrícola a kilómetros de la red eléctrica. El aprovechamiento de la energía eléctrica por medio de la generación fotovoltaica una de las energías eficientes y renovables ha tomado una gran acogida en los últimos años debido a que trae beneficios climáticos, de salud pública y económicas [1].

En [2], se presenta como objetivo principal diseñar una central solar fotovoltaica que garantice el abastecimiento de agua potable de las localidades del Valle de Chumbao, el sistema actual de abastecimiento eléctrico de la comunidad es de tipo monofásico con retorno por tierra, la zona no cuenta con la red trifásica, por lo cual le hace deficiente el abastecimiento de la energía eléctrica a la planta de tratamiento de agua, por lo cual los autores plantean el diseño de un sistema solar fotovoltaico con inversor trifásico para alimentar cargas con mayo potencias, el Valle de Chumbao es uno de los lugares con mayor radiaciones solares en el mundo y posee excelentes condiciones climáticas para la implementación.

En [3], el Ing. Rojas Báez Andrés realiza un diseño del sistema fotovoltaico para la iluminación perimetral del centro de entrenamiento Bosanova, la zona cuenta con buenos niveles de radiación y la estructura del techo presenta un desnivel de 25° permitiendo que el costo de mantenimiento a futuro sea mínimo. Se plantearon dos modelos, un sistema aislado y un sistema hibrido, finalmente se optó por el primer sistema, ya que resulta más económico y tiene mayores beneficios ambientales, el sistema aislado cuenta con un ramal de cinco paneles conectados en paralelo y dos inversores que transforman el voltaje de 48 VDC a 120 VAC y de

48 VDC a 220 VAC, debido a que se trabaja con dos diferentes niveles de tensión para las luminarias.

En [4], Llano Iza Wilmer y Monta Iza Sergio implementaron un sistema fotovoltaico para la energización de los aireadores, misma que oxigenara la crianza de las truchas en la finca de San Nicolas, para lo cual se realizó estudios de los niveles radiación solar de la zona, y posteriormente comparaciones con los datos meteorológicos de la NASA, en la cual se obtiene una radiación solar incidente de  $4.01 \text{ kWh/m}^2$ , dimensionando así 3 paneles fotovoltaicos de 250 W cada uno, cuatro baterías de silicio Policristalino conectadas en serie, obteniendo como resultado cubrir los 260 Wh que es la energía necesaria para satisfacer el sistema de oxigenación que es de 125 W para la crianza de las truchas.

En el Proyecto de grado del autor Cayotapa Medina José [5], se realizó la implementación de un sistema fotovoltaico para electrificar el pueblo Flor de Valle en Yambrasbamba, provincia de Bongará, la cual no cuenta con energía por la lejanía de la red eléctrica y por sus bajos recursos económicos, para la implementación del sistema se realizó el estudio de la radiación solar en el peor mes del año, es decir en el mes que tenga menor radiación, de igual forma se ingresó a la página de la NASA para obtener el valor mínimo de  $3.64 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$  y a su vez al Atlas Solar de Perú para obtener el valor medio de  $4.25 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ . Los autores dimensionan el sistema fotovoltaico con un total de 20 paneles de 320Wp de la marca Yingi Solar, 2 reguladores de carga 150/70 de marca Victron Energy, 16 baterías de 260 Ah de la marca Ritar y 2 inversores de 48/3000-230 V de la marca Victron Energy, con todos los elementos mencionados se diseña la red de distribución secundaria la cual se encargará de transmitir la energía eléctrica a cada una de las viviendas de esa manera se espera mejorar la calidad de vida de las personas.

En el año 2014, Humberto Ramos López y Rafael Luna Puente [6], realizan el diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca. El proyecto nace por la carencia y falta de servicios de energía eléctrica dentro de la Universidad, el sistema fotovoltaico alimentará al edificio de docencia y oficinas administrativas, a su vez estará conectado a la red de suministro con el fin de reducir los costos. Los autores lo primero que realizan y toman importancia es el estudio de radiación solar de la zona, en donde determinan que aproximadamente de 11 am a 3:30 pm el sol registra su mayor intensidad y por consiguiente se registra la mayor cantidad de kW, después realizan

un estudio de consumo energético basándose en las cargas de los equipos y finalmente selecciona los componentes adecuados para el dimensionar el sistema fotovoltaico.

En el trabajo desarrollado por Murcia Triviño Alexander [7], en el año 2016, se presenta el diseño de un Sistema Fotovoltaico para la iluminación pista BMX Peñamonte. El autor desarrolla tres modelos de iluminación, el primero es la iluminación en guayas, la segunda es la iluminación a través de postes laterales y la tercera es la iluminación sobre graderías los cuales fueron simulados en el software DIALux Evo. Dentro del proyecto se consideró tres formas de diseñar el sistema fotovoltaico: sistema aislado, sistema con inyección a la red y sistema híbrido, entre los anteriores diseños mencionados se procedió a elegir la mejor opción a través de simulaciones, cálculos y análisis económicos, para posteriormente realizar el diseño y dimensionamiento práctico del sistema fotovoltaico.

Villegas Tapia Esteban y Alcívar Tello Luis [8], en el año 2020, elaboran el “Diseño de un sistema fotovoltaico para la Escuela de Educación Básica Simón Bolívar en la comunidad masa 2, Golfo de Guayaquil”. El objetivo principal del proyecto es entregar energía eléctrica a la zona debido a la falta de recursos y difícil acceso que se tiene a las instalaciones, el sistema fotovoltaico está compuesto por dos paneles solares conectados en paralelo, de igual forma posee 4 baterías conectados en paralelo cada una, cumpliendo la capacidad calculada de 420 Ah y usan un Inversor Phoenix Marca Victron Energy Blue Power con un voltaje regulable de 12 VDC/500VA con salida de 120 VAC – 60 HZ. Los Autores concluyen que la conexión y orientación de los paneles solares aprovechan toda la radiación solar, la cantidad de baterías en serie y paralelo soportan toda la carga en las horas de consumo y de igual forma el inversor dimensionado es suficiente para abastecer la potencia de los equipos eléctricos, teniendo como resultado un adecuado y eficiente sistema fotovoltaico.

### **3.2. EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA**

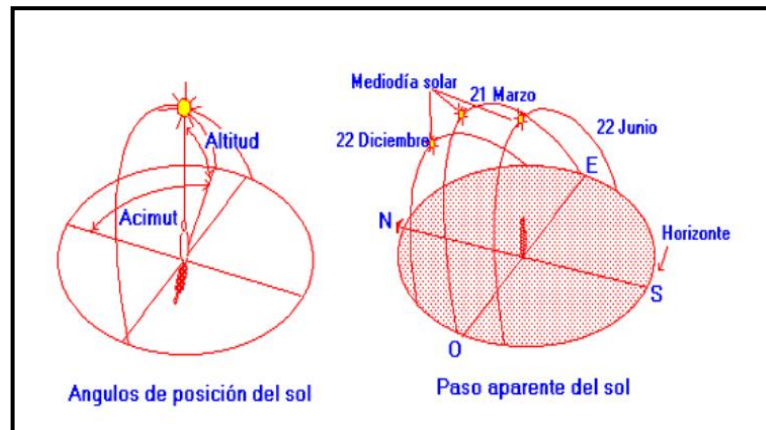
El sol transporta la energía a la tierra por medio de radiación solar con un amplio rango de frecuencia que varía desde infrarrojos, luces visibles hasta ultravioleta. A medida que la luz solar ingresa a la atmosfera terrestre, una parte es absorbida, la otra parte se dispersa y otra parte pasa sin ser afectada por las moléculas de la atmosfera.

La energía solar disponible depende principalmente de la altura del sol en el cielo, la longitud del camino de la luz solar, las condiciones actuales de las nubes y la ubicación geológica, si se

tiene un cielo completamente despejado, la radiación solar pertinente es de unos 1000 W/m<sup>2</sup> [9].

### 3.3. INCLINACIÓN O ÁNGULO DE ELEVACIÓN ( $\beta$ )

El ángulo de elevación es la altura angular del sol medido desde la horizontal, su origen se basa en el horizonte y se consideran positivos si se miden en forma ascendente. En la Figura 3.1 se muestra los ángulos azimut y elevación [10].



**Figura 3.1.** Ángulo de posición del sol. Paso aparente del sol [10].

Se puede calcular el ángulo de elevación óptimo conociendo la longitud y latitud con la ecuación (3.1)[48].

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69[\varnothing] \quad (3.1)$$

Una vez realizado el cálculo de la inclinación de los paneles, si el ángulo de inclinación es menor a 15°, se usa el ángulo referencial de 15° como se detalla en la Tabla 3.1 de recomendación de acuerdo con la localización geográfica [48].

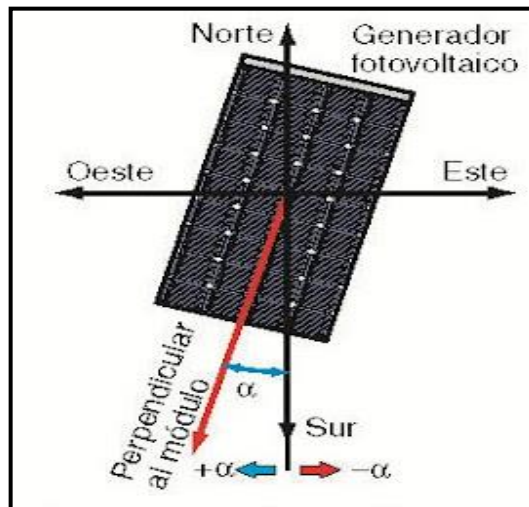
**Tabla 3.1.** Ángulo de inclinaciones recomendados para sistemas fijos [43].

Latitud en grado del sitio	Ángulo de inclinación fijo
0°-15°	15°
15°-25°	Igual a la latitud
25°-30°	Se incrementa en 5° la latitud
30°-35°	Se incrementa en 10° la latitud
35°-40°	Se incrementa en 15° la latitud
>40°	Se incrementa en 20° la latitud

### 3.4. ORIENTACIÓN O ÁNGULO DE ACIMUT ( $\Psi$ )

Una buena orientación hace que el panel solar genere electricidad aun en ausencia del sol aprovechando al máximo la luz directa todo el año, se establece que, si los módulos se encuentran en el hemisferio Norte, deberán ser orientados hacia el hemisferio Sur y si se localizan en el hemisferio Sur deberán orientarse hacia el hemisferio Norte [48].

El ángulo azimut es igual a 0 cuando coincide con la orientación hacia el hemisferio norte, se considera positivo los medidos hacia el oeste mientras que son considerados negativos los ángulos medidos hacia el este [10].

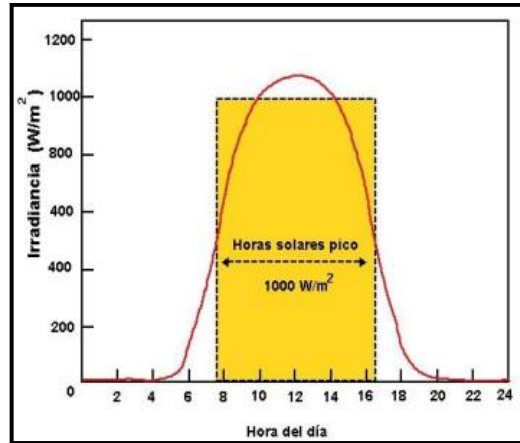


**Figura 3.2.** Ángulo de acimut ilustrado mediante un módulo fotovoltaico [44].

### 3.5. HORA SOLAR PICO

También conocida como hora perfecta del sol (HPS), es empleada en aplicaciones de energía solar fotovoltaica para conocer la cantidad de radiación solar aprovechada cuando el sol está brillando al máximo, esto sería cuando las nubes están despejadas durante un determinado tiempo. El HPS se obtiene sumando toda la energía recibida en un día dividida para 1000 W/m<sup>2</sup> [10], la Figura 3.3 representa la hora solar pico.





**Figura 3.3.** Hora solar pico [10].

### 3.6. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es la energía procedente de los rayos del sol, que se dispersan por el espacio interplanetario por medio de ondas electromagnéticas. Estos rayos solares son absorbidos por los paneles fotovoltaicos, los cuales generan energía eléctrica limpia [11].

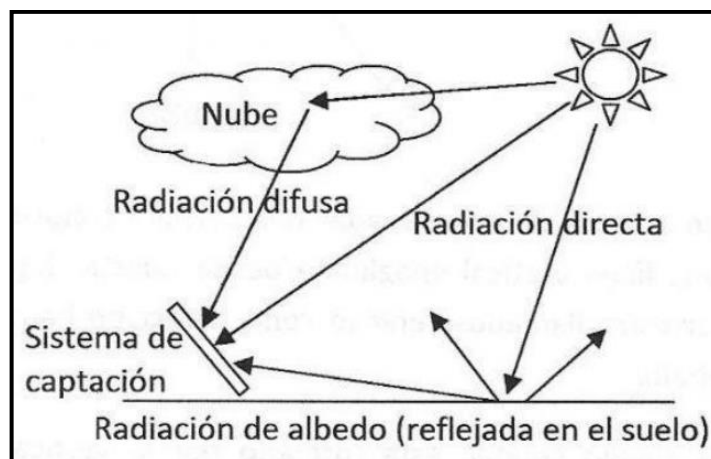
La unidad que se utiliza para medir los rayos solares que caen sobre la superficie terrestre es la irradiancia, la cual se obtiene en  $W/m^2$  [11].

#### 3.6.1. Tipos de Radiación

Durante su recorrido a la tierra, la radiación solar sufre varios fenómenos que cambian la forma que llegue la energía, dichas alteraciones se conocen como [11]:

- Radiación Directa: Esta forma de radiación solar no varía en su trayectoria desde el sol hacia un punto de la superficie terrestre, es una radiación que llega completa y limpia.
- Radiación Difusa: Este tipo de radiación durante su trayectoria a la tierra se encuentra con nubes que reflejan y cambian la dirección.
- Radiación Reflejada: Esta radiación se refleja en el suelo o cualquier otra superficie cercana para después incidir en otra superficie.
- Radiación Global: Es el conjunto de todos los tipos de radiaciones que recibe una superficie.

Los pasos mencionados anteriormente se pueden apreciar en la Figura 3.4.



**Figura 3.4.** Radiación solar [11].

### **3.7. SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por paneles solares que son diseñados con celdas de silicio policristalino o monocristalino, los cuales se encargan de convertir la energía solar en electricidad. Estos sistemas de generación eléctrica emplean electrónica de potencia e inversores DC – AC y usan convertidores DC -DC para integrar el sistema fotovoltaico a la red de distribución [12].

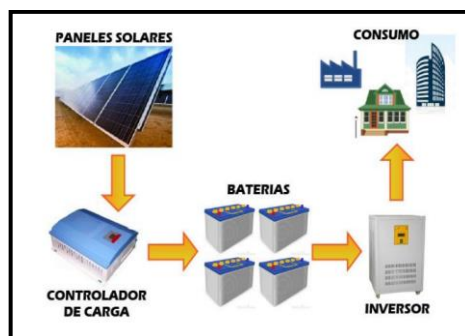
#### **3.7.1. Clasificación de los SFV por su estructura**

Los sistemas fotovoltaicos independientemente de su utilización y del tamaño de potencia se pueden dividir en dos categorías [12]:

- Sistemas Fotovoltaicos Aislados.
- Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red.

##### **3.7.1.1. Sistemas Fotovoltaicos Aislados**

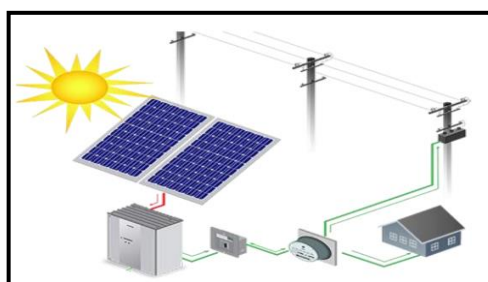
Este tipo de sistema alimenta ciertas cargas eléctricas a través de la energía fotovoltaica, como se aprecia en la Figura 3.5 el sistema no se encuentra conectado a la red. El objetivo principal del sistema fotovoltaico aislado es satisfacer totalmente o parcialmente la demanda de energía eléctrica en los lugares donde no existe la red eléctrica [13].



**Figura 3.5.** Sistema Fotovoltaico autónomo [14].

### 3.7.1.2. Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red

Este tipo de sistema consiste en una tecnología dual, el cual posee un generador de tipo fotovoltaico y además se encuentra conectado a una red eléctrica como sistema de reserva tal como se puede ver en la Figura 3.6. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red permiten a los usuarios cogenerar electricidad o inyectar en paralelo la energía, ya sea para autoconsumo o para el despacho al sistema eléctrico[13].



**Figura 3.6.** Sistema Fotovoltaico de conexión de la red [14].

## 3.8. TIPO DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Los módulos fotovoltaicos están desarrollados para poder convertir la energía solar en energía eléctrica esto sucede por la agrupación de celdas fotovoltaicas, en la actualidad los panes fotovoltaicos que se puede encontrar en el mercado nacional son los Silicios Monocristalino y los Silicios Policristalinos [14].

### 3.8.1. Silicio Monocristalino

Dado que esta placa está compuesta por celular monocristalinas, la cual se le puede definir a simple vista por su color negro y por los bordes recortados como se puede apreciar en la Figura 3.7, estos módulos superan en rendimiento y eficiencia de 16 a 19%, económicamente es más caro a comparación de los policristalinos [15].



**Figura 3.7.** Panel Solar Monocristalino [16].

### **3.8.2. Silicio Policristalina**

Los paneles policristalinos a diferencia de los monocristalinos, está compuesta por células policristalinos la cual se puede identificar a simple vista por su color azul y no poseen los bordes recortados tal como se puede apreciar en la Figura 3.8, este tipo de paneles tiene una eficiencia de 15 a 17%, teniendo mejor relación calidad precio, pero su rendimiento es menor a comparación de los monocristalinos por lo tanto los fabricantes están dejando de fabricar este tipo de paneles [15].



**Figura 3.8.** Panel solar Policristalino [16].

### **3.8.3. Silicio Amorfo**

Los módulos de silicio amorfo funcionan a altas temperaturas, mejor que los módulos de silicio cristalino y no poseen bordes recortados su color es plomo con su interno reforzado como se puede apreciar en la Figura 3.9, al incrementar la temperatura de la celda, el voltaje disminuye, esto produce una reducción de la potencia haciendo que su producción disminuya [16].



**Figura 3.9.** Celda solar de silicio amorfo [18].

Económicamente este módulo es lo más barato a diferencia de monocristalino, proporcional en precio a su rendimiento la cual puede ser de 5-7% actualmente comparado con panel monocristalino que tiene 20% de eficiencia energética [17].

En el mercado se puede encontrar todo tipo de módulos amorfos, por ejemplo, paneles pequeños ideales para mantener baterías de 6 o 12 V, siempre en cuando no haya grandes consumos. Es muy útil cuando no tenga mucho sol, cuando el cielo está semicubierta o cuando tenemos luz indirecta [17].

#### **3.8.4. Conexión de módulos fotovoltaicos**

Para poder tener la intensidad y la tensión satisfactoria de un sistema es necesario agrupar varios módulos, de esa forma poder consiguiera valores adecuados, tomando en cuenta que los módulos conectados en serie se aumenta el voltaje del sistema y se mantiene la corriente, mientras que los módulos conectados en paralelo aumentan la corriente y se mantiene el voltaje, para aumentar de voltaje y corriente se puede realizar una combinación de serie y paralelo [18].

##### **3.8.4.1. Conexión en serie**

La corriente del generador es igual a la de un módulo fotovoltaico como se muestra en la ecuación (3.2) y el voltaje total del sistema es la suma de los voltajes de todos los módulos o el voltaje de un módulo multiplicado por el número de módulos en serie como se muestra en la ecuación (3.3) [18].

$$I_G = I_M \quad (3.2)$$

Donde:

$I_G$ : Corriente del generador (A)

$I_M$ : Corriente de un módulo (A)

Voltaje del generador:

$$U_G = N_s \times U_M \quad (3.3)$$

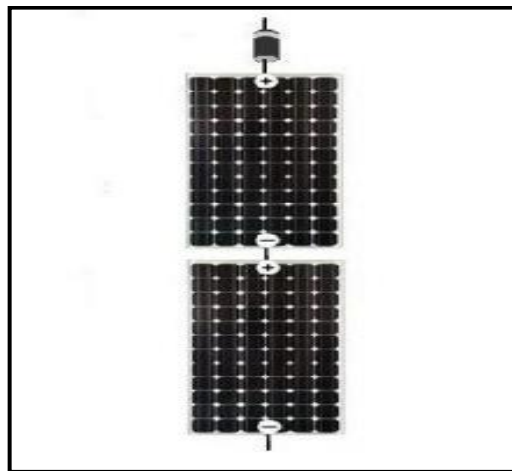
Donde:

$N_s$  = Número de módulos conectados en serie

$U_G$  = Voltaje del generador (V)

$U_M$  = Voltaje de un módulo (V)

La conexión de los módulos se realiza de la siguiente manera, el terminal positivo de un módulo son el negativo del siguiente módulo. El terminal positivo del último módulo es el terminal positivo del generador y el terminal negativo del primero módulo es el terminal negativo del generador tal como se puede observar en la Figura 3.10 [18].



**Figura 3.10.** Conexión serié con dos módulos [11].

#### **3.8.4.2. Conexión en paralelo**

El voltaje del generador es igual a la de un módulo como se muestra en la ecuación (3.5) y la intensidad del generador es la corriente de un módulo multiplicado por el número de módulos en paralelo como se plantea en la ecuación (3.4) [18].

$$I_G = N_p \times I_M \quad (3.4)$$

Donde:

$I_G$ : Corriente del generador (A)

$I_M$ : Corriente de un módulo (A)

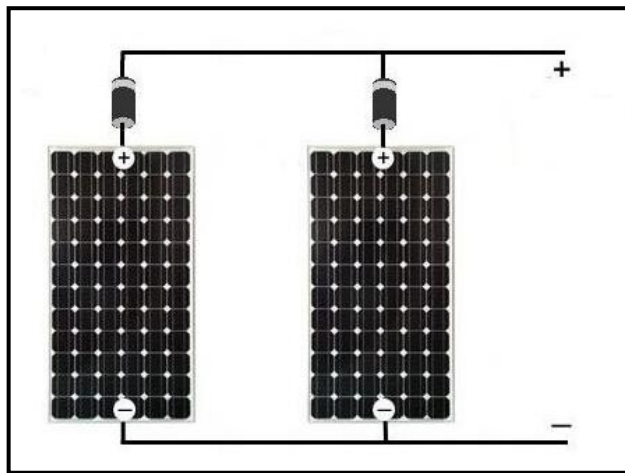
$N_P$ : Número de módulos conectados en paralelo

$$U_G = U_M \quad (3.5)$$

$U_G$ : Voltaje del generador (V)

$U_M$ : Voltaje de un módulo (V)

La conexión en paralelo se lo realiza conectando el terminal positivo de todos los módulos en de esa forma formar el terminal positivo, de la misma forma conectando los terminales negativos entre sí para formar el terminal negativo del generador como se puede observar en la Figura 3.11 [18].



**Figura 3.11.** Conexión paralela con dos módulos [11].

### 3.8.4.3. Conexión en serie/paralelo (mixto)

La conexión serie/paralelo se lo realiza tomando en cuenta que el voltaje del generador es el voltaje de un módulo por el número de módulos en serie y la corriente del generador es la corriente de un módulo por el número de ramas en paralelo y se calculan usando las ecuaciones (3.6) y (3.7) [18].

$$I_G = N_P \times I_M \quad (3.6)$$

Donde:

$I_G$  : Corriente del generador (A)

$I_M$  : Corriente de un módulo (A)

$N_P$  : Número de módulos conectados en paralelo

$$U_G = N_s \times U_M \quad (3.7)$$

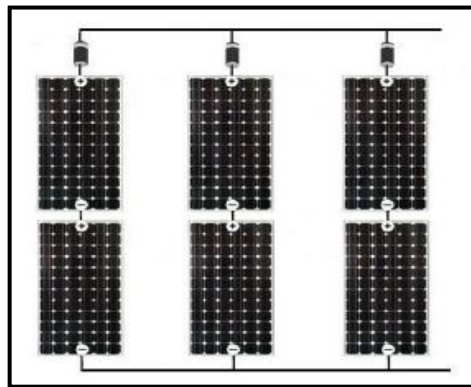
Donde:

$N_s$  : Número de módulos conectados en serie

$U_G$  : Voltaje del generador (V)

$U_M$  : Voltaje de un módulo (V)

La conexión se lo realiza de la siguiente forma, para la conexión del módulo de una rama se aplica el procedimiento de conexión en serie. La cual nos indica que el terminal negativo del primer módulo es el terminal negativo de la rama y el término positivo del último módulo es el terminal positivo de la rama, por último, para tener conexión mixta se aplica el procedimiento de conexión paralelo a las ramas realizadas tal como se puede apreciar en la Figura 3.12 [18].



**Figura 3.12.** Conexión serie/paralelo con cuatro módulos [11].

### 3.9. INVERSOR

El inversor es un circuito electrónico de potencia que este compuesto con transistores o tiristores, este equipo cumple con la función de transformar la corriente continua que generan los paneles en corriente alterna de 120 V 60 Hz o 220 V 50 Hz, permitiendo así que los equipos eléctricos funcionen con normalidad [19].

#### 3.9.1. Tipos de Inversores

Para transformar la corriente continua de los paneles solares en corriente alterna se tiene principalmente tres tipos de inversores [20]:



➤ Inversor tipo cadena o string

Los inversores string se usa donde los paneles solares se encuentren conectados por cadenas o líneas, restringiendo la potencia producida por cada línea a la potencia mínima de cada panel en la línea, estos inversores son los más utilizados y más baratos del mercado, siendo su uso principalmente en instalaciones sin la presencia de sombras [20].

➤ Microinversores

Son inversores de menor tamaño que los convencionales, estos Microinversores se conectan a una placa solar únicamente, transformando la corriente continua en alterna individualmente. Este modelo brinda mejores prestaciones que los inversores tipo cadena, pero su inversión es más elevada [20].

➤ Inversores Híbridos

Un inversor híbrido es un equipo multifuncional, tan completo que, para realizar el diseño de una instalación fotovoltaica completa, solo se requiere de una batería y unos paneles solares, además permite el uso de la red eléctrica como alimentación [21].

#### ***3.9.1.1. Inversor Híbrido PWM***

Los inversores híbridos PMW únicamente pueden ser utilizados si la tensión de las placas solares y baterías son las mismas, es decir, si los paneles son de 24 V y las baterías también. Estos inversores se caracterizan por tener un precio menor a los reguladores MPPT y se dimensiona dependiendo de la intensidad máxima de las placas y la tensión de las baterías [21].

#### ***3.9.1.2. Inversor Híbrido MPPT***

Los inversores híbridos MPPT maximizan su corriente a la salida de las baterías y son capaces de adaptar la salida de los paneles fotovoltaicos a la tensión de las baterías. Estos inversores se dimensionan dependiendo de la potencia fotovoltaica y la tensión de las baterías [21].

### **3.10. BATERÍAS**

Las baterías son acumuladores de electricidad la cual está diseñado para cargar y descargar rápidamente, esto sucede por una reacción química, que transforma la energía química a la energía eléctrica, para que dé el caso de la transformación de los electrones deben recorrer desde el terminal negativo al positivo [22].

Los bancos de batería para los sistemas fotovoltaico, son los encargados de almacenar energía proporcionada por los paneles, la cual sirve como reserva para los días nublados o en la noche [22].

La capacidad de la batería se mide en amperios hora (Ah) la cual es una medida comparativa del corriente producido [22].

### **3.10.1. Tipos de baterías**

Hoy en día existe un amplio rango de acumuladores de energía o normalmente conocido como baterías, las baterías se pueden elegir para cada tipo de instalación, teniendo en cuenta cuanta energía se necesita almacenar. A continuación, se enlistará los tipos de las baterías más importantes que se utiliza en la instalación de los paneles solares y las que se puede encontrar en el mercado [23].

- **Batería Monoblock.** – Es el tipo de batería más utilizada en las instalaciones de potencias bajas y medias, donde se utilizan aparatos eléctricos sencillos más no motores, ya que no soporta los picos de arranque, este tipo de baterías tiene una vida útil corta aproximadamente usos 600 ciclos con descarga del 40% y poca capacidad de almacenamiento [23].
- **Baterías Estacionarias.** – Este tipo de batería se suele utilizar en las instalaciones solares de consumo medio y alto durante los periodos de tiempo largos, la cual tiene una vida útil aproximadamente 20 años, los costos son más elevados a diferencia de las baterías monoblock. Además, son adaptables a cualquier tipo de instalación fotovoltaico, habitualmente los modelos que se puede encontrar en el mercado son de las siguientes: OPZS, OPZV y las TOPZS [23].
- **Baterías AGM.** – Son las evoluciones de las baterías de gel. Este tipo de batería son perfectas cuando se trata de corrientes muy elevadas en plazos de corto tiempo, debido a que su resistencia interna es muy baja, su vida útil es de 1.000 ciclos [23].
- **Baterías de litio.** – Este tipo de baterías tienen mayor durabilidad, con una autodescarga bajísima, y con una excelente respuesta frente a las descargas profundas, por lo que se puede descargar a 100%. Una de las baterías fabricadas con los componentes muy ligeros y con un rendimiento mucho más que las baterías convencionales, además soporta tasas de corrientes de carga y descarga más elevadas [23].

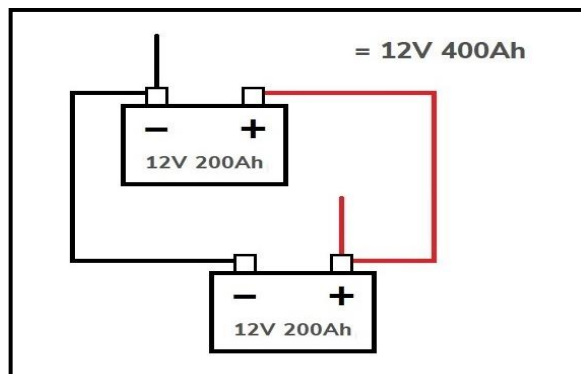
- Batería de ciclo profundo o gel. – Este tipo de batería está diseñado para instalaciones solares con consumos medios y para la utilización durante todo el año. Es muy similar a la batería Monoblock, la diferencia es que este tipo de batería tiene tamaño elevado también ofrece una durabilidad de 3 o 4 veces superior a las de Monoblock y está pensado para instalación de uso diario [23].

### 3.10.2. Tipo de conexión de baterías o acumuladores

Para las conexiones de las baterías se dispone de tres formas ya sea conexión en serie, conexión en paralelo o conexión mixta serie-paralelo, se realiza este tipo de conexión cuando se desee o requiera incrementar el voltaje total, la intensidad o las dos.

#### 3.10.2.1. Conexión en paralelo

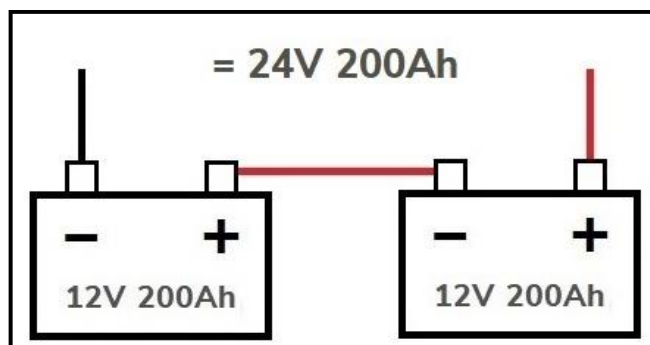
Para mantener los voltajes las baterías se suelen conectarse en paralelo como se puede apreciar en la Figura 3.13, ya que los voltajes en paralelo son iguales, posteriormente los terminales se le conecta al controlador siempre en cuando respetando la polaridad.



**Figura 3.13.** Dos baterías conectadas en paralelo de 12 V 200 Ah [24].

#### 3.10.2.2. Conexión serié

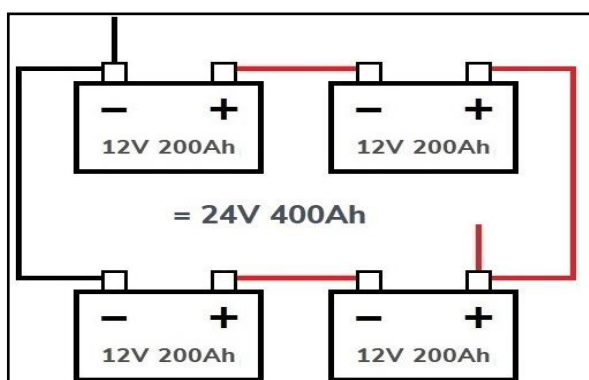
Para duplicar el voltaje las baterías se suelen conectarse en serie para que se sumen los voltajes y luego se conecta en paralelo para mantenerlo como se puede observar en la Figura 3.14, de esa forma garantizar la capacidad de almacenamiento requerido [24]. Además, los expertos creen que las baterías conectadas en serie son más fáciles de cargar y descargar debido a que se aplica la misma cantidad de corriente a cada celda de cada batería [25].



**Figura 3.14.** Dos baterías conectadas en serie de 12 V 200 Ah [24].

### 3.10.2.3. Conexión serie-paralelo

En la Figura 3.15 se puede observar la combinación de serie y paralelo que presenta una duplicación de la tensión nominal y la capacidad [25].



**Figura 3.15.** Cuatro baterías en conexión Serie/Paralelo (Mixto) [24].

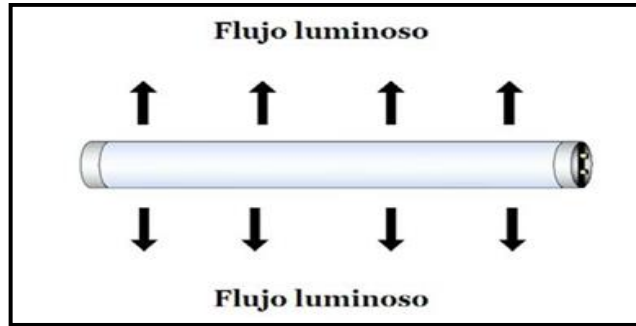
## 3.11. SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Un sistema de iluminación es un conjunto de elementos, diseñado para proveer visibilidad clara. La cual se lo realiza seleccionando las mejores luminarias y lámparas que proporcionan iluminación adecuada para cada espacio de trabajo y actividades definidas, de tal manera evitar situaciones de deslumbramiento y de fatiga visual [26].

### 3.11.1. Magnitudes lumínicas

#### 3.11.1.1. Flujo luminoso

En la Figura 3.16, se puede apreciar la cantidad de energía en forma luminosa, emitida por una fuente de iluminación la cual puede ser una lámpara, un reflector, etc. Esto depende mucho de su entorno circundante, ya que puede existir polvo u otras sustancias que afecten directamente su emisión, la unidad para la medida del flujo luminoso (Lm) y su símbolo es  $\Phi$  [26].



**Figura 3.16.** Flujo Luminoso de una lámpara [25].

### 3.11.1.2. Iluminación

La iluminación o también conocida como nivel de iluminancia es la intensidad de luz en el plano de trabajo [27].

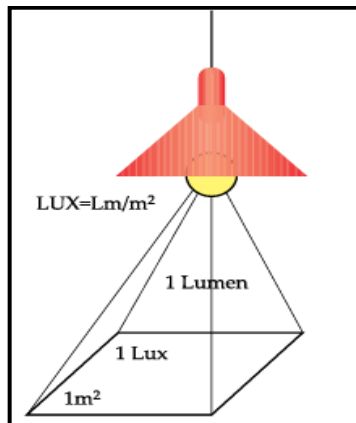
Para poder realizar cálculo de la iluminación se obtiene con la ecuación (3.8) [27].

$$E = \frac{\Phi}{A} [Lux] \quad (3.8)$$

Donde:

- $E$ : Nivel de iluminación (lx)
- $\Phi$ : Flujo luminoso en lúmenes
- $A$ : Área de la superficie ( $m^2$ )

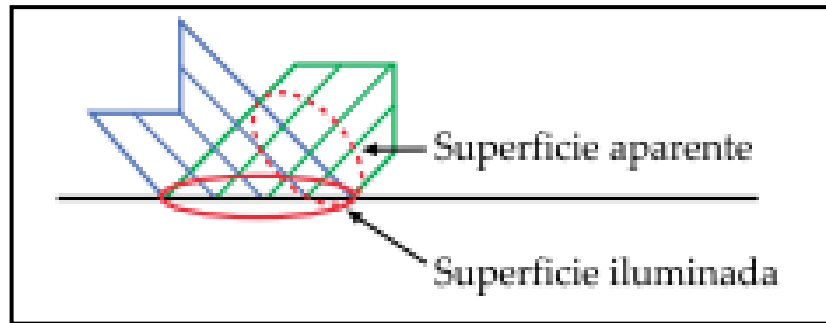
En la Figura 3.17, se puede apreciar como el flujo luminoso sobresalta el cuadrado de las unidades de medida ( $m^2$ ) y tiene un aumento de luz emitida desde la superficie al ambiente del trabajo (Lux) [27].



**Figura 3.17.** Luminancia [27].

### 3.11.1.3. Luminancia

La luminancia o también denominado brillo fotométrico, es la luz que emerge o atraviesa una superficie en una dirección determinada tal como se puede apreciar en la Figura 3.18. La superficie se denomina superficie aparente de una fuente de luz primaria, sobre el plano perpendicular a la dirección de la mirada. Así que la superficie aparente será igual a la superficie real [28].



**Figura 3.18.** Superficie aparente [27].

Para calcular la luminancia se utiliza la ecuación (3.9), teniendo en cuenta las unidades de medición en sistema internacional, la cual es candela por metros cuadrados ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) [28].

$$L_V = \frac{d^2F}{dS * d\Omega * \cos\theta_s} \quad (3.9)$$

Donde:

$F$ : Es el flujo luminoso (lm).

$dS$ : Es el elemento de la superficie considerando en metros cuadrados ( $\text{m}^2$ ).

$d\Omega$  : Es el elemento de ángulo sólido en estereorradianes ( $\text{sr}$ ) subtendido por  $dS$ .

$\theta_s$ : Es el ángulo entre la normal de la superficie  $S$  ( $n_s$ ) y la dirección considerada ( $d$ ).

### 3.11.1.4. Eficiencia Luminosa

Es el cociente entre el flujo luminoso medido en lúmenes (Lm) y la potencia consumida por la fuente medida en watts (W), la cual establece el rendimiento energético de una lámpara [29].

Para poder calcular la eficiencia luminosa se tiene que utilizar la ecuación (3.10).

$$\eta = \frac{\Phi}{P} = \frac{\text{lm}}{\text{W}} \quad (3.10)$$

Donde:

$\Phi$ : Flujo luminoso [Lm]

$P$ : Potencia eléctrica [W]+

$\eta$ : Eficiencia Luminosa  $\left[\frac{Lm}{W}\right]$

La eficiencia luminosa tiene una relación al flujo luminoso de una fuente de luz con respecto al máximo teórico posible de 683 lm/W, la cual corresponde a una eficiencia del 100%, de esa manera obtendría los siguientes valores [30].

**Tabla 3.2.** Eficiencia luminosa de las distintas lámparas [30].

	<b>Eficacia luminosa</b>	<b>Eficiencia luminosa</b>
Lámparas incandescentes	17 lm/W	2.5%
Lámparas fluorescentes	70 lm/W	10%
Halógenos metálicos	75 lm/W	11%
Vapor de sodio AP	110 lm/W	16%
Luminarias LED	160 lm/W	23%

### 3.11.1.5. *Intensidad luminosa*

La intensidad luminosa es la cantidad de flujo luminoso emitida en el interior de un Ángulo sólido de un estereorradián (28.6 grados sólidos), una fuente luminosa que emite 1 candela en todas las direcciones en 360° sólidos, provee el flujo luminoso de  $4\pi$  la cual es igual a 12.57 (lm) [31].

Cuya unidad de medida es “candela” (cd) y su patrón es un área de platino, con un valor de 1.66 milímetros cuadrados, pasando a la temperatura de fusión la cual es de 1760 °C (2042 K) [31].

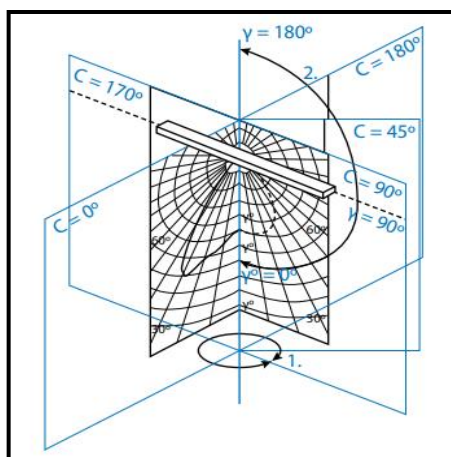
Para calcular la intensidad luminosa se utiliza la ecuación (3.11):

$$I = \frac{\text{Energía de luz}}{\text{Ángulo sólido}} \quad (3.11)$$

### 3.12. CURVAS FOTOMÉTRICAS

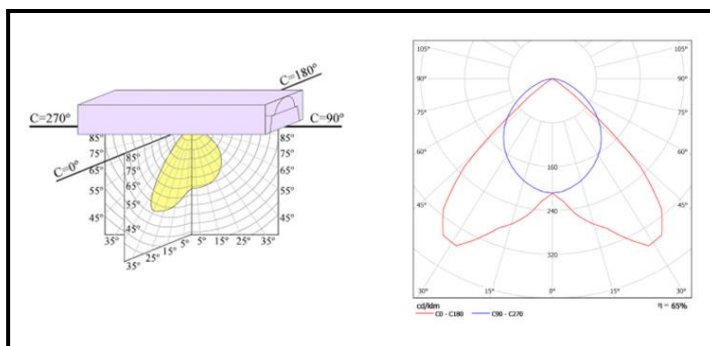
Las curvas fotométricas es la representación gráfica del comportamiento y la medición de la intensidad de la luz percibida por el ojo humano, contar con las curvas y sus correspondientes archivos fotométricos es muy importante al momento de seleccionar luminarias porque nos ayuda a ver la dirección y la intensidad en la que se distribuye la luz tal como se puede apreciar en la grafica Figura 3.19, además una buena selección evita consumo de energía innecesaria [32].

Para evitar realizar gráficos para cada lámpara, ya que solo varía la potencia de dicha lámpara, por lo tanto, los gráficos se normalizan para un flujo de 1000 lúmenes, quedando en cd/Klm (candela por kilómetro).



**Figura 3.19.** Curva fotométrica de la lámpara [31].

Para evaluar, la representación tridimensional no es práctica por lo tanto se representa en dos planos  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  y  $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$  como se puede apreciar en la Figura 3.20, la curva fotométrica de una lámpara fluorescente con un flujo luminoso de 5240 (lm) [33].



**Figura 3.20.** Curva fotométrica en dos dimensiones [31].



Para conocer los valores reales de la intensidad es necesario realizar el cálculo utilizando la ecuación (3.12) [34].

$$I_{real} = \phi_{lámpara} * \frac{I_{gráfico}}{1000} \quad (3.12)$$

Donde:

$I_{real}$ : Intensidad real

$\phi_{lámpara}$ : Flujo luminoso nominal de la lámpara

$I_{gráfico}$ : Lectura en el diagrama polar

### 3.13. TEMPERATURA DE COLOR

Como se puede apreciar en la Figura 3.21, la temperatura de color varía en tres tonalidades cálida, neutra y fría la cual se expresa en grados Kelvin (K), la diferencia entre esta es la sensación que el ojo humano percibe y transmite al entorno que queremos adecuar, de esa forma la luz cálida se encuentra por debajo de 3300K, la apariencia de la luz varía de naranja, blanco y amarillo es la indicada cuando se quiere crear espacios cálidos y acogedores con un ambiente de relajación y descanso, se usan en hogares, restaurantes y hoteles, mientras tanto la luz frías esta entre 5000-6500K color que busca imitar la luz del día por lo tanto es más enfocadas a iluminar donde se genere actividad como arias de lavado, estacionamientos y cocheras y la luz blanca o naturas está entre los 4000-4500K con ella no alteramos la percepción de los colores la cual está entre la luz cálida y fría por ende es utilizada en educación como en las universidades oficinas y sector sanitario como farmacias, hospitales y clínicas [35].

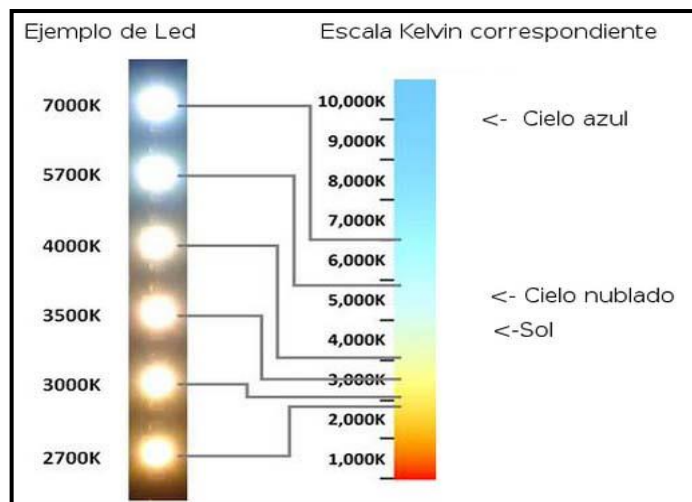


Figura 3.21. Escala de la temperatura de color [35].

En la Tabla 3.3 se muestra las temperaturas que son recomendables usar en los diferentes tipos de locales.

**Tabla 3.3.** Recomendaciones de índice de temperatura [35].

<b>Clase de color aparente</b>	<b>Color Aparente</b>	<b>Temperatura de color aproximada K</b>	<b>Recomendación</b>
1	Cálido	<3,300	Locales residenciales Ambiente confortable y cálido
2	Medio	3,300 a 5,300	Lugares de trabajo Tiendas comerciales
3	Frio	>5,300	Niveles de iluminación elevados Talleres, laboratorios, oficinas Tareas particulares

### 3.14. ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN DE COLOR

El CRI (Índice de reproducción de color) está definido en una escala entre 0 y 100, describe como una fuente de luz hace que el color de un objeto aparezca a los ojos humanos y que las variaciones sutiles en todos de color son reveladas [36].

Cuanto mayor sea en CRI, mejor es su capacidad de rendimiento de color, la mayoría de linternas y luces halógenas tienen un CRI de más de 95. Las luces fluorescentes por lo general tienen un CRI de 70 a 75, mientras que la propia luz del día posee un CRI de 100, siendo la mejor luz [36].

**Tabla 3.4.** Índice de reproducción de color [36].

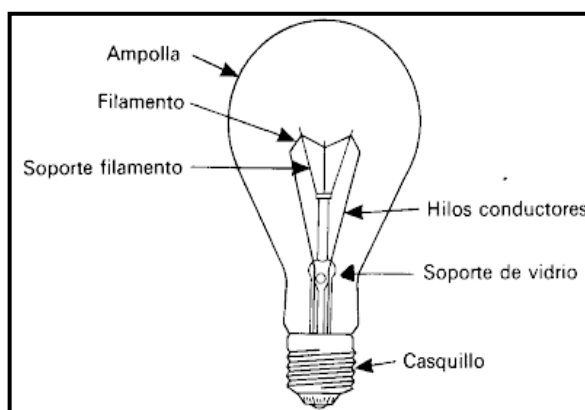
<b>Grado</b>	<b>Índice</b>	<b>Nivel de reproducción</b>
1A	90 a 100	Excelente
1B	80 a 89	Muy bueno
2A	70 a 79	Bueno
2B	60 a 69	Moderado
3	40 a 59	Regular
4	Inferior a 40	Bajo

### 3.15. TIPO DE LÁMPARAS

#### 3.15.1. Incandescentes

La luz como tal es producida por el paso de la corriente eléctrica a través del filamento construido con tungsteno o wolframio como se puede apreciar en la Figura 3.22, cuya temperatura de fusión es de  $3.400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , un factor importante que condiciona la vida del filamento, es debido a la evaporación, producido por las elevadas temperaturas en el filamento, la cual produce el adelgazamiento de la misma hasta que finalmente produzca la rotura y queme, para evitar eso los creadores de las luminarias decidieron que los filamentos este en forma de espira y esté protegido con ampolla de vidrio relleno de gas inerte [37].

Alrededor del 15% de la energía consumida es aprovechada, otro 25% será transformado en energía calorífica y el 60% restante en radiación no perceptible, luz ultravioleta y luz infrarroja la cual termina convirtiendo en calor [37].



**Figura 3.22.** Partes de una lámpara incandescente [37].

Estas lámparas incandescentes fueron las primeras en generar electricidad por medio de la energía eléctrica. La vida útil de la lámpara viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento, mientras más alto sea esta, mayor será el flujo luminoso [37].

A continuación, se describe algunos parámetros para definir las lámparas incandescentes tales como las características fotométricas y la vida útil [38].

1. El color de la luz que emite una ampolla transparente la luz emitida es de color amarillo, con una temperatura de color a  $3.00\text{ K}$  con un alto índice de reproducción cromática [38].

2. Tratando del flujo luminoso de este tipo de lámpara es muy pequeño además no es constante a lo largo de su vida, esto sucede por la evaporación que sufre el tungsteno, la cual produce adelgazamiento del filamento [38].
3. El rendimiento luminoso de la lámpara es muy pequeño, de 8 a 20 lm/W, esto sucede debido a que gran parte de la potencia eléctrica absorbida por la lámpara se pierde en forma de radiación no visible [38].

### 3.15.2. Halógenas

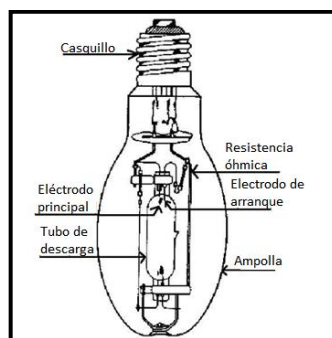
Las lámparas halógenas tienen el mismo funcionamiento al igual que las lámparas incandescentes, la diferencia es que existe un componente halógeno y un compuesto gaseoso la cual consigue establecer un ciclo de regeneración, aumentando de esa forma la vida útil de las lámparas y mejorando su eficiencia luminosa, de tal manera manteniendo una reproducción del color excelente [37].

### 3.15.3. Lámpara de descarga

En las lámparas de descarga, para poder obtener la luz se obtiene estableciendo corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno de gas o vapor ionizado como se puede apreciar en la Figura 3.23, a diferencia de las lámparas incandescentes, esta lámpara tiene mayor rendimiento luminoso.

Para poder generar la luz es necesario que se produzca excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos [37].

Las lámparas de descarga tienen otras cualidades a diferencia de las lámparas incandescentes. Por ejemplo, el tipo de luz irradiada, a cambio las lámparas incandescentes se emiten un espectro continuo, cuyo curso depende casi exclusivamente de la temperatura del filamento [37].

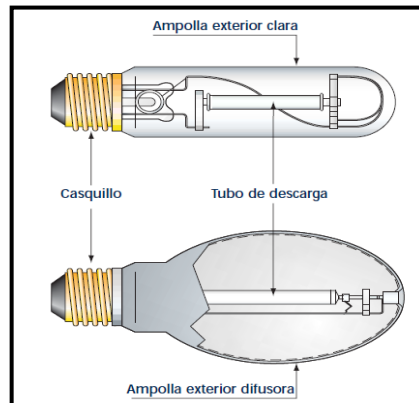


**Figura 3.23.** Lámpara de descarga o (vapor de mercurio) [38].

### 3.15.4. Vapor de sodio

Las lámparas de sodio para producir la luz requieren vapor de sodio, el sodio emite una luz de color anaranjado, la cual son una de las fuentes de iluminación más suficientes, ya que suministran gran cantidad de lúmenes por vatio [37].

La lámpara de sodio este compuesto de un tubo de descarga de cerámica translúcida, con el fin de soportar la alta corrosión del sodio y también las altas temperaturas que se genera en los extremos, tiene dos electrodos que provee la tensión eléctrica para que el vapor de sodio encienda como se puede apreciar en la Figura 3.24 [37].



**Figura 3.24.** Partes de la lámpara de vapor de sodio a alta presión [33].

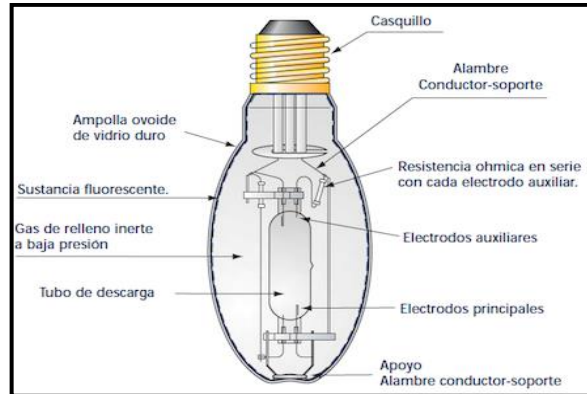
### 3.15.5. Vapor de mercurio

Lámparas a vapor de mercurio funciona con alta presión con bulbo de vidrio, el periodo del encendido es muy largo, consiste en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, la cual contiene dos electrodos principales y uno auxiliar para asegurar el encendido y el reencendido rápido, el bulbo exterior proporciona aislamiento térmico, actuando como una protección contra la radiación ultravioleta de la luz producida tal como se puede apreciar en la Figura 3.25 [37].

Proporciona la luz de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas, se puede resolver añadiendo sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro, de tal forma se mejora las características cromáticas de la lámpara [37].

Se puede utilizar bombillas completamente transparentes en las zonas donde no se requiera estrictamente una exacta reproducción de los colores [37].

Estas lámparas de vapor de mercurio requieren de un balastro para su funcionamiento [37].

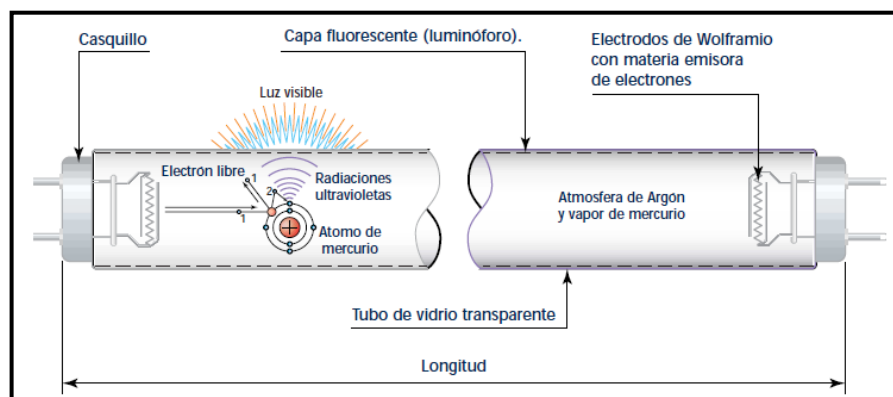


**Figura 3.25.** Partes de la lámpara de vapor de mercurio [33].

### 3.15.6. Fluorescente

Las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga en vapor de mercurio a baja presión, la cual posee dos electrodos dentro de un tubo de vidrio relleno de una mezcla gaseosa, y va interiormente impregnado de una sustancia fluorescente, esto al pasar la corriente eléctrica entre los dos electrodos se vuelve luminosa. Tomando en cuenta que este tipo de lámpara no se puede conectar directamente a la red, por lo tanto, se suele utilizar el balastro la cual se encarga controlar la corriente de la lámpara y asegurar un funcionamiento adecuado y fiable bajo las condiciones específicas [37].

A continuación, en la siguiente Figura 3.26, se le detallan las partes que componen las lámparas fluorescentes [37].



**Figura 3.26.** Partes de la lámpara fluorescente y funcionamiento [33].

### 3.15.7. Led

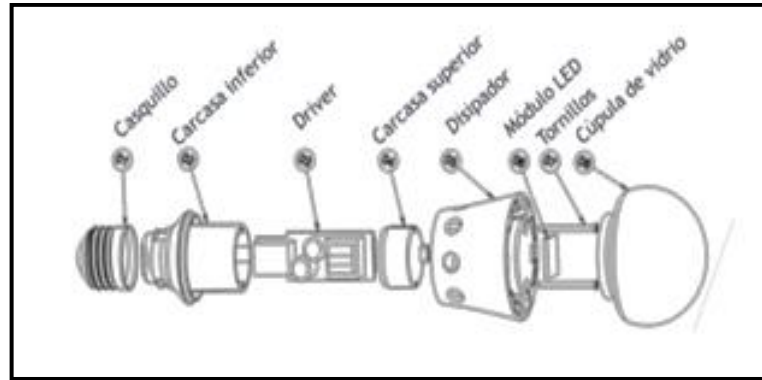
Un led es un dispositivo que en su interior contiene un material semiconductor la cual al aplicar una pequeña corriente eléctrica produce luz, cuyo punto más destacado es la eficiencia lumínica que actualmente se sitúa entre 80-90 lm/W, teniendo como objetivo alcanzar los 150 lm/W, la luz producida por este dispositivo es de un determinado color que no produce calor y rayos ultravioleta al momento de su iluminación, de esa forma no presenta aumento de temperatura a diferencia de los otros dispositivos comunes emisores de luz [39] [37], [40].

En la actualidad este tipo de lámpara led tiene muchos usos, son dispositivos que generan un importante ahorro en el consumo energético [37].

Las lámparas led poseen algunas ventajas a comparación con las fuentes de luz convencionales [37]:

- Tiempo de vida útil muy prolongado
- Voltajes de operación muy bajas
- Posee muy alta eficiencia
- Reducidos costos de mantenimiento
- Flexibilidad de instalación
- Es insensible a las vibraciones
- Encendido instantáneamente al 100% de sus rendimientos
- Ausencia de radiaciones
- Colores vivos y saturados sin filtro

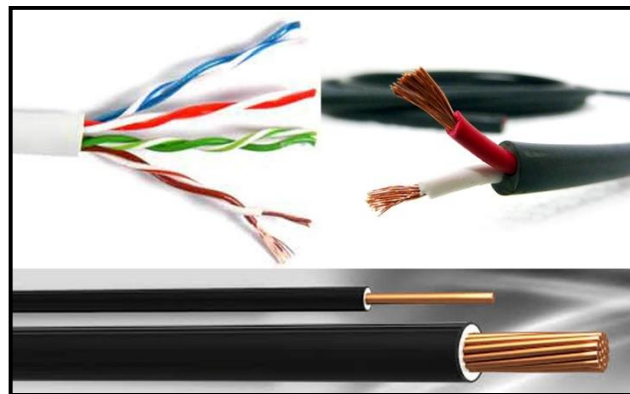
En la siguiente Figura 3.27 se puede observar las partes de una lámpara led.



**Figura 3.27.** Partes de la lámpara LED [37].

### 3.16. CONDUCTORES

Los conductores eléctricos son los componentes que conducen la corriente eléctrica a los equipos o que interconectan los mecanismos mando y control. En el caso de un domicilio, la conexión sería desde el medidor de luz hasta el tablero de distribución de las respectivas cargas. En la Figura 3.28 se puede observar que los conductores están conformados por dos elementos básicos el conductor y aislamiento [41].



**Figura 3.28** Conductores eléctricos [41].

#### 3.16.1. Tipos

Los conductores pueden ser de dos tipos, esto dependerá del número de conductores que contienen [42]:

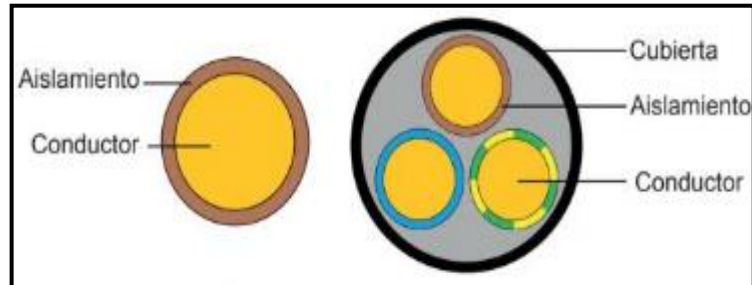
##### 3.16.1.1. Cables unipolares

Cable unipolar o también denominado conductores aislados poseen una parte central conductora y un aislamiento exterior también existen algunos cables con una cubierta exterior [42].



### 3.16.1.2. Cable multipolar

Se denomina multipolar por lo que contiene varios conductores, cada uno de sus conductores poseen sus propios aislamientos, tal como se aprecia en la Figura 3.29, quedando todos los conductores protegidos por una cubierta exterior [42].



**Figura 3.29.** Cable unipolar y multipolar (fase neutro y protección) [42].

### 3.16.1.3. Cable TW

Este tipo de cable se utiliza en las instalaciones fijas, edificaciones, interiores de locales donde no contenga ningún ambiente húmedo más bien ambiente seco [41].

### 3.16.1.4. Cable THW

El cable o también denominado alambre es recomendable utilizar para altas temperaturas vulgarmente llamado expuesto al sol o también es muy utilizado en los lugares con alto nivel de humedad ambiental [41].

### 3.16.1.5. Cable Flexibles

Cables flexibles o denominado cordones, por sus características técnicas son apropiados para las instalaciones de los aparatos domésticos fijos, lámparas colgantes o fijas, por lo general en áreas no peligrosas e instalaciones visibles, lugares secos, tomando en cuenta que el cable no debe ser inferior a N° 16 AWG [41].

## 3.17. MEDICIÓN DE NIVELES DE ILUMIACIÓN

Para medir los niveles de iluminación se utiliza el equipo denominado luxómetro. Este equipo contiene una célula fotoeléctrica cubierta de capa barrera basada en el efecto fotométrico, es decir: cuando la célula es expuesta a un haz de luz los electrones son capaces de emitir señales eléctricas.

### 3.17.1. Luxómetro

El luxómetro posee un sensor de luz de color negro como se muestra en la Figura 3.30, el cual permite medir de manera fácil la iluminación real de un ambiente. La unidad de medida es el lux (lx), este equipo puede tener varias escalas para adaptarse a las luminosidades débiles o las fuertes [43].

Para realizar las mediciones con el luxómetro se debe tener en cuenta la altura del piso hasta la altura sobre el plano de trabajo en donde se debe encontrar el equipo para su respectiva medición [43].



Figura 3.30. Luxómetro con sonda remota [42].

### 3.18. MARCO LEGAL

En cuanto a las normativas legales y normas nacionales e internacionales que ayudan a la validación y el correcto desarrollo del proyecto, el cual consiste en un sistema de generación fotovoltaico para la iluminación del laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi son mostradas a continuación:

- Norma INEN 1 154: La respectiva norma se utilizó para establecer los niveles de iluminación que requieren los Laboratorios de CIYA y poder realizar la propuesta tecnológica y la proyección.
- Norma NEC-SB-IE: La respectiva Norma se utilizó para establecer el calibre del conductor del Tramo 5 (Inversor Híbrido-Caja general de Mando) que representa la instalación de las luminarias.
- Norma INEN 1 153: La respectiva norma se utilizó para obtener los coeficientes de reflexión recomendamos, el cual será necesario para poder calcular el coeficiente de utilización para el método de Lúmenes.

- Norma IEC TS 61836: La respectiva norma se empleó para extraer la simbología de los sistemas fotovoltaicos y poder realizar los diagramas unifilares.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

En el presente proyecto se efectuará la implementación del sistema de generación fotovoltaico para la iluminación del laboratorio de simulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para el presente proyecto se utilizará técnicas, métodos y tipos de investigación que estarán acorde al estudio.

### **4.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1.1. Investigación Bibliográfica**

Este tipo de investigación permite adquirir conocimiento claro sobre conceptos y estándares básicos mediante la recopilación de información de las distintas fuentes como libros, tesis, artículos científicos, revistas y periódicos dedicados al sistema de iluminación y a la energía solar fotovoltaico.

#### **4.1.2. Investigación de Campo**

Mediante la investigación de campo, se empleará para la recopilación de los datos principales e información relacionada con el cálculo del sistema fotovoltaico la cual se utilizan para el reabastecimiento del sistema de iluminación, con objetivo de obtener una nueva configuración de acuerdo con los estándares de calidad de la iluminación.

### **4.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.2.1. Método Inductivo**

El método Inductivo fue empleado para obtener los niveles de iluminación que existirá al agregar nuevas lámparas en el laboratorio de simulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, usando el software DIALux evo.

#### **4.2.2. Método Deductivo**

Este método fue utilizado para determinar mediante cálculos matemáticos el número de paneles fotovoltaicos a instalar, la corriente y voltaje generado, así como también la capacidad de las baterías e inversores, o la capacidad de carga instalada en los laboratorios.

### **4.2.3. Método Analítico**

El método analítico nos permite analizar el comportamiento y las propiedades de los elementos que conforman el sistema de generación fotovoltaico e interpretar los resultados técnicos o económicos.

### **4.2.4. Método Descriptivo**

Este método es aplicado para describir el proceso desarrollado del sistema de generación fotovoltaico, así como también los resultados obtenidos al finalizar el proyecto o el estado actual de los niveles de iluminación que tienen los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **4.3. MATERIALES E INSTRUMENTO**

### **4.3.1. Luxómetro**

El luxómetro nos permite medir rápidamente la iluminancia real de las lámparas existente en el ambiente, los cuales son interpretados y representados en un display con la correspondiente escala de luxes, el luxómetro tiene la capacidad de medir hasta los 4.000.000 Luxes y una de las características principales es su larga vida útil.

### **4.3.2. Programa AutoCAD**

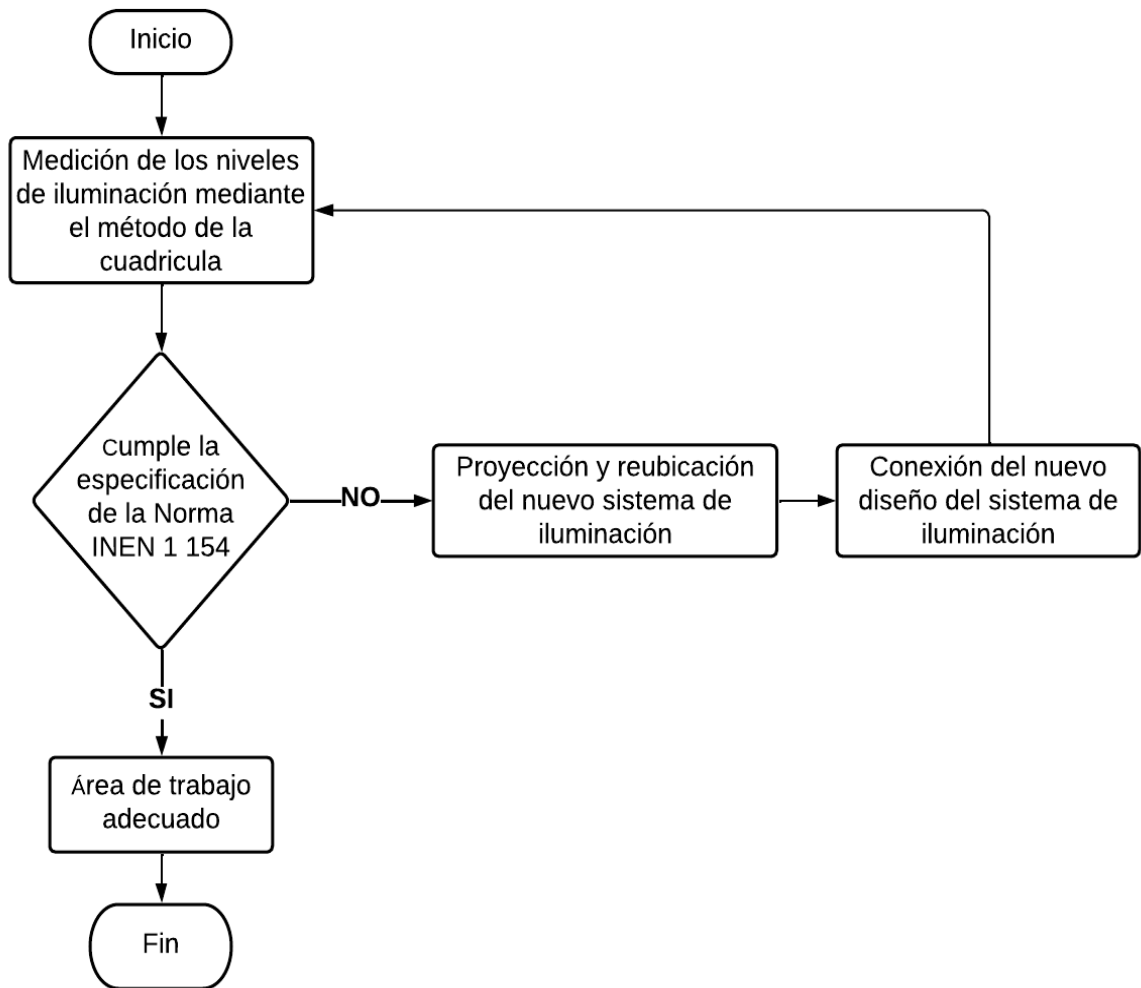
El software AutoCAD es una magnífica herramienta para la creación de planos en 2D o 3D, en este caso los requisitos mínimos incluyen planos correspondientes a la investigación del sistema de iluminación y el sistema fotovoltaico.

### **4.3.3. Programa DIALux evo 10.1**

El Software DIALux evo 10.1 profesional de libre acceso permite realizar estudios de planificación de iluminación, uno de los softwares muy completos para crear proyectos más próximos a la realidad y realizar cálculos de iluminación en proyectos de sistema de distribución de iluminación ya sea para interiores o exteriores, al igual el software está abierto a las luminarias de todos los fabricantes para poder utilizar en los distintos ambientes y áreas de trabajos, el software como tal es muy utilizado por los diseñadores de iluminación en todo el mundo.

#### 4.4. METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Para el dimensionamiento de las luminarias se utilizará el método de lúmenes el cual determina el flujo luminoso y el número de luminarias requeridas para los laboratorios para el cual es necesario realizar los pasos del diagrama de flujo que se muestra en la Figura 4.1.



**Figura 4.1.** Diagrama de flujo para el dimensionamiento de las luminarias

##### 4.4.1. Método de la cuadrícula

El método de la cuadrilla es utilizado frecuentemente, consiste en una cuadrícula de puntos de medición que cubre toda la zona analizada. La base del método es la división del interior en varias áreas iguales, cada una de ellas simétricamente cuadrada, donde se debe tomar en cuenta el largo, ancho y altura de montaje tal como se muestra en la ecuación (4.1) [44]:

$$\text{Índice local } (K) = \frac{\text{Largo} \times \text{Ancho}}{\text{Altura de Montaje} \times (\text{Largo} + \text{Ancho})} \quad (4.1)$$

Luego se procede a sacar el número de puntos de medición con la ecuación (4.2) o también basándose en la Tabla 4.1 [44]:

$$\text{Número puntos de medición} = (X + 2)^2 \quad (4.2)$$

**Tabla 4.1.** Número de mediciones [42].

Índice local ( <i>K</i> ) Res SRT 84/12	X ( <i>k</i> redondeado)	N Número mínimo de puntos a evaluar
$\leq 1$	1	9
$1 \leq K \leq 2$	2	16
$2 \leq K \leq 3$	3	25
$K \geq 3$	4	36

Para medir la iluminación se establece que se mide en el centro de las áreas delimitadas a una altura de 0.8 metros sobre el nivel del suelo y se calcula un valor medio de iluminación que es el promedio de los valores obtenidos en la medición con la ecuación (4.3) [44]:

$$E_{medida} = \frac{\sum \text{Valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}} \quad (4.3)$$

#### 4.4.2. Cálculo del flujo luminoso total necesario

Para el cálculo del flujo luminoso se utiliza la ecuación (4.4).

$$\phi_T = \frac{E_m \times S}{C_u \times C_m} \quad (4.4)$$

Donde:

$\phi_T$ : Es el flujo luminoso total que un local necesita.

$E_m$ : Es la iluminación media deseada.

S: Es el área del local.

$C_u$ : Es el factor de utilización.

$C_m$ : Es el factor de mantenimiento.

#### 4.4.2.1. Determinación del factor de reflexión

Los coeficientes de reflexión de las superficies como techo, paredes y pisos se encuentran tabulados para los diferentes tipos de materiales y acabados. En la Tabla 4.2 se muestra los coeficientes de reflexión recomendados según la norma INEN 1 153 [45].

**Tabla 4.2.** Coeficientes de reflexión recomendables [45].

Superficies interiores consideradas	Coeficientes de reflexión recomendadas (Porcentaje)
Cielos rasos	70
Paredes	50 a 60
Pisos (solados)	15
Puertas	30 a 40
Pizarrón	15 a 20
Pupitres, mesas y bancos de trabajo	35 a 50

#### 4.4.2.2. Determinación del factor de utilización

El factor de utilización se determina a partir del índice local (k) y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados en la Tabla 4.3.

**Tabla 4.3.** Coeficiente de utilización.

Factor de utilización												
Coef. Techo	0,8			0,7			0,5			0,3		0
Coef. Pared	0,5	0,03	0,1	0,5	0,03	0,1	0,5	0,03	0,1	0,3	0,1	0
Coef. Piso	0,2											0
Índice local (k)												
0,6	0,27	0,24	0,21	0,27	0,23	0,21	0,27	0,23	0,21	0,23	0,21	0,2
0,8	0,33	0,29	0,26	0,32	0,29	0,26	0,32	0,28	0,26	0,28	0,26	0,25
1	0,36	0,33	0,3	0,36	0,33	0,3	0,35	0,32	0,3	0,32	0,3	0,29
1,25	0,40	0,36	0,34	0,39	0,36	0,34	0,38	0,36	0,34	0,36	0,34	0,33
1,5	0,42	0,4	0,37	0,44	0,39	0,37	0,41	0,39	0,36	0,38	0,36	0,35
2	0,45	0,42	0,4	0,46	0,42	0,4	0,44	0,42	0,39	0,41	0,4	0,39
2,5	0,47	0,45	0,43	0,47	0,44	0,42	0,45	0,44	0,42	0,43	0,42	0,41
3	0,48	0,47	0,44	0,48	0,46	0,44	0,47	0,45	0,44	0,44	0,43	0,42
4	0,50	0,45	0,46	0,49	0,48	0,46	0,48	0,47	0,46	0,46	0,45	0,44
5	0,5	0,49	0,48	0,5	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47	0,47	0,46	0,45

#### 4.4.2.3. Determinación del factor de mantenimiento

El coeficiente de mantenimiento presentado en la Tabla 4.4 hace referencia al grado de limpieza de la luminaria. Dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local, por lo cual toma los siguientes valores:

**Tabla 4.4.** Coeficiente de mantenimiento.

Ambiente	Coeficiente de mantenimiento
Limpio	0,8
Sucio	0,6

#### 4.4.3. Cálculo del número de luminarias

Para calcular el número de luminarias se utiliza la ecuación (4.5), la cual es muy práctico y fácil de usar [46].

$$NL = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L} \quad (4.5)$$

Donde:

$NL$ : Es el número de luminarias

$\phi_T$ : Es el flujo luminoso total que un local necesita.

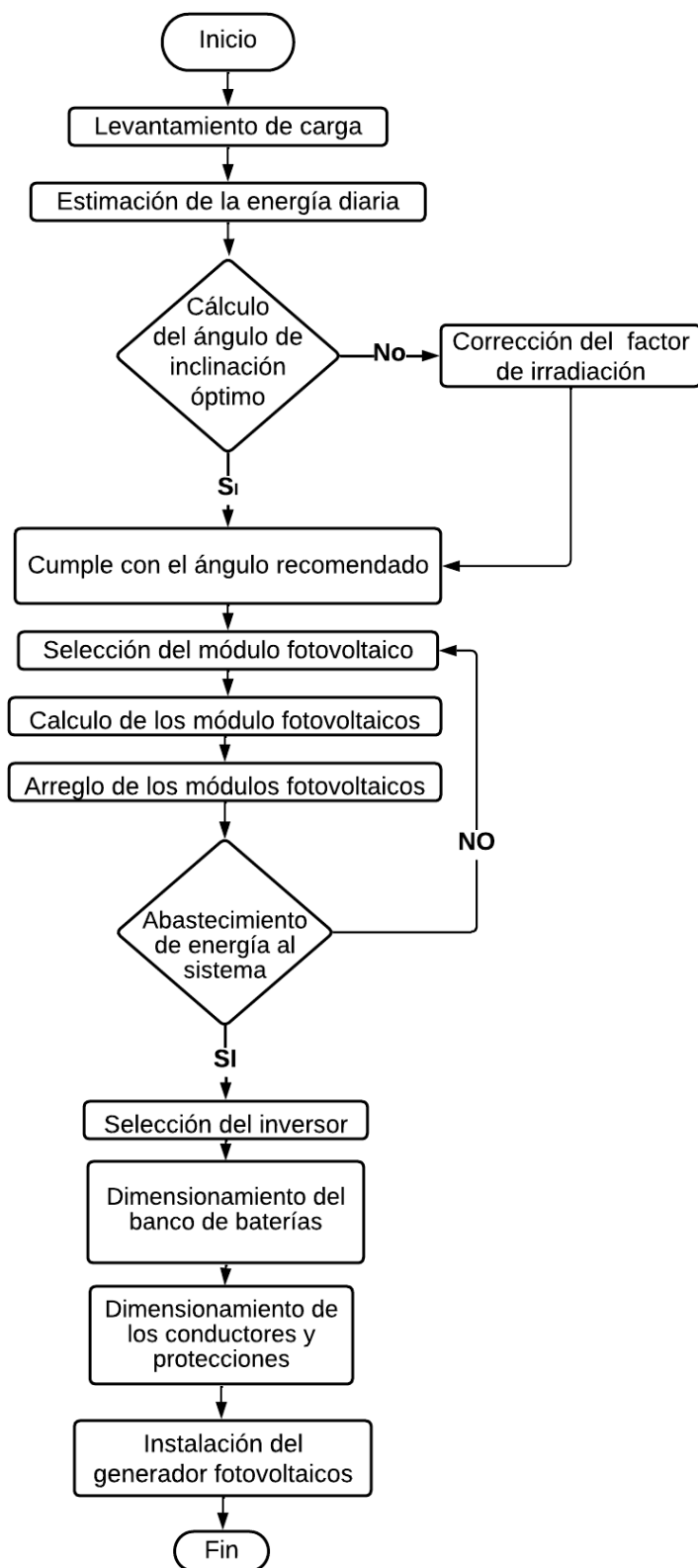
$\phi_L$ : Es el flujo luminoso de una lámpara

$n$ : Es el número de lámparas que tiene una luminaria

### 4.5. METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO

Para tener el diseño e implementación adecuadamente del sistema de generación fotovoltaico es necesario tener en cuenta y seguir los siguientes pasos del diagrama de flujo que se muestra en la Figura 4.2.





**Figura 4.2.** Diagrama de flujo del sistema fotovoltaico.

#### 4.5.1. Cálculo de la Irradiación Global Diaria sobre la Superficie del Generador

Para determinar el ángulo de elevación o inclinación óptima de un generador fotovoltaico se emplea la ecuación (4.6) [47].

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * |\phi| \quad (4.6)$$

Donde:

$\beta_{opt}$ : Ángulo de inclinación óptimo

$|\phi|$ : Latitud del lugar de la instalación fotovoltaica (sin signo y en grados)

Si no es posible colocar el sistema fotovoltaico de acuerdo a la inclinación óptima calculada, se aplicará un coeficiente de reducción de la energía denominado factor de irradiación que representa la ecuación (4.7) [47].

$$FI = 1 - \left[ 1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \quad (4.7)$$

Donde:

$FI$ : Factor de irradiación (Sin unidades)

$\beta$ : Inclinación real de la superficie (°).

$\beta_{opt}$ : Inclinación óptima de la superficie (°).

Mediante la ecuación

(4.8) se determina el valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador, además la constante  $K$  tendrá un valor de 1,7 si el período de diseño es el mes de diciembre y si es en julio será de 1 [47].

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \times K \times FI \times FS [Wh/m^2] \quad (4.8)$$

Donde:

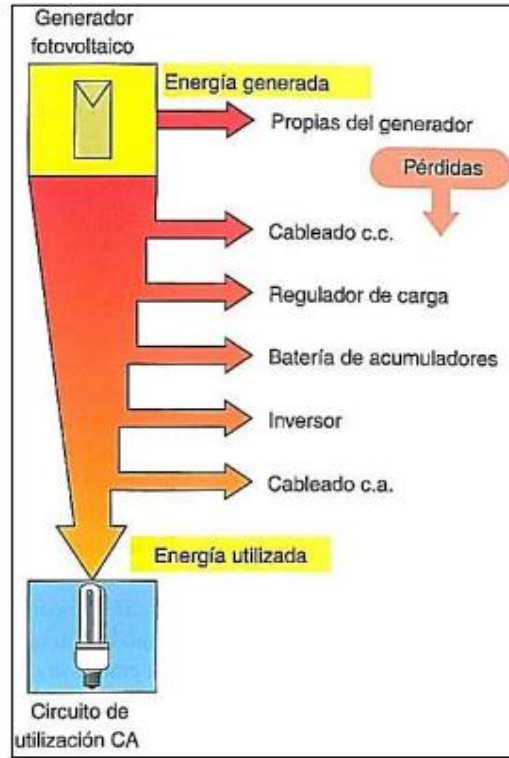
$FS$  : Factor de sombreado, si en la localidad del proyecto no existe presencia de sombras su valor es de 1 (sin unidades)

$K$ : Constante (sin unidad)

$FI$ : Factor de irradiación (sin unidades)

#### 4.5.2. Cálculo de los Parámetros Eléctricos del Generador

Para calcular la potencia del sistema fotovoltaico, se debe tener en cuenta, que una parte de la energía eléctrica generada se perderá en la trayectoria hasta llegar a los receptores, véase en la Figura 4.3 [47].



**Figura 4.3.** Pérdidas de energía en un generador fotovoltaico aislado de la red eléctrica [47].

Estas pérdidas se relacionan en un solo coeficiente que forman el rendimiento energético de la instalación denominado *PR* (Performance Ratio). En caso de que los sistemas fotovoltaicos autónomos disponen de un inversor, batería y regulador de carga su valor será de 0,6 y si el sistema cuenta con batería y regulador de carga equivaldrá a 0,7 [47].

Una vez mencionado lo anterior, el valor mínimo de la potencia del generador fotovoltaico  $P_{Gmin}$  se calcula usando la ecuación (4.9) [47].

$$P_{Gmin} = \frac{W_d \times G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \times PR} \quad (4.9)$$

Donde:

$P_{Gmin}$ : Potencia mínima del generador (W).

$W_d$ : Consumo energético diario (Wh).

$G_{CEM}$ : Irradiancia en condiciones CEM (constante de valor  $1000 W/m^2$ ).

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ : Valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador ( $Wh/m^2$ ),

$PR$ : Rendimiento energético de la instalación expresado en uno.

- Número de módulos

La ecuación (4.10) se utiliza para calcular el número de módulos que se usara en el sistema fotovoltaico.

$$N_p \times N_s \geq \frac{P_{Gmin}}{P_{m\acute{a}x}} \quad (4.10)$$

Donde:

$N_p$ : Número de paneles en paralelo (unidad)

$N_s$ : Número de paneles en serie (unidad)

$P_{Gmin}$ : Potencia mínima del generador (W)

$P_{m\acute{a}x}$ : Potencia máxima del generador, obtenida de las características técnicas del panel solar (W).

- Potencia total del generador

$$P_{Gmax} = N_p \times P_{max} \times N_s [W] \quad (4.11)$$

- Tensión de circuito abierto del generador

$$U_{Goc} = N_s \times U_{oc} [V] \quad (4.12)$$

- Intensidad de cortocircuito del generador

$$I_{Gsc} = N_p \times I_{sc} [A] \quad (4.13)$$

- Tensión máxima del generador

$$U_{Gmpp} = N_s \times U_{mpp} [V] \quad (4.14)$$

- Intensidad máxima del generador

$$I_{Gmpp} = N_p \times I_{mpp} [A] \quad (4.15)$$

Donde:

$U_{oc}$ : Tensión de Cortocircuito Abierto (V).

$I_{sc}$ : Corriente de Cortocircuito (A).

$U_{mpp}$ : Tensión Punto de Máxima Potencia (V).

$I_{mpp}$ : Corriente Punto de Máxima Potencia (A).

#### 4.5.3. Dimensionamiento del Banco de Baterías

Para poder calcular la capacidad del sistema de baterías se le realiza a partir del consumo diario, para lo cual se le debe determinar el siguiente valor mediante la ecuación (4.16) [47].

$$Q_d = \frac{W_d}{U_n} \quad (4.16)$$

Donde:

$Q_d$  : Consumo medio diario ( $Ah/dia$  )

$W_d$ : Energía media diaria ( $Wh/dia$  )

$U_n$ : Tensión nominal del sistema de acumulación (V)

Una vez expresado la ecuación anterior se procede a calcular la capacidad del sistema de baterías mediante la ecuación (4.17) [47].

$$C_n = \frac{Q_d \times A}{PD_{m\acute{a}x} \times \eta_{inv} \times \eta_{rb}} \quad (4.17)$$

Donde:

$C_n$ : Capacidad de la batería de acumuladores para descarga en 20 horas ( $Ah$ )

$PD_{m\acute{a}x}$ : Profundidad de descarga máxima, en tanto por uno

$\eta_{rb}$ : Rendimiento del conjunto de batería y regulador de carga del 80%, en tanto por uno

$A$ : Días de autonomía del sistema que tendrá el sistema de acumulación ( $días$  )

$\eta_{inv}$ : Rendimiento de inversor del 85%, en tanto por uno

Para poder conectar elementos acumuladores en serie o paralelo se utiliza las ecuaciones (4.18) y (4.19) [47].

$$N_{bs} = \frac{U_n}{U_b} \quad (4.18)$$

$$N_{bp} = \frac{C_n}{C_b} \quad (4.19)$$

Donde:

$N_{bs}$ : Número de elementos en serie

$U_n$ : Tensión nominal del sistema de acumulación (V)

$U_b$ : Tensión de un elemento acumulador (V)

$N_{bp}$ : Número de elementos en paralelo

$C_n$ : Capacidad nominal del sistema de acumulación (Ah)

$C_b$ : Capacidad de un elemento acumulador (Ah)

#### 4.5.4. Dimensionamiento de inversor

Para realizar el dimensionamiento en los inversores se le realiza dimensionando la tensión nominal de entrada y la potencia nominal.

La tensión nominal de entrada del inversor debe coincidir con la tensión nominal de la batería de acumulador ( $U_n$ ). Para obtener la potencia nominal del inversor se determina mediante el criterio de la suma de todas las potencias de los receptores, no sobrepasen dicha potencia nominal y se debe considerar un factor de potencia igual a uno [18].

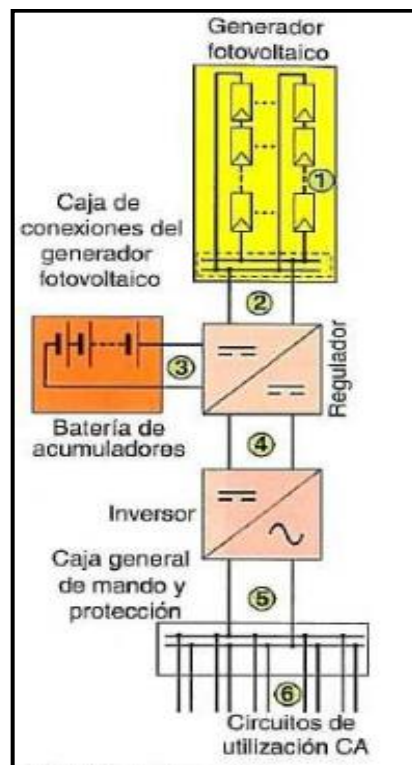
#### 4.5.5. Cálculo de los conductores y caída de tensión del Sistema Fotovoltaico Autónomo

Se requiere los datos de potencias o intensidades, tensión o longitudes de los distintos tramos de la instalación fotovoltaica. Para las tensiones los tramos en corriente alterna C.A. por lo general es tener tensiones de 230 V en monofásica o 400 V. Mientras en los tramos de corriente continua C.D, se utiliza como dato la tensión nominal del sistema de acumulación, con valores típicos de 12 V, 24 V o 48 V. los tramos de línea característica de una instalación de este tipo son [18].

- a) Conexión de los módulos conectados en serie de cada cadena a la caja de conexiones del generador fotovoltaico. La corriente a considerar será la intensidad de cortocircuito del generador.

- b) Conexión de la caja de conexiones del generador fotovoltaico al inversor. La corriente a considerar es la intensidad del generador.
- c) Conexión del inversor al sistema de acumulación. Considerando la potencia del sistema de iluminación y el voltaje de la batería.
- d) Conexión del inversor con la caja general de mando y protección de la instalación. La intensidad a considerar será la corriente de salida del inversor para su potencia nominal y la tensión nominal de utilización en corriente alterna.
- e) Circuito de utilización. Debido a que este tramo corresponde a una trayectoria en corriente alterna se considera una caída de tensión del 3%.

En todas las partes se deben considerar el valor de la intensidad multiplicado por el factor de 1,25 debido a que la intensidad de todos los cables no debe ser inferior al 125% de la máxima corriente de generador, en la Figura 4.4 se puede apreciar la gráficamente cada uno de los tramos [18].



**Figura 4.4.** Tramos de línea en un sistema fotovoltaico aislado sin considerar los dispositivos de protección [18].

- Máxima Caída de tensión Permitida

La máxima caída de tensión permitida entre el sistema fotovoltaico y la caja general de mando y protección será del 3% para la corriente nominal. En los circuitos de CC y CA se emplean la ecuación (4.20), con la diferencia que para el sistema fotovoltaico el término  $\cos\varphi$  no se considera.

$$S = \frac{200 \times L \times I}{\Delta U_{\%} \times U_n \times \gamma_{90}} \quad (4.20)$$

Donde:

$S$ : Sección del conducto ( $mm^2$ )

$L$ : Longitud de la línea (m)

$I$ : Intensidad de la línea (A)

$U_n$ : Tensión del sistema

$\cos\varphi$ : Factor de potencia de la carga al final de la línea.

$\Delta U_{\%}$ : Máxima caída de tensión permitida el porcentaje de la tensión de la línea (V).

$\gamma_{90}$ : Conductividad del conductor a la temperatura de servicio 90 °C ( $45 s \times m/mm^2$ )

#### 4.5.6. Cálculo de Disyuntores o Breakers del sistema Fotovoltaico

El disyuntor es un dispositivo que puede interrumpir o desconectar el circuito cuando la intensidad de la corriente que fluye por el circuito supera un valor establecido o se produce un cortocircuito, con el fin de no generar daños a los equipos eléctricos, a continuación, se presenta las principales protecciones que deben estar presente en el sistema fotovoltaico.

En el caso de los fusibles se dimensionan para actuar entre 1,5 y 2 veces la corriente de cortocircuito de un módulo solar ( $I_{sc}$ ) y se debe verificar que la tensión asignada del fusible soporte 1,2 veces la tensión del sistema en circuito abierto ( $U_{Goc}$ ).

El interruptor general del sistema fotovoltaico se dimensiona para soportar la corriente de cortocircuito del generador ( $I_{Gsc}$ ) y la tensión de circuito abierto del sistema fotovoltaico ( $U_{Goc}$ ).

Para los tramos en corriente alterna las protecciones son mediante interruptores automáticos magnetotérmicos e interruptores diferenciales las cuales nos permite la alimentación o



interrupción momentánea de una corriente eléctrica, por lo tanto, su dimensionamiento se lo lleva a cabo para que soporte la corriente de salida del inversor y tensión nominal del circuito de utilización.

Para el cálculo de los elementos de protección se utiliza ciertos criterios y las ecuaciones (4.21), (4.22) y (4.23).

$$I_F = 2 \times I_{sc} \quad (4.21)$$

$$U_F = 1,2 \times U_{Goc} \quad (4.22)$$

$$I_{CT} = \frac{P_{CT}}{U_{nca}} \quad (4.23)$$

Donde:

$I_F$ : Corriente del fusible

$I_{sc}$ : Corriente de cortocircuito del módulo

$U_F$ : Tensión del fusible

$U_{Goc}$ : Tensión de circuito abierto del generador

$I_{CT}$ : Corriente del Breakers

$P_{CT}$ : Potencia Total

$U_{nca}$ : Tensión del sistema (AC)

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. GENERALIDADES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

La Universidad Técnica de Cotopaxi ubicado geográficamente en la Provincia de Cotopaxi Cantón Latacunga, Avenida Simón Rodríguez, Barrio el Ejido, Sector San Felipe, como se puede apreciar en la Figura 5.1. Se define las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi de color amarillo, y el aria de estudio se encuentra marcado de color rojo.



**Figura 5.1.** Ubicación geográfica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **5.2. ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN DE LOS LABORATORIOS DE CIYA**

Las mediciones de los niveles de iluminación se realizarán específicamente en los laboratorios de simulación, control industrial, óleo neumático y de instalaciones eléctricas, en donde se puede observar que existen tres tipos de luminarias, Sylvania, Ecoled y LEDED con similares características en cuanto a flujo luminoso y potencia, pero de igual temperatura de color.

### **5.2.1. Medición de los niveles de iluminación**

La medición del nivel de iluminación en los laboratorios de simulación, los laboratorios mencionados en el apartado 5.2 se realiza mediante el método de la cuadrilla o grilla, es uno de los métodos sencillo y ofrece mayor exactitud en los resultados, a comparación de los otros métodos similares que requieren enormemente la recopilación de los datos.

### **5.2.2. Procedimiento para la medición de iluminación**

Para realizar la medición de los niveles de iluminación en los laboratorios anteriormente mencionados se procede a utilizar el método de la cuadrilla descrito en el apartado 4.4.1.

### 5.2.2.1. Niveles de iluminación del Laboratorio de Simulación

La Tabla 5.1 muestra las medidas que tiene el Laboratorio de Simulación, las cuales son fundamental para obtener el primer dato que es el Índice K para realizar el método de la cuadrícula.

**Tabla 5.1.** Medidas del Laboratorio de Simulación.

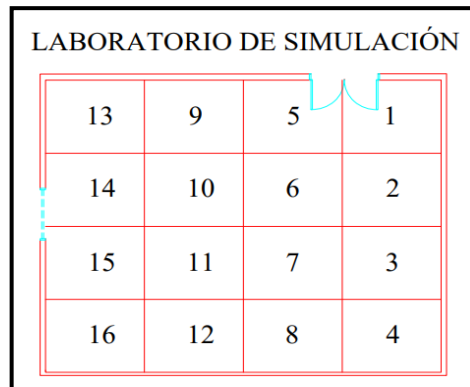
Superficie	Medidas [m]	
Ancho	A	9,83
Largo	B	12,4
Altura del laboratorio	h'	3,6
Altura del plano de trabajo	D	0,8
Altura	h'-D	2,8

Para calcular el Índice local (K) se aplica la ecuación (4.1).

$$\text{Índice local (K)} = \frac{12,4 \times 9,83}{2,8 \times (12,4 + 9,83)}$$

$$\text{Índice local (K)} = 1,96$$

Mediante la Tabla 4.1 e Índice local de 1,96 se determina que el Laboratorio de Simulación se dividirá en 16 puntos de medición tal como se muestra en la Figura 5.2.



**Figura 5.2.** Puntos de Medición del Laboratorio de Simulación.

El sensor del Luxómetro se ubicó a una altura de 0,8 m sobre el nivel del suelo en posición horizontal como se describe en el libro “La iluminación en el Ambiente Laboral”. La Tabla 5.2

muestra los resultados de las mediciones de los niveles de iluminación y el promedio se obtiene aplicando la ecuación (4.3).

**Tabla 5.2.** Resultados de los niveles de iluminación del Laboratorio de Simulación.

<b>NIVELES DE ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE SIMULACIÓN</b>				
	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4
Fila 1	150 lx	145 lx	130 lx	120 lx
Fila 2	160 lx	173 lx	150 lx	167 lx
Fila 3	170 lx	160 lx	169 lx	180 lx
Fila 4	140 lx	150 lx	178 lx	145 lx
PROMEDIO				155.44 lx

### 5.2.2.2. Niveles de iluminación del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A)

La Tabla 5.3 muestra las medidas que tiene el Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A), las cuales son fundamental para obtener el primer dato que es el Índice K para realizar el método de la cuadrícula.

**Tabla 5.3.** Medidas de las Áreas de Instalaciones Eléctricas (Sección A).

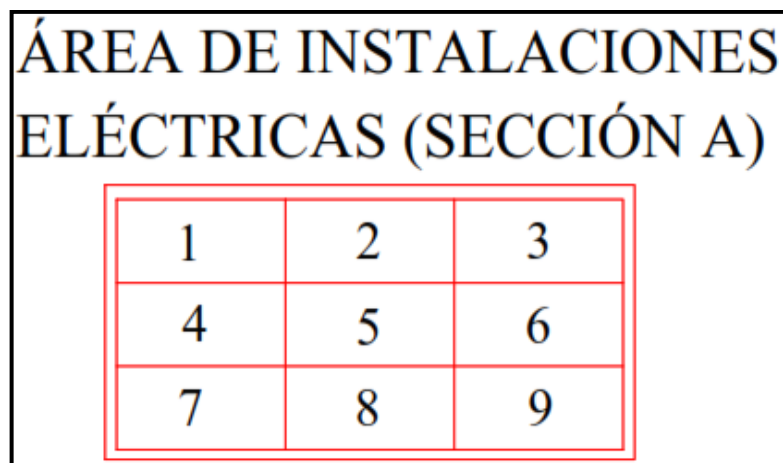
Superficie	Medidas [m]	
Ancho	A	2,82
Largo	B	6
Altura del laboratorio	h'	3,05
Altura del plano de trabajo	D	0,8
Altura	h'-D	2,25

Para calcular el Índice K se aplica la ecuación (4.1).

$$\text{Índice local (K)} = \frac{6 \times 2,82}{2,25 \times (6 + 2,82)}$$

$$\text{Índice local (K)} = 0,85$$

Mediante la Tabla 4.1 e Índice local es de 0,85 por lo tanto se determina que el Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A) se dividirá en 9 puntos de medición tal como se muestra en la Figura 5.3.



**Figura 5.3.** Puntos de Medición del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A).

El sensor del Luxómetro se ubicó a una altura de 0,8 m sobre el nivel del suelo en posición horizontal como se describe en el libro “La iluminación en el Ambiente Laboral”. La Tabla 5.4 muestra los resultados de las mediciones de los niveles de iluminación y el promedio se obtiene aplicando la ecuación (4.3).

**Tabla 5.4.** Resultados de los niveles de iluminación del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A).

<b>NIVELES DE ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN A)</b>			
	Columna 1	Columna 2	Columna 3
Fila 1	173 lx	138 lx	98 lx
Fila 2	288 lx	238 lx	135 lx
Fila 3	172 lx	216 lx	140 lx
PROMEDIO			177.56 lx

### 5.2.2.3. Niveles de iluminación del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B)

La Tabla 5.5 muestra las medidas que tiene el Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B), las cuales son fundamental para obtener el primer dato que es el Índice K para realizar el método de la cuadrícula.

**Tabla 5.5.** Medidas de las Áreas de Instalaciones Eléctricas (Sección B).

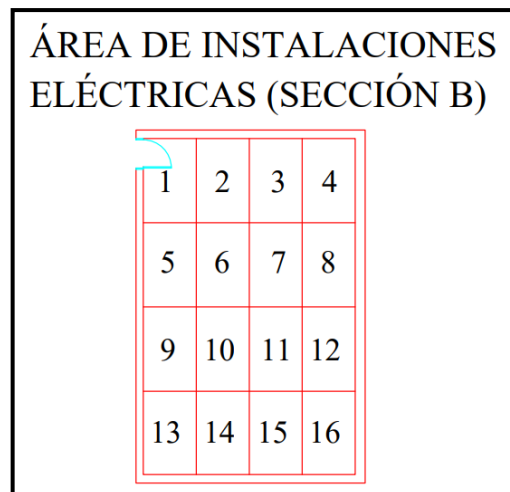
Superficie	Medidas [m]	
Ancho	A	4,96
Largo	B	7,86
Altura del laboratorio	h'	2,69
Altura del plano de trabajo	D	0,8
Altura	h'-D	1,89

Para calcular el Índice K se aplica la ecuación (4.1).

$$\text{Índice local (K)} = \frac{7,86 \times 4,96}{1,89 \times (7,86 + 4,96)}$$

$$\text{Índice local (K)} = 1.61$$

Mediante la Tabla 4.1 e Índice local de 1,61 se determina que el Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B) se dividirá en 16 puntos de medición tal como se muestra en la Figura 5.4.



**Figura 5.4.** Puntos de Medición del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B).

El sensor del Luxómetro se ubicó a una altura de 0,8 m sobre el nivel del suelo en posición horizontal como se describe en el libro “La iluminación en el Ambiente Laboral”. La Tabla 5.6 muestra los resultados de las mediciones de los niveles de iluminación y el promedio se obtiene aplicando la ecuación (4.3).

**Tabla 5.6.** Resultados de los niveles de iluminación del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B).

<b>NIVELES DE ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN B)</b>				
	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4
Fila 1	145 lx	230 lx	270 lx	173 lx
Fila 2	223 lx	289 lx	265 lx	285 lx
Fila 3	163 lx	320 lx	285 lx	280 lx
Fila 4	213 lx	297 lx	247 lx	178 lx
PROMEDIO				241,44 lx

#### 5.2.2.4. Niveles de iluminación del Área de Óleo Neumática

La Tabla 5.7 muestra las medidas que tiene el Área de Óleo Neumática, las cuales son fundamental para obtener el primer dato que es el Índice K para realizar el método de la cuadrícula.

**Tabla 5.7.** Medidas del Área de Óleo Neumática.

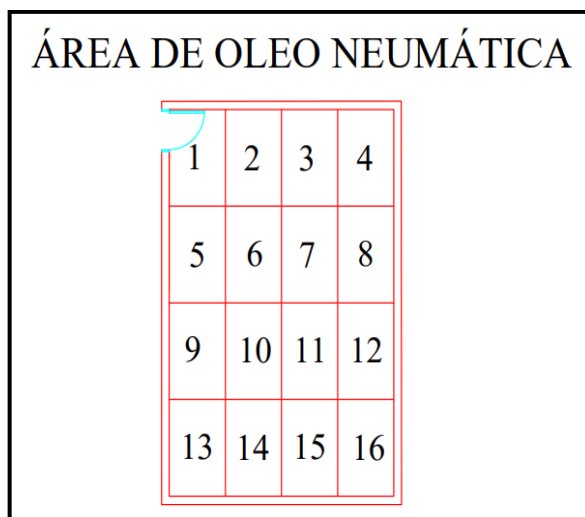
Superficie	Medidas [m]	
Ancho	A	4,92
Largo	B	7,8
Altura del laboratorio	h'	2,69
Altura del plano de trabajo	D	0,8
Altura	h'-D	1,89

Para calcular el Índice K se aplica la ecuación (4.1).

$$\text{Índice local } (K) = \frac{7,8 \times 4,92}{1,89 \times (7,8 + 4,92)}$$

$$\text{Índice local } (K) = 1,60$$

Mediante la Tabla 4.1 e Índice local de 1,60 se determina que el Área de Óleo Neumática se dividirá en 16 puntos de medición tal como se muestra en la Figura 5.5.



**Figura 5.5.** Puntos de Medición del Área de Óleo Neumática.

El sensor del Luxómetro se ubicó a una altura de 0,8 m sobre el nivel del suelo en posición horizontal como se describe en el libro “La iluminación en el Ambiente Laboral”. La Tabla 5.8 muestra los resultados de las mediciones de los niveles de iluminación y el promedio se obtiene aplicando la ecuación (4.3).

**Tabla 5.8.** Resultados de los niveles de iluminación del Área de Óleo Neumática.

<b>NIVELES DE ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE ÓLEO NEUMÁTICA</b>				
	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4
Fila 1	95 lx	207 lx	163 lx	146 lx
Fila 2	100 lx	215 lx	203 lx	187 lx
Fila 3	275 lx	245 lx	111 lx	110 lx
Fila 4	180 lx	206 lx	119 lx	100 lx
<b>PROMEDIO</b>				166,38 lx

#### **5.2.2.5. Niveles de iluminación del Área de Control Industrial**

La Tabla 5.9 muestra las medidas que tiene el Área de Control Industrial, las cuales son fundamental para obtener el primer dato que es el Índice K para realizar el método de la cuadrícula.



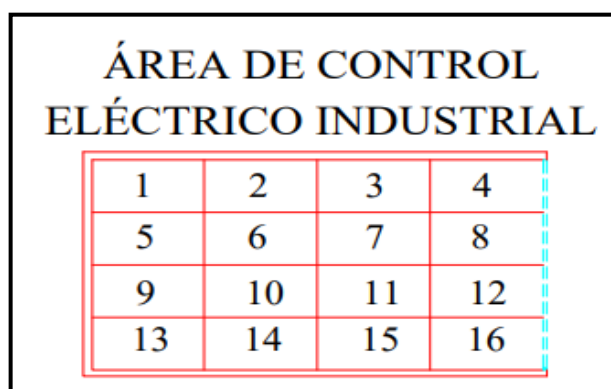
**Tabla 5.9.** Medidas del Área de Control Industrial.

Superficie	Medidas [m]	
Ancho	A	4,48
Largo	B	8,42
Altura del laboratorio	h'	3.07
Altura del plano de trabajo	D	0.8
Altura	h'-D	2,27

$$\text{Índice local } (K) = \frac{8,42 \times 4,48}{2,27 \times (8,42 + 4,48)}$$

$$\text{Índice local } (K) = 1,29$$

Mediante la Tabla 4.1 e Índice local de 1,29 se determina que el Área de Control Industrial se dividirá en 16 puntos de medición tal como se muestra en la Figura 5.6.



**Figura 5.6.** Puntos de Medición del Área de Control Industrial.

El sensor del Luxómetro se ubicó a una altura de 0,8 m sobre el nivel del suelo en posición horizontal como se describe en el libro “La iluminación en el Ambiente Laboral”. La Tabla 5.10 muestra los resultados de las mediciones de los niveles de iluminación y el promedio se obtiene aplicando la ecuación (4.3).

**Tabla 5.10.** Resultados de los niveles de iluminación del Área de Control Industrial.

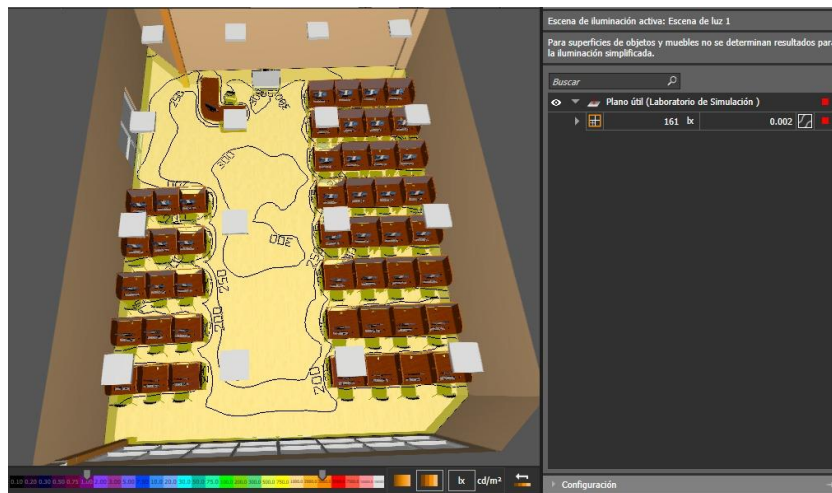
NIVELES DE ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE CONTROL INDUSTRIAL				
	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4
Fila 1	200 lx	280 lx	250 lx	203 lx
Fila 2	230 lx	320 lx	300 lx	230 lx
Fila 3	260 lx	310 lx	280 lx	200 lx
Fila 4	220 lx	290 lx	250 lx	190 lx
PROMEDIO				250.81 lx

### 5.2.3. Simulación de los sistemas de iluminación de los laboratorios de CIYA mediante el Software DIALux Evo 10.1

Mediante la simulación en el Software DIALux Evo 10.1 se puede estimar las luminarias a utilizar en dicha área de trabajo de tal manera cumplir lo que se establece en la norma INEN 1 154.

#### 5.2.3.1. Simulación de los niveles de iluminación del Laboratorio de Simulación

Los niveles de iluminación medidos con el luxómetro dentro del Laboratorio de Simulación determinan un promedio de 155,44 luxes, y los niveles de iluminación simulados en el Software DIALux Evo 10.1 estima un promedio de 161 luxes (véase Figura 5.7), obteniendo valores similares.



**Figura 5.7.** Modelado del Laboratorio de Simulación.

### 5.2.3.2. Simulación de los niveles de iluminación del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A)

Los niveles de iluminación medidos con el luxómetro dentro del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A) determina un promedio de 147,06 luxes y los niveles de iluminación simulados en el Software DIALux Evo 10.1 estiman un promedio de 192 luxes (véase Figura 5.8), obteniendo valores similares.

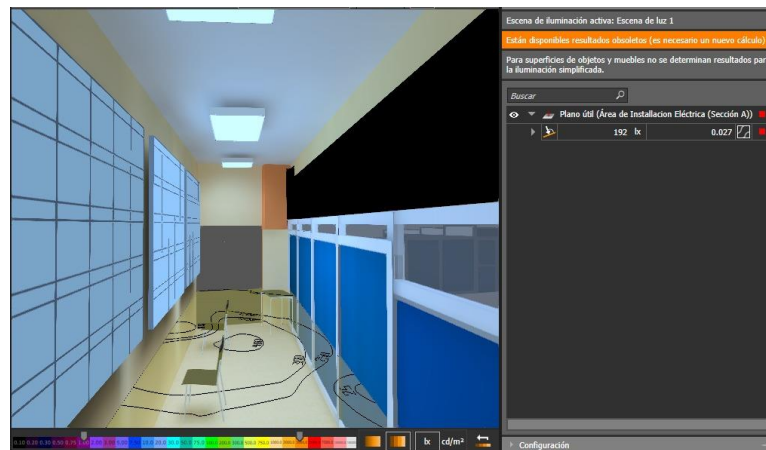


Figura 5.8. Modelado Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A).

### 5.2.3.3. Simulación de los niveles de iluminación del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B)

Los niveles de iluminación medidos con el luxómetro dentro del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B) determina un promedio de 241,44 luxes y los niveles de iluminación simulados en el Software DIALux Evo 10.1 estiman un promedio de 247 luxes (véase Figura 5.9), obteniendo valores similares.

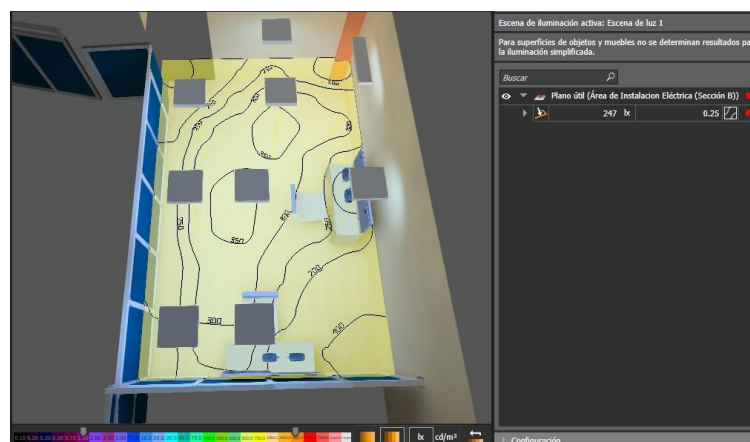


Figura 5.9. Modelado del Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B).

#### 5.2.3.4. Simulación de los niveles de iluminación del Área de Óleo Neumática

Los niveles de iluminación medidos con el luxómetro dentro del Área de Óleo Neumática determinan un promedio de 166,38 luxes y los niveles de iluminación simulados en el Software DIALux Evo 10.1 estiman un promedio de 206 luxes (véase Figura 5.10), obteniendo valores similares.

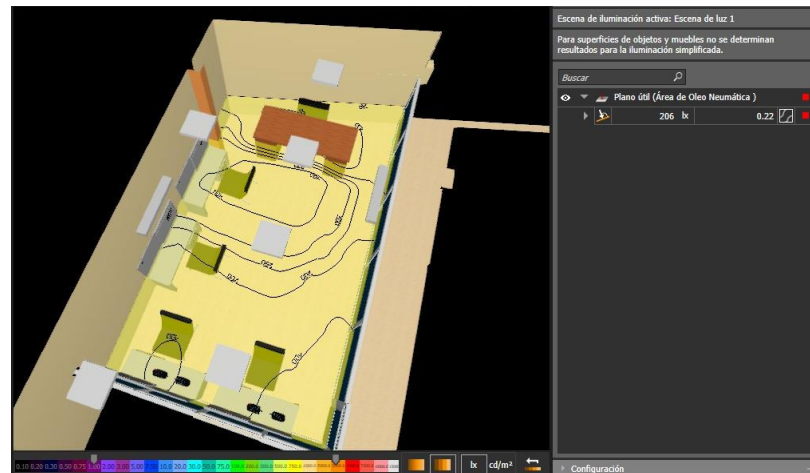


Figura 5.10. Modelado del Área de Óleo Neumática.

#### 5.2.3.5. Simulación de los niveles de iluminación del Área de Control Industrial

Los niveles de iluminación medidos con el luxómetro dentro del Área de Control Industrial determinan un promedio de 250,81 luxes y los niveles de iluminación simulados en el Software DIALux Evo 10.1 estiman un promedio de 220 luxes (véase Figura 5.11), obteniendo valores similares.

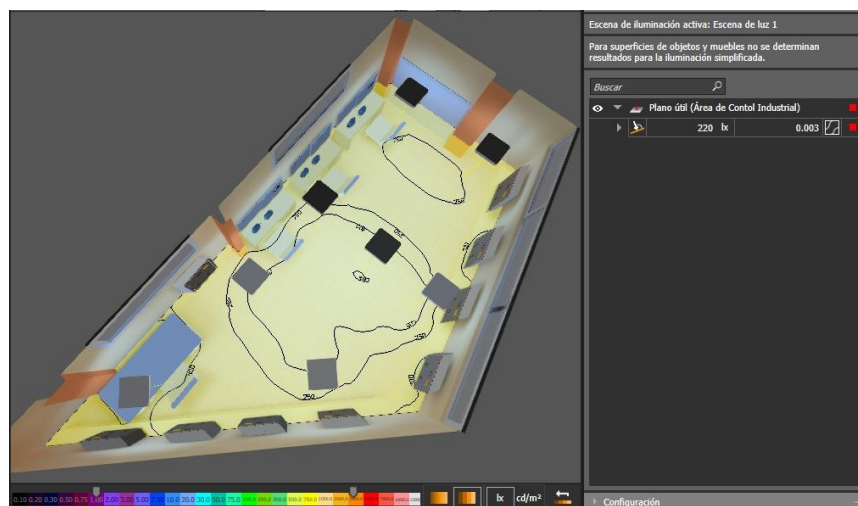


Figura 5.11. Modelado del Área de Control Industrial.

#### 5.2.4. Análisis de los resultados obtenidos mediante el cálculo realizado y el software DIALux Evo 10.1

Una vez realizado las respectivas mediciones de los niveles de iluminación de cada laboratorio y posteriormente simulados en el software DIALux Evo 10.1 se procede a realizar una comparación de los resultados obtenidos y verificar si cumplen con la norma INEN 1 154.

La Tabla 5.11 muestra los resultados obtenidos de las mediciones y las simulaciones realizadas, en donde puede observar que ninguno de los laboratorios de CIYA cumple con los niveles de iluminación según la norma INEN 1 154, además el Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A) es uno de los laboratorios con el menor nivel de iluminación debido a que cuenta solamente con tres luminarias.

**Tabla 5.11.** Resultados obtenidos de los niveles de iluminación medidos y simulados en los Laboratorios de CIYA.

Sección	Nivel de Iluminación Medida [lx]	Nivel de Iluminación Simulada [lx]	Criterio de Aceptación [lx]	Cumplimiento INEN 1 154
Laboratorio de Simulación	155,44	161	300	NO
Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A)	147,06	192	450	NO
Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B)	241,44	247	450	NO
Área de Óleo Neumática	166,38	206	450	NO
Área de Control Industrial	250,81	220	450	NO

### 5.3. PROPUESTA DE DISEÑO PARA LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE LOS LABORATORIOS CON LUMINARIAS LED

#### 5.3.1. Características de las luminarias

Para la propuesta del diseño de los sistemas de iluminación se utilizarán luminarias con tecnología LED, debido a sus ventajas que ofrece como es el ahorro energético. En la Tabla 5.12 se presenta las especificaciones de cuatro tipos de luminarias, las cuales se pueden encontrar en el mercado como son los proveedores Procoineec, El Mercurio o El Contactor.

**Tabla 5.12.** Características de las Luminarias LED.

<b>ESPECIFICACIONES DE LUMINARIAS LED</b>				
Marca	SYLVANIA	ECO LED	Dhin light	OSRAM
Montaje	Empotrado	Empotrado	Empotrado	Empotrado
Color	Luz Blanca	Luz Blanca	Luz Blanca	Luz Blanca
Longitud	60 cm	60 cm	120 cm	120 cm
Potencia	9W	9 W	18 W	60W
Flujo luminoso	824 lm	860 lm	1800 lm	4800 lm
Eficiencia luminosa	91 lm/W	95 lm/W	100 lm/W	80 lm/W
Tensión	110-240 V	110-240 V	110-240 V	110-240 V
Temperatura	6500 K	6500 K	6500 K	6500 K
Vida útil	25000 h	25000 h	25000 h	25000 h
IRC	80	80	90	90

### **5.3.2. Proyección de las luminarias para los laboratorios de CIYA**

La proyección de las luminarias se presenta en el Anexo 2: Estudio Técnico del sistema de iluminación, en donde se utilizó el Método de Lúmenes para calcular número de lámparas que requiere los laboratorios para cumplir los niveles de iluminación según la Norma INEN 1 154.

En la Tabla 5.13 se presenta diferentes tipos de luminarias y el número total que necesitan los laboratorios de CIYA, tomando en cuenta que, si existen algunas lámparas de este tipo, por lo cual se reduce la cantidad de luminarias proyectadas.

En la Tabla 5.14 se presenta el número de estructuras que se necesita para instalar las luminarias proyectadas, de igual manera se tomó en cuenta las bandejas existentes para reducir el número de bandejas requeridas.

**Tabla 5.13.** Proyección de los tubos LED para los Laboratorios.

ÁREA	SYLVANIA (60 cm)			ECO LED (60 cm)			Dhin light (120 cm)			OSRAM (120 cm)		
	Existentes	Proyectadas	Requeridas	Existentes	Proyectadas	Requeridas	Existentes	Proyectadas	Requeridas	Existentes	Proyectadas	Requeridas
ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN A)	3	33	30	3	33	30	0	16	16	0	6	6
ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN B)	15	60	45	0	57	57	0	28	28	0	10	10
ÁREA DE ÓLEO NEUMÁTICA	18	60	42	0	57	57	0	28	28	0	10	10
ÁREA DE CONTROL INDUSTRIAL	0	66	66	24	63	39	0	32	32	0	11	11

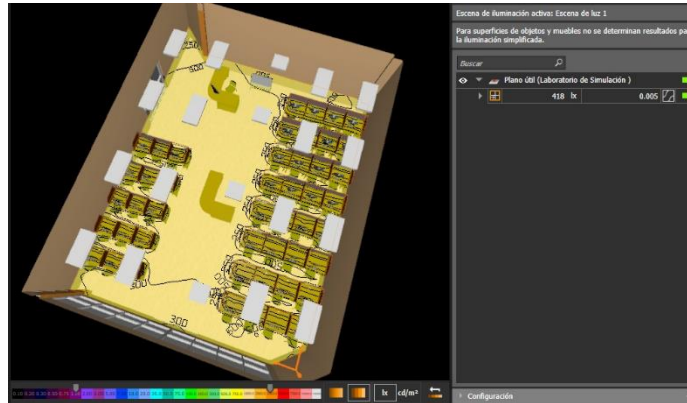
**Tabla 5.14.** Estructuras para las luminarias de los Laboratorios.

ÁREA	BANDEJA 60x60 cm					BANDEJA 120x60 cm		
	Existentes	SYLVANIA		ECO LED		Existentes	Dhin light	
		Proyectadas	Requeridas	Proyectadas	Requeridas		Proyectadas	Requeridas
ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN A)	2	11	9	11	9	1	5	4
ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN B)	9	20	11	19	10	0	7	7
ÁREA DE ÓLEO NEUMÁTICA	6	20	14	19	13	0	7	7
ÁREA DE CONTROL INDUSTRIAL	8	22	14	21	13	0	8	8

### 5.3.3. Simulación de las luminarias proyectadas de los laboratorios de CIYA

#### 5.3.3.1. Simulación de las luminarias Proyectadas del Laboratorio de Simulación

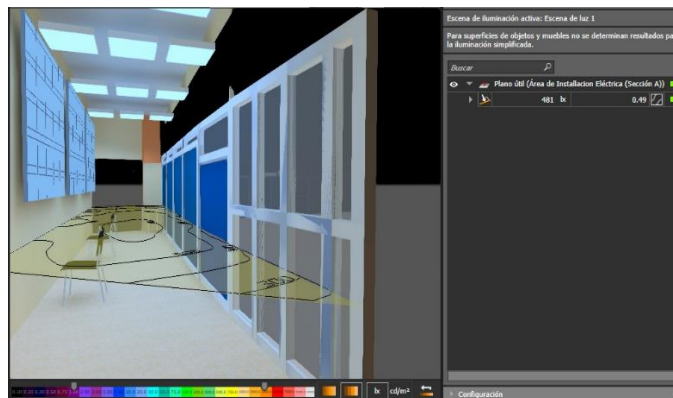
El Laboratorio de Simulación requiere de 18 luminarias de 120 x 60 cm con tubos LED de la marca Dhin light para poder cumplir los niveles de iluminación según la Norma INEN 1 154. La Figura 5.12 muestra la ubicación y la repartición de las luminarias proyectadas, así como el promedio de la iluminación de 418 luxes.



**Figura 5.12.** Nivel de iluminación de las luminarias proyectadas del Laboratorio de Simulación.

#### 5.3.3.2. Simulación de las luminarias Proyectadas del Área de instalaciones eléctricas (Sección A)

El Área Instalaciones Eléctricas (Sección A) requiere de 11 luminarias de 60 x 60 cm con tubos LED de la marca SYLVANIA para poder cumplir los niveles de iluminación según la Norma INEN 1 154. La Figura 5.13 muestra la ubicación y la repartición de las luminarias proyectadas, así como el promedio de la iluminación de 481 luxes.



**Figura 5.13.** Nivel de iluminación de las luminarias proyectadas del Área Instalaciones Eléctricas (Sección A).



### 5.3.3.3. Simulación de las luminarias Proyectadas del Área de instalaciones eléctricas (Sección B)

El Área Instalaciones Eléctricas (Sección B) requiere de 20 luminarias de 60 x 60 cm con tubos LED de la marca SYLVANIA para poder cumplir los niveles de iluminación según la Norma INEN 1 154. La Figura 5.14 muestra la ubicación y la repartición de las luminarias proyectadas, así como el promedio de la iluminación de 474 luxes.

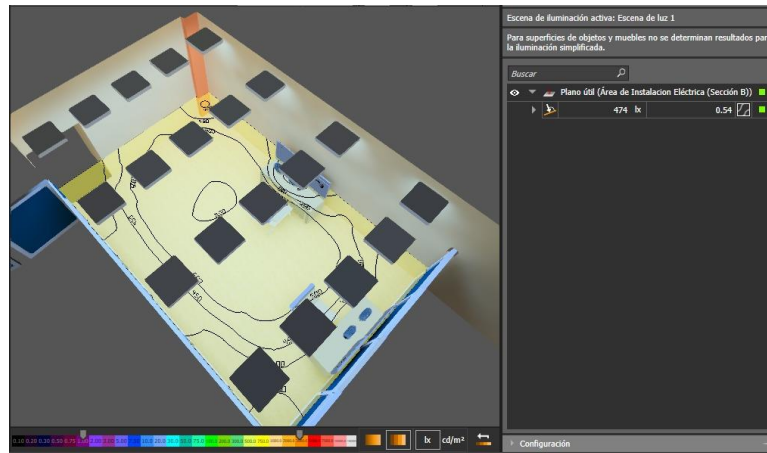


Figura 5.14. Nivel de iluminación de las luminarias del Área Instalaciones Eléctricas (Sección B).

### 5.3.3.4. Simulación de las luminarias Proyectadas del Área de Óleo Neumática

El Área de Óleo Neumática requiere de 20 luminarias de 60 x 60 cm con tubos LED de la marca SYLVANIA para poder cumplir los niveles de iluminación según la Norma INEN 1 154. La Figura 5.15 muestra la ubicación y la repartición de las luminarias proyectadas, así como el promedio de la iluminación de 464 luxes.

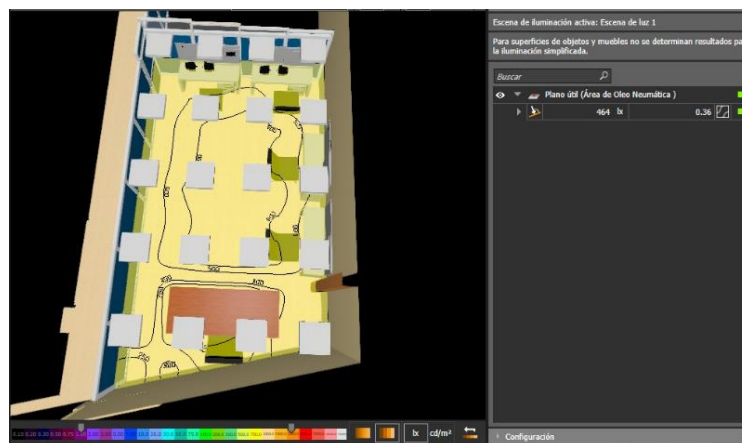
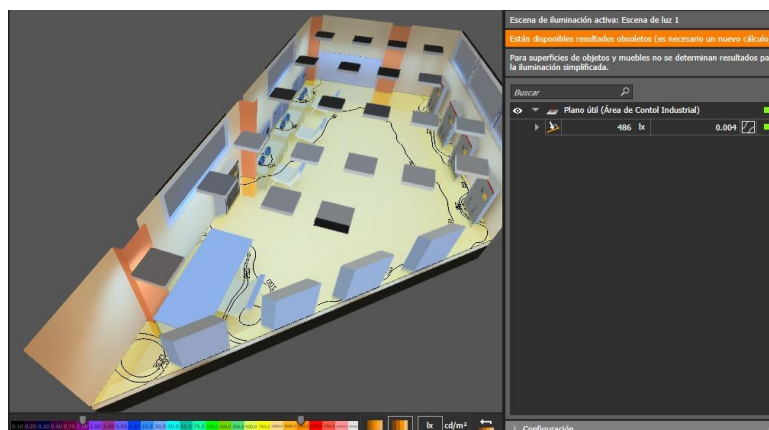


Figura 5.15. Nivel de iluminación de las luminarias proyectadas del Área de Óleo Neumática.

### 5.3.3.5. Simulación de las luminarias Proyectadas del Área de Control Industrial

El Área de Control Industrial requiere de 22 luminarias de 60 x 60 cm con tubos LED de la marca SYLVANIA para poder cumplir los niveles de iluminación según la Norma INEN 1 154. La Figura 5.16 muestra la ubicación y la repartición de las luminarias proyectadas, así como el promedio de la iluminación de 486 luxes.



**Figura 5.16.** Nivel de iluminación de las luminarias proyectadas del Área Control Industrial.

### 5.3.4. Análisis económico de las luminarias proyectadas para los Laboratorios de CIYA

Desde la Tabla 5.15 hasta la Tabla 5.18 se muestran las cotizaciones de las luminarias en cuatro tipos de marcas que se utilizarían para cumplir con los niveles de iluminación según la Norma INEN 1 154. Los precios establecidos fueron obtenidos de cuatro distribuidores de materiales eléctricos: Kywi, Ferreteria la Economía, Procoineec y El Contactor, la estimación de costos no incluye el IVA del 12%, debido a que los precios cambiarían según las condiciones de cada proveedor.

**Tabla 5.15.** Cotización de las luminarias requeridas para el Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A).

LUMINARIAS LED PARA EL ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN A)							
Marca de la Luminaria LED	Potencia [W]	Flujo luminoso [lm]	Temperatura [°C]	Longitud [cm]	Número de tubos	Precio Unitario [\$]	Precio Total [\$]
SYLVANIA	9	824	6500	60	30	1.7600	52.8000
ECO LED	9	860	6500	60	30	1.9000	57.0000
Dhin light	18	1800	6500	120	16	2.8605	45.7680
OSRAM	60	4800	6500	120	6	76.0000	456.0000

**Tabla 5.16.** Cotización de las luminarias requeridas para el Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B).

<b>LUMINARIAS LED PARA EL ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN B)</b>							
Marca de la Luminaria LED	Potencia [W]	Flujo luminoso [lm]	Temperatura [°C]	Longitud [cm]	Número de tubos	Precio Unitario [\$]	Precio Total [\$]
SYLVANIA	9	824	6500	60	45	1.7600	79.2000
ECO LED	9	860	6500	60	57	1.9000	108.3000
Dhin light	18	1800	6500	120	28	2.8605	80.0940
OSRAM	60	4800	6500	120	10	76.0000	760.0000

**Tabla 5.17.** Cotización de las luminarias requeridas para el Área Óleo Neumática.

<b>LUMINARIAS LED PARA EL ÁREA DE ÓLEO NEUMÁTICA</b>							
Marca de la Luminaria LED	Potencia [W]	Flujo luminoso [lm]	Temperatura [°C]	Longitud [cm]	Número de tubos	Precio Unitario [\$]	Precio Total [\$]
SYLVANIA	9	824	6500	60	42	1.7600	73.9200
ECO LED	9	860	6500	60	57	1.9000	108.3000
Dhin light	18	1800	6500	120	28	2.8605	80.0940
OSRAM	60	4800	6500	120	10	76.0000	760.0000

**Tabla 5.18.** Cotización de las luminarias requeridas para el Área Control Industrial.

<b>LUMINARIAS LED PARA EL ÁREA DE CONTROL INDUSTRIAL</b>							
Marca de la Luminaria LED	Potencia [W]	Flujo luminoso [lm]	Temperatura [°C]	Longitud [cm]	Número de tubos	Precio Unitario [\$]	Precio Total [\$]
SYLVANIA	9	824	6500	60	66	1.7600	116.1600
ECO LED	9	860	6500	60	39	1.9000	74.1000
Dhin light	18	1800	6500	120	32	2.8605	91.5360
OSRAM	60	4800	6500	120	11	76.0000	836.0000

### **5.3.5. Análisis económico de las bandejas para las luminarias proyectadas de los Laboratorios de CIYA**

Des la Tabla 5.19 hasta la Tabla 5.22 se presentan las cotizaciones de las bandejas que serán necesarias para la instalación de las luminarias, la proyección se lo realizo solo para bandejas de 60x60 cm y 120x60 cm debido a que en los laboratorios existe de este tipo y se pueden utilizar sin importar que marca de luminaria se coloca en el interior.

**Tabla 5.19.** Cotización de las bandejas requeridas para el área de Instalaciones Eléctricas (Sección A).

<b>ESTRUCTURAS PARA LAS LUMINEARIAS LED DEL ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN A)</b>					
Estructura	Luminaria Proyectada	Capacidad de tubos	Número de estructuras de luminarias	Precio unitario [\$]	Precio Total [\$]
60x60 cm	SYLVANIA	3	9	34,2188	307,9689
	ECO LED	3	9	34,2188	307,9689
120x60 cm	Dhin light	4	3	65,1786	195,5358

**Tabla 5.20.** Cotización de las bandejas requeridas para el área de Instalaciones Eléctricas (Sección B).

<b>ESTRUCTURAS PARA LAS LUMINEARIAS LED DEL ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN B)</b>					
Estructura	Luminaria Proyectada	Capacidad de tubos	Número de estructuras de luminarias	Precio unitario [\$]	Precio Total [\$]
60x60 cm	SYLVANIA	3	11	34,2188	376,4064
	ECO LED	3	10	34,2188	342,1877
120x60 cm	Dhin light	4	7	65,1786	456,2502

**Tabla 5.21.** Cotización de las bandejas requeridas para el área de Óleo Neumática.

<b>ESTRUCTURAS PARA LAS LUMINEARIAS LED DEL ÁREA DE ÓLEO NEUMÁTICA</b>					
Estructura	Luminaria Proyectada	Capacidad de tubos	Número de estructuras de luminarias	Precio unitario [\$]	Precio Total [\$]
60x60 cm	SYLVANIA	3	14	34,2188	479,0627
	ECO LED	3	13	34,2188	444,8439
120x60 cm	Dhin light	4	7	65,1786	456,2502

**Tabla 5.22.** Cotización de las bandejas requeridas para el área de Control Industrial.

<b>ESTRUCTURAS PARA LAS LUMINARIAS LED DEL ÁREA DE CONTROL INDUSTRIAL</b>					
<b>Estructura</b>	<b>Luminaria Proyectada</b>	<b>Capacidad de tubos</b>	<b>Número de estructuras de luminarias</b>	<b>Precio unitario [\$]</b>	<b>Precio Total [\$]</b>
60x60 cm	SYLVANIA	3	14	34,2188	479,0627
	ECO LED	3	13	34,2188	444,8439
120x60 cm	Dhin light	4	8	65,1786	521,4288

#### **5.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARE EL LABORATORIO DE SIMULACIÓN**

##### **5.4.1. Cálculo de los módulos para energizar el sistema de iluminación del Laboratorio**

###### **5.4.1.1. Estimación de la energía eléctrica diaria**

La estimación de la energía eléctrica diaria consistirá en cuantificar la potencia que demanda el sistema eléctrico de iluminación del Laboratorio de Simulación. En la Tabla 5.23 se realiza un análisis de las horas de uso diario, tomando como referencia la primera semana del mes de Diciembre, estos datos fueron revisados y extraídos de los registros de asistencias, en donde se determina que existe un promedio de 6 horas de uso del Laboratorio de Simulación.

**Tabla 5.23.** Uso de horas diarias del Laboratorio de Simulación.

<b>FECHA</b>	<b>Días</b>	<b>Intervalo 1</b>	<b>Intervalo 2</b>	<b>Intervalo 3</b>	<b>Intervalo 4</b>	<b>Intervalo 5</b>	<b>Total, de horas diarias</b>
5/12/2022	Lunes	8:00-11:00	17:00-20:00	-	-	-	-
		3	2				5
6/12/2022	Martes	8:00-10:00	10:00-12:00	13:00-15:00	16:00-18:00	18:00-21:00	-
		2	2	2	2	3	11
7/12/2022	Miércoles	10:00-12:00	17:00-19:00	-	-	-	-
		2	2				4
8/12/2022	Jueves	7:00-9:00	18:00-20:00	20:00-21:00	-	-	-
		2	2	1			5
9/12/2022	Viernes	8:00-11:00	17:00-19:00	-	-	-	-
		3	2				5
<b>PROMEDIO</b>							<b>6</b>

En la Tabla 5.24 se presenta la carga y estimación del consumo de energía que tiene el sistema de iluminación del Laboratorio de Simulación, el cual permitirá determinar el valor de consumo de la energía necesaria en un día, este valor será fundamental para dimensionar el sistema fotovoltaico.

**Tabla 5.24.** Estimación de carga.

<b>Laboratorio de Simulación</b>								
	Estructura	Marca	Lámparas	Potencia (W)	N° Tubos	Potencia Total (W)	Horas de uso (h)	Energía (Wh)
Existente	60x60cm	ECOLED	16	9	3	432	6	2592
Nuevas	60x60cm	Volton	8	9	3	216		1296
Nuevas	60x120cm	Dhin light	6	18	4	432		2592
Total						1080		6480

#### **5.4.1.2. Dimensionamiento del generador fotovoltaico**

##### **5.4.1.2.1. Periodo de diseño para el generador fotovoltaico**

El estudio del sistema fotovoltaico se lo realizo en el peor escenario, es decir el que tiene la menor irradiación de todos los meses. En la Tabla 5.25 se muestra la irradiación anual del lugar en donde se encuentra ubicado el proyecto, concluyendo que el mes de Junio es el que tiene la inferior irradiación de todos los meses.

**Tabla 5.25.** Insolación global en la ubicación de los laboratorios.

Mes	KWh/(m2*día)
Enero	8,019
Febrero	7,801
Marzo	7,919
Abril	8,026
Mayo	7,891
<b>Junio</b>	<b>7,784</b>
Julio	7,819
Agosto	7,947
Setiembre	8,116
Octubre	7,933
Noviembre	7,818
Diciembre	7,954
PROMEDIO	7,919

#### 5.4.1.2.2. Orientación y ángulo de inclinación del panel fotovoltaico

Como se menciona en [48], al encontrarse el proyecto en el hemisferio sur, los paneles fotovoltaicos deben ir orientados hacia el hemisferio norte y por encontrarse en Ecuador y este es atravesado por la línea Ecuatorial, el azimut es de 0° para una mejor captación de la irradiación, además en [48] se menciona que una pequeña desviación en la orientación no influye en la generación de electricidad, ya que el sol durante el día se traslada de este a oeste.

La ecuación (4.6) da como resultado la inclinación adecuada de los módulos fotovoltaicos, que garantizaran la mayor captación de radiación solar y trabajaran de forma óptima.

**Tabla 5.26.** Datos de la ubicación del proyecto.

<b>Datos de Ubicación del Proyecto</b>	
Dirección	Avenida Simón Rodríguez, Barrio El Elegido, Sector San Felipe
Ciudad	Latacunga
Provincia	Cotopaxi
País	Ecuador
Latitud	-0,918961°
Longitud	-78,632560°
Hemisferio	Sur

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |\phi|$$

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |-0,918961^\circ|$$

$$\beta_{opt} = 4,33^\circ$$

Los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi se encuentran a una latitud  $\phi = -0.918961^\circ$ , aplicando la ecuación (4.6) se obtiene el ángulo de inclinación óptimo de  $\beta_{opt} = 4.33^\circ$ .

Debido a que el ángulo de inclinación es  $<15^\circ$ , se usa el ángulo referencial de  $15^\circ$ . Este ángulo se establece con el propósito de mantenimiento y la respectiva limpieza del panel fotovoltaico ante polvo y suciedad.

Sin embargo, como la altitud real usada es de 15° y no la óptima calculada, se debe de aplicar el factor de irradiación (FI) y recalcular la irradiación con la ecuación

(4.8).

$$FI = 1 - \left[ 1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 \right]$$

$$FI = 1 - \left[ 1,2 \times 10^{-4} (15 - 4.33)^2 \right]$$

$$FI = 0.9863$$

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \times K \times FI \times FS \text{ [Wh/m}^2\text{]}$$

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = 7,784 * 10^3 \times 1,7 \times 0,9863 \times 1 \text{ [Wh/m}^2\text{]}$$

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = 13051,5 \text{ [Wh/m}^2\text{]}$$

#### 5.4.1.2.3. Cálculo de los parámetros eléctricos

El sistema se encuentra dimensionado como un sistema fotovoltaico autónomo, por lo cual, dispondrá de un inversor, regulador de cargas y banco de baterías, debido a esto, se establece que el coeficiente de rendimiento energético de la instalación (PR) es de 0.6.

Una vez obtenido el consumo de energía ( $W_d$ ) y todos los datos necesarios se procede a realizar el cálculo del valor mínimo del generador fotovoltaico mediante la ecuación (4.9).

$$P_{G \min} = \frac{W_d \times G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \times PR}$$

$$P_{G \min} = \frac{6480Wh \times \frac{1000W}{m^2}}{\frac{13051,5 Wh}{m^2} \times 0,6}$$

$$P_{G \min} = 827,491W$$

Se debe verificar que la potencia máxima de panel seleccionada no exceda el 20% del valor calculado para la potencia mínima del generador, esto se realiza con el fin de no sobredimensionar el generador.

$$P_{G \min} \leq P_G \leq 1,2 \times P_{G \min}$$

$$827,491 W \leq P_G \leq 992,989 W$$



#### 5.4.1.2.4. Elección y cálculo de los módulos fotovoltaicos

En la Tabla 5.27 y Tabla 5.28 se muestra las características de los tres tipos de paneles seleccionados para la instalación del sistema fotovoltaico.

**Tabla 5.27.** Característica del panel solar Monocristalino.

Descripción	Valor
Potencia máxima (Pmax)	150W
Voltaje de circuito abierto (Voc)	22,32V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,00A
Voltaje de Pmax (Vmp)	18,0V
Corriente de Pmax (Imp)	8,34A
Temperatura nominal de funcionamiento de la celda (NOCT)	48±2°C
Voltaje máximo del sistema	1000VDC
Fusible máximo de la serie	18A
Temperatura nominal	-40°C~ + 85°C
Células	36
Tipo de célula	Monocristalino 1482x670x35mm

**Tabla 5.28.** Característica de los paneles solares Policristalinos.

Descripción	Valor	
Potencia máxima (Pmax)	270W	270W
Voltaje de circuito abierto (Voc)	38,45V	37,85V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,00A	9,00A
Voltaje de Pmax (Vmp)	31,44V	30,51V
Corriente de Pmax (Imp)	8,59A	8,52A
Temperatura nominal de funcionamiento de la celda (NOCT)	45±2°C	45±2°C
Voltaje máximo del sistema	1500VDC	1000V
Fusible máximo de la serie	15A	15A
Temperatura nominal	-40°C~ + 85°C	-40°C~ + 85°C
Células	60	60
Tipo de célula	Policristalino 1660x990x50mm	Policristalino 1660x990x50mm

Con la potencia del panel fotovoltaico de la Tabla 5.27 y la energía consumida del Laboratorio de Simulación se procede a calcular el número de paneles que requiere el sistema fotovoltaico, utilizando la ecuación (4.10).

$$N_p \times N_s \geq \frac{P_G \text{ min}}{P_{\text{máx}}}$$

$$N_p \times N_s \geq \frac{827,49W}{150 W} = 5,517 \approx 6 \text{ paneles}$$

Los 6 paneles calculados de 150 W Monocristalino, serán suficientes para suministrar energía al Laboratorio de Simulación. Adicionalmente al nuevo sistema fotovoltaico se incorporarán 4 paneles Policristalinos de 270 W que abastecerán la carga del Laboratorio de PLC.

A continuación, se procede a calcular los parámetros eléctricos del generador fotovoltaico, considerando los 10 paneles solares, 6 monocristalinos y 4 policristalinos, debido a que presentan diferente característica de potencia, tensión y corriente.

- Se debe aplicar la ecuación (4.11) para obtener la potencia total del generador para el Laboratorio de Simulación.

$$P_{G \text{ máx}} = N_p \times P_{\text{máx}} \times N_s \text{ [W]}$$

$$P_{G \text{ máx}} = 2 \times 150 W \times 3$$

$$P_{G \text{ máx}} = 900 W$$

- Se debe aplicar la ecuación (4.11) para obtener la potencia total del generador para el Laboratorio del PLC.

$$P_{G \text{ máx}} = N_p \times P_{\text{máx}} \times N_s \text{ [W]}$$

$$P_{G \text{ máx}} = 2 \times 270 W \times 2$$

$$P_{G \text{ máx}} = 1080 W$$

La potencia total que genera los 10 paneles que conforman el sistema fotovoltaico es de 1980 W.

$$P_{G \text{ máx}} = 900W + 1080 W = 1980W$$

- Se calcula la tensión del circuito abierto del generador fotovoltaico policristalino y monocristalino mediante la ecuación (4.12).

$$U_{Goc} = 3 \times 22,32V = 66,96 V$$

$$Total \text{ de } U_{Goc} = 66,96 V + 38,45 V + 37,85 V = 143,26 V$$

- Intensidad de cortocircuito del generador mediante la ecuación (4.13)

$$I_{Gsc} = 2 \times 9A = 18 A$$

- Tensión máxima del generador monocristalino y policristalino aplicando la ecuación (4.14).

$$U_{Gmpp} = 3 \times 18 V = 54 V$$

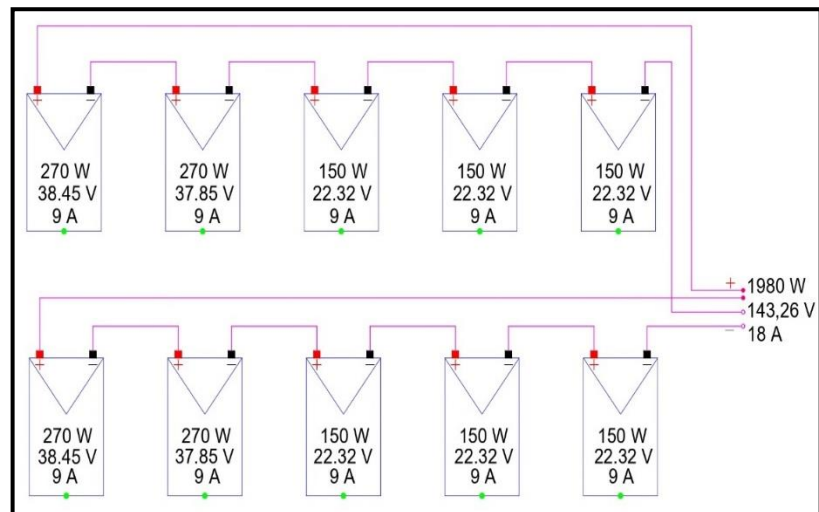
$$U_{Gmpp} = 54 V + 31,44 V + 30,51 V = 115,95 V$$

- Cálculo de la intensidad máxima de los módulos policristalino y monocristalino del generador aplicando la ecuación (4.15).

$$I_{Gmpp} = 2 \times 8,4833 A = 16,966 A$$

#### 5.4.1.2.5. Arreglo de los módulos fotovoltaicos

El arreglo fotovoltaico se realizó tomando en consideración la capacidad que el inversor puede soportar en cuanto a potencia, voltaje y corriente de entrada. El arreglo cuenta con 5 módulos conectados en serie y 2 módulos conectados en paralelo, dando un total de 10 paneles fotovoltaicos, como se muestra en la Figura 5.1.



**Figura 5.1.** Sistema de generación fotovoltaico.

#### 5.4.2. Dimensionamiento del inversor

La tensión nominal del inversor híbrido será definida por el sistema de acumulación, es decir de  $U_n = 24 V$ .

La potencia del inversor se dimensiono en base a la Carga del sistema de iluminación, por ende, como la potencia total de la carga es de 1080 W, se seleccionaría un inversor hasta de 2 kVA, sin embargo, actualmente se dispone de un inversor de 3kVA/24V con una eficacia del 93%. Los datos de inversor se pueden observar en la Tabla 5.29.

**Tabla 5.29.** Especificaciones técnicas inversoras.

Descripción	Valor
Rango de tensión de entrada (V DC)	20 – 145 V
Salida	110 – 120 V 50/60 Hz
Potencia Aparente a 25°C (VA)	3000
Eficacia máxima	93%
Relé programable	si

#### 5.4.3. Dimensionamiento de banco de baterías

Para poder realizar el dimensionamiento del banco de baterías se basará en las características que se apreciar en Tabla 5.30.

**Tabla 5.30.** Características para el cálculo de baterías.

Descripción	Variable	Valor
Días de autonomía	$A$	1
Rendimiento de inversor	$\eta_{inv}$	98%
Rendimiento del conjunto de baterías	$\eta_{rb}$	80%
Profundidad de descarga	$PD_{max}$	91%

Para poder obtener el consumo medio diario en  $Ah$  se debe aplicar la ecuación (4.16) del apartado 4.5.3.

$$Q_d = \frac{W_d}{U_n}$$

$$Q_d = \frac{6480 Wh}{24 V} = 270 Ah/día$$

Se procede a calcular la capacidad nominal del sistema de acumulación aplicando la ecuación (4.17) del apartado 4.5.3.

$$C_n = \frac{Q_d \times A}{PD_{máx} \times \eta_{inv} \times \eta_{rb}}$$

$$C_n = \frac{270 \text{ Ah/día} \times 1 \text{ día}}{0.80 \times 0.98 \times 0.91} = 378.4481 \text{ Ah}$$

A continuación, se calcula el número de elementos conectados en serie, en donde se determina que el sistema de acumulación estará conformado por 2 baterías de 12 V, esta conexión se realiza con el fin de obtener una tensión nominal de 24 V.

$$N_{bs} = \frac{U_n}{U_b}$$

$$N_{bs} = \frac{24 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 2 \text{ Baterías en serie}$$

Para calcular el número de baterías que se conectarán en paralelo se aplica la ecuación (4.19), como la capacidad nominal en Ah que ofrecerá el banco de baterías debe ser elevada, es necesario instalar acumuladores de 100 Ah.

$$N_{bp} = \frac{C_n}{C_b}$$

$$N_{bp} = \frac{378.4481 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}} = 4 \text{ Baterías en paralelo}$$

Una vez realizado los cálculos, el banco de batería estará conformado por  $N_{bs} \times N_{bp} = 2 \times 4 = 8$  acumuladores de 100 Ah/12 V como se puede observar en la Tabla 5.31. Las baterías son de plomo-ácido la ventaja de estas baterías son, económicos en términos del mantenimiento y su auto descarga es menor al 5%.

**Tabla 5.31.** Características de la batería.

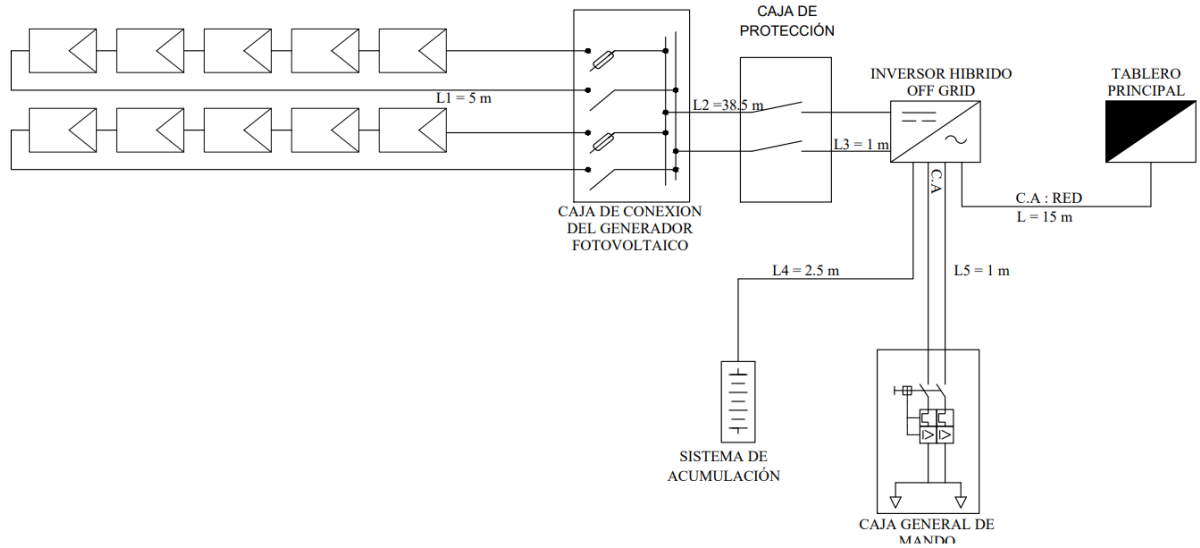
Descripción	Valor
Voltaje (V)	12 (V)
Amperios-Hora	100
Peso (kg)	33,5 kg
Corriente de carga inicial (A)	30
Dimensiones (Largo x Alto)	32,9 x 17,2 x 21,4 cm

#### 5.4.4. Cálculo de los conductores y caídas de tensión del sistema fotovoltaico autónomo

##### 5.4.4.1. Recopilación de datos

- Las corrientes y longitudes de los diferentes tramos que conforman el sistema fotovoltaico se muestran en la Figura 5.17 mediante la representación de un esquema unifilar.

### ESQUEMA UNIFILAR CON LAS LONGITUDES POR TRAMO



**Figura 5.17.** Esquema unifilar del Sistema Fotovoltaico.

- Tramo 1: Conexión de los módulos conectados en serie y paralelo a la caja de conexiones del generador fotovoltaico.

En el Tramo 1, se considera la intensidad de cortocircuito de un módulo fotovoltaico ( $I_{Msc} = 9 \text{ A}$ ) el cual debe ser multiplicado por el coeficiente de 1,25 en cumplimiento de la instrucción ITC BT 40.

$$I_1 = 1,25 \times I_{Gsc}$$

$$I_1 = 1,25 \times 9 \text{ A}$$

$$I_1 = 11,25 \text{ A}$$

Longitud del Tramo 1:  $L_1 = 3 \text{ m}$

- Tramo 2: Conexión de la caja de conexiones del generador fotovoltaico a la caja de protección.

En el Tramo 2, se considera la intensidad de cortocircuito total del generador fotovoltaico ( $I_{Gsc} = 18 \text{ A}$ ) e igualmente multiplicarlo por el coeficiente de 1,25.

$$I_2 = 1,25 \times I_{Gsc}$$

$$I_2 = 1,25 \times 18 \text{ A}$$

$$I_2 = 22,5 \text{ A}$$

Longitud del Tramo 2:  $L_2 = 34,4$  m

- Tramo 3: Conexión de la caja de protección del generador al inversor híbrido.

Para el Tramo 3, de igual forma se considerará la intensidad de cortocircuito total del generador fotovoltaico ( $I_{Gsc} = 18$  A) debido a que no sufre ninguna transformación e igualmente se multiplica por el coeficiente de 1,25.

$$I_3 = 1,25 \times I_{Gsc}$$

$$I_3 = 1,25 \times 18$$

$$I_3 = 22,5$$

Longitud del Tramo 3:  $L_3 = 1,3$  m

- Tramo 4: Conexión del inversor híbrido al sistema de acumulación.

Se considera la misma intensidad de cortocircuito del Tramo 3.

$$I_3 = 1,25 \times I_{Gsc}$$

$$I_3 = 1,25 \times 18$$

$$I_3 = 22,5$$

Longitud del Tramo 4:  $L_4 = 2,50$  m

- Tramo 5: Conexión del inversor híbrido a la caja general de mando y protección de la instalación en un circuito de corriente alterna.

En el Tramo 5, para obtener la corriente del inversor ( $I_{invca}$ ), se divide la potencia nominal del inversor elegido ( $S_{n_{inv}} = 3000$  VA) para la tensión nominal del sistema de utilización ( $U_{nca} = 120$  Vac), de igual forma multiplicarlo por el coeficiente de 1,25.

$$I_{invca} = \frac{S_{n_{inv}}}{U_{nca}} = \frac{3000}{120} = 25$$

$$I_5 = 1,25 \times I_{invca}$$

$$I_5 = 1,25 \times 25$$

$$I_5 = 31,25$$

Longitud del Tramo 5:  $L_5 = 18$  m

b) Máxima caída de tensión permitida

La máxima caída de tensión permitida es de 3%, la cual se distribuyen los principales tramos 1, 2, 3 y 5, despreciando el tramo 4 debido a que se deriva del tramo troncal. Esto se ha designado basándonos en el porcentaje de caída de tensión de los tramos de mayor corriente, proporcional a su longitud.

- Longitud total de los Tramos (1, 2, 3 y 5):

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_5$$

$$L_T = (3 + 34,4 + 1,3 + 18)m$$

$$L_T = 56,7 m$$

- Caída de tensión por unidad de longitud:

$$\Delta U_u = \frac{\Delta U_{\%}}{L_T} = \frac{3\%}{56,7 m} = 0,0529 \% / m$$

- Reparto de caídas de tensión proporcionales a la longitud de cada tramo:

Tramo 1:

$$\Delta U_{\%1} = \Delta U_u \times L_1 = 0,0529 \frac{\%}{m} \times 3 m = 0,1587\%$$

Tramo 2:

$$\Delta U_{\%2} = \Delta U_u \times L_2 = 0,0529 \frac{\%}{m} \times 34,4 m = 1,8198\%$$

Tramo 3:

$$\Delta U_{\%3} = \Delta U_u \times L_3 = 0,0529 \frac{\%}{m} \times 1,3 m = 0,0688\%$$

Tramo 4:

$$\Delta U_{\%4} = \Delta U_{\%2} + \Delta U_{\%3} = 1,8198\% + 0,0688\% = 1,8885\%$$

Tramo 5:

$$\Delta U_{\%5} = \Delta U_u \times L_5 = 0,0529 \frac{\%}{m} \times 18 m = 0,9522\%$$



- Comprobación de la caída de tensión de los tramos dentro de los límites previamente establecidos del 1,5%

$$\Delta U_{\%} = \Delta U_{\%1} + \Delta U_{\%2} + \Delta U_{\%3} + \Delta U_{\%5}$$

$$\Delta U_{\%} = 0,1587\% + 1,8198\% + 0,0688\% + 0,9522\%$$

$$\Delta U_{\%} = 3 \%$$

#### 5.4.4.2. Cálculo de la sección del conductor por caída de tensión

Se procede a calcular la sección del conductor en función de las caídas de tensión que se determinó anteriormente. El factor de potencia para el tramo 5 en corriente alterna se ignora de la ecuación, ya que se supone que es un valor de 1, y para los tramos de corriente continua no se considera este término. La conductividad del cable se toma a la temperatura de servicio correspondiente a 90 °C, por lo que su valor será  $\gamma_{90} = 45 \text{ s} \times \text{m}/\text{mm}^2$ , esto se realiza aplicando la ecuación (4.20) .

Tramo 1:

$$S = \frac{200 \times 3 \times 11,25}{0,1587 \times 143,26 \times 45} = 6,5964 \text{ mm}^2$$

Tramo 2:

$$S = \frac{200 \times 34,4 \times 22,5}{1,8198 \times 143,26 \times 45} = 13,1953 \text{ mm}^2$$

Tramo 3:

$$S = \frac{200 \times 1,3 \times 22,5}{0,0688 \times 143,26 \times 45} = 13,1928 \text{ mm}^2$$

Tramo 4:

$$S = \frac{200 \times 2,5 \times 22,5}{1,8885 \times 24 \times 45} = 5,5157 \text{ mm}^2$$

Tramo 5:

$$S = \frac{200 \times 18 \times 11,25}{0,9522 \times 143,26 \times 45} = 6,5977 \text{ mm}^2$$

#### 5.4.4.3. Determinación de la sección comercial

Una vez calculada la sección del conductor por el método de caída de tensión se procede a determinar el número del conductor que existe en el mercado. En la Tabla 5.32 se muestra los tramos del sistema fotovoltaico y el respectivo conductor que se utilizara para su instalación.

**Tabla 5.32.** Sección de los conductores por el Método de Caída de tensión.

Tramos	Sección del Conductor [mm <sup>2</sup> ]	Cable N.º	Corriente Normalizado (A)
1	6,5964	8	40
2	13,1953	6	60
3	13,1928	6	40
4	5,5157	8	40
5	6,5977	8	40

#### 5.4.5. Cálculo de protecciones para el sistema fotovoltaico

- Protección del Generador

El fusible será el encargado de proteger los módulos conectados en serie de cada ramal, se dimensionó para que actúe 2 veces la corriente de cortocircuito de un módulo solar ( $I_{sc}$ ) como se menciona en el apartado 4.5.6.

$$I_F = 1,5 \times I_{sc} = 1,5 \times 9 = 13,5 A$$

$$I_F = 2 \times I_{sc} = 2 \times 9 = 18 A$$

$$U_F = 1,2 \times U_{Goc} = 1,2 \times 143,26 V = 171,912 V$$

Por lo cual se escogerá un fusible de 15 A/200 Vdc

- Protección del Inversor

El interruptor general se encargará de proteger al inversor y se dimensiona para que soporte la corriente de cortocircuito del generador ( $I_{Gsc}$ ) y la tensión de circuito abierto del sistema fotovoltaico ( $U_{Goc}$ ).

$$I_n \geq I_{Goc} = 18 A$$

Por lo tanto, se escogerá un interruptor de 20 A/120 V.

- Protección del sistema de Iluminación

De acuerdo a la norma NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) los circuitos de iluminación deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 15 amperios y no exceder los 15 puntos de iluminación, por lo cual al realizar los cálculos usando la ecuación (4.23) y a su vez se sobredimensionó por lo tanto el laboratorio de simulación contara con un breaker de 20 amperios.

$$I_{CT} = \frac{1080 W}{120 V} = 9 A$$

- Protección de la red

Se realiza el cálculo de la protección para el ingreso de la red tomando en cuenta la potencia de la carga y el voltaje de la red.

$$I_{CT} = \frac{1980 W}{120 V} = 16.5 A \approx 20 A$$

#### **5.4.5.1. Estructura de soporte**

La estructura de un sistema fotovoltaico es sumamente importante, la cual se encarga de dotar al generador de la inclinación y orientación establecida en el dimensionamiento, con esto se puede identificar el sitio de la instalación, de la misma forma se puede determinar qué tipo de estructura se puede utilizar, él presenté implementación, dispone de un espacio considerable en la terraza del teatro Universitario, cuya superficie es inclinada lo que representa una mayor radiación solar.

### **5.5. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

Tras la formulación del plan técnico, se les considera los impactos técnicos, ambientales, sociales y económicos de la implementación del sistema de iluminación LED mediante generadores fotovoltaicos, de tal manera brindar niveles de calidad de iluminación en el laboratorio de simulación.

#### **5.5.1. Impacto técnico.**

En la propuesta tecnológica, se realizó el diseño e implementación del sistema fotovoltaico, con la reconfiguración del alumbrado en el laboratorio de simulación mediante tecnologías LED, mejorando y cumpliendo los niveles de iluminación establecidos en la noma INEC 1 154.

### **5.5.2. Impacto social**

El principal beneficio de la nueva configuración del sistema de iluminación LED, consiste en brindar una mejor visualización de los objetos y materias impartidos en las clases hacia el personal administrativo, docentes y estudiantes, de esa manera reduciendo el esfuerzo visual.

### **5.5.3. Impacto ambiental**

El nuevo sistema de generación fotovoltaica permite abastecer el sistema de iluminación del laboratorio de simulación y dando como resultado

Puesto que los equipos de iluminación están energizados mediante la generación fotovoltaica, se reduce las emisiones de gases como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC), y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

### **5.5.4. Impacto económico**

Al reducir el consumo de la energía del sistema de iluminación, reducirá los pagos en las facturas de la institución y a su vez el mantenimiento preventivo.

Además, al disponer de los generadores fotovoltaicos aislados de la red, es necesario incentivar a desarrollar más proyectos de este tipo por sus grades ventajas y beneficios que brinda.

## **5.6. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL LABORATOIO DE SIMULACIÓN**

Una vez realiza la reubicación e instalación de las nuevas luminarias en el laboratorio de simulación se procedió a realizar el mismo proceso de medición descrito en el apartado 5.2.2.1 y para el resto de laboratorios se elaboró las respectivas simulaciones con el fin de estimar el nivel de iluminación.

En la Tabla 5.33 se presenta el nivel de iluminación medido, simulado y el criterio de aceptación establecido en la Norma INEN 1 154, en donde se puede observar el cumplimiento para el Laboratorio de Simulación, sin embargo, para el resto de laboratorio solo queda simulado y las mediciones prácticas queda pendiente para futuros estudios.

**Tabla 5.33.** Resultados de los niveles de iluminación medidos y simulados de los laboratorios de CIYA.

Sección	Nivel de Iluminación Medida [lx]	Nivel de Iluminación Simulada [lx]	Criterio de Aceptación [lx]	Cumplimiento INEN 1 154
Laboratorio de Simulación	405,69	418	300	SI
Área de Instalaciones Eléctricas (Sección A)	NINGUNO	481	450	PENDIENTE
Área de Instalaciones Eléctricas (Sección B)	NINGUNO	474	450	PENDIENTE
Área de Óleo Neumática	NINGUNO	464	450	PENDIENTE
Área de Control Industrial	NINGUNO	486	450	PENDIENTE

### 5.7. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO

La evaluación del sistema de generación fotovoltaico se realizó mediante el software SolarPower el cual se encuentra ejecutando en la computadora del Laboratorio. El software permite extraer datos a través del cable de red que se encuentra conectado al mismo inversor, de igual forma se puede monitorear en tiempo real como está actuando el sistema fotovoltaico.

En la Tabla 5.34 se presenta una comparación entre los valores calculados en el apartado 5.4.1.2.4 y los valores medidos que se muestran en Anexo 15. Análisis del sistema de generación fotovoltaico el del sistema fotovoltaico, en donde se puede determinar que los valores reales no están muy alejados de los calculados.

**Tabla 5.34.** Resultados de las variables calculadas y medidas del sistema de generación fotovoltaico.

Sistema de Generación fotovoltaico		
Variables	Valores calculados	Valores medidos
Potencia Máxima (Pmax)	1980 W	1560,76 W
Voltaje a potencia máxima (Vmp)	115,95 V	108,13
Voltaje a circuito abierto (Vco)	143,26 V	130,17 V
Intensidad a potencia máxima (Imp)	16,96 A	14,47 V
Intensidad de cortocircuito (Isc)	18 A	14,56 A

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. CONCLUSIONES**

El sistema fotovoltaico implementado se identifica como un sistema híbrido debido a que al inversor ingresa la red y el sistema de generación renovable, en cuanto al sistema de iluminación para el laboratorio de simulación fue diseñado con tecnología LED por las ventajas y beneficios que ofrece a comparación de las lámparas fluorescentes.

El levantamiento de carga referente al sistema de iluminación realizado en los laboratorios de simulación, instalaciones eléctricas, óleo neumática y control industrial muestra que el primer laboratorio mencionado tiene una carga de 432 W siendo el más alto de todos y al momento de realizar el estudio de iluminación en los 4 laboratorios mediante el método de la grilla o la cuadrícula, se determina que ninguno de los laboratorios cumple con los requerimientos establecidos en la norma INEN 1 154, además el laboratorio de Óleo neumática tiene un nivel de iluminación de 166,38 luxes siendo uno de los cuatro laboratorios con menor iluminación.

El nuevo sistema de iluminación diseñado está seccionado en dos partes, la primera se encuentra en forma de L debido a que el área de docencia se encontraría con poca iluminación si se seccionara de manera uniforme y la segunda parte cuenta con pocas luminarias, ya que debajo de esa área no existe muchas computadoras y no es el sitio más usado por los estudiantes teniendo así la posibilidad apagar esa zona, en cuanto al sistema de generación como la carga paso de 432 W a 1080 W teniendo un crecimiento de 1,5% se vio en la necesidad de incrementar la generación y reestructurar todo el sistema fotovoltaico.

El laboratorio de simulación cuenta con un nivel de iluminación de 405,69 luxes cumpliendo con los requerimientos de la norma INEN 1 154, por otra parte, el sistema de generación está en capacidad de suministrar energía al Laboratorio de Simulación y el de PLC, teniendo una generación promedio de 1560,76 W el cual está cerca de los parámetros calculados del sistema fotovoltaico, aprovechando el 66% de la capacidad del inversor la misma que cuenta con una potencia máxima de 3000 VA.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

Es recomendable utilizar el software DIALux evo 10.1 para poder proyectar las luminarias requeridas al momento de diseño y a su vez poder realizar los cálculos de iluminación dentro del área de trabajo.

Se recomienda realiza un estudio de consumo de energía en los laboratorios de CIYA para verificar el ahorro económico y energético que se esta teniendo por parte del generador fotovoltaico.

Utilizar métodos adecuados para las mediciones de los niveles de iluminación, uno de los más fáciles y frecuentemente muy utilizados con mayor exactitud es el método de la cuadrilla o grilla.

Se debe evaluar el sistema de generación fotovoltaico tomando siempre en cuenta la demanda, para poder mejorar los niveles de iluminación del área de estudio.

Si se requiere añadir mayor demanda al inversor se debe verificar que se encuentre dentro de los rangos establecidos, de esa forma dimensionar las protecciones adecuadas para poder suministrar adecuadamente.

## 7. REFERENCIAS

- [1] S. Sánchez Guevara and J. Franco Gil, “Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a red con soporte de almacenamiento en la universidad,” Universidad Técnica de Pereira, Pereira, 2016. Accessed: Oct. 17, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3a02efc9-d8fb-432a-b2ee-e50b181dd11b/content>
- [2] E. P. Ayala Baño, “Diseño de un sistema fotovoltaico en el edificio administrativo del servicio ecuatoriano de capacitación profesional para reducir el consumo de la energía eléctrica,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2011. Accessed: Oct. 13, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/98/1/t559ec.pdf>
- [3] J. Rumiche Rojas and L. Alvas Moreno, “Diseño de una central solar fotovoltaica para el sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades del valle Chumbao, distrito de San Jerónimo, Andahuaylas y Talavera,” Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur , El Salvador, 2015. Accessed: Oct. 13, 2022. [Online]. Available: [http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/422/1/Julian\\_Julio\\_Trabajo\\_Suficiencia\\_2015.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/422/1/Julian_Julio_Trabajo_Suficiencia_2015.pdf)
- [4] Llano Iza Wilmer Patricio y Monta Iza Sergio Patricio, “Implementación de un sistema fotovoltaico para energizar un sistema de oxigenación de agua en la crianza y reproducción de truchas,” Latacunga , 2016.
- [5] J. R. Cayotopa Medina, “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas,” universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2019. Accessed: Oct. 16, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/7996>
- [6] H. Ramos López and R. Luna Puente, “Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área De estacionamiento de la Universidad Tecnológica De Salamanca,” *Universidad Tecnológica De Salamanca*, p. 101, 2014, Accessed: Oct. 16, 2022. [Online]. Available: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/521/1/TesisRafaelLunaPuente%2CHumbertoRamosLópez.pdf>
- [7] L. A. Murcia Triviño, “Diseño de un Sistema SFV para Iluminación Pista BMX Peñamonte,” 2016, Accessed: Oct. 17, 2022. [Online]. Available: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4470>
- [8] E. S. Villegas Tapia and L. E. Alcivar Tello, “Diseño de un sistema fotovoltaico para la escuela de educación básica Simón Bolívar en la comunidad masa 2, Golfo de Guayaquil,” Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil, 2020. Accessed: Oct. 16, 2022. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19525>
- [9] J. C. Vega Rodríguez, “Convertidor integral para sistemas fotovoltaico conectados a la red eléctrica,” Aug. 07, 2009. <https://es.scribd.com/document/259219142/Tesis-sistemas-fotovoltaico> (accessed Oct. 17, 2022).



- [10] M. A. Guananga Pujos, “Diseño y construcción de un sistema fotovoltaico de baja potencia en el sector rio blanco perteneciente a la comunidad yatzaputzan,” Universidad Técnica de Ambato , Ambato, 2017. Accessed: Nov. 17, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26083/1/Tesis%20I.M.%20394%20-%20Guananga%20Pujos%20Mauricio%20Alejandro.pdf>
- [11] J. A. Ladrón Guevara, “Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada,” Universidad Politécnica de Madrid , Madrid . Accessed: Nov. 17, 2022. [Online]. Available: [https://oa.upm.es/52204/1/PFC\\_JORGE\\_ALVARADO\\_LADRON\\_DE\\_GUEVARA.pdf](https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf)
- [12] R. H. Gallegos, “Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV,” CIATEO, Tabasco, 2017. Accessed: Nov. 19, 2022. [Online]. Available: <https://docplayer.es/75837419-Análisis-de-factibilidad-para-la-instalacion.html>
- [13] C. X. Grijalva Campoverde and F. D. Vélez Mosquera, “Estudio e Implementación de un sistema Fotovoltaico Aplicado a Luminarias: Caso de Estudio Unidad Educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero,” Universidad Politécnica Salesiana , Guayaquil , 2020. Accessed: Nov. 19, 2022. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18646/4/UPS-GT002920.pdf>
- [14] L. F. Basurto Gustines, “Plan de negocios para la creación de una empresa dedicado a la comercialización, instalación y mantenimiento de paneles solares en el área rural del cantón santa Lucía, Provincia de Guayas,” Universidad de Guayaquil , Guayaquil , 2015. Accessed: Nov. 19, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8885/1/TESIS%20PANELES%20SOLAR%20V3.pdf>
- [15] R. G. Cordero, “Tipos de Paneles Solares ,” Mar. 06, 2015. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-placas-solares/#Que-tipos-de-paneles-solares-existen> (accessed Nov. 21, 2022).
- [16] M. Villena and V. Serrano, “Caracterización de un módulo fotovoltaico de silicio amorfo y simulación con GNU octave,” *XXIV simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente* , Nov. 2017.
- [17] Jardín Solar, “Panel solar de silicio amorfo,” Aug. 29, 2013. <http://jardin-solar.blogspot.com/2013/08/para-que-sirve-un-panel-solar-de.html> (accessed Nov. 16, 2022).
- [18] A. Castejón Oliva and G. Santamaría Herranz, *Instalaciones solares fotovoltaicas*. 2010.
- [19] A. D. Pilatasig Montaluisa, “Evaluación de la calidad de energía eléctrica en instalaciones fotovoltaica conectadas a la red de bajo voltaje ,” Universidad Politécnica Salesiana , Quito, 2015.
- [20] D. F. Gruezo Valencia and V. S. Solís Mora, “Inversores inteligentes de energía solar fotovoltaica Smart solar photovoltaic inverters Inversores solares



- fotovoltaicos inteligentes,” *Pol. Con*, vol. 7, no. 4, pp. 1246–1266, Apr. 2022, doi: 10.23857/pc.v7i4.3887.
- [21] Solarmat, “Inversor Híbrido ,” Jul. 25, 2022. <https://solarmat.es/es/Inversor-hibrido-MPPT> (accessed Nov. 16, 2022).
- [22] KeeUI Solar, “Bancos de baterías para Sistemas Fotovoltaicos,” Mar. 12, 2021. <https://keeui.com/2021/03/12/bancos-de-baterias-para-sistemas-fotovoltaicos/> (accessed Nov. 16, 2022).
- [23] SolarPlak, “Tipos de baterías para instalaciones solares ,” Jul. 2017. <https://solarplak.es/energia/tipos-de-baterias-para-instalaciones-solares/> (accessed Nov. 16, 2022).
- [24] R. Eréndira Isabel and Syscom, “Cómo conectar Bancos de Baterías para Aplicaciones Fotovoltaicas,” May 06, 2021. <https://www.syscomblog.com/2021/05/como-conectar-bancos-de-baterias-para.html> (accessed Nov. 16, 2022).
- [25] I. A. Monar Herrera, “Diseño de una instalación fotovoltaica optimizado el ángulo de inclinación de los paneles solares,” Universidad Católica Santiago de Guayaquil , Guayaquil , 2015.
- [26] R. Rodríguez Villena, “Desarrollo de un plan estratégico de ahorro y uso eficiente de energía para el centro de enseñanza para extranjeros ‘CEPE,’” Universidad Nacional Autónoma de México , México , 2016.
- [27] T. Álvarez Bayona, *Iluminación en el puesto de trabajo*. 2015. Accessed: Nov. 16, 2022. [Online]. Available: <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Iluminación+en+el+puesto+de+trabajo/9f9299b8-ec3c-449e-81af-2f178848fd0a>
- [28] efecto LED, “Luminancia,” May 2018. <https://www.efectoled.com/blog/es/que-es-la-luminancia/> (accessed Nov. 16, 2022).
- [29] P. A. Blasco Espinosa, *Iluminación*, Tercera. España, 2018. Accessed: Nov. 21, 2022. [Online]. Available: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACIÓN\\_\\_GIE-3\\_\\_2en1.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACIÓN__GIE-3__2en1.pdf)
- [30] ILUMINICA, “La eficiencia luminosa y los sistemas LED,” Jan. 31, 2020. <http://iluminica.com/la-eficiencia-luminosa-y-los-sistemas-led/> (accessed Nov. 16, 2022).
- [31] H. González Maceda and J. L. González Madrid, “Propuesta de un sistema de iluminación exterior para los estacionamientos de la E.S.I.M.E Unidad Zacatenco por medio de luminarias con tecnología LED,” Instituto Politécnica Nacional , México, 2015.
- [32] Fernando Deco, “La utilidad de la curva fotométrica ,” *Iluminet*, 2017. Accessed: Nov. 17, 2022. [Online]. Available: [www.iluminet.com](http://www.iluminet.com)
- [33] Iluminet, “La utilidad de las curvas fotométricas ,” Jun. 20, 2018. <https://www.iluminet.com/curvas-fotometria-iluminación/> (accessed Nov. 17, 2022).
- [34] C. Morente Montserrat and M. García Gil, “Luminarias,” Jun. 05, 2022. <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/index.php> (accessed Nov. 17, 2022).

- [35] CELER, “Temperatura de color,” Oct. 15, 2022. <https://www.celerlight.com/que-es-la-temperatura-de-color/> (accessed Nov. 17, 2022).
- [36] A. U. Guerrero Flores, J. A. Ruvalcaba Santos, and I. Vázquez Ruiz, “Propuesta de alumbrado con iluminación tipo LED y paneles fotovoltaicos ‘Estacionamiento de la dirección de administración escolar del IPN,’” Instituto Politécnica Nacional , México, 2016. Accessed: Nov. 17, 2022. [Online]. Available: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/21082/1/TESIS%20FINAL%20VRI.pdf>
- [37] M. P. Castro Guamán and N. C. Posligua Murillo, “Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas,” Universidad Politécnica Salesiana , Guayaquil, 2015.
- [38] A. J. Conejo Navarro, J. M. Arroyo Sánchez, and J. L. Polo Sanz, *Instalación eléctrica* , vol. 1. España, 2007. Accessed: Dec. 08, 2022. [Online]. Available: <https://dsc.cloud/f46b2e/474740938-Instalaciones-eléctricas-Conejo-pdf-r.pdf>
- [39] P. Lighting, “La tecnología de iluminación LED,” Jun. 2018, Accessed: Nov. 17, 2022. [Online]. Available: [http://electrosertec.com/img/cms/TECNOLOGIA\\_ILUMINACIÓN\\_LED.pdf](http://electrosertec.com/img/cms/TECNOLOGIA_ILUMINACIÓN_LED.pdf)
- [40] LED en el alumbrado, “Guía sobre Tecnología ,” *Madrid Ahorra con energía* , 2015, Accessed: Nov. 17, 2022. [Online]. Available: [www.madrid.org](http://www.madrid.org)
- [41] I. Salazar, J. Chiroque, and M. Aréstegui, *Electricidad guía práctica para viviendas*. Perú, 2011.
- [42] J. Cantos Serrano and Pérez Llorens Jaime, *Instalaciones eléctricas básicas* , Paz Otero Paola. España: López Raso María José, 2018. Accessed: Dec. 08, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=qE9tDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=instalaciones+eléctricas+libro&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjsmvP87ez7AhXnQzABHYp2DhkQ6wF6BAgJEA#v=onepage&q&f=false>
- [43] W. E. Laguna Saquina, “Evaluación de riesgos lumínicos en el área de aparado en la empresa Calzado,” Universidad Técnica de Ambato , Ambato, 2017.
- [44] Superintendencia de Riesgos del Trabajo, *La iluminación en el ambiente laboral* . España, 2018.
- [45] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “INEN,” Jan. 2004, Accessed: Jan. 15, 2023. [Online]. Available: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1153.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1153.pdf)
- [46] B. Giménez, M. Antón, P. Villa, and R. María, “Luminotecnia cálculo según el método de los lúmenes,” Aug. 1995.
- [47] J. J. Diego David, “Diseño de un sistema de alumbrado led a través de energía fotovoltaica para brindar niveles de calidad de iluminación en el parqueadero N°1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi,” Universidad Técnica de Cotopaxi , Latacunga, 2019.
- [48] I. E. Pereda Soto, “Celdas fotovoltaicas en generación distribuida ,” Universidad Católica de Chile , Santiago de Chile , 2005.



## 8. ANEXOS












### 8.1. ANEXO 1: INFORME TECNICO DEL URKO

<b>Facultad:</b>	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas														
<b>Carrera:</b>	Ingeniería en Electricidad														
<b>Nombre del docente evaluador que emite el informe:</b>	PhD. Secundino Marrero Ramírez														
<b>Documento evaluado:</b>	Propuesta Tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería en electricidad.														
<b>Autores del documento:</b>	Sr. Sangotasig Tocumbe Wilson Fabian Sr. Tasinchana Casa Cesar Agustin														
<b>Programa de similitud utilizado:</b>	Sistema URKUND														
<b>Porcentaje de similitud según el programa utilizado:</b>	6%														
<b>Observaciones:</b> Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.</li> <li>• El documento cumple criterios de originalidad, con observaciones.</li> <li>• El documento no cumple criterios de originalidad.</li> </ul>	-X- ... ...														
<b>Fecha de realización de informe:</b>	2023-02-09 20:38:00														
<b>Captura de pantalla del documento analizado:</b>															
 <p>The screenshot shows the following information:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Document Information</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Analyzed document</td> <td>TESIS_SANGOTASIG_WILSON_TASINCHANA_CESAR.docx (D158280154)</td> </tr> <tr> <td>Submitted</td> <td>2023-02-09 20:38:00</td> </tr> <tr> <td>Submitted by</td> <td>Carlos</td> </tr> <tr> <td>Submitter email</td> <td>carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec</td> </tr> <tr> <td>Similarity</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Analysis address</td> <td>carlos.quinatoa7864.utc@analysis.arkund.com</td> </tr> </tbody> </table>		Document Information		Analyzed document	TESIS_SANGOTASIG_WILSON_TASINCHANA_CESAR.docx (D158280154)	Submitted	2023-02-09 20:38:00	Submitted by	Carlos	Submitter email	carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec	Similarity	6%	Analysis address	carlos.quinatoa7864.utc@analysis.arkund.com
Document Information															
Analyzed document	TESIS_SANGOTASIG_WILSON_TASINCHANA_CESAR.docx (D158280154)														
Submitted	2023-02-09 20:38:00														
Submitted by	Carlos														
Submitter email	carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec														
Similarity	6%														
Analysis address	carlos.quinatoa7864.utc@analysis.arkund.com														
 PhD. Secundino Marrero Ramírez Director de Proyecto de la Propuesta Tecnológica															

## Document Information

Analyzed document	TESIS_SANGOTASIG_WILSON_TASINCHANA_CESAR.docx (D158280154)
Submitted	2023-02-09 20:38:00
Submitted by	Carlos
Submitter email	carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	carlos.quinatoa7864.utc@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / Tesis_GERMAN_YANEZ.pdf</b> Document Tesis_GERMAN_YANEZ.pdf (D110741476) Submitted by: carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec Receiver: carlos.quinatoa7864.utc@analysis.arkund.com	 4
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS_YANEZ_GERMAN.pdf</b> Document TESIS_YANEZ_GERMAN.pdf (D110741609) Submitted by: jordin.lopez9356@utc.edu.ec Receiver: carlos.quinatoa7864.utc@analysis.arkund.com	 6
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / Tesis_Repotenciación_German_Yáñez.pdf</b> Document Tesis_Repotenciación_German_Yáñez.pdf (D113785446) Submitted by: carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec Receiver: carlos.quinatoa7864.utc@analysis.arkund.com	 29
<b>SA</b>	<b>9063-Enriquez Fuertes, Eliseo_.pdf</b> Document 9063-Enriquez Fuertes, Eliseo_.pdf (D54123731)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3a02efc9-d8fb-432a-b2ee-e50b181dd11b...">https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3a02efc9-d8fb-432a-b2ee-e50b181dd11b...</a> Fetched: 2023-02-09 20:38:00	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/98/1/t559ec.pdf">https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/98/1/t559ec.pdf</a> Fetched: 2023-02-09 20:38:00	 1
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/422/1/Julian_Julio_Trabajo_Suficien...">http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/422/1/Julian_Julio_Trabajo_Suficien...</a> Fetched: 2023-02-09 20:38:00	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19525">https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19525</a> Fetched: 2023-02-09 20:39:00	 1
<b>SA</b>	<b>Proyecto_PaulaGomez_OscarDulcey_Rev.07.03.2022.docx</b> Document Proyecto_PaulaGomez_OscarDulcey_Rev.07.03.2022.docx (D129720515)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8885/1/TESIS%20PANELES%20SOLAR%20V3.pdf">http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8885/1/TESIS%20PANELES%20SOLAR%20V3.pdf</a> Fetched: 2023-02-09 20:39:00	 1
<b>SA</b>	<b>ESTUDIOCASO002-Acosta,Cano,Coquinche,Vega.pdf</b> Document ESTUDIOCASO002-Acosta,Cano,Coquinche,Vega.pdf (D111366204)	 1

## 8.2. ANEXO 2: ESTUDIO TÉCNICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

En el caso práctico para el diseño del sistema de iluminación del Laboratorio de Simulación se lo realizo con las luminarias Dhin light y Volton, debido a su fácil obtención y características aceptables que ayudan a mejorar el nivel de iluminación del laboratorio y para la proyección de las luminarias del resto de laboratorios se utilizó la luminaria SYLVANIA debido a que los alumbrados cuenta con más luminarias de este tipo, las cuales se pueden reutilizar para cumplir con el nivel de iluminación según la norma INEN 1 154.

### 8.2.1. Estudio de iluminación en el Laboratorio de Simulación

- Cálculo del índice local (k)

El cálculo del índice local (k) para el laboratorio de simulación se lo realizo en el apartado 5.2.2.1 con las mismas medidas representadas en la Tabla 5.1.

$$k = \frac{12,4 \times 9,83}{2,85 \times (12,4 + 9,83)}$$

$$k = 1,92$$

- Cálculo del coeficiente de reflexión

Para determinar el coeficiente de reflexión se verificó el acabado del techo, pared y piso del Laboratorio de Simulación [38].

**Tabla 8.1.** Coeficientes de reflexión recomendados por la Norma INEN 1 153.

LABORATORIO DE SIMULACIÓN	
Superficies interiores	Coeficiente de reflexión
Techo	0,7
Pared	0,5
Piso	0,2

- Cálculo del coeficiente de utilización

Para calcular el coeficiente de utilización nos basamos en la Tabla 4.3 tomando en cuenta el índice local (k) y los coeficientes de reflexión.

El índice local tiene el valor de  $k = 1,92$  por lo cual la lectura directa no es posible, de manera que se realiza una interpolación entre los valores cercanos.

X	Y
1,5	0,44
1,96	0,4583
2	0,46

$$C_u = 0,44 + \frac{0,46 - 0,44}{2 - 1,5} * (1,96 - 1,5) = 0,4583$$

- Cálculo del factor de mantenimiento

Consiste en el nivel de mantenimiento que tiene las luminarias y al ser un laboratorio donde se recibe clases se asume un ambiente limpio por lo que se toma  $C_m = 0,8$ .

- Cálculo del Flujo luminoso necesario

Para el cálculo del flujo luminoso se utiliza la ecuación (4.4).

Datos

$\phi T$  = Flujo total que se necesita en el laboratorio

$$E = 300$$

$$S = 121,892$$

$$C_u = 0,458$$

$$C_m = 0,8$$

$$\phi T = \frac{300 \times 121,892}{0,4583 \times 0,8} = 99730,1678 \text{ lúmenes}$$

- Cálculo del Número de luminarias para alcanzar el nivel adecuado

Para el cálculo del Número de luminarias se utiliza la ecuación (4.5).

$$NL = \frac{99730,1678}{0,3 \times 1800}$$

$$NL = 18,4685 \approx 18$$

Se tendrá que utilizar 18 lámparas para alcanzar el flujo luminoso estimado

### 8.2.2. Estudio de iluminación en el Área de instalaciones eléctricas (Sección A)

- Cálculo del índice local (k)

El cálculo del índice local (k) para el Área de instalaciones eléctricas (Sección A) se lo realizo en el apartado 0 con las mismas medidas representadas en la Tabla 5.3.

$$k = \frac{6 \times 2,82}{2,82 \times (6 + 2,82)}$$

$$k = 0,85$$

- Cálculo del coeficiente de reflexión

Para determinar el coeficiente de reflexión se verificó el acabado del techo, pared y piso del Área de instalaciones eléctricas (Sección A).

<b>ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN A)</b>	
<b>Superficies interiores</b>	<b>Coefficiente de reflexión</b>
Techo	0,7
Pared	0,5
Piso	0,2

- Cálculo del coeficiente de utilización

Para calcular el coeficiente de utilización nos basamos en la Tabla 4.3 tomando en cuenta el índice local (k) y los coeficientes de reflexión.

El índice local tiene el valor de  $k = 1,04$  por lo cual la lectura directa no es posible, de manera que se realiza una interpolación entre los valores cercanos.

X	Y
0,8	0,32
0,85	0,3305
1	0,36

$$C_u = 0,32 + \frac{0,36 - 0,32}{1 - 0,8} * (0,85 - 0,8) = 0,3305$$

- Cálculo del factor de mantenimiento

Consiste en el nivel de mantenimiento que tiene las luminarias y al ser un laboratorio donde se recibe clases se asume un ambiente limpio por lo que se toma  $C_m = 0,8$ .

- Cálculo del Flujo luminoso necesario

Para el cálculo del flujo luminoso se utiliza la ecuación (4.4).

Datos



$\phi T$  = Flujo total que se necesita en el laboratorio

$$E = 450$$

$$S = 16,92$$

$$C_u = 0,3305$$

$$C_m = 0,8$$

$$\phi T = \frac{450 \times 16,92}{0,3305 \times 0,8} = 28795,3999 \text{ lúmenes}$$

- Cálculo del Número de luminarias para alcanzar el nivel adecuado

Para el cálculo del Número de luminarias se utiliza la ecuación (4.5).

$$NL = \frac{28795,3999}{3 \times 824}$$

$$NL = 11,6486 \approx 12$$

Se tendrá que utilizar 12 lámparas para alcanzar el flujo luminoso estimado

### 8.2.3. Estudio de iluminación en el Área de instalaciones eléctricas (Sección B)

- Cálculo del índice local (k)

El cálculo del índice local (k) para el Área de instalaciones eléctricas (Sección B) se lo realizo en el apartado 5.2.3.3 con las mismas medidas representadas en la Tabla 5.5.

$$k = \frac{7,86 \times 4,96}{1,89 \times (7,86 + 4,96)}$$

$$k = 1,61$$

- Cálculo del coeficiente de reflexión

Para determinar el coeficiente de reflexión se verifico el acabado del techo, pared y piso del Área de instalaciones eléctricas (Sección B).

<b>ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (SECCIÓN B)</b>	
<b>Superficies interiores</b>	<b>Coefficiente de reflexión</b>
Techo	0.7
Pared	0.5
Piso	0.2

- Cálculo del coeficiente de utilización

Para calcular el coeficiente de utilización nos basamos en la Tabla 4.3 tomando en cuenta el índice local ( $k$ ) y los coeficientes de reflexión.

El índice local tiene el valor de  $k = 1,61$  por lo cual la lectura directa no es posible, de manera que se realiza una interpolación entre los valores cercanos.

X	Y
1,5	0,44
1,61	0,4444
2	0,46

$$C_u = 0,44 + \frac{0,46 - ,44}{2 - 1,5} * (1,61 - 1,5) = 0,4444$$

- Cálculo del factor de mantenimiento

Consiste en el nivel de mantenimiento que tiene las luminarias y al ser un laboratorio donde se recibe clases se asume un ambiente limpio por lo que se toma  $C_m = 0,8$ .

- Cálculo del Flujo luminoso necesario

Para el cálculo del flujo luminoso se utiliza la ecuación (4.4).

Datos

$\phi T$  = Flujo total que se necesita en el laboratorio

$$E = 450$$

$$S = 38,9856$$

$$C_u = 0,4444$$

$$C_m = 0,8$$

$$\phi T = \frac{450 \times 38,9856}{0,4444 \times 0,8} = 49350,5537 \text{ lúmenes}$$

- Cálculo del Número de luminarias para alcanzar el nivel adecuado

Para el cálculo del Número de luminarias se utiliza la ecuación (4.5).

$$NL = \frac{49350,5537}{3 \times 824}$$

$$NL = 19,9638 \approx 20$$

Se tendrá que utilizar 20 lámparas para alcanzar el flujo luminoso estimado

#### 8.2.4. Estudio de iluminación en el Área de Óleo Neumática

- Cálculo del índice local (k)

El cálculo del índice local (k) para el Área Óleo Neumática se lo realizo en el apartado 0 con las mismas medidas representadas en la Tabla 5.7.

$$k = \frac{7,8 \times 4,92}{1,89 \times (7,8 + 4,92)}$$

$$k = 1,60$$

- Cálculo del coeficiente de reflexión

Para determinar el coeficiente de reflexión se verificó el acabado del techo, pared y piso del Área de ole neumática.

<b>LABORATORIO DE SIMULACIÓN</b>	
<b>Superficies interiores</b>	<b>Coficiente de reflexión</b>
Techo	0,7
Pared	0,5
Piso	0,2

- Cálculo del coeficiente de utilización

Para calcular el coeficiente de utilización nos basamos en la Tabla 4.3 tomando en cuenta el índice local (k) y los coeficientes de reflexión.

El índice local tiene el valor de  $k = 1,92$  por lo cual la lectura directa no es posible, de manera que se realiza una interpolación entre los valores cercanos.

X	Y
1,5	0,44
1,60	0,4439
2	0,46

$$C_u = 0,44 + \frac{0,46 - 0,44}{2 - 1,5} * (1,60 - 1,5) = 0,4439$$

- Cálculo del factor de mantenimiento

Consiste en el nivel de mantenimiento que tiene las luminarias y al ser un laboratorio donde se recibe clases se asume un ambiente limpio por lo que se toma  $C_m = 0,8$ .

- Cálculo del Flujo luminoso necesario

Para el cálculo del flujo luminoso se utiliza la ecuación (4.4).

Datos

$\phi T$  = Flujo total que se necesita en el laboratorio

$$E = 450$$

$$S = 38,3760$$

$$C_u = 0,4439$$

$$C_m = 0,8$$

$$\phi T = \frac{450 \times 38,3760}{0,4439 \times 0,8} = 48634,5147 \text{ lúmenes}$$

- Cálculo del Número de luminarias para alcanzar el nivel adecuado

Para el cálculo del Número de luminarias se utiliza la ecuación (4.5).

$$NL = \frac{48634,5147}{3 \times 824}$$

$$NL = 19,6741 \approx 20$$

Se tendrá que utilizar 20 lámparas para alcanzar el flujo luminoso estimado

### 8.2.5. Estudio de iluminación en el Área de Control Industrial

- Cálculo del índice local (k)

El cálculo del índice local (k) para el Área Control Industrial se lo realizó en el apartado 5.2.2.5 con las mismas medidas representadas en la Tabla 5.9.

$$k = \frac{8,42 \times 4,48}{2,275 \times (8,42 + 4,48)}$$

$$k = 1,29$$

- Cálculo del coeficiente de reflexión

Para determinar el coeficiente de reflexión se verificó el acabado del techo, pared y piso del Área control industrial.

<b>ÁREA DE CONTROL INDUSTRIAL</b>	
<b>Superficies interiores</b>	<b>Coefficiente de reflexión</b>
Techo	0,7
Pared	0,5
Piso	0,2

- Cálculo del coeficiente de utilización

Para calcular el coeficiente de utilización nos basamos en la Tabla 4.3 tomando en cuenta el índice local (k) y los coeficientes de reflexión.

El índice local tiene el valor de  $k = 1,29$  por lo cual la lectura directa no es posible, de manera que se realiza una interpolación entre los valores cercanos.

X	Y
1,25	0,39
1,29	0,3971
1,5	0,44

$$C_u = 0,39 + \frac{0,44 - 0,39}{1,5 - 1,25} * (1,29 - 1,3) = 0,3971$$

- Cálculo del factor de mantenimiento

Consiste en el nivel de mantenimiento que tiene las luminarias y al ser un laboratorio donde se recibe clases se asume un ambiente limpio por lo que se toma  $C_m = 0,8$ .

- Cálculo del Flujo luminoso necesario

Para el cálculo del flujo luminoso se utiliza la ecuación (4.4).

Datos

$\phi T$  = Flujo total que se necesita en el laboratorio

$E = 450$

$S = 37,7216$

$$C_u = 0,3971$$

$$C_m = 0,8$$

$$\phi T = \frac{450 \times 37,7216}{0,3971 \times 0,8} = 53437,6209 \text{ lúmenes}$$

- Cálculo del Número de luminarias para alcanzar el nivel adecuado

Para el cálculo del Número de luminarias se utiliza la ecuación (4.5).

$$NL = \frac{53437,6209}{3 \times 824}$$

$$NL = 21,6171 \approx 22$$

Se tendrá que utilizar 22 lámparas para alcanzar el flujo luminoso estimado

### 8.3. ANEXO 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL LUXÓMETRO SPER SCIENTIFIC 850007



ESPECIFICACIONES DEL LUXOMETRO SPER SCIENTIFIC 850007

Circuito	Un chip personalizado del circuito LSI del microprocesador
Pantalla	LCD Tamaño; 52 mm x 38 mm. B Luz de fondo
Unidad de medida	Luz: Lux o Foot Candle Termómetro tipo K/J: °C o °F
Estructura de sensor de luz	Fotodiodo y filtro de corrección de color, espectro diseñado para cumplir con CIE
Tiempo de muestreo de la pantalla	Aproximadamente 1 segundo
Salida de datos	Interfaz de ordenador PC RS232/USB
Tarjeta de memoria	Tarjeta SD de 1 GB a 16 GB
Temperatura de funcionamiento	0 a 50°C
Temperatura de funcionamiento	< 85%RH
Fuente de alimentación	Batería alcalina o de servicio pesado de 1,5 V CC (UM3, AA) x 6 piezas Entrada de adaptador DC 9V (El adaptador de corriente AC/DC es opcional)
Corriente de poder	Funcionamiento normal (sin uso de registrador de datos o retroiluminación): aproximadamente CC, 6,5 mA Operación de registrador de datos (la luz de fondo esta apagado): Aproximadamente CC 30mA Si la luz de fundo este encendido, el consumo de energía aumentara en aproximadamente 16 mA
Dimensiones	7"x 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " x 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " (178 x 70 x 44 mm)
Peso	11,4 onzas (323g)

Las siguientes pruebas de especificación se realizaron en un entorno temperatura de 23± 5°C




Unidad	Alcance	Visualización máxima dentro del rango
Lux (rango automático)	2000 lux	0 a 1999 lux
	20.000 lux	1.800 a 19.990 lux
	100.000lux	18.000 a 99.900 lux
Velas de pie (Rango automático)	200 pies-cd	0 a 186 pies-cd
	2000 pies-cd	167 a 1860 pies-cd
	10.000 pies-cd	1.670 a 9.290,7 Ft-cd

Alcance	Resolución	Precisión
2000 lux	1 lux	±(4% de lectura + 2 dígitos)
20.000 lux	10 lux	
100.000 lux	100 lux	
200 pies-cd	0,1 pies-cd	± (4% de lectura + 2 Ft-cd)
2000 pies-cd	1 pies-cd	
10.000 pies-cd	CD de 10 pies	



## 8.4. ANEXO 4. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL LUXÓMETRO SPER SCIENTIFIC 850007


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: M-CC-0022-001-22

						
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE						
NOMBRE:	IPGMSERVICIOS AMBIENTALES CIA. LTDA.					
DIRECCIÓN:	AV. CONDOR ÑAN Y AV. LLIRA ÑAN					
TELÉFONO:	2236188					
PERSONA(S) DE CONTACTO:	XIMENA CARVAJAL					
IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE CALIBRACIÓN						
ÍTEM:	LUXOMETRO	CÓDIGO <sup>(1)</sup> :	EII/PGM/21			
MARCA:	SPER SCIENTIFIC	RESOLUCIÓN:	1; 10; 100			
MODELO:	850007	INTERVALO DE MEDIDA <sup>(2)</sup> :	(0 - 100000) lx			
SERIE:	S.029272	UBICACIÓN:	NO ESPECIFICA			
EQUIPAMIENTO UTILIZADO						
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	VENCE CAL.	Nº CERTIFICADO
EL.PC.071	LÁMPARA INCANDESCENTE PATRÓN	PHILIPS	FEL	CENAM FEL-12	2022-11-27	CNM-CC-520-326/330 2019
EL.PT.930	DISTANCIOMETRO	BOSCH	GLM35	712403652	2022-06-25	CC-2371-041-21
EL.PT.710	TERMOHIGROMETRO	CENTER	342	170500256	2022-06-25	CC-2370-040-21
DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA						
Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del CENAM (Centro Nacional de Metrología - México) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).						
CALIBRACIÓN						
MÉTODO:	COMPARACIÓN DIRECTA CON LÁMPARA INCANDESCENTE					
DOCUMENTO DE REFERENCIA:	CNM-MFO-PT-004:2010					
PROCEDIMIENTO:	PEC.EL.050					
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LAB. RADIANCIA Y ÓPTICA (ELICROM)					
TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA:	21,1 °C	±0,4 °C				
HUMEDAD RELATIVA MEDIA:	43,2 %HR	±3,6 %HR				
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN						
Valor Nominal	Lectura ítem	Error de Medición	Incertidumbre de Medición		Factor de Cobertura (k)	
lx	lx	lx	lx			
4008	3910	-98	42		2,00	
3505	3420	-85	37		2,00	
1251	1223	-28	13		2,00	
250	244	-6,0	3,6		2,21	
150	149	-1,0	1,8		2,04	
30	30	0,00	0,71		2,03	
Factor de corrección (FC): 1,01592						
RESULTADO DE UNA MEDICIÓN						
El resultado de una medición, es decir la lectura corregida aproximada del instrumento se obtiene a partir de:						
$E_{V,REAL} = E_{V,ITEM} * 1,01592$						
OBSERVACIONES						
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición (intervalo de confianza), la cual se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k, que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.						
<b>NOTAS:</b>						
- La lectura del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la resolución del patrón empleado.						
- La incertidumbre relativa reportada en este documento es únicamente para el intervalo en el cuál se ha realizado la calibración.						
- Para encontrar la lectura corregida de los valores que se encuentren dentro del intervalo en el cuál se ha realizado la calibración, es recomendable aplicar la relación $E_{V,REAL} = E_{V,ITEM} * FC$ , en donde $E_{V,ITEM}$ debe reemplazarse por la lectura del luxómetro.						
<sup>(1)</sup> Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.						
<sup>(2)</sup> Información tomada de las especificaciones del ítem de calibración (proporcionada por el fabricante).						
MODIFICACIONES AL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN						
ESTE CERTIFICADO REEMPLAZA EN SU TOTALIDAD AL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CC-0022-001-22						
Los cambios realizados en el presente documento y en referencia al certificado emitido originalmente fueron los siguientes:						
Se coloca la incertidumbre de medición en valores lx.						
CALIBRACIÓN REALIZADA POR:	Ronald Arias					
FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM:	2021-12-30	FECHA DE EMISIÓN:	2022-09-06			
FECHA DE CALIBRACIÓN:	2021-12-30					



Autenticación de certificado

Autorizado y firmado electronicamente por:

  
Ing. Savino Pineda  
Gerente Técnico



Firma electrónica

## 8.5. ANEXO 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA LUMINARIA VOLTON

**volton**

ILUMINACIÓN INDUSTRIAL

ILUMINACIÓN INDUSTRIAL

**volton**



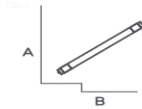
### Tubo de Vidrio Led



85% ahorro Vida útil 25,000H Base G13 Conexión Una Via



	MEDIDAS (A x B)
9W	28 mm x 589,5 mm
18W	28 mm x 1194,4 mm
24W	28 mm x 1494,4 mm



	VIL0201001	VIL0201002	VIL0201003	VIL0201004	VIL0201005	VIL0201006
Potencia	9W		18W		24W	
Flujo Luminoso (Lúmenes)	850 lm		1,700 lm		2,400 lm	
Eficiencia	94 lm/W			100 lm/W		
Voltaje	100-240V			100-240V		
Frecuencia	50/60 Hz			50/60 Hz		
Temp. de Color	4000K	6500K	4000K	6500K	4000K	6500K
Base	G13			G13		
Factor de potencia	>0.5			>0.9		
IRC	80			80		
Ángulo de Apertura	220°			220°		
Vida Útil	25,000 h			25,000 h		
Temp. de ambiente	-20 -40° C			-20 -40° C		
PCS	25			20		



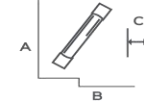
### Luminaria Batten Led



85% ahorro Vida útil 30,000H IRC 80 E.P. >0.9



	MEDIDAS (A x B x C)
18W	75 mm x 600 mm x 24mm
36W	75 mm x 1200 mm x 24mm



	VIL0202001	VIL0202002
Potencia	18W	36W
Flujo Luminoso (Lúmenes)	1,650 lm	3,000 lm
Eficiencia	92 lm/W	83 lm/W
Voltaje	110-240V	
Frecuencia	50/60 Hz	
Temp. de Color	6500K	
IP	20	
Factor de potencia	>0.9	
IRC	80	
Ángulo de Apertura	180°	
Vida Útil	30,000 h	
Temp. de ambiente	-20 -40° C	
PCS	20	



## 8.6. ANEXO 6. SISTEMA UNIFILAR EXISTENTE DEL LABORATORIO DE SIMULACIÓN



## 8.7. ANEXO 7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO, EGE.270P-60 POLICRISTALINO

### ELECTRICAL DATA AT STC\*

Power output (Pmax)	270 W
Power tolerance	0~+5 W
Module efficiency	16.43 %
Maximum power voltage (Vmp)	31.44 V
Maximum power current (Imp)	8.59 A
Open circuit voltage (Voc)	38.45 V
Short circuit current (Isc)	9.03 A

\*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m<sup>2</sup> • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

### ELECTRICAL DATA AT NOCT\*

Power output (Pmax)	199.74 W
Maximum power voltage (Vmp)	29.04 V
Maximum power current (Imp)	6.87 A
Open circuit voltage (Voc)	35.51 V
Short circuit current (Isc)	7.33 A

\*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m<sup>2</sup> • Ambient temperature: 20°C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

### TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT	45 °C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.396%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.31%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.06%/°C

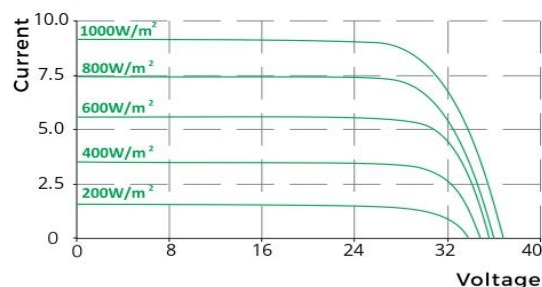
### MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-45 °C ~+85 °C
Maximum system voltage	1500 V
Max series fuse rating	15 A
Max front load (e.g.: snow)	5400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2400 Pa

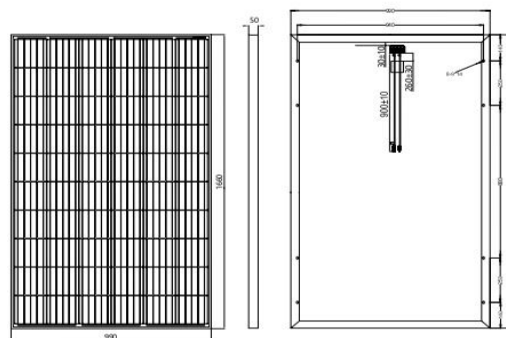
### MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Polycrystalline (156.75x156.75mm)
Number of cells	60
Dimensions	1660x990x50mm
Weight	19 kg
Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP67
Cable	0.9 m
Connector	MC4 or MC4 compatible

### I-V CURVES



### ENGINEERING DRAWINGS (mm)



### PACKAGING

Type	Pcs/ Type	Weight
Per pallet	21 pcs	470 kg
20ft GP Container	270 pcs	6.1 t
40ft GP Container	580 pcs	13.0 t
40ft HQ Container	630 pcs	14.1 t



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.  
Add: 299 Xing Cheng Road, Chong Chuan District, Nantong,  
Jiangsu, China  
Tel: +86 513 66690088 / E-mail: info@eco-greenenergy.com

Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice. Refer to our website for further information or contact one of our sales staff.  
www.eco-greenenergy.com



## 8.8. ANEXO 8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO, POWEST 270 W POLICRISTALINO

### Paneles Solares Policristalinos 270W

Los paneles fotovoltaicos POWEST policristalinos son ideales para su uso en plantas de energía a gran escala, comerciales e instalaciones residenciales. Nuestros paneles fotovoltaicos están en línea con las normas de la Comisión Electro-técnica Internacional (IEC 61215, IEC 61730), e incluyen:

- Pruebas de exposición a exteriores
- Pruebas de aislamiento
- Pruebas de resistencia a puntos calientes
- Pruebas de pre acondicionamiento ultravioleta (UV)
- Pruebas de clima (como humedad-calor, ciclo térmico y humedad - congelación)
- Pruebas de carga mecánica
- Pruebas de fuga de corriente con humedad
- Pruebas de empuje
- Pruebas de impacto de granizo
- Pruebas de continuidad de conexión a tierra

Las principales características de nuestros paneles son:

- Diodo de derivación que reduce al mínimo la pérdida de potencia por la sombra
- Alta eficiencia de conversión del módulo (hasta 15,88%), gracias a una innovadora tecnología de fabricación
- Células solares de alta eficiencia con transmisión y cristal texturizado
- Vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio anodizado, para una protección eficiente bajo condiciones ambientales extremas
- A prueba de agua (UL94, VO)



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PANELES SOLARES		
Tipo de módulo		Poli - Cristalino
Potencia máxima		270W
Tolerancia salida de potencia		0+5 %
Voltaje de circuito abierto		37.9VDC
Corriente de cortocircuito		9.27A
Voltaje en potencia máxima		30.7VDC
Corriente en potencia máxima		8.80A
Eficiencia		16.5 %
Max. serie de fusible		15A
Caja de conexiones (grado de protección)		≥ IP65
Máxima tensión del sistema		1000V DC
Rango de temperatura de funcionamiento		-40°C to 85°C
Peso		17.3kg
Celda (cantidad / material / número de barras colectoras)		60 / silicio multicristalino / 4 o 5
Dimensiones (Altura x Ancho x Profundidad)		1650mm / 992mm / 35mm
Clase de aplicación		A
Distancia Cable		0.9m
Conector		MC4 / IP67
Calificaciones y certificado	IEC 61215, IEC 61730, CE, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, BS OHSAS 18001:2007, SA 8000:2015	

STC: irradiación de 1000 W / m<sup>2</sup>, temperatura del módulo de 25 ° C, espectro AM1.5g según EN 60904-3.  
Reducción de eficiencia relativa promedio de 3.3% a 200W / m<sup>2</sup> según EN 60904-1.

\* Sujeto a modificaciones sin previo aviso, según requerimiento del cliente, según disponibilidad de inventario y/o bajo pedido del cliente. \* Fotos de referencia, accesorios se venden por separado.

**8.9. ANEXO 9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO, MONOCRISTALINO**



## MONO SOLAR

Rated Maximum Power(Pmax)	150W
Open-Circuit Voltage(Voc)	22.32V
Short-Circuit Current(Isc)	9.00A
Voltage at Pmax(Vmp)	18.0V
Current at Pmax(Imp)	8.34A
Nominal Operating Cell Temp(NOCT)	48±2°C
Maximum System Voltage	1000VDC
Maximum Series Fuse Rating	18A
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Cell Technology	MONO



**WARNING  
ELECTRICAL HAZARD**



Solar modules generate electricity as soon as they are exposed to sunlight. One module on its own is below the safety extra low volt level. Multiple modules connected in series (summing the voltage) or in parallel (summing the current) represent a danger.

**MADE IN CHINA**

At technical data at standard test condition  
Am-1.5 E-1000W/M<sup>2</sup> Tc-25°C










**SERIAL No 3624180307090**





## 8.10. ANEXO 10. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR





Model No. : InfiniSolar V-LV-3K-24

Serial No. :   
96111810100035

PV INPUT	Nominal operating voltage 80Vdc
	Vmax PV 145Vdc
	PV input voltage range 20-145Vdc
	Isc PV 80A
	MPPT voltage range 30 ~ 115Vdc
GRID/AC OUTPUT	Nominal operating voltage 110/120 Vac
	Nominal output current 28A
	Nominal operating frequency 50/60Hz
	Maximum power 3000VA
AC INPUT	Nominal operating voltage 110/120Vac
	Maximum input current 40A
	Nominal operating frequency 50/60Hz
BATTERY	Battery voltage range 21~28Vdc
	Maximum battery current 132A

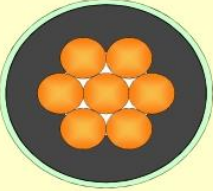

Ambient temperature:-10~+55°C  
Enclosure:IP 21  
Safety class I

WARNING:FIRE HAZARD.  
 SUITABLE FOR MOUNTING ON CONCRETE OR OTHER  
 NON-COMBUSTIBLE SURFACE ONLY  
 CAUTION:THE DC AND AC BREAKER MUST HAVE BEEN  
 TURNED OFF BEFORE SERVICING.  
 MADE IN CHINA

## 8.11. ANEXO 11. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL CABLE THHN/THWN-2 CU 90°C 8 AWG

DATOS TÉCNICOS		C THHN/THWN-2 Cu 90°C 8 AWG 600V G&O ECU	208590	
CORTE TRANSVERSAL Y DIAGRAMA (3D) a escala				
				
<b>CONDUCTOR / NORMA</b>		Cu SUAVE	ASTM	
CALIBRE		8	AWG	
ÁREA		8.37	mm <sup>2</sup>	
CLASE DE CABLEADO		B		
FORMACIÓN		7	Alambres	
RESISTENCIA D.C. a 20°C	(Nom)	2.1021	ohm/km	
CARGA DE ROTURA	(Inf)	185	kg	
<b>AISLAMIENTO / NORMA</b>		PVC	UL 83	
ESPESOR	(Min, Prom)	0.76	mm	
DIÁMETRO		5.10	mm	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO a 15°C (Min)		185.000	Mohm-km	
Temperatura (°C) / Tensión de Operación (V)		90	600 V	
TENSIÓN DE PRUEBA		2 kV AC	6 kV DC	
<b>CHAQUETA INDIVIDUAL</b>		THWN-2		
ESPESOR	(Nom)	0.13	mm	
DIÁMETRO		5.53	mm	
<b>REUNION DE CONDUCTORES</b>		Fases		
CONDUCTORES DE FASE /		1		
Diámetro sobre fases		5.53	mm	
<b>NORMAS / PRUEBAS</b>				
NORMAS	ASTM, UL 83, NTE-INEN-2345			
PRUEBAS DE RUTINA	Dimensiones: Diámetros, espesores, Resistencia DC Resistencia de Aislamiento, Tensión Aplicada			
PRUEBAS TIPO	Mecánicas y Térmicas al aislamiento y la chaqueta			
PR. ESPECIALES	Se realizarán pruebas especiales bajo acuerdo mutuo			
<b>IDENTIFICACIÓN</b>				
Fase	Color Base	Color Trazo	Impresión Tinta	Ribetes
1	Negro		No	No
<b>DATOS GENERALES</b>				
DIÁMETRO	(Nom)	5.53	mm	
PESO TOTAL APROXIMADO		95.85	kg/km	
AMPACIDAD (Según NEC)		55 A*	80 A**	
<small>Toad: 90°C, Tamb: 30°C, *Hasta 3 cond. transportando corriente. **Un sólo conductor al aire.</small>				
TENSIÓN HALADO (Max. tracción sobre conductores de fase)			50 kg	
RADIO DE CURVATURA	(Min)	22.12	mm	
<b>MARCACIÓN</b>				
			Impresión en Tinta	
CENTELSA THHN/THWN-2 Cu 90°C 8 AWG (8.37 mm <sup>2</sup> ) 600 V GR II AWM VW-1 + EXTRADESIZABLE + COLOMBIA				
Notas	Máxima separación entre leyendas 610 mm			
<b>EMPAQUE EN CARRETE</b>				
Carrete N°	B3005	P.Bruto (kg)	500	
Longitud (m)	1000	Ancho (mm)	366	
		Diám. Int. (mm)	200	
<b>Observaciones y/o Desviaciones:</b>				

Los valores aquí indicados están sujetos a las tolerancias normales de manufactura y/o de normas.

Los Medidores de longitud de CENTELSA, son de Precisión Clase I, cuyo error máximo permitido de la longitud medida es del 0.25% (Nota: clase II=±0.5%; clase III=±1.0%)



## 8.12. ANEXO 12. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL BREKER TERMOMAGNÉTICO MARCA SCHNEIDER IC60N 1P 20° CURVA C

### Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Gama	Acti9
Nombre del producto	Acti9 iC60
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IC60N
Número de polos	1P
Número de polos protegidos	1
Corriente nominal (In)	20 A
Tipo de red	CA DC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	6000 A Icn en 230 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 10 KA Icu en 60...72 V DC acorde a EN/IEC 60947-2 15 KA Icu en 12...60 V DC acorde a EN/IEC 60947-2 10 KA Icu en 220...240 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 36 KA Icu en 12...60 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 20 KA Icu en 100...133 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2
Categoría de utilización	Categoría A acorde a EN 60947-2 Categoría A acorde a IEC 60947-2
Apto para seccionamiento	Sí acorde a EN 60898-1 Sí acorde a EN 60947-2 Sí acorde a IEC 60898-1 Sí acorde a IEC 60947-2
Normas	EN 60898-1 EN 60947-2 IEC 60898-1 IEC 60947-2

### Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%
[Ics] poder de corte en servicio	27 KA 75 % acorde a EN 60947-2 - 12...60 V CA 50/60 Hz 7.5 KA 75 % acorde a EN 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 27 KA 75 % acorde a IEC 60947-2 - 12...60 V CA 50/60 Hz 7.5 KA 75 % acorde a IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 15 KA 75 % acorde a IEC 60947-2 - 100...133 V CA 50/60 Hz 15 KA 75 % acorde a EN 60947-2 - 100...133 V CA 50/60 Hz 6000 A 100 % acorde a EN 60898-1 - 230 V CA 50/60 Hz 6000 A 100 % acorde a IEC 60898-1 - 230 V CA 50/60 Hz 10 KA 100 % acorde a EN 60947-2 - 72 V DC 10 KA 100 % acorde a IEC 60947-2 - 72 V DC 15 KA 100 % acorde a EN 60947-2 - 12...60 V DC 15 KA 100 % acorde a IEC 60947-2 - 12...60 V DC
Clase de limitación	3 acorde a EN 60898-1 3 acorde a IEC 60898-1
[Ui] tensión asignada de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz acorde a EN 60947-2 500 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 KV acorde a EN 60947-2 6 KV acorde a IEC 60947-2
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalización local	Indicador de disparo
Tipo de montaje	Fijo
Tipo de montaje	Carril DIN
Compatibilidad de bloque de distribución de embarrado tipo peine	Arriba o abajo, estado 1 Sí
Pasos de 9 mm	2
Altura	85 Mm
Ancho	18 Mm
Profundidad	78.5 Mm
Peso del producto	0.215 Kg

Color	Blanco
Endurancia mecánica	20000 Ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 Ciclos
Conexiones - terminales	Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> rígido Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm <sup>2</sup> Flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 Mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	2 N.M arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Sin

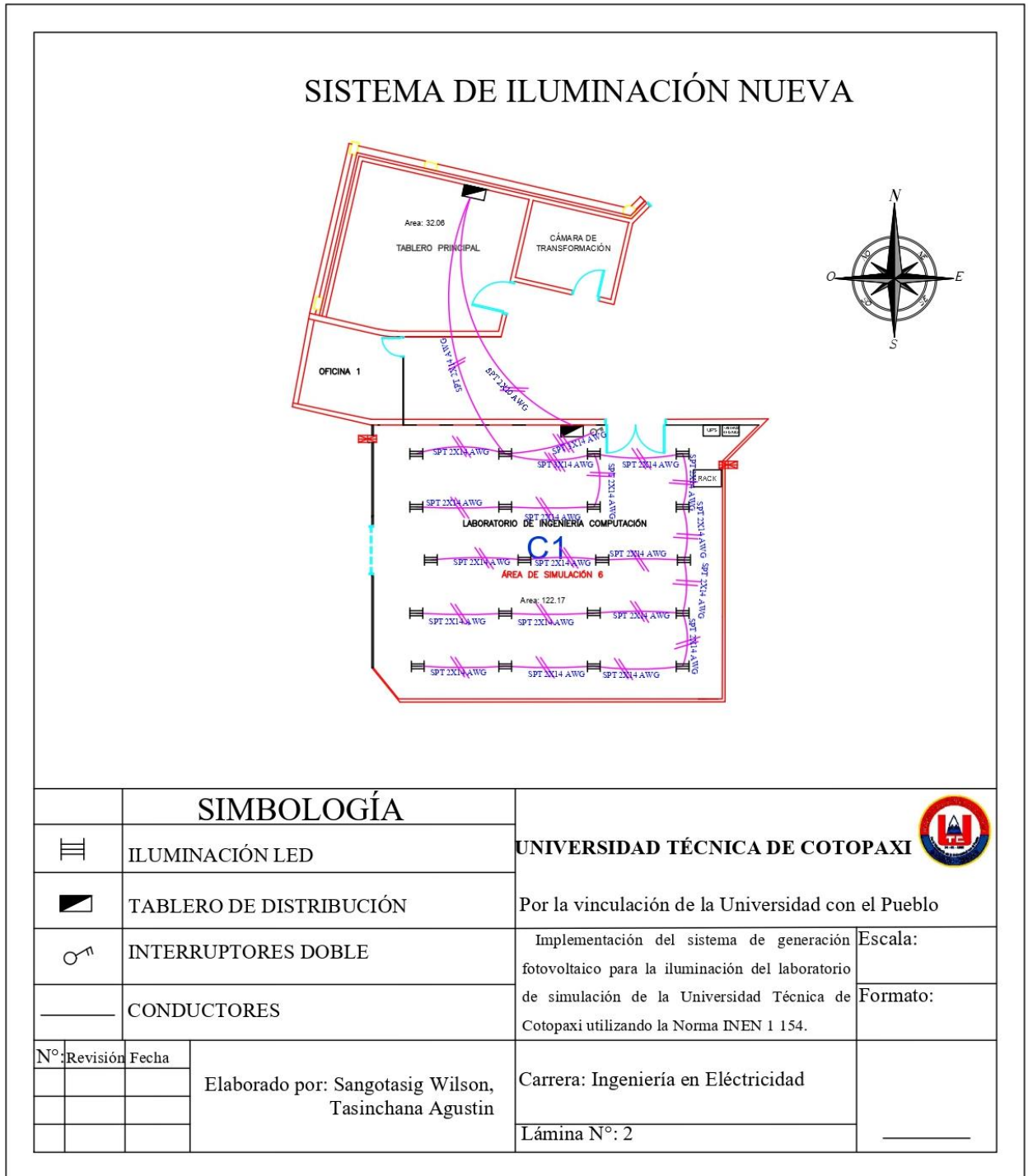
### Entorno

Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP20 acorde a EN 60529
Grado de contaminación	3 acorde a EN 60947-2 3 acorde a IEC 60947-2
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 acorde a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

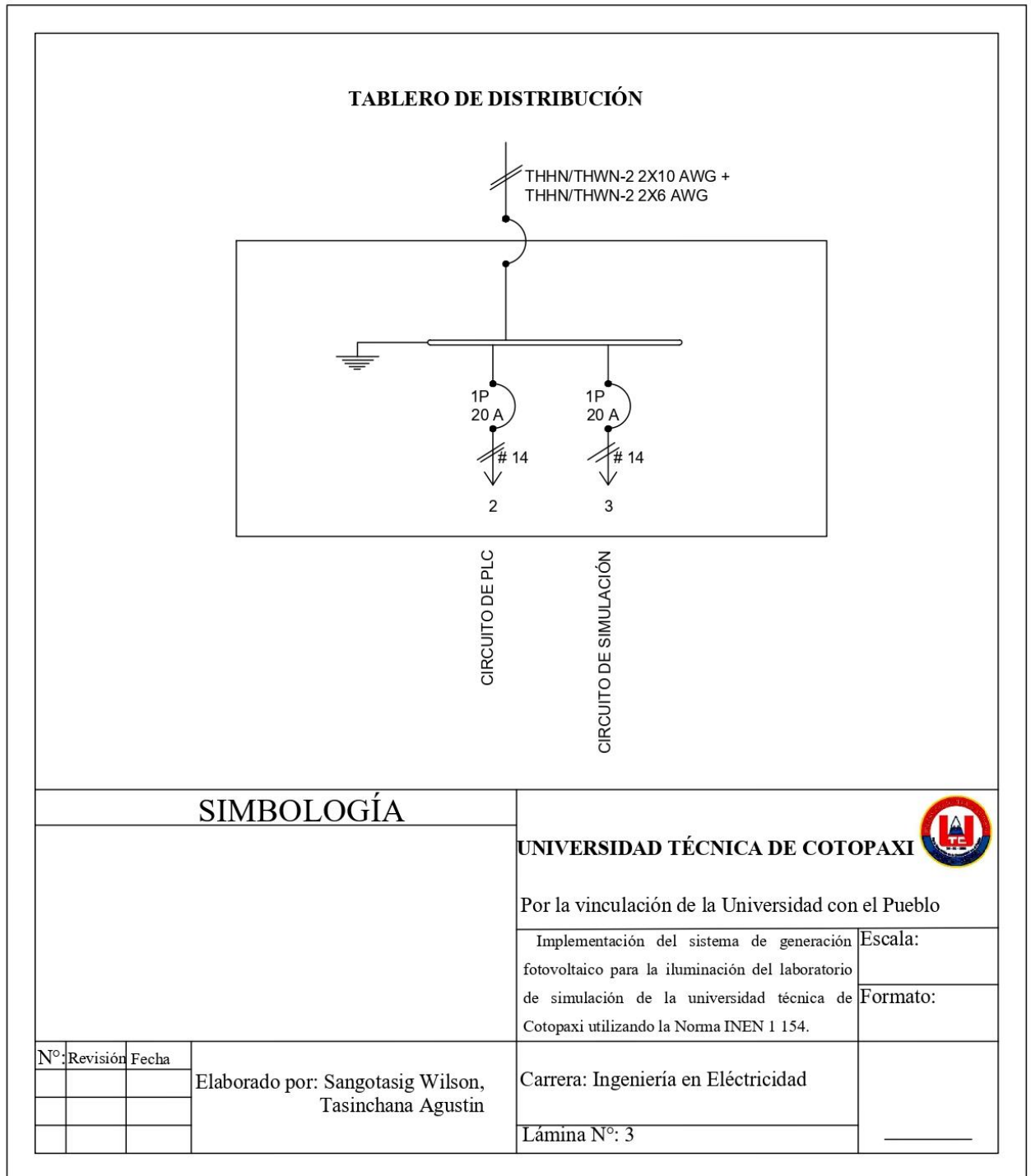
### Unidades de embalaje

Unit Type of Package 1	PCE
Number of Units in Package 1	1
Package 1 Height	1.8 Cm
Package 1 Width	7.5 Cm
Package 1 Length	9.5 Cm
Package 1 Weight	115 G
Unit Type of Package 2	BB1
Number of Units in Package 2	12
Package 2 Height	8 Cm
Package 2 Width	9.5 Cm
Package 2 Length	22.5 Cm
Package 2 Weight	1.465 Kg
Unit Type of Package 3	S03
Number of Units in Package 3	132
Package 3 Height	30 Cm
Package 3 Width	30 Cm
Package 3 Length	40 Cm
Package 3 Weight	16.552 Kg

### 8.13. ANEXO 13. SISTEMA UNIFILAR REALIZADAS EN EL LABORATORIO DE SIMULACIÓN



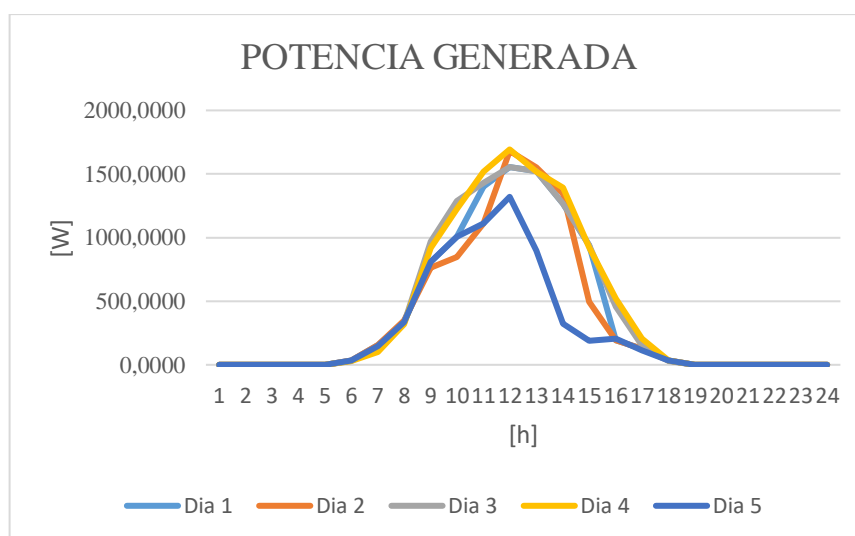
### 8.14. ANEXO 14. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN



## 8.15. ANEXO 15. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO

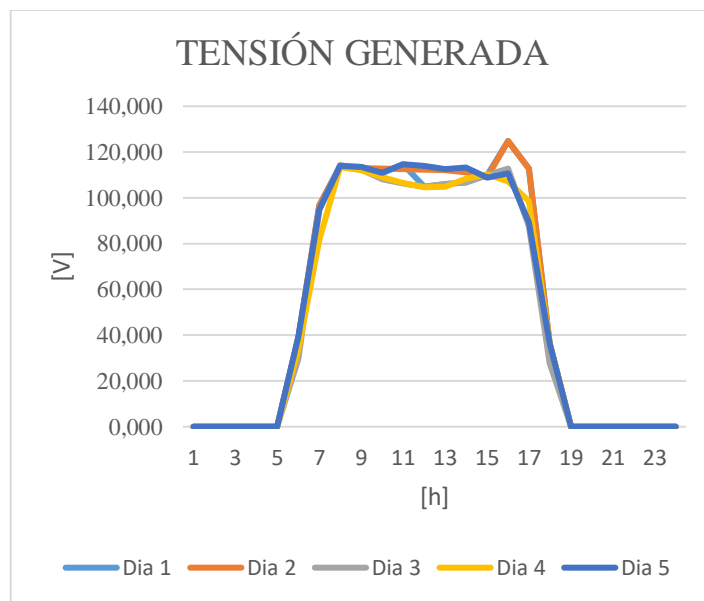
### 8.15.1. Potencia generada del sistema de generación fotovoltaico

POTENCIA GENERADA					
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	34.8333	34.8333	30.3333	31.3167	35.5082
7	155.5500	155.5500	136.9016	101.7167	148.7627
8	336.3667	348.1833	327.5254	317.8644	336.3667
9	808.8689	762.9333	968.3333	918.5410	808.8689
10	1007.1667	845.9667	1286.0500	1225.6667	1007.1667
11	1400.5896	1110.6985	1432.0333	1517.4667	1110.2356
12	1554.7333	1680.5470	1554.7333	1693.2000	1320.5897
13	1524.3333	1550.3496	1524.3333	1520.2203	898.9500
14	1265.8667	1345.3641	1265.8667	1391.0833	323.5410
15	940.9492	495.3273	940.9492	922.6333	187.4915
16	191.4918	191.4918	459.4833	518.3167	205.2833
17	125.4600	125.4600	152.6500	207.2459	114.9333
18	32.4500	32.4500	27.9500	34.8475	33.1967
19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



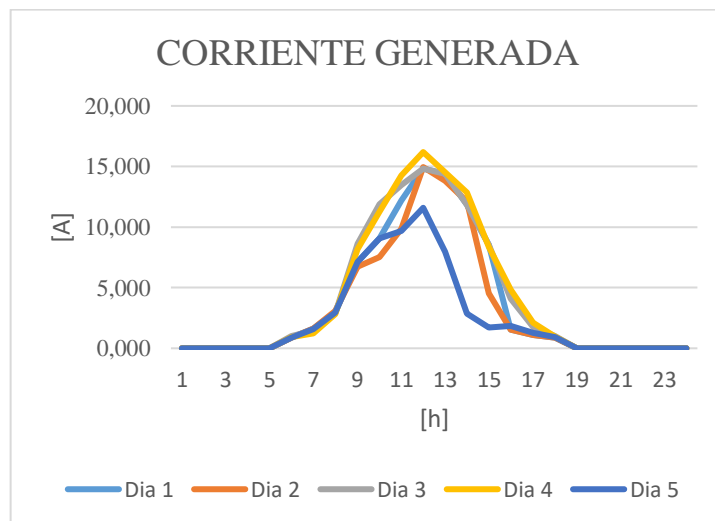
### 8.15.2. Tensión de entrada al inversor del sistema de generación fotovoltaico

TENSIÓN GENERADA					
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	39.063	39.063	29.858	33.748	39.489
7	96.653	96.653	94.562	81.435	94.817
8	113.990	113.390	114.359	113.408	113.990
9	113.397	112.957	112.255	112.102	113.397
10	110.915	112.683	108.165	108.975	110.915
11	114.683	112.443	106.270	106.397	114.683
12	104.870	112.412	104.870	104.578	113.915
13	105.946	112.134	105.946	104.749	112.570
14	106.745	111.126	106.745	108.313	113.259
15	109.988	109.078	109.988	110.220	108.729
16	124.811	124.811	112.865	107.150	110.617
17	112.752	112.752	87.552	98.480	89.323
18	36.227	36.227	27.642	36.308	36.321
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



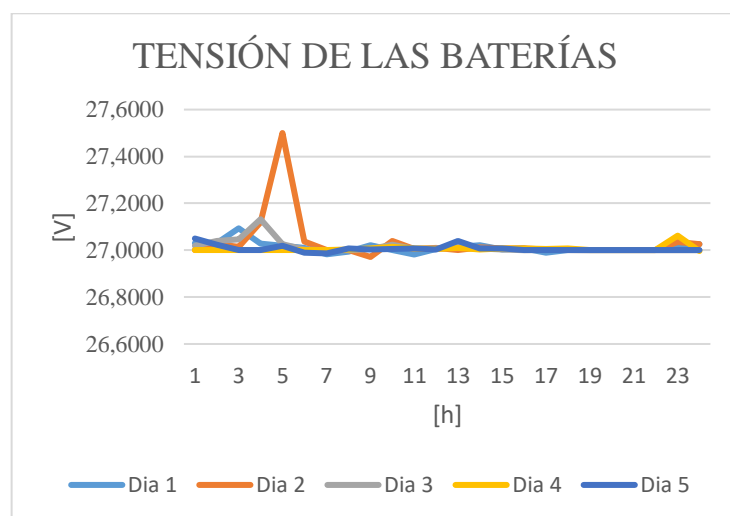
### 8.15.3. Corriente generada del sistema fotovoltaico

CORRIENTE GENERADA					
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.892	0.892	1.016	0.928	0.899
7	1.609	1.609	1.448	1.249	1.569
8	2.951	3.071	2.864	2.803	2.951
9	7.133	6.754	8.626	8.194	7.133
10	9.081	7.507	11.890	11.247	9.081
11	12.213	9.878	13.475	14.262	9.681
12	14.825	14.950	14.825	16.191	11.593
13	14.388	13.826	14.388	14.513	7.986
14	11.859	12.107	11.859	12.843	2.857
15	8.555	4.541	8.555	8.371	1.724
16	1.534	1.534	4.071	4.837	1.856
17	1.113	1.113	1.744	2.104	1.287
18	0.896	0.896	1.011	0.960	0.914
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



### 8.15.4. Tensión de las baterías del sistema de acumulación

TENSIÓN DE LAS BATERÍAS					
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
1	27.0300	27.0000	27.0200	27.0000	27.0500
2	27.0300	27.0267	27.0393	27.0000	27.0233
3	27.0934	27.0150	27.0467	27.0000	27.0000
4	27.0288	27.1200	27.1322	27.0000	27.0017
5	27.0200	27.5000	27.0267	27.0000	27.0183
6	27.0100	27.0367	27.0033	27.0000	26.9900
7	26.9833	27.0000	27.0000	27.0000	26.9864
8	26.9934	27.0000	27.0000	27.0033	27.0082
9	27.0203	26.9712	27.0050	27.0083	27.0034
10	27.0017	27.0393	27.0230	27.0150	27.0050
11	26.9817	27.0050	27.0050	27.0067	27.0083
12	27.0050	27.0100	27.0083	27.0050	27.0033
13	27.0150	27.0017	27.0169	27.0100	27.0393
14	27.0211	27.0119	27.0083	27.0033	27.0083
15	27.0033	27.0067	27.0033	27.0083	27.0083
16	27.0085	27.0067	27.0000	27.0067	27.0017
17	26.9900	27.0033	27.0017	27.0050	27.0000
18	27.0000	27.0000	27.0017	27.0083	27.0000
19	27.0000	27.0000	27.0000	27.0017	27.0000
20	27.0000	27.0000	27.0000	27.0000	27.0000
21	27.0000	27.0000	27.0000	27.0000	27.0000
22	27.0000	27.0000	27.0000	27.0000	27.0000
23	27.0200	27.0361	27.0000	27.0623	27.0000
24	27.0250	27.0254	27.0000	26.9966	27.0000





### 8.15.5. Capacidad del sistema de acumulación

CAPACIDAD DE LAS BATERÍAS					
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
1	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
2	100.0000	99.9167	99.9180	100.0000	99.5833
3	99.8361	100.0000	99.7500	100.0000	99.8361
4	99.8305	99.6667	100.0000	100.0000	99.9167
5	100.0000	99.7000	100.0000	100.0000	99.9167
6	99.9167	99.7500	99.8333	100.0000	99.8333
7	99.8333	100.0000	100.0000	100.0000	99.9153
8	99.9180	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
9	100.0000	99.8305	100.0000	100.0000	100.0000
10	100.0000	100.0000	99.9180	100.0000	100.0000
11	100.0000	99.9167	100.0000	99.9167	100.0000
12	99.9167	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
13	100.0000	99.9167	100.0000	100.0000	100.0000
14	99.9123	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
15	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
16	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
17	99.9167	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
18	100.0000	100.0000	100.0000	99.8167	100.0000
19	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
20	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
21	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
22	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000
23	99.5833	99.5902	100.0000	99.5902	100.0000
24	99.9167	99.9153	100.0000	99.9153	100.0000

