



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

“EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LA FÁBRICA DE CARTÓN, YARON, PARA DETERMINAR UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ALTERNATIVO CON PANELES FOTOVOLTAICOS.”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia

**AUTORES:**

Silvana Elizabeth Quinatoa Chicaiza

Ximena del Rocío Tacoamán Yauli

**TUTOR:**

Ing. Rommel Eusebio Suárez

Vinueza. MSc.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2020**

## DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotras **Silvana Elizabeth Quinatoa Chicaiza** y **Ximena del Rocío Tacoamán Yauli** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación **“EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LA FÁBRICA DE CARTÓN, YARON, PARA DETERMINAR UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ALTERNATIVO CON PANELES FOTOVOLTAICOS”**, siendo el Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinuesa. MSc. 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.

.....  
Silvana Elizabeth Quinatoa Chicaiza  
**C.I:** 050357668-8

.....  
Ximena del Rocío Tacoamán Yauli  
**C.I:** 180437387-4

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

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LA FÁBRICA DE CARTÓN, YARON, PARA DETERMINAR UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ALTERNATIVO CON PANELES FOTOVOLTAICOS”** de las Srtas. **Silvana Elizabeth Quinatoa Chicaiza y Ximena del Rocío Tacoamán Yauli**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo 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 la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, septiembre, 2020

El Tutor

Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinuesa. MSc.

**C.I:** 180416535-3

## 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 (CIYA); por cuanto, las postulantes **Silvana Elizabeth Quinatoa Chicaiza** y **Ximena del Rocío Tacoamán Yauli** con el título de Proyecto de titulación: **“EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LA FÁBRICA DE CARTÓN, YARON, PARA DETERMINAR UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ALTERNATIVO CON PANELES FOTOVOLTAICOS”** 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, septiembre, 2020

Para constancia firman:

---

**Lector 1 (Presidente)**

Ing. Mgs. Franklin Medina

CC: 050125961-8

---

**Lector 2**

Ing. Franklin Vásquez. MSC.

CC: 171043449-7

---

**Lector 3**

Ing. Mgs. Jimmy Toaza

CC: 171762106-2

## **AGRADECIMIENTOS**

*En primera instancia queremos agradecer a Dios por los dones derramados durante nuestra etapa estudiantil y por la oportunidad de hacer este sueño realidad.*

*Al Ing. Rommel Suárez y Franklin Vásquez por el apoyo y acompañamiento incondicional durante este proceso de titulación, en donde sus conocimientos han ayudado para llegar al culmen de este proceso*

*A nuestros padres y familiares por ser el pilar fundamental de nuestra vida impulsándonos siempre a ser mejores cada día.*

*Finalmente, nuestro más grande agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi y en ella a la Carrera de Ingeniería Eléctrica por abrirnos las puertas de tan prestigiosa y noble Institución, brindándonos la oportunidad para formarnos como profesionales de excelencia, calidad, humanistas y críticos servidores del país*

***Silvana y Ximena***

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis a mi madre Lucia, por haberme apoyado en cada uno de mis pasos y enseñarme buenos valores, por ser siempre un ejemplo a seguir lo cual me ha permitido hoy en día ser la persona que soy y por su amor incondicional*

*Quiero dedicar además esta tesis a mis familiares, a mis hermanas y a mi padre por ayudarme y guiarme cuando más lo he necesitado, a mis amigos de la Universidad Técnica de Cotopaxi por enseñarme el verdadero significado de una amistad pura y sincera.*

***Silvana Elizabeth***

## **DEDICATORIA**

*En primer lugar, a Dios por darme la vida y la oportunidad de formarme profesionalmente y por ser mi fortaleza cuando sentía que no podía alcanzar esta meta que en algún momento me propuse.*

*A mis padres Héctor y Lilia por ser mi ejemplo de perseverancia y mi apoyo incondicional. Gracias infinitas por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.*

*A mi hermanita Diana Carolina por ser mi motor de lucha en esta etapa universitaria que no siempre fue fácil, alentándome para no desfallecer y seguir luchando por mis sueños.*

*A mis queridos profesores que con el pasar del tiempo me brindaron su cariño y apoyo incondicional convirtiéndose en excelentes amigos, que han sabido estar conmigo en las buenas, pero sobre todo en las malas.*

***Ximena del Rocío***

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	5
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	7
2. RESUMEN .....	10
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	13
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	14
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	14
5.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	14
5.2. PROBLEMA .....	15
6. OBJETIVOS .....	16
6.1. Objetivo General .....	16
6.2. Objetivos Específicos .....	16
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	16
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	20
8.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	20
8.1.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA NO ES AHORRO DE ENERGÍA .....	21
8.1.2. TIPOS DE ENERGÍA .....	22
8.2. ENERGÍAS RENOVABLES .....	23
8.2.1. Tipos de Energías Renovables .....	23
8.3. RADIACIÓN SOLAR EN EL ECUADOR .....	28
8.4. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	28
8.4.1. Antecedentes .....	28
8.4.2. Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica .....	30
8.4.3. Sistema Solar Fotovoltaico .....	31
8.5. INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....	34
8.5.1. Tipos de instalaciones eléctricas .....	34
8.5.2. Iluminación .....	35
8.5.3. Luminarias .....	36
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	37
9.2. VARIABLES .....	37
9.2.1. Variable dependiente .....	38
9.2.2. Variable independiente .....	38
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	39

10.1.	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
10.1.1.	Método de análisis de campo.....	40
10.1.2.	Método cuantitativo .....	40
10.1.3.	Método cualitativo .....	42
10.1.4.	Método científico.....	46
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	52
11.1.	ANÁLISIS DE CAMPO .....	52
11.1.1.	Ubicación .....	52
11.2.	MAQUINARIA EXISTENTE DENTRO DE LA FÁBRICA.....	55
11.3.	SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL .....	55
11.3.1.	Tipo de luminarias existente .....	57
11.3.2.	Diseño computarizado del sistema de iluminación actual.....	57
11.4.	SISTEMA DE ILUMINACIÓN PROPUESTO .....	61
11.4.1.	Selección de la luminaria.....	62
11.4.2.	Diseño computarizado del sistema de iluminación mejorada.....	64
11.5.	CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y SISTEMA FOTOVOLTAICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL.....	66
11.5.1.	Cálculo de energía consumida .....	66
11.5.2.	Consumo energético real .....	67
11.5.3.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	67
11.6.	CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y SISTEMA FOTOVOLTAICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PROPUESTA.....	74
11.6.1.	Cálculo de energía consumida .....	74
11.6.2.	Consumo energético real .....	75
11.6.3.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	75
11.7.	GASTO ENERGÉTICO E INVERSIÓN EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL.....	79
11.7.1.	Consumo energético en periodos .....	79
11.7.2.	Gasto energético .....	80
11.7.3.	Gasto en Mantenimiento .....	81
11.7.4.	Inversión .....	83
11.8.	GASTO ENERGÉTICO E INVERSIÓN EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PROPUESTO .....	84
11.8.1.	Consumo energético en periodos .....	84
11.8.2.	Gasto energético .....	85
11.8.3.	Gasto en Mantenimiento .....	85

11.8.4.	Inversión .....	88
11.9.	COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PLANTEADOS.....	88
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	89
12.1.	IMPACTO TÉCNICO: .....	89
12.2.	IMPACTO SOCIAL: .....	90
12.3.	IMPACTO ECONÓMICO:.....	91
13.	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO .....	91
13.1.	COSTO DIRECTO E INDIRECTO .....	91
13.1.1.	Costo Directo .....	92
13.1.2.	Costo Directo para la fábrica .....	92
13.1.3.	Costo Indirecto.....	93
13.2.	COSTO TOTAL POR PROYECTO.....	93
14.	FACTIBILIDAD ECONÓMICA .....	94
14.1.	TIR Y VAN .....	94
15.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	98
15.1.	CONCLUSIONES .....	98
15.2.	RECOMENDACIONES .....	99
	ANEXOS.....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto .....	14
Tabla 2. Tarea en relación a los objetivos planteados .....	17
Tabla 3. Beneficiarios del proyecto .....	38
Tabla 4. Beneficiarios del proyecto .....	38
Tabla 5. Variables cuantitativas.....	41
Tabla 6. Variables cuantitativas.....	41
Tabla 7. Tipos de medición .....	42
Tabla 8. Tabla de valoración .....	44
Tabla 9. Niveles de iluminación recomendados .....	45
Tabla 10. Valores promedios de irradiación solar en el Ecuador .....	45
Tabla 11. Listado de maquinarias de la fábrica de cartón Yaron, planta 1. ....	55
Tabla 12. Nivel mínimo de iluminación .....	56
Tabla 13. Niveles de iluminación .....	56
Tabla 14. Características del reflector .....	57
Tabla 15. Comparación entre funciones y alternativas de luminarias .....	62
Tabla 16. Tabla comparativa de luminarias .....	62
Tabla 17. Características del reflector .....	63
Tabla 18. Características Técnicas de las luminarias de la fábrica .....	66
Tabla 19. Ficha Técnica del panel fotovoltaico.....	69
Tabla 20. Caída de tensión de los conductores entre los componentes.....	71
Tabla 21. Longitud entre componentes .....	71
Tabla 22. Sistema fotovoltaico para iluminación actual.....	73
Tabla 23. Ficha Técnica del panel fotovoltaico.....	75
12. Tabla 24. Sistema fotovoltaico para iluminación propuesto .....	78
Tabla 25. Precio del kWh en el país .....	80
Tabla 26. Mantenimientos del sistema de iluminación actual.....	82
Tabla 27. Mantenimientos del sistema de iluminación repotenciado.....	85
Tabla 28. Gastos del sistema fotovoltaico 1. ....	86
Tabla 29. Gastos del sistema de fotovoltaico 2. ....	87
Tabla 30. Ahorros pertenecientes a la propuesta.....	87
Tabla 31. Ahorro entre sistema fotovoltaicos.....	87
Tabla 32. Comparación de los dos sistemas (vigente y propuesta) .....	88
Tabla 33. Descripción de costo directos de los tesisistas.....	92
Tabla 34. Descripción de costo directos del dueño de la fábrica Yaron. ....	92
Tabla 35. Descripción de costo directos del dueño de la fábrica Yaron. ....	92
Tabla 36. Descripción de los gastos indirectos.....	93
Tabla 37. Costo total del sistema de iluminación actual. ....	93
Tabla 38. Costo total del sistema de iluminación propuesto. ....	94
Tabla 39. Descripción de costo directos de los tesisistas.....	95
Tabla 40. Cálculo de la TIR y VAN.....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Importancia de la eficiencia energética [2].	20
Figura 2. Energías primarias [4].	22
Figura 3. Energías secundarias [6].	23
Figura 4. La energía hidráulica [9].	24
Figura 5. Parque Eólico Villonaco [11].	24
Figura 6. Formación de la energía solar fotovoltaica [12].	25
Figura 7. Central Geotérmica [11].	26
Figura 8. Generador Mareomotriz de Corriente de Marea [15].	26
Figura 9. Potencia solar fotovoltaica instalada China vs Resto del mundo [17].	27
Figura 10. Irradiación solar global horizontal GHI [20].	28
Figura 11. Panel solar fotovoltaico de Laboratorios Bells utilizado en una primera prueba en Americas Georgia [21].	29
Figura 12. Paneles fotovoltaicos modernizados de silicio [23].	30
Figura 13. Sistema Solar Fotovoltaico [24].	31
Figura 14. Partes de un Sistema Solar Fotovoltaico [26].	32
Figura 15. Protecciones eléctricas [28].	33
Figura 16. Instalación eléctrica Interna [29].	35
Figura 17. Tipos de iluminación [30].	35
Figura 18. Diferencias entre lumen y lux [31].	36
Figura 19. Tipos de luminarias [33].	37
Figura 20. Exterior de la fábrica Yaron	40
Figura 21. Atlas Solar Ecuador [35].	48
Figura 22. Provincia de Tungurahua [36].	53
Figura 23. Irradiación solar en la provincia de Tungurahua [34].	53
Figura 24. Ubicación de la fábrica.	54
Figura 25. Estudio de irradiancia en el cantón Ambato [37].	54
Figura 26. Reflector ON POWER	57
Figura 27. Luminosidad en la Fábrica	58
Figura 28. Plano eléctrico del sistema de iluminación	58
Figura 29. Características técnicas aproximadas en Dialux	59
Figura 30. Luminosidad aproximada en Dialux	59
Figura 31. Ubicación de las luminarias en Dialux	60
Figura 32. Plantilla Excel NEC [34].	60
Figura 33. Plantilla Excel NEC [34].	61
Figura 34. Reflector LED [44]	63
Figura 35. Características de la fábrica luminaria seleccionada en DiaLux.	64
Figura 36. Número de luminarias en Dialux	65
Figura 37. Luminosidad aproximada en Dialux	65
Figura 38. Plano eléctrico del sistema de iluminación propuesto.	65
Figura 39. Placa de datos de las luminarias	67
Figura 40. Angulo de inclinación de los paneles [39].	68
Figura 41. Panel fotovoltaico Jinko [40].	69
Figura 42. Panel fotovoltaico Jinko [40]	75
Figura 43. Tablero de control de la fábrica Yaron	90
Figura 44. Socialización con el dueño de la fábrica Yaron	90

Figura 45. Maquinaria y materia prima fábrica Yaron.....	91
Figura 46. Oscilografía del TIR y VAN .....	98

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

Eficiencia energética del sistema de iluminación en la fábrica de cartón, para determinar un sistema de iluminación alternativo con paneles fotovoltaicos.

**Fecha de inicio:**

25 de mayo de 2020

**Fecha de finalización:**

25 de septiembre de 2020

**Lugar de ejecución:**

Barrio: Yacupamba, Parroquia: Izamba, Cantón: Ambato, Provincia: Tungurahua, Zona: 3, Institución: Fabrica de cartón Grupo YARON.

**Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

**Proyecto de investigación vinculado:**

- Simulación de sistemas de iluminación con paneles fotovoltaicos.

**Equipo de trabajo:**

Quinatoa Chicaiza Silvana Elizabeth

Tacoamán Yauli Ximena del Rocío.

Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinueza MSc.

**Tutor de titulación:**

**Nombres y apellidos:** Rommel Eusebio Suárez Vinueza.

**Fecha de Nacimiento:** 01/08/1988

**Estado Civil:** Soltero

**Nacionalidad:** Ecuatoriana

**Cédula de ciudadanía:** 180416535-3

**Dirección:** La Península –Ambato

**Teléfono:** 0984535832

**Email:** rommel.suarez@utc.edu.ec

**Nivel primario:** Escuela Liceo Juan Moltalvo.

**Nivel secundario:** Instituto Superior Rumiñahui

**Nivel superior:** Escuela Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador, Ingeniero en Electrónica, Control y Redes Industriales

**Datos personales (Postulante 1):**

**Nombres y apellidos:** Quinatoa Chicaiza Silvana Elizabeth

**Fecha de Nacimiento:** 16/08/1995

**Estado Civil:** Soltero

**Nacionalidad:** ecuatoriana

**Cédula de ciudadanía:** 050357668-8

**Dirección:** Barrio “San Luis” Mulatillo- Salcedo

**Teléfono:** 0981152592

**Email:** Silvana.quinatoa6688@utc.edu.ec

**Nivel primario:** Escuela Fiscal “Luis. A. Martínez”, Mulalillo- Ecuador.

**Nivel secundario:** Colegio Fiscomisional “Tirso de Molina”, Izamba – Ecuador.

**Datos personales (Postulante 2):**

**Nombres y apellidos:** Ximena del Rocío Tacoamán Yauli

**Fecha de Nacimiento:** 29/07/1992

**Estado Civil:** Soltera

**Nacionalidad:** Ecuatoriana

**Cédula de ciudadanía:** 180437387-4

**Dirección:** Ambato - Tungurahua

**Teléfono:** 032855613/0995829288

**Email:** ximena.tacoaman3874@utc.edu.ec

**Nivel Primario:** Escuela Particular Mixta “La Providencia”, Ambato - Ecuador.

**Nivel Secundario:** Unidad Educativa Juan León Mera “La Salle”, Ambato – Ecuador.

**Nivel Superior:** Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Latacunga – Ecuador,  
Tecnóloga en Instrumentación & Aviónica.

**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

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

#### TITULO: “EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LA FÁBRICA DE CARTÓN, YARON, PARA DETERMINAR UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ALTERNATIVO CON PANELES FOTOVOLTAICOS.”

**Autor/es:** Quinatoa Chicaiza Silvana Elizabeth  
Tacoamán Yauli Ximena del Rocío

## 2. RESUMEN

El presente proyecto se desarrollará en la fábrica de cartón Yaron, ubicada en la provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, en donde se puede evidenciar problemas referentes al diseño y distribución del sistema de iluminación, provocando así la existencia de zonas oscuras y altas cantidades de consumo de energía, generadas por la mala selección de luminarias, las mismas que no son apropiadas para este tipo de galpón industrial.

Con todos estos antecedentes el proyecto pretende diseñar un sistema de iluminación alternativo que brinde beneficios como: ahorro económico y energético, seguridad y eficiencia a la hora de llevar a cabo procesos de producción dentro de la fábrica, para lo cual se desea alimentar el sistema mediante el uso de energías renovables, a través de paneles fotovoltaicos durante el día y conexión a la red eléctrica durante horas de trabajo en la noche y en ocasiones que la fábrica lo considere necesario.

Para el diseño del sistema de iluminación alternativo se tomará en cuenta parámetros como: diseño del mismo en software técnico, cantidad de luminarias a instalar, potencia total, cantidad de radiación que existen en la zona de instalación y dimensionamiento de los diferentes componentes que integran el sistema fotovoltaico.

A través los diseños realizados se consigue un sistema alternativo con paneles fotovoltaicos que brinda una iluminación uniforme, luminancia óptima, ausencia de brillos deslumbrantes, condiciones de contrastes adecuadas, colores correctos y sobre todo genera un confort visual para quienes laboran dentro de la fábrica, a una tasa de recuperación viable.

**Palabras clave:** Eficiencia energética en sistemas de iluminación, energía solar, sistema fotovoltaico.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI****FACULTY OF SCIENCE AND APPLIED ENGINEERING****THEME: "ENERGY EFFICIENCY OF THE LIGHTING SYSTEM IN YARON  
CARDBOARD FACTORY TO DETERMINE AN ALTERNATIVE LIGHTING  
SYSTEM WITH PHOTOVOLTAIC PANELS".**

**Authors:** Quinatoa Chicaiza Silvana Elizabeth  
Tacoamán Yauli Ximena del Rocío

**ABSTRACT**

This project is taking place in the Yaron cardboard factory, located in the province of Tungurahua, Canton Ambato, where problems related to the design and distribution of the lighting system can be evidenced, thus causing the existence of dark areas and high amounts of consumption of energy, generated by the poor selection of luminaires, the same ones that are not appropriate for this type of industrial shed.

Taking into account all these antecedents, the project aims to design an alternative lighting system that provides benefits such as: economic and energy savings, safety and efficiency when carrying out production processes within the factory, due to this fact, it is desired to power the system by the use of renewable energy, through photovoltaic panels during the day and connection to the electricity grid during working hours at night and on occasions when the factory deems it necessary.

For the design of the alternative lighting system, features such as: design in technical software, number of luminaires to be installed, total power, amount of radiation that exist in the installation area and sizing of the different components that make up the system are being taken into account.

Through the designs carried out, an alternative system with photovoltaic panels is achieved that provides uniform lighting, optimal luminance, absence of dazzling glare, adequate contrast conditions, correct colors and above all generates visual comfort for those who work inside the factory, through a viable recovery rate.

**Keywords:** Energy efficiency in lighting systems, solar energy, photovoltaic system.



## CENTRO DE IDIOMAS

### *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 del proyecto de investigación al idioma Inglés presentado por las señoritas **QUINATOA CHICAIZA SILVANA ELIZABETH** y **TACOAMÁN YAULI XIMENA DEL ROCÍO**, egresadas de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, cuyo título versa **“EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LA FÁBRICA DE CARTÓN, YARON, PARA DETERMINAR UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ALTERNATIVO CON PANELES FOTOVOLTAICOS”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a las peticionarias hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimen conveniente.

Latacunga, septiembre de 2020

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diana Karina Taipe V.', written over a horizontal line.

MSc. Diana Karina Taipe V.  
C.C. 1720080934  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**



**CENTRO  
DE IDIOMAS**

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

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 de la fábrica. Todo esto es motivo suficiente para buscar una alternativa que beneficie económicamente (ahorro) a la misma y a la vez está se encuentre en plena sintonía con el medio ambiente.

Como referente se sabe que el mundo en el que actualmente vivimos es tecnológico y globalizado, en donde los países desarrollados han innovado ya la conciencia sobre los temas ambientales, buscando así alternativas para producir energía eléctrica, incentivando al uso racional y eficiente de este recurso, pero sobre todo conduciendo al ahorro tanto monetario como energético.

Con estos antecedentes se busca incentivar a la fábrica a utilizar energías renovables como es el caso de la energía solar, mediante paneles fotovoltaicos, mismos que permitan obtener energía eléctrica para mejorar la rentabilidad en la planilla de luz y así generar un ahorro económico a favor de la fábrica sin dejar de lado que esta propuesta evitará sanciones futuras por la inadecuada instalación que actualmente posee la fábrica.

En caso de una posible implementación la Fábrica Yaron será uno de los principales beneficiados con el ahorro económico que se pretende generar y con un ambiente lumínico adecuado para los trabajadores, esto mediante la aplicación de metodologías encaminadas a la eficiencia energética con el uso de fuentes naturales e inagotables.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El dueño de la fábrica de cartón denominada Grupo Yaron es el principal beneficiado debido a la implementación del sistema fotovoltaico en el lugar, permitirá alimentar parte de las cargas de la fábrica que es el caso del sistema de iluminación, eso si el diseño se realizará con la normativa correspondiente del país para evitar cualquier tipo de sanciones de parte del ARCONEL a la fábrica.

En la tabla 1 se puede percibir quienes se beneficiarán del proyecto.

**Tabla 1.** Beneficiarios del proyecto

Directos	Dueño o encargado de la fábrica de cartón Yaron. 10 trabajadores de planta. Tesisistas y los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Indirectos	Clientes de la fábrica.

#### 5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

##### 5.1.SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

A nivel mundial las energías renovables están pisando fuerte gracias al avance de la tecnología y demás componentes que hacen posible que: mediante la luz solar, velocidad del agua, presión del aire, la producción de gases. entre otros se pueda obtener energía eléctrica de manera gratuita y la misma que sea aprovechado para el consumo humano mejorando así la eficiencia energética de las fábricas distribuidoras como de las fábricas consumidoras.

La energía solar es la más utilizada, no solo por ser una alternativa más económica, sino que produce un tipo de energía renovable, inagotable y amigable para el ambiente. Los principales países que aprovechando al máximo son India, China, Egipto, Emiratos Árabes, México siendo esto en escala de mayor a menor. Es la más demanda debido a la factibilidad, rentabilidad y eficiencia energética que produce en cada uno de estos países, eso si estas instalaciones deben ser efectuadas y realizadas con un ingeniero conocedor de la rama a más de cumplir con la normativa de instalación la cual se rija cada país.

El Ecuador cuenta con una ubicación privilegiada ya que recibe una radiación casi perpendicular, sin ninguna variación durante todo el año. Esto lo convierte en un perfecto

candidato para incluir la energía solar fotovoltaica de una manera más sencilla y eficaz. Por eso motivo las fábricas que diseñen un sistema fotovoltaico para el consumo mismo, donde beneficia de manera económica y eficiente permitiendo el desarrollo de país y disminuir la contaminación del mismo. Una de esas fábricas que desea mejorar la economía y aprovechar al máximo la eficiencia del sistema fotovoltaico es la fábrica de cartón Yaron.

La fábrica de cartón Yaron ubicada en la provincia de Tungurahua, en el cantón Ambato, parroquia Izamba presenta un inconveniente en las instalaciones de iluminación, debido a que existe un alto consumo energético, dado que las luminarias no son las adecuadas para este tipo de galpón, ni la ubicación es la apropiada, provocando así que la rentabilidad de la misma disminuya.

## **5.2.PROBLEMA**

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad en el país ha sancionado a algunas fábricas y pequeñas fábricas que no cumple con las instalaciones en este caso eléctricas para la correcta operación y actividad de las mismas.

Estas normativas están vigentes y a la mano de cualquier empresario que es la llamada Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica que es en la que se debe guiar todo empresario para evitar sanciones. Teniendo en cuenta que las sanciones más comunes son falta de puesta a tierra, mal cableado eléctrico tanto interno como externo, falta de protecciones eléctricas, instalaciones fotovoltaicas entre otras.

En el caso de la propuesta de investigación se va a tomar como área las energías renovables en preferencia la energía solar. En la fábrica de cartón Yaron existe un inconveniente en la selección y distribución de las luminarias, mismas que no cumple con las normas establecida en el país.

Esta investigación ha permitido determinar las siguientes variables

- **Variable Independiente:**

Diseño del sistema fotovoltaico

- **Variable Dependiente**

Eficiencia energética en el sistema de iluminación

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1.Objetivo General**

Diseñar un sistema fotovoltaico mediante la utilización de cálculo y normativa NEC para energizar al sistema de iluminación de la fábrica de cartón, Yaron.

### **6.2.Objetivos Específicos**

- Revisar estado del arte sobre eficiencia energética y energías renovables para sistemas de iluminación.
- Determinar un sistema de iluminación adecuada para la fábrica de cartón, Yaron partiendo de las instalaciones actuales en la fábrica.
- Realizar el diseño y pruebas de un sistema de iluminación para la fábrica de cartón Yaron, con la utilización de energías renovables.
- Análisis de factibilidad técnico - económico del sistema de iluminación para la fábrica Yaron.

## **7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

Es importante realizar la descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos para orientar el proceso de cumplimiento del proyecto, cada actividad a realizar cumple un papel importante en la realización de la propuesta tecnológica.

Ver Tabla 2.

**Tabla 2.** Tarea en relación a los objetivos planteados

<b>OBJETIVOS</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD (Técnicas e Instrumentos)</b>
<p>Revisar estado del arte sobre eficiencia energética y energías renovables para sistemas de iluminación.</p>	<p>Explicación y caracterización de eficiencia energética.</p> <p>Enumerar de los tipos de energías renovables que existentes.</p> <p>Estudio de campo de la zona donde se va realizar el diseño fotovoltaico e iluminación.</p>	<p>Normativa Ley de la eficiencia energética con el medio ambiente.</p> <p>Energías renovables productivas en el país.</p> <p>Mapa Solar del Ecuador</p>	<p>Investigación bibliográfica</p>
<p>Determinar un sistema de iluminación adecuada para la fábrica de cartón, Yaron partiendo de las instalaciones actuales en la fábrica.</p>	<p>Estudio del circuito eléctrico que conecta al sistema de iluminación con la red eléctrica.</p> <p>Verificación de la cantidad de luminarias que están instaladas en la fábrica Yaron.</p>	<p>Revisión de cableado eléctrico de las luminarias.</p> <p>Plano eléctrico de sistema de iluminación la fábrica.</p> <p>Catálogo de las luminarias instaladas.</p>	<p>Investigación Técnica</p> <p>Investigación bibliográfica</p>

	<p>Análisis de la ficha técnica de las luminarias que se va alimentar al sistema fotovoltaico.</p> <p>Elección de una luminaria adecuada que presente una iluminación uniforme.</p> <p>Reestructuración del sistema de iluminación de toda la fábrica.</p>	<p>Tipos de luminarias normalizadas dependiendo del tipo de trabajo.</p> <p>Ubicación uniforme de las luminarias con software Dialux.</p>	
<p>Realizar el diseño y pruebas de un sistema de iluminación para la fábrica de cartón Yaron, con la utilización de energías renovables.</p>	<p>Cálculos correspondientes para cada componente de los sistemas fotovoltaicos.</p> <p>Selección según catálogos existentes en el mercado, de cada uno de los componentes de los sistemas fotovoltaicos.</p> <p>Cálculos para cada sistema a proteger según las características técnicas.</p>	<p>Dimensionamiento según la potencia que consume el sistema de iluminación actual y reestructurado.</p> <p>Catálogo de componentes fotovoltaicos del país.</p> <p>Planos eléctricos de los sistemas fotovoltaicos ya instalado</p> <p>Cálculo de sobretensión o cortocircuitos que soporta cada protección.</p>	<p>Investigación Técnica</p> <p>Investigación bibliográfica</p> <p>Investigación Técnica</p> <p>Investigación bibliográfica</p>

	Selección según catálogos existentes en el mercado, de cada protección para el sistema fotovoltaico.	Características técnicas de cada protección eléctrica.	
Análisis de factibilidad técnico - económico del sistema de iluminación para la fábrica de cartón Yaron.	<p>Verificación del consumo energético que ahorra la fábrica en el sistema de iluminación.</p> <p>Cálculo para obtener la rentabilidad a corto y largo plazo.</p> <p>Obtención de la eficiencia energética que obtiene la fábrica a corto y largo plazo.</p> <p>Determinación del TIR y VAN.</p>	<p>Consume energético que se ahorra.</p> <p>Rentabilidad por mes y año.</p> <p>Eficiencia energética por mes y año.</p>	<p>Investigación Técnica</p> <p>Investigación bibliográfica</p>

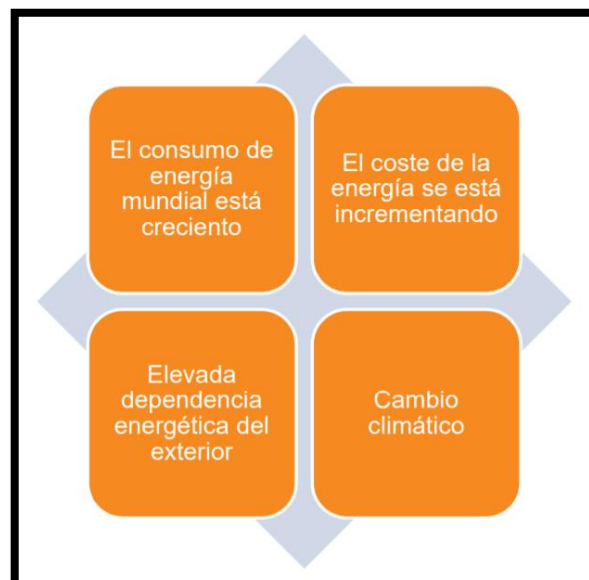
## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

En este capítulo se estudia el estado de arte de las instalaciones con sistemas fotovoltaicos. Se encuentran conceptos básicos de los diferentes factores que se involucran en el aprovechamiento de la energía solar, para la producción de energía eléctrica, se analiza cómo trabaja un sistema fotovoltaico autónomo, y el funcionamiento de sus componentes.

### 8.1.EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética (EE) se define como el cociente entre la energía requerida para desarrollar una actividad específica, y la cantidad de energía primaria usada para el proceso. Se considera una parte esencial del futuro de la energía sustentable, ya que permite la disminución del consumo de energía, los gases de efecto invernadero y las emisiones, y a la vez genera oportunidades de inversión, facilitando la creación adicional de nuevos puestos de trabajo). El incremento en la eficiencia puede ampliar la productividad de los recursos básicos de energía. Este cociente (EE) se integra a un concepto más amplio, conocido como desempeño energético, el cual incluye adicionalmente el uso de la energía, su consumo y su intensidad [1].

La eficiencia energética es importante según menciona la figura 1.



**Figura 1.** Importancia de la eficiencia energética [2].

Permite la utilización de tecnologías que requieren una menor cantidad de energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma función. Se sabe que la eficiencia energética se centra en la tecnología, el equipamiento o la maquinaria usada en edificios.

El ahorro de energía se basa en el modo de actuar de las personas para utilizar menos energía (por ejemplo, utilizar luz natural en lugar de artificial para reducir el consumo de electricidad) [2].

El uso racional de la energía también llamado simplemente la eficiencia energética, es utilizar la energía de manera eficiente para obtener un cierto resultado. Por definición, la eficiencia energética es la relación entre la cantidad de energía utilizada en una actividad y la prevista para su realización.

- **Alumbrado:**

Una lámpara tipo LED de 7W tiene el mismo nivel de alumbramiento como una lámpara incandescente de 60 W. Es decir, la economía de 53 vatios por hora o casi 90% de ahorro. Además, la vida útil del LED es 50 veces más alta y el calor que se transfiere al medio ambiente es más pequeño, de modo que en locales acondicionados se gastaran menos energía para enfriar la habitación.

- **Motores:**

En promedio, un motor de alto rendimiento ahorra de 20 a 30% de energía en comparación con un motor tradicional. Además, gran parte de los motores instalados tienen potencia más grande de lo necesario, por lo tanto, adaptando así la potencia del motor, habrá más ahorro de energía eléctrica [3].

### **8.1.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA NO ES AHORRO DE ENERGÍA**

El uso eficiente de la energía busca producir el efecto deseado (calor, luz, movimiento, etc.) evitando que se pierda energía. El ahorro de energía significa disminuir el consumo energético, dejando de realizar ciertas actividades, o reduciendo su frecuencia.

El ahorro de energía está normalmente asociado a momentos de escasez, en esos casos se conoce como racionamiento.

Dejar de usar energía aun cuando es necesario como: no usar la calefacción en el invierno o no usar suficiente iluminación durante la noche- no son formas eficientes de usar la energía, a pesar de que pueden significar importantes ahorros en el gasto energético.

### 8.1.2. TIPOS DE ENERGÍA

- **Energías Primarias**

Se denomina energía primaria a los recursos naturales disponibles en forma directa (como la energía hidráulica, eólica y solar) o indirecta (después de ser extraído por un proceso minero, como el petróleo, el gas natural, el carbón mineral, etc.) para su uso energético sin necesidad de someterlos a un proceso de transformación como se puede observar en la figura 2. Por ejemplo, la energía solar puede ser usada tanto para calentar agua, como para producir electricidad a través de una celda fotoeléctrica.

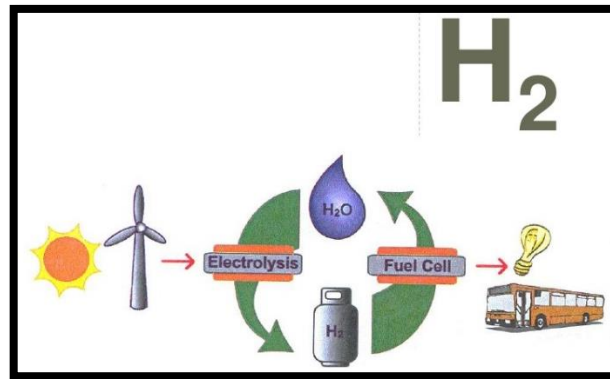


**Figura 2.** Energías primarias [4].

- **Energías Secundarias**

Se denomina energía secundaria a los productos resultantes de las transformaciones o elaboración de recursos energéticos naturales (primarios) o, en determinados casos, a partir de otra fuente energética ya elaborada. El único origen posible de toda energía secundaria es un centro de transformación y el único destino posible, un centro de consumo.

Son fuentes energéticas secundarias la electricidad, toda la gama de derivados del petróleo, el carbón mineral y el gas manufacturado (o gas de ciudad), así se puede observar en la figura 3.



**Figura 3.** Energías secundarias [6].

El grupo de los derivados del petróleo incluye una amplia variedad de productos energéticos útiles que se obtienen a partir del procesamiento del petróleo en las refinerías, entre los cuales se encuentran las gasolinas, los combustibles diésel (gasóleos) y otros [5].

## 8.2. ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, de los que existen unas determinadas cantidades o reservas, agotables en un plazo más o menos determinado. Las principales formas de energías renovables que existen son: la biomasa, hidráulica, eólica, solar, geotérmica y las energías marinas. Las energías renovables provienen, de forma directa o indirecta, de la energía del Sol; constituyen una excepción la energía geotérmica y la de las mareas. [7]

### 8.2.1. Tipos de Energías Renovables

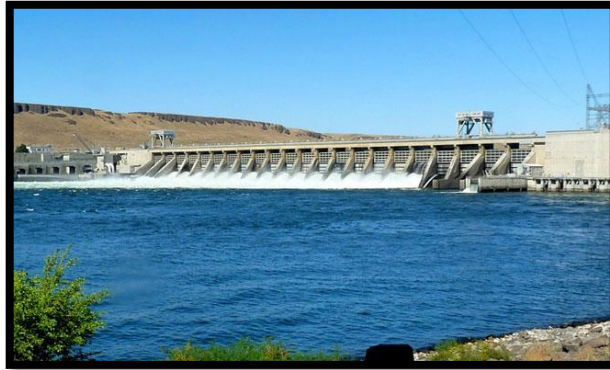
#### 8.2.1.1. Energía Hidráulica

La energía hidráulica es la generada por la acción de las corrientes de agua, saltos de agua y mareas mediante el aprovechamiento de su energía potencial y cinética. Como se observa en la figura 4, la energía hidráulica es inagotable y limpia.

Según la forma de obtenerla, existen dos tipos de energía hidráulica:

- **Energía hidráulica verde:** Aprovecha la corriente natural del agua sin frenar su avance, por lo que su impacto ambiental es mínimo.

- **Energía hidráulica** con represas: Requiere la construcción de presas y embalses para producir electricidad en las centrales hidroeléctricas. Aunque la energía se obtiene de manera renovable, su impacto ambiental es considerable. [8]



**Figura 4.** La energía hidráulica [9].

#### 8.2.1.2. Energía Eólica

La energía eólica se origina del movimiento de las masas de aire, es decir, el viento. Al igual que la mayoría de las fuentes de energía renovables, proviene del sol, ya que son las diferencias de temperatura entre las distintas zonas geográficas de la tierra las que producen la circulación de aire, como se muestra en la figura 5.



**Figura 5.** Parque Eólico Villonaco [11].

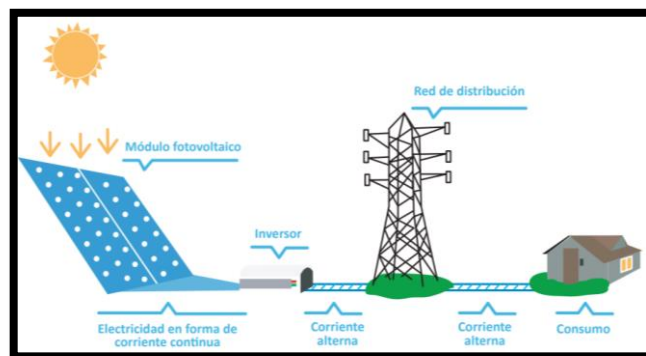
Desde el punto de vista de la energía eólica, la característica más importante del viento es su variabilidad, tanto desde el punto de vista geográfico como temporal. A gran escala, la variabilidad espacial describe el hecho de que en el mundo existen diferentes zonas climáticas, algunas con mayor disponibilidad de recursos que otras, determinadas fundamentalmente por su latitud. [10]

### 8.2.1.3. Energía Solar

La energía solar es un tipo de energía renovable obtenida a partir de la radiación electromagnética del Sol, fundamentalmente en forma de calor y luz. Desde la perspectiva de los seres humanos, la energía solar se considera inagotable e ilimitada. Se puede distinguir entre energía solar térmica, que se emplea para calentar el agua o para generar electricidad de manera indirecta; y energía solar fotovoltaica, que se utiliza para producir electricidad mediante placas de semiconductores que reciben la radiación solar.

- **Energía solar térmica:** La energía solar térmica, también denominada termo-solar, consiste en el aprovechamiento del poder calorífico de la radiación solar.
- **Energía solar fotovoltaica:** La energía solar fotovoltaica consiste en la captación de la energía solar a través de módulos fotovoltaicos que transforman la radiación solar en electricidad mediante un dispositivo semiconductor [8].

El proceso para obtener energía solar fotovoltaica se observa en la figura 6.



**Figura 6.** Formación de la energía solar fotovoltaica [12].

### 8.2.1.4. Energía Geotérmica

La energía geotérmica es la obtención de calor para calefacción y para producción de energía eléctrica mediante el uso del vapor producido por las altas temperaturas del interior de la Tierra. El calor interno de nuestro planeta produce la fusión de las rocas y el calentamiento de las aguas subterráneas y los gases subterráneos calientan el agua de las capas inferiores, la que emana a la superficie en forma de vapor, este proceso se observa en la figura 7 o líquido caliente. Estas erupciones, intermitentes normalmente, las encontramos en zonas volcánicas y se conocen con el nombre de géiser [13].

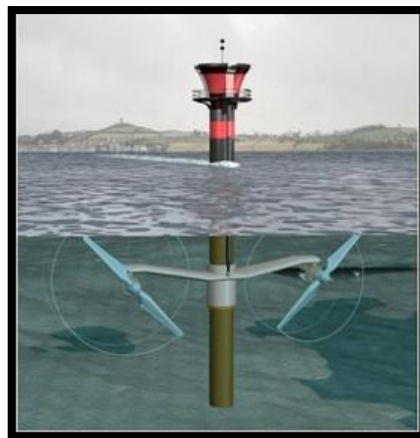


**Figura 7.** Central Geotérmica [11].

#### **8.2.1.5. Energía Mareomotriz**

La energía mareomotriz se produce gracias al movimiento generado por las mareas, esta energía es aprovechada por turbinas, las cuales a su vez mueven la mecánica de un alternador que genera energía eléctrica como lo muestra la figura 8. Finalmente, este último está conectado con una central en tierra que distribuye la energía hacia la comunidad y las industrias.

Al no consumir elementos fósiles ni tampoco producir gases que ayudan al efecto invernadero. Se le considera una energía limpia y renovable. Dentro de sus ventajas el ser predecible y tener un suministro seguro con potencial que no varía de forma trascendental anualmente, solo se limita a los ciclos de marea y corrientes [14].



**Figura 8.** Generador Mareomotriz de Corriente de Marea [15].

#### **8.2.1.6. Energía Solar en el mundo**

Las instalaciones solares fotovoltaicas mundiales alcanzarán un nuevo máximo de 114,5 GW en 2019, un 17,5% más que en 2018 y supone un crecimiento interanual del 17,6%. El mercado

está ahora de nuevo en una trayectoria de fuerte crecimiento impulsado por la evolución política y normativa positiva.

El mercado fotovoltaico mundial sigue diversificándose rápidamente. Los países que instalen entre 1 y 5 GW anuales serán el motor de crecimiento del mercado. En 2018, había 7 mercados de este tipo, en 2022 habrá 19, con nuevos nombres entre los que se incluyen Arabia Saudita, España, Francia y Taiwán.

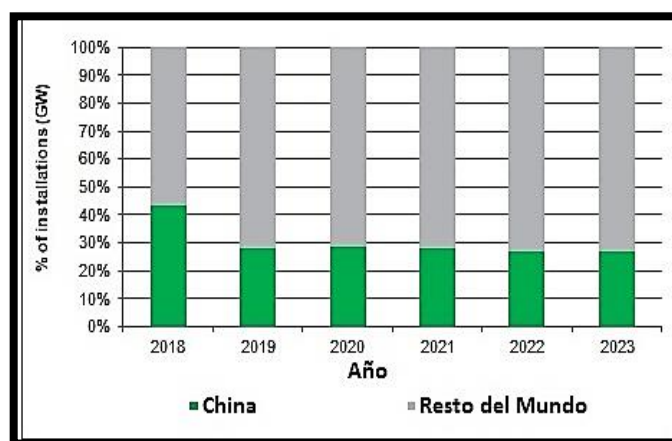
No obstante, China, la India y EE.UU. representarán más del 50% de las instalaciones fotovoltaicas hasta 2024.

En cuanto a los segmentos, la fotovoltaica a gran escala dominará en la mayoría de los mercados emergentes, y la generación distribuida solar representará alrededor del 30% de las instalaciones mundiales hasta el año 2024 [16].

### **China, el verdadero motor**

Según el informe anual de la Agencia Internacional de Energía, China fue el que más aportó a la expansión, proporcionando los datos de más de la mitad del crecimiento como lo confirma la figura 9.

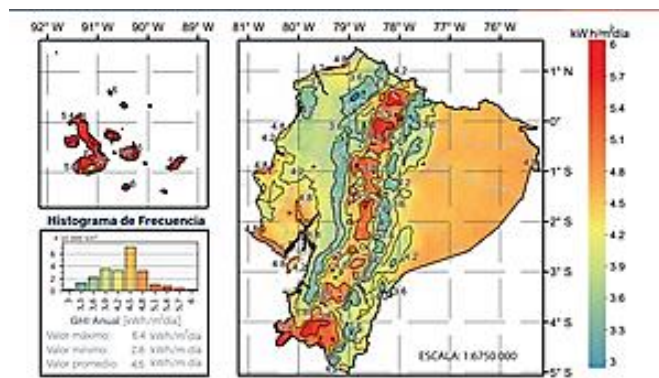
Estas cifras llevan a la conclusión de que las nuevas redes energéticas que están creciendo en el mundo son las renovables. De hecho, una estimación indica que dos tercios de la nueva capacidad neta, 165 gigavatios (GW) corresponden a la energía limpia. E incluso se pronostica que la tendencia continuará al alza durante el año 2018, y en 2022 la capacidad de la electricidad llegaría a un aumento del 43% [18]



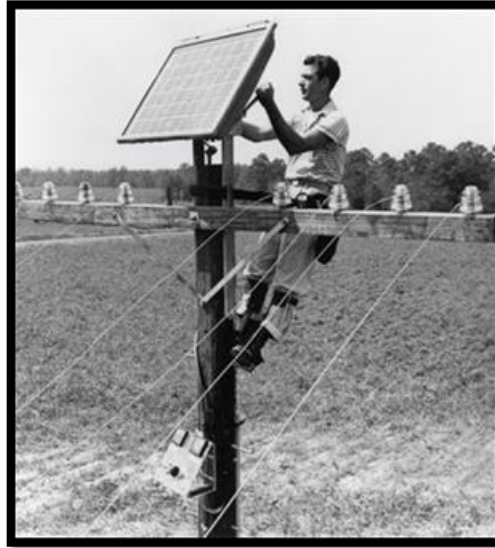
**Figura 9.** Potencia solar fotovoltaica instalada China vs Resto del mundo [17].

### 8.3. RADIACIÓN SOLAR EN EL ECUADOR

En el mapa solar del Ecuador, el nuevo modelo de irradiación solar propuesto por el NREL fue comparado con mediciones de irradiación global horizontal (GHI) de 41 estaciones meteorológicas pertenecientes a la secretaria de Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). Estas comparaciones nos permiten conocer la precisión de dichas estimaciones y con ellas poder actualizar el mapa solar del Ecuador, como indica la figura 10 [19].



cualquiera hecha de selenio, en la figura 11 se puede apreciar uno de los primeros paneles solares puesto en funcionamiento.



**Figura 11.** Panel solar fotovoltaico de Laboratorios Bells utilizado en una primera prueba en Americus Georgia [21].

A partir de este descubrimiento, otros dos científicos también de Laboratorios Bell, de nombre Daryl Chaplin y Calvin Fuller perfeccionaron este invento y produjeron células solares de silicio capaces de proporcionar suficiente energía eléctrica como para que pudiesen obtener aplicaciones prácticas de ellas. De esta manera empezaba la carrera de las placas fotovoltaicas como proveedoras de energía. A partir de ese momento la eficiencia de las células no ha dejado de crecer y su campo de aplicaciones se ha extendido enormemente, desde los pequeños electrodomésticos, sistemas de iluminación, sensores remotos, sistemas de bombeo y desalación de agua, hasta las centrales de producción de energía eléctrica. El modularidad de los paneles fotovoltaicos es una característica esencial para la versatilidad de este tipo de energía, muy apropiada para los países con bajo nivel de renta que no disponen de redes de transporte de electricidad.

Este tipo de energía es una tecnología que genera corriente continua, que viene a ser medida en vatios o kilovatios, por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías, pudiéndose mantener algunas células solares en operación terrestre o en el espacio por años. El siglo (XXI)

nace con una premisa para el desarrollo sostenible del medio ambiente. El creciente desarrollo industrial y de consumo trae como consecuencia un deterioro del ambiente a través de las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases que además de destruir la capa de Ozono afectan la salud del hombre, por lo que el amparo del medio ambiente es compromiso de la humanidad, gobiernos, personas e industria [22].

#### 8.4.2. Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica

Hoy día vemos un gran crecimiento, tanto en la producción de paneles solares cada vez más económicos como en la implementación de grandes plantas solares conectadas a la red eléctrica. Australia y Estados Unidos no firmaron el tratado de Kyoto, sin embargo, construyeron las más grandes Plantas Fotovoltaicas. En Estados Unidos de América, precisamente en Nuevo México se encuentra una planta de (300 MW) y en Arizona otra de (280 MW), en Australia en la ciudad de Mildura, Victoria se está construyendo una planta de (154 MV). Se prevé que estos dos países que no ratificaron el tratado de Kyoto y sin embargo, tienen las mayores plantas fotovoltaicas y continúan con su implementación.



**Figura 12.** Paneles fotovoltaicos modernizados de silicio [23]

La tecnología fotovoltaica actual está basada en el silicio cristalino, este material se puede apreciar en la figura 12, sin embargo, se están ensayando otros materiales en lámina delgada que podrían ocupar una cuota importante del mercado en los próximos años. Si bien los costes se han ido reduciendo gradualmente como consecuencia de las mejoras en las tecnologías de producción y del aumento de la eficiencia de células y módulos, están situados aún en un nivel muy alto en comparación con otras fuentes primarias de energía. [22]

En aplicaciones prácticas es necesario interconectar eléctricamente varias celdas en arreglos serie-paralelo, para constituir lo que se conoce como módulos fotovoltaicos, los cuales, agrupados en arreglos serie-paralelo constituyen los arreglos y un conjunto de arreglos conectados eléctricamente constituyen una planta fotovoltaica.

### 8.4.3. Sistema Solar Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos que sirven para aprovechar la energía solar y convertirla en electricidad. Estos sistemas se basan en la capacidad que tienen las celdas fotovoltaicas de transformar la luz solar en energía eléctrica, en la figura 13 se puede apreciar los componentes y la conexión que requieren este tipo de sistemas.

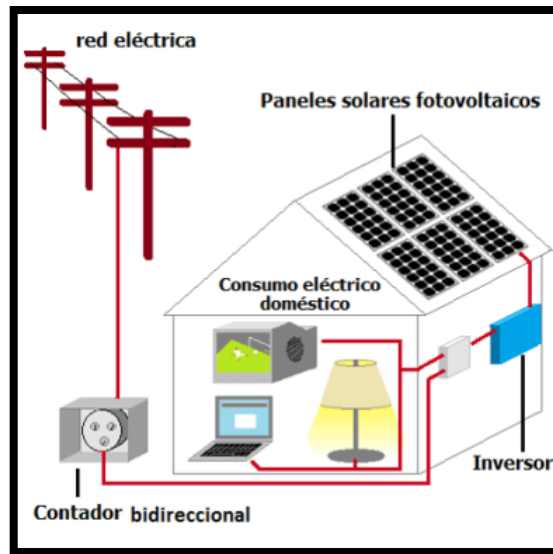


Figura 13. Sistema Solar Fotovoltaico [24].

La energía eléctrica generada por un sistema fotovoltaico depende del número de horas que el sol esté brillando sobre un panel solar, así como también depende de los módulos que han sido instalados, la orientación, inclinación, la radiación solar que llegue, la calidad de la instalación y la potencia nominal.

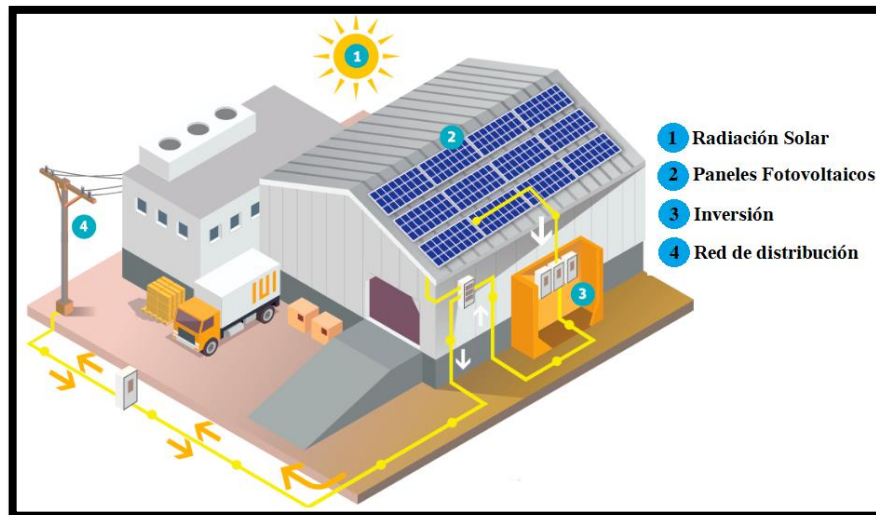
Las celdas fotovoltaicas son los dispositivos por medio de los cuales se absorbe la energía del sol. Estos elementos de un sistema fotovoltaico son capaces de generar energía eléctrica aprovechando la luz solar que incide sobre ellos. Las celdas deben estar confeccionadas en material semiconductor, que funciona recibiendo fotones provenientes del sol. El material más utilizado es el silicio [25].

#### 8.4.3.1. Componentes de un Sistema Fotovoltaico

- **Generador solar:** Se compone por el grupo de paneles fotovoltaicos, encargados de captar la radiación luminosa del sol y transformarla en corriente continua.

- **Acumulador:** Es el dispositivo que almacena la energía que se produce por el generador. Con el acumulador se puede disponer de electricidad en horas que no hay luz o en los días nublados.
- **Regulador de carga:** Evita las descargas excesivas o las sobrecargas hacia el acumulador, porque esto produce daños irreversibles. Además, asegura que el sistema funcione con la mayor eficiencia siempre.
- **Inversor:** Cambia la corriente continua almacenada dentro del acumulador en corriente alterna (230 V) [25].

En la figura 14 se puede apreciar las partes que integran un sistema fotovoltaico



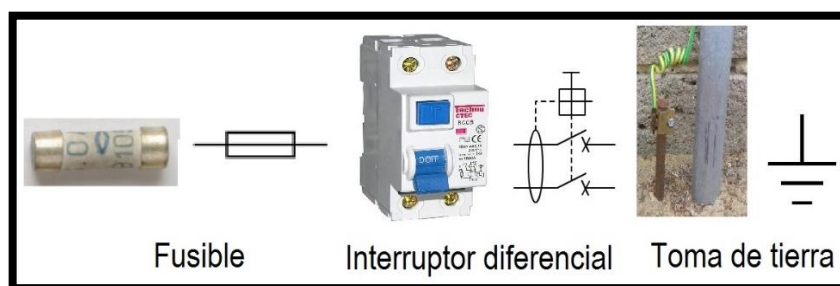
**Figura 14.** Partes de un Sistema Solar Fotovoltaico [26].

#### 8.4.3.2. Protecciones Eléctricas de un sistema fotovoltaico

Como cualquier instalación eléctrica, una instalación solar fotovoltaica debe estar correctamente protegida frente a cualquier peligro que entrañe el uso de energía eléctrica, en cualquiera de sus manifestaciones, en la figura15 se puede apreciar tales dispositivos. Normalmente a continuación del convertidor se sitúa un cuadro de protecciones idéntico al de las viviendas. Estos son los elementos de protección eléctrica utilizados en las instalaciones fotovoltaicas:

- **Interruptores magneto-térmicos:** este tipo de dispositivos protegen la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos. Funcionan abriendo el circuito cuando a través de ellos circula una intensidad superior a la nominal del dispositivo.

- **Fusibles:** al igual que los interruptores magneto-térmicos protegen contra sobrecargas y cortocircuitos. Se basan en un hilo de muy pequeña sección que se funde si por él circula una intensidad superior a la nominal del aparato, dejando abriendo el circuito cuando esto ocurre.
- **Varistores o descargadores:** protegen de sobretensiones atmosféricas perjudiciales para el sistema, derivando ésta al circuito de tierra. Se colocan generalmente en todos y cada uno de los circuitos de la instalación fotovoltaica, a las salidas de cada una de las filas de módulos fotovoltaicos y aguas arriba de cada elemento de protección y desconexión correspondiente.
- **Interruptores diferenciales:** se trata del único dispositivo ideado para la protección de las personas, protege contra contactos indirectos. Debe estar asociado a una correcta toma de tierra para que proteja correctamente. Su funcionamiento se basa en la detección de una intensidad de defecto derivada a tierra, la cual si es detectada provocará el disparo del interruptor. Esta intensidad de defecto aparece cuando un elemento de la instalación, que normalmente no debería estar en tensión lo está.
- **Toma de tierra:** se trata de una red paralela a la de consumo a la cual se derivan todas las corrientes de defecto que surjan en la instalación, evitando así a que puedan provocar accidentes. Se instalará una toma de tierra independiente a la del neutro de la Compañía eléctrica, con una distancia mínima entre ambas de 15m, a esta toma de tierra se conectarán las estructuras de los paneles, carcasas metálicas, y, en definitiva, cualquier elemento metálico susceptible de ponerse en tensión. Este elemento de protección debe llevar asociado un interruptor diferencial adecuado para aumentar su eficacia [27].



**Figura 15.** Protecciones eléctricas [28].

#### 8.4.3.3. Normativa para un sistema fotovoltaico en Ecuador

La Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) en el capítulo 14 con tema ENERGIAS RENOVABLES explica a manera que como se debe realizar una instalación ya sea eólica, solar,

térmica, hidráulica ...etc. Para que no existe accidente dentro de la fábrica donde se realice a más de generar una sanción a la mismo por no cumplir con lo expuesto en el documento.

Lo que manifiesta la norma para el diseño del sistema fotovoltaico es lo siguiente:

- Conexiones de los paneles solares.
- Cálculo de conductores eléctricos.
- Selección del regulador e inversor.
- Dimensionamiento de las protecciones eléctricas.

## **8.5. INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Una instalación eléctrica es el conjunto de circuitos eléctricos que tiene como objetivo dotar de energía eléctrica a edificios, instalaciones, lugares públicos, infraestructuras, etc. Incluye los equipos necesarios para asegurar su correcto funcionamiento y la conexión con los aparatos eléctricos correspondientes. Según el lugar de instalación estas se dividen en internas y externas.

### **8.5.1. Tipos de instalaciones eléctricas**

Internas: Son las instalaciones eléctricas que se realizan dentro de la casa, fábrica o industria, como se puede observar en la figura16. Las instalaciones internas que se realizan habitualmente son:

- Cableado interno
- Caja de Breakers
- Cajetines
- Toma corrientes
- Interruptores´
- Iluminación interna

Externas: Son las instalaciones eléctricas que se realizan alrededor de la casa, fábrica o industria de interés. Las instalaciones externas que se realizan habitualmente son:

- Cableado externo
- Acometida
- Instalación el medidor de luz
- Puesta a tierra

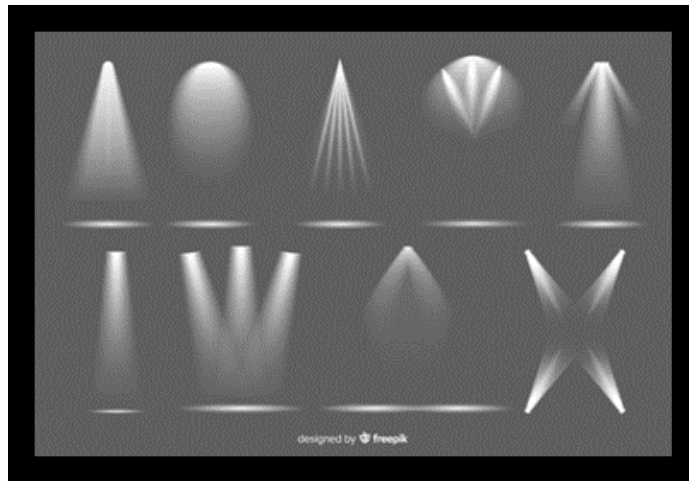
- Iluminación externa



**Figura 16.** Instalación eléctrica Interna [29].

### 8.5.2. Iluminación

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie, el símbolo utilizado para definirla es la letra E, y la unidad de iluminación es el Lux (lx). Un lux es la iluminación en un punto (A) sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual uniforme de una candela, como se muestra en la figura 17.

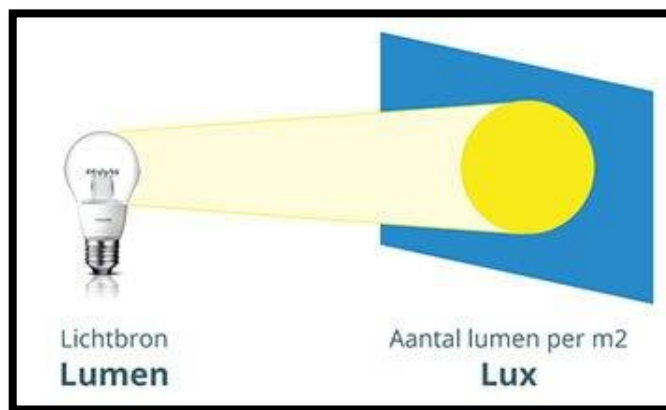


**Figura 17.** Tipos de iluminación [30].

#### 8.5.2.1. Características técnicas de la iluminación.

- LUX (lx). - Unidad de iluminancia del sistema internacional, que equivale a la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de un lumen por metro cuadrado.

- LUMEN (lm). - Unidad de flujo luminoso del sistema internacional, que equivale al flujo luminoso emitido por una fuente puntual uniforme situada en el vértice de un ángulo sólido de un estereorradián y cuya intensidad es una candela.
- ILUMINANCIA: Se define iluminancia como el flujo luminoso recibido por una superficie.
- POTENCIA: es el consumo que produce dicha luminaria, se mide en Watts.
- En la figura 18 se ilustra de manera adecuada la diferencia entre lumen y luxes.



**Figura 18.** Diferencias entre lumen y lux [31].

### 8.5.3. Luminarias

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. La luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que deben cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento.

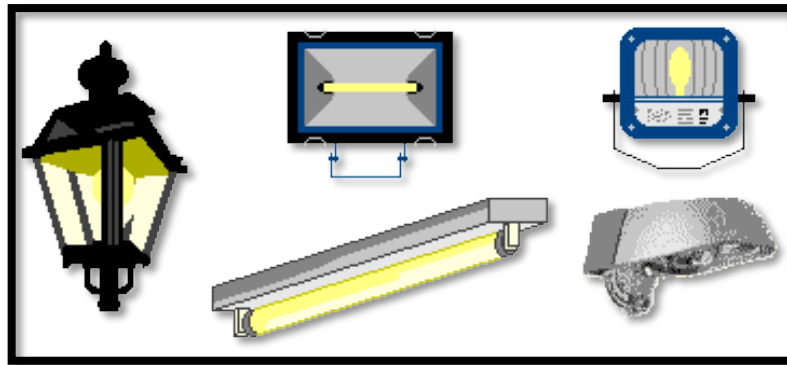
#### 8.5.3.1. Tipos de Luminarias

Una luminaria normalmente está formada por la carcasa, el reflector y la fuente de luz o módulo de luz. Su función consiste en proteger la lámpara de humedad, polvo y golpes. También se encargan de proveer una buena distribución y contraste de la luz, para evitar irritantes destellos luminosos, en la figura 19 se puede apreciar la variedad de luminarias que varían según sea la necesidad.

Estos productos tienen una amplia gama de aplicaciones distintas. Se utilizan como iluminación de hogar, escuelas, fábricas, centros deportivos y oficinas. Como cada sitio requiere de

características lumínicas específicas, en Lamparadirecta.es te ofrecemos distintos tipos de luminarias:

- Luminarias LED
- Luminarias halógenas y PL
- Luminarias de tubo
- Luminarias de techo
- Luminarias de pared
- Luminarias de suelo
- Luminarias de exterior
- Iluminación de emergencia [32]



**Figura 19.** Tipos de luminarias [33].

## 9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

### 9.1.Hipótesis

El diseño de un sistema fotovoltaico, mediante el análisis solar y calculo técnico permitirá mejorar la eficiencia energética en la fábrica de cartón, Yaron.

### 9.2. VARIABLES

Las variables son cantidades que son cambiantes, esa es su cualidad, pero a la vez son susceptibles de ser medidas. Las variables sirven para obtener la consecuencia y causa del proyecto mediante la hipótesis anteriormente redactada.

**Variable dependiente:** La eficiencia energética del sistema de iluminación en la fábrica de cartón Yaron.

**Variable independiente:** Diseño del sistema fotovoltaico.

### 9.2.1. Variable dependiente

Es la variable que representa el propósito de la propuesta tecnológica, siendo en nuestro caso: La eficiencia energética, ver tabla 3.

**Tabla 3.** Beneficiarios del proyecto

<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	La eficiencia energética en la fábrica de cartón Yaron.				
<b>Concepto</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítem</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Es el uso eficiente de la energía. Un aparato, proceso o instalación es energéticamente eficiente cuando consume una cantidad inferior a la media de energía para realizar una actividad.	Instalaciones eléctricas	Voltaje	Voltio [V]	Medición	Voltímetro
		Intensidad de corriente	Amperio [A]	Medición	Amperímetro
		Potencia	Vatio [W]	Medición	Vatímetro
		Factor de potencia	Escala 0 a 1	Calculo	Triangulo de potencias
		Consumo energético	Kilovatio/hora	Calculo	Voltaje Intensidad Potencia
		Resistencia Eléctrica	Ohmio [ $\Omega$ ]	Medición	Óhmetro

### 9.2.2. Variable independiente

Son las variables que van a influir para el desarrollo de la propuesta tecnológica, siendo en nuestro caso: Sistema iluminación repotenciado, ver tabla 4.

**Tabla 4.** Beneficiarios del proyecto

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítem</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumento</b>
Es la agrupación y trabajo en conjunto de ciertos componentes eléctricos para lograr la transformación de la	Variables del sistema fotovoltaico	Entrada	Radiación solar [W/m <sup>2</sup> ]	Medición	Pirómetro Mapa solar
			Irradiancia [W/m <sup>2</sup> ]	Calculo Medición	Pirómetro

energía solar en energía eléctrica utilizable para cualquier aparato o dispositivo eléctrico convencional de una casa, un negocio o inclusive una industria.		Irradiación [W/m <sup>2</sup> ]	Medición Calculo	Pirómetro Calculo
		Inclinación 0 a 180°	Calculo	LSTM GMT
		Orientación (Puntos cardinales)	Orientación	Brújula
	Salida	Voltaje [V]	Medición	Placa de datos
		Intensidad [A]	Cálculo Medición	Amperímetro

## 10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Este capítulo está orientado a como se va a verificar el balance de las cargas y existentes en el sistema eléctrico de la fábrica el cual se estudiará diversos factores internos existentes como el tablero de distribución de la línea para identificar posibles anomalías en las instalaciones.

Además, se identifica los diferentes tipos de métodos y técnicas de cómo se va realizar el diseño del sistema fotovoltaico siguiendo normativas existentes y por parámetros necesarios para poder realizar un diseño que satisfaga las necesidades de la fábrica de cartón YARON, que en el caso es la alimentación del sistema de iluminación.

### 10.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se menciona los tipos de metodologías que se va a utilizar para describir de manera correcta la cantidad de variables a medir, el tipo de medición, la selección de los diversos componentes del sistema fotovoltaico y programas que comprenden para el funcionamiento del proyecto.

Estos métodos se dividen en:

- Análisis de campo.
- Cuantitativo.
- Cualitativo.
- Científica.

### 10.1.1. Método de análisis de campo

Para el análisis de campo se debe tomar en cuenta algunos parámetros del lugar donde se va realizar el diseño fotovoltaico para que así se evite alguno tipo de gasto o investigación innecesaria, si es que el lugar cumple o no con los requisitos que son los siguientes:

- Coordenadas UTM.
- Orientación.
- Radiación Solar.
- Horas Solar Pico.
- Altura respecto al nivel del mar.

También para el análisis de campo se debe considerar las condiciones en las que se encuentra las instalaciones eléctricas para determinar la distribución de las instalaciones y las cargas existentes en la fábrica. Para ello se tomará en cuenta los siguientes datos:

- Conductores.
- Protecciones.
- Cargas (maquinaria).



**Figura 20.** Exterior de la fábrica Yaron

### 10.1.2. Método cuantitativo

Son el conjunto de estrategias de obtención y procesamiento de información que emplean magnitudes numéricas y técnicas formales y/o estadísticas para llevar a cabo su análisis, siempre enmarcados en una relación de causa y efecto [34].

Este método ha permitido conocer dentro del proyecto los parámetros y variables en cuestión

de datos. En la tabla 5 se detalla las variables pertenecientes a la red eléctrica mientras que en la tabla 6 se da a conocer las variables pertenecientes al sistema de iluminación como del sistema fotovoltaico.

**Tabla 5.** Variables cuantitativas

<b>Campo</b>	<b>Variables</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Red Eléctrica</b>	Líneas de Baja y Media Tensión	Tensión	0 – 330 [V]
		Corriente	0 – 100 [A]
	Maquinaria Eléctrica	Potencia Activa (P)	[kW]
		Potencia Reactiva (Q)	[kVar]
		Potencia Aparente (S)	[kVA]
		FP	0 -1
		Cos $\phi$	0-1

**Tabla 6.** Variables cuantitativas

<b>Campo</b>	<b>Variables</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Sistema de iluminación</b>	Eléctricas	Luminosidad	Cantidad de Lúmenes y Luxes
		Consumo energético	Potencia, voltaje y corriente.
		Luminarias instaladas	Número existente dentro de la fábrica.

<b>Sistema Fotovoltaico</b>	Eléctricas y Geográficas	Ubicación	Coordenadas UTM.
		Radiación solar	Según los [W/m <sup>2</sup> ]
		Orientación	Salida y puesta de Sol.
		Potencia eléctrica instalada.	Según la cantidad de luminarias existentes. se mide en [W].

### 10.1.3. Método cualitativo

El método cualitativo es una forma de investigación que se basa en el lenguaje y engloba toda la lingüística que se suele usar en las ciencias sociales [35]

Este método se va a describir los sistemas de estudio, así como el de iluminación como el fotovoltaico, en el mismo se mencionan el nombre de las normativas que se rige en el país para el correcto diseño y análisis de dichos sistemas, cabe recalcar que en el sistema de iluminación se menciona de cómo se mejora entre el diseño actual y uno mejorado realizado con el software respectivo.

#### 10.1.3.1. Medición de variables

La medición es la toma de datos de una determinada magnitud física, la misma que se puede realizar de manera directa o indirecta dependiendo el tipo de dispositivo o método que se vaya a utilizar. En la tabla 7 se detalla el tipo de medición según el tipo de procedimiento a realizar.

**Tabla 7.** Tipos de medición

Campos de estudio	Dispositivo / Método	Tipo de medición	Variables	Técnicas
			Voltaje	Instrumento Observación
			Intensidad de	Instrumento

<b>Electricidad</b>	Sistema de Iluminación	Directa	Corriente	
		Indirecta	Potencia Eléctrica	Calculo
			Nº de Luminarias	Observación
			Modelo de las luminarias	Placa de datos
			Distribución de las luminarias.	Observación
Sistema fotovoltaico	Directa	Orientación y ubicación	Instrumento	
<b>Energía Solar</b>	fotovoltaico	Directa	Radiación Solar	Instrumento
		Indirecta	Voltaje de salida	Instrumento
		Indirecta	Intensidad de Corriente	Instrumento

### 10.1.3.2. Cuadro valorativo

El cuadro valorativo se utiliza para seleccionar el tipo de luminaria adecuada para el sistema de iluminación reestructurado en donde se toma en cuenta las siguientes cualidades:

- Iluminación para exterior e interior.
- Consumo energético.
- Iluminación uniforme.
- Vida útil de la luminaria.
- Costo de la luminaria

Según las cualidades o funciones que se mencionó de las luminarias que componen el sistema de iluminación se va calificar mediante la utilización de una tabla 8 en donde se va detallar las alternativas y funciones de manera más exacta.

**Tabla 8.** Tabla de valoración

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa n</b>
<b>FUNCIONES</b>				
<b>Función 1</b>				
<b>Función 2</b>				
<b>Función 3</b>				
<b>Función n</b>				

<b>Calificación:</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Buena</b>	<b>Excelente</b>
	0 – 2	3 – 5	6 – 8	9 - 10

Según la tabla anterior es la cual se usará para la calificación de los componentes del proyecto. Para poder entender el uso de la tabla se debe tomar en cuenta las siguientes partes que consta:

- Alternativas que existen: en esta fila se detalla el nombre de los tipos de luminarias existentes en el mercado que se van a evaluar.
- Funciones: en esta columna se detallan los tipos de características que deben poseer cada luminaria para el posterior análisis de cada uno.
- Calificación: este apartado es el más importante ya que según la calificación una determinada luminaria será elegida, por eso se debe tomar en cuenta la ficha técnica del producto para ver si cumple con las expectativas que se necesita para el proyecto.

### **10.1.3.3. Normativa para Luminosidad**

En el sistema de luminosidad que está implementando en la fábrica se deben haber regido para la instalación de las luminarias LED en las normativas CODIGO ELECTRICO ECUATORIANO (CEE) Y NORMAS ELECTRICAS DE CONSTRUCCION (NEC), en las dos normas manifiestan las siguientes condiciones:

- Tipos de lámparas.
- Sistemas de alumbrado.
- Niveles mínimos de iluminación según el tipo de fábrica.

En la tabla 9 se detalla los niveles mínimos de iluminación(luxes) permitidos según las normas vigentes ya mencionadas.

**Tabla 9.** Niveles de iluminación recomendados

<b>TIPO DE LOCAL</b>	<b>NIVEL MINIMO DE ILUMINACION</b>
Áreas de trabajo	300 luxes
Áreas de circulación	50 luxes
Escaleras, escaleras mecánicas	100 luxes
Áreas de parqueos cubiertos	30 luxes

Fuente: [34]

El sistema de iluminación presente en la fábrica de cartón Yaron, no posee las características técnicas, ni en el nivel de iluminación, ni en la distribución de las mismas, por ese motivo se diseñará mediante software capacitado para mejorar la iluminación y distribución de las luminarias.

#### **10.1.3.4. Normativa para un Sistema Fotovoltaico**

En el diseño del sistema fotovoltaico en la fábrica se deben realizar mediante las normativas CODIGO ELECTRICO ECUATORIANO (CEE) Y NORMAS ELECTRICAS DE CONSTRUCCION (NEC), ambas son aprobadas que se rige el ARCONEL en donde las dos normas manifiestan las siguientes condiciones:

- Valores promedios de irradiación solar en cada zona del Ecuador.
- Angulo de inclinación e incidencia del módulo.
- Funcionamiento de los componentes del S. F.
- Clasificación del Sistemas Fotovoltaicos.

En la tabla 10 se puede apreciar valores de irradiación solar para cada una de las provincias del Ecuador.

**Tabla 10.** Valores promedios de irradiación solar en el Ecuador

<b>PROVINCIA</b>	<b>CIUDAD</b>	<b>Wh/m<sup>2</sup>.día promedio</b>	<b>ZONA</b>
<b>Carchi</b>	Tulcán	4140	II
<b>Esmeraldas</b>	Esmeraldas	4350	II
<b>Imbabura</b>	Ibarra	4560	IV
<b>Manabí</b>	Portoviejo	4160	III
<b>Pichincha</b>	Quito	4990	IV
<b>Tsáchilas</b>	Sto. Domingo	3440	III

<b>Cotopaxi</b>	Latacunga	4420	IV
<b>Napo</b>	Tena	4350	II
<b>Santa Elena</b>	Salinas	4360	II
<b>Guayas</b>	Guayaquil	4370	III
<b>Los Ríos</b>	Babahoyo	3780	III
<b>Bolívar</b>	Guaranda	4800	IV
<b>Tungurahua</b>	Ambato	4550	III
<b>Chimborazo</b>	Riobamba	4490	II
<b>Pastaza</b>	Puyo	3800	II
<b>Cañar</b>	Azogues	4500	III
<b>Morona Santiago</b>	Macas	4090	II
<b>Azuay</b>	Cuenca	4350	II
<b>El Oro</b>	Machala	4200	II
<b>Loja</b>	Loja	4350	II
<b>Zamora Chinchipe</b>	Zamora	4350	II
<b>Galápagos</b>	Puerto Ayora	5835	V

Fuente: [34]

#### **10.1.4. Método científico**

El método científico es un método de investigación usado principalmente en la producción de conocimiento en las ciencias. Para ser llamado científico, un método de investigación debe basarse en lo empírico y en la medición, y estar sujeto a los principios específicos de las pruebas de razonamiento [37].

Este método se va a enunciar las leyes de cálculo, para obtener las variables técnicas del sistema de iluminación y así poder realizar el correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico, a más mencionar una serie de estrategias o experimentos para poder mejorar el sistema de iluminación mediante la guía de la normativa y software técnico.

##### **10.1.4.1. Método de cálculo**

Se analiza las diferentes leyes de cálculo mediante la utilización de fórmulas, tablas y valores normalizados para los sistemas como el de iluminación, para de ahí partir al análisis y diseño del sistema fotovoltaico.

Los pasos a seguir en el dimensionado que se propone son las siguientes:

- Estimación del consumo
- Angulo óptimo de inclinación de los paneles
- Dimensionado de los paneles fotovoltaicos.
- Dimensionado del regulador
- Dimensionado del sistema de acumulación
- Dimensionado del inversor
- Dimensionado del cableado
- Dimensionamiento de las protecciones eléctricas
- Puesta a tierra.
- Ahorro energético.
- Rentabilidad.

### **Estimación del consumo**

Este apartado se menciona las fórmulas a usar para saber el consumo que se requiere para ser alimentado mediante el sistema fotovoltaico.

$$P = V * I \quad (1)$$

P: Potencia de las luminarias [W]

V: Voltaje de operación [V]

I: Intensidad de operación [A]

$$E_c = P * t \quad (2)$$

$E_c$ : Energía consumida [Wh]

P: Potencia de las luminarias [W]

T: tiempo de uso (h)

$$P = (15\% \times E_c) + E_c \quad (3)$$

P: Potencia total de instalación [Wh]

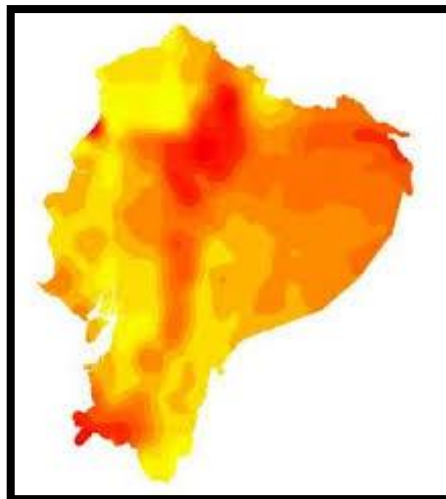
15%: Factor de seguridad del consumo por perdidas de las conexiones de los conductores, o posibles aumentos de consumo en los receptores

Ec: Energía consumida [Wh]

### **Ángulo óptimo de inclinación de los paneles fotovoltaicos.**

En este apartado no existe ningún tipo de fórmula para el cálculo debido a que son ecuaciones complejas donde se necesita de simuladores para obtenerla, pero INAMHI y MAE establecieron estaciones meteorológicas por las distintas zonas de país donde gracias a ellas se utiliza una serie de tablas de irradiación solar diaria media y tabla de hora pico solar (HPS) que generan estas estaciones en la página web, , gracias al contenido se pueda hacer el análisis entre la tablas según la región y obtener el ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos.

En la figura 21 se puede apreciar el atlas solar del Ecuador emitido por el INAMHI.



**Figura 21.** Atlas Solar Ecuador [35].

### **Dimensionado de los paneles fotovoltaicos.**

Para el dimensionado de los paneles fotovoltaico cabe recalca que el número de paneles depende del consumo energético y lo que es más de la potencia tipo de panel que se elija, también toca verificar la manera de conectarlos ya sea en serie o el paralelo.

$$N_T = \frac{P}{P_p * WP * HPS} \quad (4)$$

NT: Número de paneles solares

P: Potencia total de instalación [Wh]

Pp: Factor de perdidas normalizado 0,75 a 0,9

WP: Potencia máxima de los paneles [W]

HPS: Horas Solar Pico en el sector [h]

$$N_S = \frac{V_{NS}}{V_{NP}} \quad (5)$$

Ns: Número de módulos en serie

Vns: Voltaje nominal DC de sistema fotovoltaico [V]

Vn: Voltaje nominal DC del módulo fotovoltaico [V]

$$N_P = \frac{N_T}{N_S} \quad (6)$$

Np: Número de módulos en paralelo

Nt: Número total de paneles solares

Ns: Número de módulos en serie [V]

### Dimensionado del regulador

Una vez definido el panel fotovoltaico, se debe calcular el regulador de carga necesaria, para ello simplemente multiplicaremos la intensidad de cortocircuito de cada panel, obtenida del catálogo, por el número de paneles necesarios. Ese producto será la máxima intensidad nominal a la que trabajará el regulador.

$$I_R = \frac{NP * Pp}{Vns} \quad (7)$$

Imax = Intensidad máxima de los reguladores (A)

1,25: Factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador

In: Intensidad nominal del panel solar [A]

Np: Número de paneles solares

### Dimensionado del inversor

Para el inversor se debe tomar en cuenta las características técnicas de los aparatos eléctricos que se desea alimentar, sobre todo la potencia total instalada, el sobredimensionamiento como factor de seguridad, que se describe en la siguiente ecuación:

$$P_{INV} = 1,5 * P_i \quad (8)$$

$P_{inv}$ : Potencia del inversor [W]

1,5: Factor de seguridad para evitar daños ocasionales al inversor

$P_i$ : Potencia total instalada [W]

### Dimensionado del cableado

El dimensionado del cableado constituye una de las tareas en las que se deberá prestar especial atención, ya que siempre que exista consumo habrá pérdidas debido a las caídas de tensión en los cables.

$$S = \frac{2 * l * i}{k * \Delta V} \quad (9)$$

S: Sección del cable en  $\text{mm}^2$

$l$ : Es la longitud del conductor [m]

$I$ : Corriente del sistema [A]

$k$ : Conductividad del cobre es:  $56 \text{ [m}/\Omega \cdot \text{mm}^2]$

$\Delta V$ : Caída de tensión del conductor respecto al voltaje que circula [V]

### Dimensionamiento de las protecciones eléctricas

Las protecciones eléctricas son muy importantes debido a que de esto depende de la durabilidad de la componentes y cargas a conectar, en este caso al sistema fotovoltaico.

Para el dimensionamiento se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros que son:

- Ficha técnica del panel fotovoltaico.
- Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico.
- Voltaje de operación del panel fotovoltaico.
- Tipo de conexión de los paneles fotovoltaico.

### Puesta a Tierra

La puesta a tierra juega un papel importante dentro del campo de las protecciones eléctricas porque protege a las maquinas o cargas conectadas a la red o sistema de generación ante sobretensiones, minimizando al operador el riesgo de sufrir un choque o descarga eléctrica.

- Voltaje de operación en DC del sistema fotovoltaico.

### **Ahorro energético**

El ahorro energético que obtiene la fábrica una vez implementado el sistema fotovoltaico será mediante la utilización de las siguientes fórmulas:

- Potencia total de las luminarias.
- Energía consumida por hora, mes y año.

### **Rentabilidad**

En este apartado se menciona como se va a calcular la rentabilidad que obtiene la fábrica en corto, mediano y largo plazo. Que para ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Precio del kW/h establecido en el país.
- Tiempo de autonomía de las luminarias en todo el día.
- Potencia eléctrica de cada luminaria.

#### **10.1.4.2. Método Experimental**

El método experimental es una técnica que se caracteriza por observar, manipular y registrar las distintas variables (independientes, dependientes, etc.) que afectan a un determinado fenómeno u objeto de estudio. De manera general, podemos decir que el método experimental es un conjunto de diseños de investigación que se valen de manipulaciones y tests controlados para poder explicar ciertos procesos causales [39].

En este apartado se va hablar del sistema de iluminación como del sistema fotovoltaico, en ambos sistemas se va realizar los respectivos diseños en la que cada una se experimentara características técnicas, para entender la funcionalidad.

#### **Sistema de iluminación:**

- Diseño de sistema de iluminación actual en software normalizado.
- Rediseño del sistema de iluminación mejorado en software normalizado.

En el sistema se pretende mejorar las luminarias dentro de la fábrica ya que existe poca uniformidad en la luminosidad, que perjudica la visibilidad.

#### **Sistema Fotovoltaico:**

- Diseño de las conexiones del sistema fotovoltaico en software normalizado.
- Diseño del sistema fotovoltaico en 3D en software normalizado.

En los diseños se pretende plasmar las conexiones que presenta la instalación a más de la isométrica que presenta, para que pueda ser usada por el dueño de la fábrica el día que vaya a implementar dicho diseño.

También en este apartado se va a detallar la distribución de las cargas en cada fase, obteniendo así datos de las variables, para las cuáles se experimentarán dentro de las cargas de las instalaciones existentes en la fábrica, considerando de la siguiente manera:

- Con utilización de banco de condensadores.
- Sin la utilización de banco de condensadores

Con la conexión y desconexión de este banco se verificará la mejoría del factor de potencia de potencia.

## **11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

Este capítulo está orientado al estudio de campo, obtención de datos de las variables que genera el analizador de redes, mismos que permitirán determinar si el sistema se encuentra o no balanceado.

Además, está orientado al cálculo del consumo energético del sistema de iluminación actual y reestructurado, dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos, dimensionamiento de las protecciones eléctricas, después se calcula el ahorro energético y la rentabilidad que causa ambos sistemas fotovoltaicos al beneficiario. También se simula en software el sistema de iluminación actual de la fábrica, para ver las deficiencias que presenta, a más de la mejora del mismo.

### **11.1. ANÁLISIS DE CAMPO**

En este apartado se menciona la irradiación solar en la zona donde se va a diseñar el sistema fotovoltaico para ver si es o no factible la implementación, tomando en cuenta los estudios realizados anteriormente en la zona para la sustentación del análisis. También se plasma el sistema de iluminación a energética seguido de sus características técnicas de cada luminaria.

#### **11.1.1. Ubicación**

El diseño del sistema fotovoltaico será ubicado en la provincia de Tungurahua en donde según las NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCION manifiesta que la irradiación solar

promedio, entre todos los cantones que la conforman, es de 4550 Wh/m<sup>2</sup>.día esta fue notificada en el 2011 en donde INAMHI manifiesta que la irradiación que es lo que llega al planeta, va en aumento año tras años en donde los proyectos solares son los más demandados hasta la actualidad.

En la figura 22 se da a conocer los 9 cantones que integran la provincia de Tungurahua.



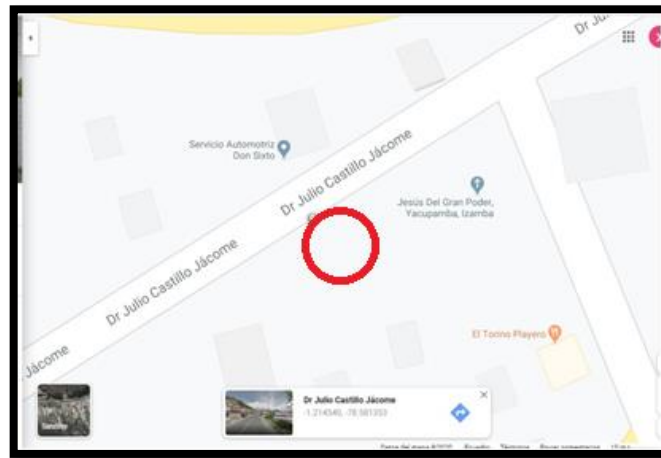
**Figura 22.** Provincia de Tungurahua [36].

En la figura 23 se puede apreciar que el cantón Ambato posee una excelente irradiación solar al día, por esta razón es el candidato perfecto para llevar a cabo un estudio de sistemas fotovoltaicos.

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m <sup>2</sup> .día promedio	ZONA
Carchi	Tulcán	4140	II
Esmeraldas	Esmeraldas	4350	II
Imbabura	Ibarra	4560	IV
Manabí	Portoviejo	4160	III
Pichincha	Quito	4990	IV
Tsachilas	Sto. Domingo	3440	III
Cotopaxi	Latacunga	4420	IV
Napo	Tena	4350	II
Santa Elena	Salinas	4360	II
Guayas	Guayaquil	4370	III
Los Ríos	Babahoyo	3780	III
Bolívar	Guaranda	4800	IV
<b>Tungurahua</b>	<b>Ambato</b>	<b>4550</b>	<b>III</b>
Chimborazo	Riobamba	4490	II
Pastaza	Puyo	3800	II
Cañar	Azogues	4500	III
Morona Santiago	Macas	4090	II
Azuay	Cuenca	4350	II
El Oro	Machala	4200	II
Loja	Loja	4350	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4350	II
Galápagos	Puerto Ayora	5835	V

**Figura 23.** Irradiación solar en la provincia de Tungurahua [34].

La fábrica de cartón Yaron se encuentra ubicada en la parroquia Izamba perteneciente al cantón Ambato como indica la figura 24.



**Figura 24.** Ubicación de la fábrica

Una vez plasmada la ubicación del lugar exacto, como se mencionó anteriormente la provincia de Tungurahua tiene una irradiación solar promedio de 4550 Wh/m<sup>2</sup>, pero este dato es generalizado para todos los cantones de la provincia en donde para realizar diseño exacto si problemas o que se presente inconvenientes más adelante se debe tomar en cuenta datos más cercanos como sería lo esencial del cantón.

No.	HORA	IRRADIANCIA DIRECTA $G$ [W/m <sup>2</sup> ]	IRRADIANCIA DIRECTA EN COLECTOR $G_D$ [W/m <sup>2</sup> ]	IRRADIANCIA DIFUSA EN COLECTOR $G_d$ [W/m <sup>2</sup> ]	IRRADIANCIA GLOBAL EN COLECTOR $G_T$ [W/m <sup>2</sup> ]	ÁNGULO DE INCIDENCIA $\theta$ [°]
1	10:15	500.2	435.78	65.39	501.17	29.40
2	10:30	515.7	463.37	67.41	530.78	26.04
3	10:45	517.5	477.47	67.65	545.12	22.68
4	11:00	528.4	498.62	69.07	567.69	19.33
5	11:15	556.7	534.76	72.77	607.53	16.14
6	11:30	567.0	552.57	74.12	626.69	12.95
7	11:45	580.8	571.31	75.92	647.23	10.37
8	12:00	582.8	577.42	76.18	653.60	7.79
9	12:15	582.9	527.12	76.20	603.32	25.27
10	12:30	578.1	424.54	75.57	500.11	42.75
11	12:45	568.6	413.72	74.33	488.04	43.31
12	13:00	533.7	384.67	69.77	454.44	43.88
13	13:15	548.2	387.48	71.66	459.14	45.02
14	13:30	530.7	367.56	69.37	436.93	46.16
15	13:45	490.1	332.37	64.07	396.43	47.30
	Promedio	545.43	-	-	534.55	-

**Figura 25.** Estudio de irradiación en el cantón Ambato [37]

Los valores de la figura 25 han sido obtenidos de una tesis realizada en la ciudad en Ambato la cual es el tema “ESTUDIO DEL ESPECTRO DE IRRADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE ENERGÍA APROVECHABLE EN LA CIUDAD DE AMBATO” como se observa el estudio se centra en la ciudad de Ambato, por eso esta tabla es esencial y sustenta el diseño para poder realizar la propuesta tecnológica debido a que la irradiación solar promedio es de 659.7 [W/m<sup>2</sup>] al medio día y con un potencial de energía disponible de 7188.2 [kJ/m<sup>2</sup>] en tres horas (HSP). Aunque cabe manifestar que bajo la condición parcial nublado también existe una importante energía disponible, con una media de 504.7 [W/m<sup>2</sup>] y una energía disponible en tres horas de 5504.3 [kJ/m<sup>2</sup>]. [38]

## 11.2. MAQUINARIA EXISTENTE DENTRO DE LA FÁBRICA

En la fábrica de cartón Yaron, planta 1 para llevar a cabo sus procesos de producción cuenta maquinas trifásicas a 220 mismas que se mencionaran en la tabla 11.

**Tabla 11.** Listado de maquinarias de la fábrica de cartón Yaron, planta 1.

<b>Trifásico a 220V</b>
<b>Maquinaria</b>
Doble Face
Single Face
De pegamento
Transversal
Pre calentador
Puente Transportador
Soporte Hidráulico

## 11.3. SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL

### - Normativa ecuatoriana.

En Ecuador para la realización de cualquier instalación eléctrica se debe regir por una serie de normas establecidas en el país que son la Código Eléctrico Ecuatoriano (CEE) y Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC).

Estas normas abarcan varios campos de la parte eléctrica, pero ahora lo que interesa es el campo de la iluminación, en donde se toma en cuenta los niveles de iluminación industrial y comercial:

La NEC manifiesta que los niveles de iluminación industrial y comercial deben ser los mencionados en la tabla 12:

**Tabla 12.** Nivel mínimo de iluminación

<b>TIPO DE LOCAL</b>	<b>NIVEL MINIMO DE ILUMINACION RECOMENDADO</b>
Áreas de trabajo	300 luxes
Áreas de circulación (pasillos, corredores, etc.)	50 luxes
Escaleras, escaleras mecánicas	100 luxes
Áreas de parqueaderos cubiertos	30 luxes

Fuente: [34]

La CEE manifiesta que los niveles de iluminación industrial y comercial deben ser los descritos en la tabla 13:

**Tabla 13.** Niveles de iluminación

<b>CLASE</b>	<b>TIPO DE LOCAL</b>	<b>LUX</b>
<b>0</b>	Iluminación mínima general para áreas de trabajo	150
<b>1</b>	Trabajo variados y simples (trabajo duro)	250
<b>2</b>	Observación continua, trabajo medios - finos (trabajo normal)	500
<b>3</b>	Observación continua (áreas de dibujo, trabajo fino)	1000
<b>4</b>	Trabajos muy finos (reparación de relojes)	2000

Fuente: [43]

Según se observa en ambas normativas el nivel de iluminación mínima para la fábrica Yaron debe ser mayor a 300 luxes.

### 11.3.1. Tipo de luminarias existente

La fábrica de cartón Yaron cuenta con 9 luminarias instaladas en el área de trabajo las mismas que son de la marca ON POWER como se muestra en la figura 26:



**Figura 26.** Reflector ON POWER

En la tabla 14 se puede apreciar que la luminaria ON POWER tiene una potencia de 150 W por lo que tiene un alto consume de energía, también la distribución de la misma no está acorde a las necesidades de la fábrica, peor un a la de las normas.

**Tabla 14.** Características del reflector

Descripción	Unidad
Voltaje de operación	100 – 265 V
Potencia	150 W
CCT	6000 K
Factor de Potencia	0.95
Frecuencia	50 60 Hz

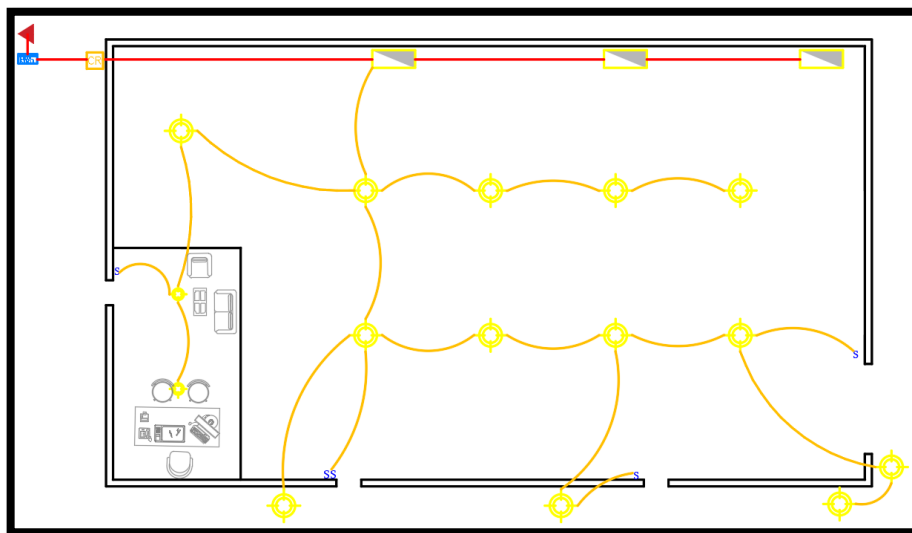
### 11.3.2. Diseño computarizado del sistema de iluminación actual.

En la figura 27 se puede observar que existen problemas de luminosidad dentro de la fábrica de cartón Yaron.



**Figura 27. Luminosidad en la Fábrica**

En la figura 28 se puede observar el plano eléctrico del sistema de iluminación existente en la fábrica de cartón Yaron.



**Figura 28. Plano eléctrico del sistema de iluminación**

Para el diseño del sistema de iluminación se utilizó un software normalizado como es DIALUX, el cual trabaja mediante el ingreso de datos propios de la luminaria como se detalla en la figura 29 para realizar los cálculos respectivos.

Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 5.400 m, Factor mantenimiento: 0.80			Valores en Lux, Escala 1:673		
Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	110	7.27	1891	0.066
Suelo	20	109	8.21	1363	0.075
Techo	70	17	6.55	32	0.389
Paredes (4)	50	20	7.49	86	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m  
 Porcentaje de puntos con menos de 400 lx (para IEQ-7): 92.72%.

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS BY471P 1 xPRO170S/840 XNB GC (1.000)	17000	17000	138.0
			Total: 136000	Total: 136000	1104.0

**Figura 29.** Características técnicas aproximadas en Dialux

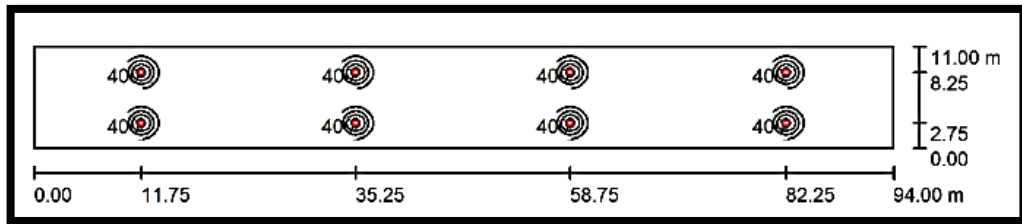
existente en donde se puede observar aproximadamente el nivel de luminosidad, la uniformidad luminosa y más factores importantes para verificar si es o no factibles el número de luminarias instaladas al igual que la potencias de la mismas.

Mediante el software mencionado se ha permitido corroborar la existencia de zonas oscuras dentro de la fábrica provocado por la mala selección y distribución de las luminarias como se observa en la figura 30.



**Figura 30.** Luminosidad aproximada en Dialux

La figura 31 detalla la ubicación de las luminarias en el software DIALUX



**Figura 31.** Ubicación de las luminarias en Dialux

Como se puede observar tanto en la simulación realizada en Dialux como en la foto interna de la fábrica, existe falta de luminosidad en la fábrica y no permite dar una buena visibilidad a los trabajadores donde esto puede llegar a causar daños o lesiones por la falta de iluminación.

### 11.3.2.1. Nivel de luminosidad

Para calcular el nivel de iluminación que presenta la fábrica, utilizo una plantilla de Excel normalizada por NEC, ver figura 32 en sé dónde presenta la cantidad de luminarias a utilizar para que cumpla con el nivel de iluminación, y el nivel de iluminación que tiene ahora con el número de luminarias actual.

### 11.3.2.2. Número de luminarias

2	LOCAL/RECINTO:	SALA DE JUNTAS		
3	<b>DATOS:</b>			
4	<b>DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DEL LOCAL</b>			
5	NIVEL DE ILUMINACION		300	Lux
6	<b>DIMENSIONES</b>			
7	LONGITUD	94	m	SUPERFICIE LOCAL (m2)  1034
8	ANCHO	11	m	
9	ALTURA	6	m	
10	ALTURA DE TRABAJO	1	m	
11	ALTURA UTIL	0,8	m	
12	FACTORES DE REFLEXION	TECHO	PARED	SUELO
13		0,5	0,3	0,3
14				
15	TIPO DE LAMPARA:	LAMPARA DE TECHO		
16	MODELO	ON POWER LED		
17	POTENCIA	150		W
18	FLUJO LUMINOSO	25000		Lm
19	COEFICIENTE DE CONSERVACION (Cd):		0,80	
20	<b>CALCULOS:</b>			
21	INDICE DEL LOCAL/RECINTO (K)		12,31	$K = L.a/[hu.(L+a)]$
22	COEFICIENTE UTILIZACION (Cu)		0,70	según fabricante
23	FLUJO NECESARIO (flujo total)		553928,57	Lm Flujo = Emed.S/Cd.Cu
24	NUMERO DE LAMPARAS (N)		22,16	LAMPARAS

**Figura 32.** Plantilla Excel NEC [34]

Como se puede observar para el nivel de iluminación normalizado que es 300 Luxes, se necesita de 23 reflectores Led instalados en la fábrica los cuales actualmente no cuenta.

### 11.3.2.3. Nivel de iluminación actual:

2	LOCAL/RECINTO:	SALA DE JUNTAS			
3	<b>DATOS:</b>				
4	<b>DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DEL LOCAL</b>				
5	NIVEL DE ILUMINACION		120	Lux	
6	<b>DIMENSIONES</b>				
7	LONGITUD	94	m	SUPERFICIE LOCAL (m2)	1034
8	ANCHO	11	m		
9	ALTURA	6	m		
10	ALTURA DE TRABAJO	1	m		
11	ALTURA UTIL	0,8	m		
12	FACTORES DE REFLEXION	TECHO	PARED	SUELO	
13		0,5	0,3	0,3	
14					
15	TIPO DE LAMPARA:	LAMPARA DE TECHO			
16	MODELO	ON POWER LED			
17	POTENCIA	150		W	
18	FLUJO LUMINOSO	25000		Lm	
19	COEFICIENTE DE CONSERVACION (Cd):			0,80	
20	<b>CALCULOS:</b>				
21	INDICE DEL LOCAL/RECINTO (K)		12,31	$K = L.a/[hu.(L+a)]$	
22	COEFICIENTE UTILIZACION (Cu)		0,70	según fabricante	
23	FLUJO NECESARIO (flujo total)		221571,43	Lm	Flujo = Emed.S/Cd.Cu
24	NUMERO DE LAMPARAS (N)		8,86	LAMPARAS	

Figura 33. Plantilla Excel NEC [34]

Como se puede observar el nivel de iluminación presente en la fábrica con el número de luminarias actual es de 120 Luxes, ver figura 33 donde no cumple con la norma establecida por lo cual puede generar daños a la larga a los trabajadores o personal que transite por el interior de la fábrica, a más puede ser sancionado el dueño de la fábrica por parte de las autoridades competentes. También cabe recalcar que en este diseño no existe uniformidad en la distancia entre luminarias donde perjudica la estética y funcionalidad del mismo.

## 11.4. SISTEMA DE ILUMINACIÓN PROPUESTO

En este apartado se va estudiar el sistema de iluminación actual que está presente, y verificar si es adecuada para el trabajo minucioso si presenta una correcta visibilidad dentro de la fábrica, y si no es así, se procede a realizar un sistema de iluminación mejorado el cual cumpla con la iluminación y visibilidad normalizados.

Para ello se realiza las siguientes observaciones:

### 11.4.1. Selección de la luminaria

De acuerdo con la investigación, se verifica los distintos tipos de luminarias que existen en el mercado, y seleccionar la adecuada para de la fábrica Yaron eso haciendo ímpetu en las características de utilización que se dará a las mismas, ver tabla 15.

**Tabla 15.** Comparación entre funciones y alternativas de luminarias

<b>ALTERNATIVAS FUNCIONES</b>	Luminaria Fluorescente	Luminaria LED	Luminaria HID	Luminaria Inducción
Iluminación en instalaciones internas sucias	5	7	9	6
Iluminación con alta gama de colores	5	9	5	5
Menor consumo energético	8	10	5	7
Larga vida útil	6	8	6	10
Menor costo en la adquisición	7	9	6	6
<b>Puntuación</b>	31	<b>43</b>	31	34

<b>Calificación:</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Buena</b>	<b>Excelente</b>
	0 – 2	3 – 5	6 – 8	9 - 10

Considerando todos estos parámetros, se escoge tres tipos luminarias industriales, para realizar una comparación entre ellas y así seleccionar la más adecuada para el galpón industrial de la fábrica de cartón Yaron.

**Tabla 16.** Tabla comparativa de luminarias

<b>TABLA COMPARATIVA DE LUMINARIAS</b>			
<b>LED NNFC40110</b>		<b>FLUORESCENTE 715474</b>	<b>FLUORESCENTE 715475</b>
Temperatura [°K]			
5000		6500	6500

Potencia [W]	31	18	36
Flujo Luminoso [Lm]	4000	980	2500
Eficiencia [Lm/W]	129	54,4	66,7
Horas de vida	40000	10000	12000

Según la calificación obtenida en la tabla 16, la luminaria apropiada para la fábrica de cartón, Yaron, es la de tipo LED NNFC40110 por su gran eficiencia en el ahorro energético.

#### 11.4.1.1. Tipo de luminarias seleccionada

Para mejorar la deficiencia que presentaba la anterior luminaria se realizó un estudio con software y comparación en las características técnicas en donde se eligió una luminaria que solvente cada uno de los problemas existentes en la fábrica (zonas oscuras), ver figura 34:



**Figura 34.** Reflector LED [44]

En la tabla 17 se detalla las características técnicas de la luminaria para el sistema repotenciado.

**Tabla 17.** Características del reflector

Descripción	Unidad
Voltaje de operación	110 – 220 V
Potencia	31 W
Luminaria	4000 lm

Frecuencia	50 60 Hz
------------	----------

Fuente: [44]

#### 11.4.2. Diseño computarizado del sistema de iluminación mejorada

Como se observa anteriormente el diseño que presenta actualmente la fábrica no cuenta con el nivel de iluminación, selección y distribución apropiada de la luminaria para realizar los distintos tipos de trabajos, lo que provoca zonas oscuras. Razón por la cual se diseñó un sistema de iluminación alternativo con la ayuda del software Dialux, mismo que se encuentra acorde a las normas vigentes en el país, teniendo en cuenta un diseño normalizado y acorde a las necesidades de trabajo de la fábrica.

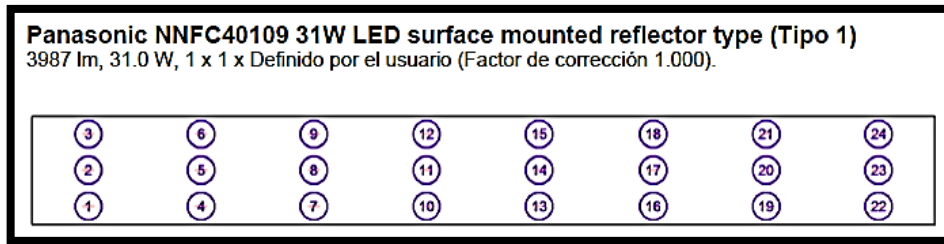
Como se detalla en la figura 35, en el software DiaLux se debe ingresar los datos necesarios tanto de la fábrica como luminaria seleccionada para obtener el número total de lámparas a instalar.

Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 4.500 m, Factor mantenimiento: 0.80		Valores en Lux, Escala 1:673			
Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	67	23	133	0.348
Suelo	20	63	27	106	0.431
Techo	70	13	9.73	16	0.727
Paredes (4)	50	31	9.36	115	/
<b>Plano útil:</b>					
Altura:	0.850 m				
Trama:	128 x 32 Puntos				
Zona marginal:	0.000 m				
<b>Lista de piezas - Luminarias</b>					
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	Panasonic NNFC40109 31W LED surface mounted reflector type (Tipo 1)* (1.000)	3987	4000	31.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 95681	Total: 96000	744.0

**Figura 35.** Características de la fábrica luminaria seleccionada en DiaLux

En la figura 35 la potencia total instalada disminuye, debido a que es menor a las instaladas actualmente, permitiendo de esta manera tener mejor nivel de iluminación y menor consumo.

Posterior a esto se genera de forma autónoma una cantidad de 24 lámparas distribuidas uniformemente en todo el galpón industrial como se muestra en la figura 36.



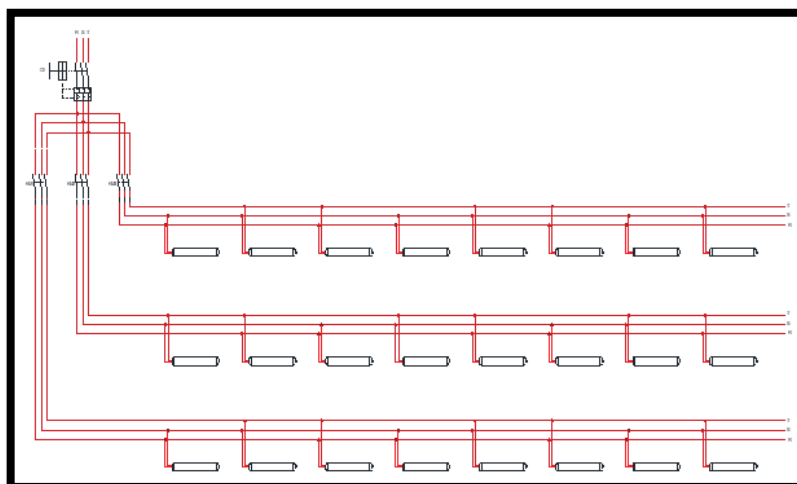
**Figura 36.** Número de luminarias en Dialux

Finalmente, el programa DiaLux genera el siguiente plano con la luminaria distribuida y las zonas a iluminar tal cual se percibe en la figura 37.



**Figura 37.** Luminosidad aproximada en Dialux

En la figura 38 se puede observar el plano eléctrico del sistema de iluminación repotenciado en la fábrica de cartón Yaron que contara con 24 luminarias.



**Figura 38.** Plano eléctrico del sistema de iluminación propuesto.

## 11.5. CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y SISTEMA FOTOVOLTAICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL

En el estudio de campo ya se verifico la parte externa que era la irradiación solar media de la zona donde está ubicada la fábrica de cartón Yaron, ahora se realiza el estudio de las cargas en el sistema lumínico dentro de la fábrica.

Como se observa en la tabla 18 existe un total de 15 luminarias de diferentes potencias, el dimensionamiento del sistema fotovoltaico va a energizar a las 9 luminarias tipo LED las cuales son las de mayor consumo energético según las características técnicas de las mismas.

**Tabla 18.** Características Técnicas de las luminarias de la fábrica

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Voltaje (v)</b>	<b>Potencia (W)</b>
<b>9</b>	Luminarias internas ON POWER LED	100 – 265	150
<b>4</b>	Luminarias externas	100 - 265	100
<b>2</b>	Luminarias internas tipo foco ahorrador	110	10

### 11.5.1. Cálculo de energía consumida

Este apartado se calcular la energía consumida por el sistema de iluminación instalado actualmente en la fábrica Yaron, a nivel mensual.

Como ya se mencionó, dentro de la fábrica existen 9 luminarias internas tipo LED de 150 W de potencia según indica la figura 39, las cuales van a estar energizadas mediante el sistema fotovoltaico en el día y conectadas a la red cuando la situación lo amerite.

Entonces se toma los datos de la placa de la luminaria para el cálculo y se utiliza la ecuación 10:



**Figura 39.** Placa de datos de las luminarias

$$\text{Potencia} = 150 \text{ watos [W]}$$

$$\text{Horas de autonomia} = 3 \text{ horas [h]}$$

$$\text{Total iluminarias} = 9$$

Reemplazando en la fórmula 10:

$$E_c = P * t = 150 \text{ W} * \frac{3h}{\text{dia}} = 450 \left[ \frac{Wh}{\text{dia}} \right]$$

$$E_{c\text{total}} = 450Wh * 9 = 4050 [Wh]$$

Con el valor obtenido del consumo energético al día el sistema de iluminación, ya se puede calcular cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico.

### 11.5.2. Consumo energético real

Para este cálculo de necesita saber la energía consumida por el sistema de iluminación, con el respectivo cálculo de factor de seguridad normalizadas que se presenta en los conductores e inversor, mediante la fórmula 3.:

$$P = (15 \% \times E_c) + E_c$$

$$P = (15\% \times 4050W) + 4050 \text{ W} = 4657,5 [W]$$

### 11.5.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico diseñado para la empresa será conectado a red eléctrica para ahorrar gastos en las partes del acumulador de energía y del regulador de carga. El mismo será

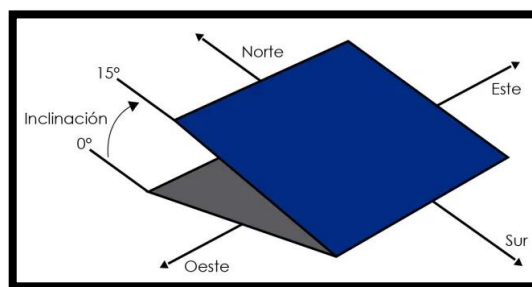
dimensionado de la siguiente manera seguro un orden cronológico establecido debido a que un valor obtenido depende del otro.

El orden cronológico es el siguiente:

### 11.5.3.1. Ángulo de inclinación de los paneles

Para obtener el ángulo óptimo según la ubicación de la fábrica, se tomó como dato referencial el estudio realizado con tema de tesis “ESTUDIO DEL ESPECTRO DE IRRADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE ENERGÍA APROVECHABLE EN LA CIUDAD DE AMBATO”, en donde los ingenieros que realizaron el estudio utilizaron todo tipo de parámetros, instrumentos y estadística para calcular la energía aprovechable en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, en donde manifiesta que la irradiación solar promedio es de 659.7 [W/m<sup>2</sup>] al medio día y con un potencial de energía disponible de 7188.2 [kJ/m<sup>2</sup>] en tres horas (HSP).

La inclinación del panel no debe exceder los 20°, puesto que nuestro país se ubica en la línea Equinoccial y por ello los rayos solares tienden a incidir perpendicularmente a la superficie. La orientación del panel más conveniente es hacia el Sur, como se puede apreciar en la figura 40 [38].



**Figura 40.** Ángulo de inclinación de los paneles [39].

### 11.5.3.2. Cálculo de número de paneles fotovoltaicos.

Para el obtener del número de paneles se escoge el siguiente panel fotovoltaico, ver figura 41 el cual nos facilitó la ficha técnica del mismo ver tabla 19 de la fábrica productora RENOVA.



**Figura 41.** Panel fotovoltaico Jinko [40].

**Tabla 19.** Ficha Técnica del panel fotovoltaico

Descripción	Unidad
Potencia Nominal (Pmax)	400Wp
Tensión en el punto Pmax-VMPP (V)	24V
Corriente en el punto Pmax-IMPP (A)	9.60A
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	10.36A
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C +85°C

Fuente: [40]

Una vez obtenido los datos exactos de la ficha técnica se procede a calcular la cantidad de paneles que se necesita para el sistema de iluminación de la fábrica.

Para ello se utiliza la ecuación 4:

$$NP = \frac{P}{P_p * WP * HPS}$$

$$NP = \frac{4657,5}{0,75 * 400 * 3} = 5,5 = 6 \text{ paneles}$$

De acuerdo con el cálculo se necesitan 6 paneles solares fotovoltaicos para cubrir la demanda a suministrar.

Ahora se calcula el número en serie utilizando la ecuación 5:

$$N_s = \frac{V_{NS}}{V_{NP}}$$

$$N_s = \frac{48V}{24v} = 2 \text{ módulos en serie}$$

Y para calcular el número de paneles en paralelo utilizando la ecuación 6:

$$N_P = \frac{N_T}{N_S}$$

$$N_P = \frac{6}{2} = \mathbf{3 \text{ módulos en paralelo}}$$

Según los cálculos se obtiene total 6 paneles de 400Wp donde se encuentran 2 paneles por rama y 3 ramas en paralelo.

#### **11.5.3.3. Regulador de carga**

El sistema fotovoltaico estará conectado a la red por lo que no necesita de regulador de carga porque no existe baterías que controlar [41].

#### **11.5.3.4. Acumulador de energía**

El sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica no necesita de baterías debido, a que si existe la ausencia de radiación solar se conecta el sistema de iluminación a la red eléctrica [41].

#### **11.5.3.5. Dimensionado del inversor**

Para el cálculo del inversor fotovoltaico se tomará en cuenta la suma de las potencias de las cargas de alterna, es decir, del sistema de iluminación, y aplicar un margen de seguridad del como dice la norma, mediante la ecuación 8:

$$P_{INV} = 1,25 * P_t$$

$$P_{INV} = 1,25 * 1350W = \mathbf{2025 [W]}$$

Según el sistema fotovoltaico el voltaje nominal es de 48v y el cálculo nos dio de 2025 [W], se utilizará un inversor que existe en el mercado que es de 3000w de potencia para mayor seguridad del a la ahora del encendido de todas las luminarias debido que puede generar un pico de arranque.

#### **11.5.3.6. Dimensionado del cableado**

Los cables deben ser aptos para operar bajo la intemperie, la longitud de los conductores debe ser lo más corta posible para minimizar pérdidas por caída de voltaje, adicional se debe cumplir los siguientes requisitos de la tabla 20.

**Tabla 20.** Caída de tensión de los conductores entre los componentes

Componentes	% máximo de caída de tensión
Paneles – Regulador de voltaje	Inferior al 3%
Regulador de voltaje – Inversor	Inferior al 3%

Fuente: [34]

La fórmula para el cálculo de la sección se lo realiza mediante la ecuación 9:

$$S = \frac{2 * l * i}{k * \Delta V}$$

Cabe recalcar que la longitud del conductor que se necesita para cada sección es lo mencionado en la tabla 21.

**Tabla 21.** Longitud entre componentes

Nº	Componentes	Longitud (m)
1	Paneles – Inversor	15

$$S_1 = \frac{2 * 15m * 28,8 A}{56 * 0,3} = 51,42 [mm^2]$$

Con las secciones de conductores obtenidas se busca una tabla de conductores existente en el mercado para seleccionar el cable más cercano.

### 11.5.3.7. Dimensionamiento de las Protecciones Eléctricas

En una instalación fotovoltaica las protecciones y la puesta a tierra son una de las partes más importantes del sistema, debido a que al proteger los equipos y elementos se aumenta la vida útil del sistema.

Las protecciones según norma NEC de energías renovables capítulo 14 se deben colocar antes del inversor, y otra antes del regulador, en los siguientes casos:

- Las protecciones eléctricas en DC sería el caso son los interruptores termo magnéticos para protegernos ante cortocircuitos.
- Las protecciones ante sobretensiones producidas por los rayos o algún agente externo, se colocan un SPD o DPS para evitar que pase más voltaje de lo normal al sistema, haciendo que este disminuya y lo que sobrepasa lo envía a tierra.

Para elegir un interruptor termo magnético se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- La corriente del cortocircuito de los paneles solares. (Ejemplo si es 9A se elige un termo magnético de 10A).

$$I_P = I_{CC} * 1,25 \quad (10)$$

$I_P$ : Corriente del termo magnético [A]

$I_{CC}$ : Corriente de cortocircuito del panel [A]

1,25: factor de seguridad

$$I_P = 10,36A * 1,25 = \mathbf{12,95 [A]}$$

Para elegir un SPD o DPS se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- El voltaje de operación del sistema fotovoltaico. (Ejemplo si es 200v se regula el SPD a 200 V).

$$V_{PT} = V_N * N_S \quad (11)$$

$V_{PT}$ : Voltaje total de los paneles [V]

$V_N$ : Voltaje nominal del panel [V]

$N_S$ : Número de paneles en serie

$$V_{PT} = 24V * 2 = \mathbf{48[V]}$$

### 11.5.3.8. Puesta a Tierra

Las condiciones atmosféricas del Ecuador obligan a que las instalaciones fotovoltaicas deben tener una puesta a tierra, a la que estará conectada, como mínimo:

- La estructura soporte del generador.
- Los marcos metálicos de los módulos.




Todas las partes metálicas no activas accesibles de las cajas de conexión, equipos y aparatos de todo el sistema fotovoltaico y de carga continua, deben conectarse a la puesta a tierra.

El electrodo de tierra deberá ser una varilla de acero fundido con recubrimiento de cobre con un diámetro mínimo de 15,87 mm enterrado verticalmente, en un terreno previamente estudiado y tratado, si es necesario, y a una profundidad de por lo menos 2,40 m.

### 11.5.3.9. Componentes seleccionados para para el sistema fotovoltaico.

Según el resultado obtenido en cálculos realizados en los apartados del sistema de iluminación actual y reestructurado se seleccionó los equipos y componentes necesarios para cada uno de los sistemas fotovoltaicos, ver tabla 22.

**Tabla 22.** Sistema fotovoltaico para iluminación actual

Cantidad	Equipos	Características Técnicas
6	 PANEL SOLAR	Potencia Nominal (Pmax) 400Wp Tensión Nominal 24V Corriente Nominal (A) 9,6A Corriente de cortocircuito 10,36A Temperatura de funcionamiento (°C) -40°C +85°C
1	 Inversor	Pico de potencia 3000W Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable) 230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1% Eficacia máx. 91 / 91 / 92%
1 c/u	 Conductores de Cobre	Paneles – Inversor 1/0 AWG

<p><b>1 c/u</b></p>	 <p>Protecciones Eléctricas en DC Cortocircuito y Sobretensiones</p>	<p>Protección DC ante cortocircuitos</p> <p>Corriente nominal 20 A</p> <p>SDP ante sobretensiones</p> <p>Corriente</p> <p>Mín.: 50 A</p> <p>Máx.: 100 A</p> <p>Tensión</p> <p>Mín.: 48 V</p> <p>Máx.: 100 V</p>
---------------------	---	---

## 11.6. CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y SISTEMA FOTOVOLTAICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PROPUESTA

En este apartado se resolverá de manera matemática con las ecuaciones planteadas en metodología, para verificar la cantidad de consumo que tiene la fábrica al día, y a partir de este dato para dimensionar todos los componentes del sistema fotovoltaico.

### 11.6.1. Cálculo de energía consumida

Este apartado se calcula la energía consumida por el sistema de iluminación mejorado que se planteó anteriormente para la fábrica Yaron.

Como ya se observó en la figura 39 el software Dialux da como referencia 24 luminarias para la correcta iluminación dentro de la fábrica que se van a energizar al sistema fotovoltaico adecuado, según el consumo eléctrico que presente. Entonces se toma las características técnicas de la luminaria que se encuentra en la tabla 19 y la ecuación 2.:

$$\text{Potencia} = 31 \text{ vatios [W]}$$

$$\text{Horas de autonomía} = 3 \text{ horas [h]}$$

$$\text{Total luminarias} = 24$$

$$E_c = P * t$$

$$E_c = P * t = 31 \text{ W} * \frac{3\text{h}}{\text{dia}} = 93 \text{ [Wh/dia]}$$

$$E_{c\text{total}} = 93\text{Wh} * 24 = \mathbf{2232 \text{ [Wh]}}$$

Con el valor obtenido del consumo energético al día del sistema de iluminación reestructurado, ya se puede calcular cada uno de los componentes del nuevo sistema fotovoltaico.

### 11.6.2. Consumo energético real

Para este cálculo se necesita saber la energía consumida por el sistema de iluminación, con el respectivo cálculo de factor de seguridad normalizadas que se presenta en los conductores e inversor ecuación 3:

$$P = (15\% \times E_c) + E_c$$

$$P = (15\% \times 2232\text{W}) + 2232\text{W} = \mathbf{2566,8 \text{ [W]}}$$

### 11.6.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico será dimensionado de la siguiente manera según un orden cronológico establecido debido a que un valor obtenido depende del otro.

#### 11.6.3.1. Cálculo de número de paneles fotovoltaicos.

Para el obtener del número de paneles se escoge el siguiente panel fotovoltaico ver figura 42 el cual nos facilitó la ficha técnica del mismo ver tabla 23, la fábrica productora RENOVA.



**Figura 42.** Panel fotovoltaico Jinko [40]

**Tabla 23.** Ficha Técnica del panel fotovoltaico

Descripción	Unidad
Potencia Nominal (P <sub>máx</sub> )	400 [Wp]
Tensión en el punto P <sub>máx</sub> -VMPP (V)	24 [V]
Corriente en el punto P <sub>máx</sub> -IMPP (A)	9.60 [A]
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	10.36 [A]

Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C +85°C
------------------------------------	-------------

Fuente: [40]

Una vez obtenido los datos exactos de la ficha técnica se procede a calcular la cantidad de paneles que se necesita para el sistema de iluminación de la fábrica.

Para ello se utiliza la ecuación 4:

$$NP = \frac{P}{P_p * WP * HPS}$$

$$NP = \frac{2566,8}{0,75 * 400 * 3} = 2,8 = 3 \text{ paneles}$$

De acuerdo con el cálculo se necesitan 3 paneles solares fotovoltaicos para cubrir la demanda a suministrar.

Ahora se calcula el número de paneles en serie utilizando la ecuación 5:

$$N_s = \frac{V_{NS}}{V_{NP}}$$

$$N_s = \frac{24V}{24v} = 1 \text{ módulos en serie}$$

Para calcular el número de paneles en paralelo se utilizará la ecuación 6:

$$N_p = \frac{N_T}{N_s}$$

$$N_p = \frac{3}{1} = 3 \text{ módulos en paralelo}$$

Según los cálculos se obtiene total 3 paneles de 400 [Wp] donde se encuentran 1 panel por rama y 3 ramas en paralelo.

### 11.6.3.2. Regulador de carga

El sistema fotovoltaico estará conectado a la red por lo que no necesita de regulador de carga porque no existe baterías que controlar [41].

### 11.6.3.3. Acumulador de energía

El sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica no necesita de baterías debido, a que si existe la ausencia de radiación solar se conecta el sistema de iluminación a la red eléctrica [41].

### 11.6.3.4. Dimensionado del inversor

Para el cálculo del inversor fotovoltaico se tomará en cuenta la suma de las potencias de las cargas de alterna, es decir, del sistema de iluminación, y aplicar un margen de seguridad como dice la norma, mediante la ecuación 8:

$$P_{INV} = 1,25 * P_t$$

$$P_{INV} = 1,25 * 744W = \mathbf{1116 [W]}$$

Según el sistema fotovoltaico el voltaje nominal es de 24 [V] y el cálculo nos dio de 1116 [W], se utilizará un inversor que existe en el mercado que es de 2000 [W] de potencia para mayor seguridad del a la ahora del encendido de todas las luminarias debido que puede generar un pico de arranque.

### 11.6.3.5. Dimensionado del cableado

Los cables deben ser aptos para operar bajo la intemperie, la longitud de los conductores debe ser lo más corta posible para minimizar pérdidas por caída de voltaje.

Para el cálculo de la sección del conductor se utiliza la ecuación 9:

$$S = \frac{2 * l * i}{k * \Delta V}$$

$$S_1 = \frac{2 * 15m * 28,8 A}{56 * 0,3} = \mathbf{51,42 [mm^2]}$$

Con las secciones de conductores obtenidas se busca una tabla de conductores existente en el mercado para seleccionar el cable más cercano.

### 11.6.3.6. Dimensionamiento de las Protecciones Eléctricas

Para elegir un interruptor termo magnético se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- La corriente del cortocircuito de los paneles solares. (Ejemplo si es 9A se elige un termo magnético de 10A). Así, mediante la ecuación 10:

$$I_P = I_{CC} * 1,25$$

$$I_p = 10,36A * 1,25 = \mathbf{12,95 [A]}$$

Para elegir un SPD o DPS se debe tomar en cuenta el siguiente aspecto:

- El voltaje de operación del sistema fotovoltaico. (Ejemplo si es 200v se regula el SPD a 200 V), a través de la ecuación 11:




$$V_{PT} = V_N * N_S$$


$$V_{PT} = 24V * 1 = \mathbf{24 [V]}$$

### 11.6.3.7. Componentes seleccionados para el sistema fotovoltaico.

Según el resultado obtenido en cálculos realizados en los apartados del sistema de iluminación actual y reestructurado se seleccionó los equipos y componentes necesarios para cada uno de los sistemas fotovoltaicos, ver tabla 24.

12. **Tabla 24.** Sistema fotovoltaico para iluminación propuesto

Cantidad	Equipos	Características Técnicas
3	 <p>PANEL SOLAR</p>	Potencia Nominal (Pmax) 400Wp Tensión Nominal 24V Corriente Nominal (A) 9,6A Corriente de cortocircuito 10,36A Temperatura de funcionamiento (°C) -40°C +85°C
1	 <p>Inversor</p>	Pico de potencia 2000W Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable) 230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1% Eficacia máx. 91 / 91 / 92%
1 c/u		Paneles – Inversor 1/0 AWG

Conductores de Cobre		
<b>1 c/u</b>	 <p>Protecciones Eléctricas en DC Cortocircuito y Sobretensiones</p>	Protección DC ante cortocircuitos Corriente nominal 20 A SDP ante sobretensiones Corriente Mín.: 50 A Máx.: 100 A Tensión Mín.: 24 V Máx.: 100 V

## 11.7.GASTO ENERGÉTICO E INVERSIÓN EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL

En este apartado se menciona los valores aproximados de consumo energético y la rentabilidad que obtendrá la fábrica de cartón Yaron, a corto y largo plazo, tomando en cuenta el consumo sistema de iluminación actual.

También se menciona la inversión que debe realizar el dueño de la fábrica en cada uno de los equipos que componen los sistemas fotovoltaicos y verificar si es factible y sostenible realizar alguna de las dos propuestas planteadas en la fábrica.

### 11.7.1. Consumo energético en periodos

Para el cálculo de la eficiencia energética se toma en cuenta el valor obtenido en el consumo energético que genera el sistema de iluminación, para ello se utiliza el valor de energía total consumida que es de 4050 Wh/día. Ahora se calcula el consumo energético aproximado por diferentes periodos de tiempo:

- Corto: Consumo energético al mes
- Largo: Consumo energético de todo un año.

**Corto:**

$$E_{CC} = E_{Ctotal} * 30 \text{ dias} \quad (12)$$

$E_{CC}$ : Energía consumida a corto plazo [kWh/mes]

$E_{Ctotal}$ : Energía consumida al día [Wh/día]

$$E_{CC} = \frac{4050Wh}{dia} * \frac{30 dia}{mes} = 121500 \frac{Wh}{mes} = 121,5 \left[ \frac{kWh}{mes} \right]$$

**Largo:**

$$E_{CL} = E_{CC} * 12 \text{ meses} \quad (13)$$

$E_{CL}$ : Energía consumida a largo plazo [kWh/año]

$E_{CC}$ : Energía consumida al día [Wh/día]

$$E_{CL} = \frac{121,5kWh}{mes} * 12 \frac{mes}{año} = 1458 \left[ \frac{kWh}{año} \right]$$

### 11.7.2. Gasto energético

Para el cálculo del gasto energético se toma en cuenta los valores obtenidos anteriormente según el periodo de tiempo, además un dato muy importante es el valor del kWh establecido en el país Ecuador ver tabla 25.

Según el “PLIEGO TARIFARIO PARA LAS FÁBRICAS ELECTRICAS DE DISTRIBUCION” autorizado por ARCONEL manifiesta que:

**Tabla 25.** Precio del kWh en el país

NIVEL DE VOLTAJE	ENERGIA CONSUMIDA (USD/kWh)
	INDUSTRIAL
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	0,0897
L-V 18:00 hasta 22:00 horas	0,1037

Fuente: [45]

El nivel de voltaje instalado en la fábrica Yaron es de nivel de industrial en donde de lunes a viernes era utilizado en horario de la tarde el cual es de 18:00 a 22:00 pm, por ende, el precio de kWh normalizado es de \$ 0,103.

El valor de \$0,103 es el precio por kWh como se dijo anteriormente, ahora se calcula la rentabilidad aproximada, por diferentes periodos de tiempo:

12. Corto: Rentabilidad obtenida al mes.

13. Largo: Rentabilidad de todo un año.

**Corto:**

$$C_{TC} = E_{CC} * n \quad (14)$$

$C_{TC}$ : Costo total a corto plazo (\$/mes)

$E_{CC}$ : Energía consumida a corto plazo (kWh/mes)

n: precio del kWh en el país

$$C_{TC} = \frac{121,5kWh}{mes} * \frac{0,103\$}{kWh} = \mathbf{12,51} \left[ \frac{\$}{mes} \right]$$

**Largo:**

$$C_{TL} = C_{TC} * 12 \text{ meses} \quad (15)$$

$C_{TL}$ : Costo total a largo plazo [\$]

$C_{TC}$ : Costo total a corto plazo [\$/mes]

$$C_{TL} = 12,51 \frac{\$}{mes} * 12 \frac{mes}{año} = \mathbf{150,12} \left[ \frac{\$}{año} \right]$$

Como se puede observar la fábrica Yaron, tiene un gasto energético al año aproximadamente \$ 150,12 dólares americanos en donde sí se proyecta a largo plazo para más años ahorraría mayor cantidad de dinero, siendo este mismo aprovechado para la compra de materia prima, insumos o maquinaria que permita beneficiar a la fábrica y sobre todo al correcto desarrollo de la misma.

### 10.7.3. Gasto en Mantenimiento

En este apartado se menciona el costo que tiene los tipos de mantenimiento a realizar en la empresa, Yaron, con el sistema de iluminación actual que presenta.

Estos mantenimientos que se deben realizar de manera anual como mínimo o lo que considera la empresa para evitar algún daño o accidente dentro de la misma, son correctivo, preventivo y predictivo.

Para saber el costo que tendrá estos mantenimientos se deben tomar diversos factores técnicos dentro de la empresa.

**Tabla 26.** Mantenimientos del sistema de iluminación actual.

<b>Tipos de mantenimiento</b>	<b>Actividades</b>	<b>Costo (\$)</b>
<b>Correctivo</b>	Corrección de posibles fallas en las protecciones eléctricas del tablero del sistema de iluminación	200
	Corrección y verificación de la iluminación existente dentro de la empresa.	
<b>Preventivo</b>	Revisión del tablero del sistema de iluminación	200
	Revisión de conductor o conductores que alimentan al sistema de iluminación	
	Revisión de cada una de las luminarias que están en el área de trabajo de la empresa.	
<b>Predictivo</b>	Análisis las variables eléctricas de cada una de las luminarias y detectar anomalías	100
	<b>Total</b>	<b>500</b>

Como se puede observar en la tabla 26 el costo que presenta para la realizar de un mantenimiento general dentro de la empresa con el sistema fotovoltaico y el sistema de iluminación actual es de 500 dólares americanos este costo se presenta un poco elevado debido a las dimensiones de la empresa, también por la mala distribución del cableado eléctrico debido

a que no hay diferenciación entre demás cargas que existente dentro de la misma y esto genera mayor tiempo de trabajo del esperado.

#### 11.7.4. Inversión

En este apartado se menciona el gasto total que debe hacer la fábrica Yaron para poder instalar el sistema fotovoltaico según las características técnicas, ya mostradas, de cada equipo que se compone. También se plasma en que tiempo recupera la inversión y cuando empieza a obtener ganancias con el sistema ya instalado.

Para la realización de este cálculo se toma en cuenta lo siguiente:

- Costo total de todos los componentes del sistema fotovoltaico.
- Consumo total del sistema de iluminación al año.

Según la tabla 38 del apartado de Presupuesto manifiesta la Fábrica Renova en la proforma que facilitada que el costo del total de los equipos es de \$ 3859,5 dólares americanos, en donde se calcula en que tiempo recupera la inversión y empieza obtener beneficio del sistema fotovoltaico.

$$t_A = \frac{C_{TE}}{C_{TM}} \quad (16)$$

$t_A$ : Tiempo de inversión [\\$]

$C_{TE}$ : Costo total de los equipos [\\$]

$C_{TM}$ : Costo total al año del consumo del sistema de iluminación [\$/año]

$$t_A = \frac{3859,5 \$}{150,121 \frac{\$}{año}} = 25,7 \text{ años}$$

Según se observa en el valor obtenido el dueño de la fábrica según el consumo que paga al año y el costo total del equipo fotovoltaico da un valor aproximado de 26 años, después del mismo empieza a ver beneficio de parte del sistema fotovoltaico.

## 11.8. GASTO ENERGÉTICO E INVERSIÓN EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PROPUESTO

En este apartado se menciona los valores aproximados de consumo energético y la rentabilidad que obtendrá la fábrica de cartón Yaron, a corto y largo plazo, tomando en cuenta el consumo sistema de iluminación propuesto.

También se menciona la inversión que debe realizar el dueño de la fábrica en cada uno de los equipos que componen los sistemas fotovoltaicos y verificar si es factible y sostenible realizar alguna de las dos propuestas planteadas en la fábrica.

### 11.8.1. Consumo energético en periodos

Para el cálculo de la eficiencia energética se toma en cuenta el valor obtenido en el consumo energético, que genera el sistema de iluminación propuesto, para ello se utiliza el valor de energía total consumida que es de 2232 Wh/día. Ahora se calcula el consumo energético aproximado por diferentes periodos de tiempo:

- Corto: Consumo energético al mes.
- Largo: Consumo energético al año.

**Corto:**

$$E_{CC} = E_{Ctotal} * 30 \text{ dias} \quad (35)$$

$$E_{CC} = \frac{2232 \text{ Wh}}{\text{dia}} * \frac{30 \text{ dia}}{\text{mes}} = 66960 \frac{\text{Wh}}{\text{mes}} = 66,96 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \right]$$

**Largo:**

$$E_{CL} = E_{CC} * 12 \text{ meses} \quad (36)$$

$$E_{CL} = \frac{66,96 \text{ kWh}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 803,52 \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right]$$

### 11.8.2. Gasto energético

Para el cálculo del gasto energético se toma en cuenta los valores obtenidos anteriormente según el periodo de tiempo, además un dato muy importante es el valor del kWh establecido en el país Ecuador ver tabla 28.

- Corto: Rentabilidad obtenida al mes.
- Largo: Rentabilidad de todo un año.

**Corto:**

$$E_{CC} = E_{Ctotal} * 1 \text{ mes} \quad (37)$$

$$E_{CC} = \frac{2232Wh}{\text{dia}} * \frac{30 \text{ dia}}{\text{mes}} = 66960 \frac{Wh}{\text{mes}} = \frac{66,96 kWh}{\text{mes}}$$

$$C_{TC} = E_{CC} * n \quad (38)$$

$$C_{TC} = \frac{66,96 kWh}{\text{mes}} * \frac{0,102\$}{kWh} = 6,82 \frac{\$}{\text{mes}}$$

**Largo:**

$$C_{TL} = C_{TC} * 12 \text{ meses} \quad (39)$$

$$C_{TL} = 6,82 \frac{\$}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 81,95 \frac{\$}{\text{año}}$$

Como se puede observar la fábrica Yaron, tendrá un gasto energético al año aproximadamente \$ 81,95 dólares americanos en donde se observa que es mucho menor el gasto que con la anterior iluminación eso si teniendo mayor aprovechamiento de la misma porque genera una iluminación uniforme dentro de la fábrica.

### 11.8.3. Gasto en Mantenimiento

Para saber el costo que tendrá estos mantenimientos se deben tomar diversos factores técnicos dentro de la empresa.

**Tabla 27.** Mantenimientos del sistema de iluminación repotenciado.

Tipos de mantenimiento	Actividades	Costo (\$)

<b>Correctivo</b>	Corrección y verificación de ángulo de inclinación de los paneles.	50
	Corrección y verificación de variables eléctricas que genera el sistema fotovoltaico.	
<b>Preventivo</b>	Revisión de los conductores que se compone el sistema fotovoltaico.	100
	Revisión de la carga o cargas que alimenta el sistema fotovoltaico.	
	Revisión de la puesta a tierra del sistema fotovoltaico.	
<b>Predictivo</b>	Realización de un manual de instrucciones del sistema de fotovoltaico y sistema de iluminación	50
	Total	200

Como se puede observar en la tabla 27. el costo que presenta para la realizar de un mantenimiento general dentro de la empresa con el sistema fotovoltaico y el sistema de iluminación repotenciado es de \$200 donde costo el menor debido a que existe un tablero independiente del sistema de iluminación, mejor distribución en el cableado eléctrico donde es más sencillo identificar una posible anomalía existe en la carga.

#### 11.8.3.1. Ahorro en Mantenimiento

El ahorro que presentar la empresa se calcula mediante la diferencia entre los gastos de mantenimiento que necesitan cada una de ellas.

En el sistema fotovoltaico que se diseñó para el sistema de iluminación actual presenta los siguientes costos, ver tabla 28.

**Tabla 28.** Gastos del sistema fotovoltaico 1.

Descripción	Costo \$
Inversión para el sistema fotovoltaico	3859,3

Mantenimiento 1	500
Gasto energético	150,121

En el sistema fotovoltaico que se diseñó para el sistema de iluminación repotenciado presenta los siguientes costos, ver tabla 29.

**Tabla 29.** Gastos del sistema de fotovoltaico 2.

Descripción	Costo \$
Inversión para el sistema fotovoltaico	1924,82
Mantenimiento 2	200
Gasto energético	81,95

Como se puede observar en ambas tablas 28 y 29 existe mayor ahorro en el segundo sistema fotovoltaico planteado, debido a que los gastos son menores que el anterior.

Realizando una diferencia entre el gasto generado en la tabla 28 menos el gasto generado en la tabla 29 se obtiene los resultados plasmados en la tabla 30.

**Tabla 30.** Ahorros pertenecientes a la propuesta.

Ahorros	Costo \$
En inversión para el sistema fotovoltaico	1934,48
En mantenimiento	300
En gasto energético	<b>68,26</b>

Como es lógico existe una ganancia de 300 dólares al año en mantenimiento, porque el sistema de iluminación será cambiado totalmente y bien distribuido a un tablero individual libre de las demás cargas, en donde será más fácil y accesible realizar un mantenimiento sin tener ningún problema a la hora de identificar el cableado.

Por ende, los ingresos que tendrá la empresa anualmente con el sistema de iluminación alternativo se mencionan en la siguiente tabla.

**Tabla 31.** Ahorro entre sistema fotovoltaicos.

Descripción	Ingresos (\$)
Ahorro en el gasto de energía eléctrica al año	81,95
Ahorro en mantenimiento por año	300

Total de ahorro	<b>381,95</b>
-----------------	---------------

#### 11.8.4. Inversión

Mediante la ecuación 16 se puede realizar el siguiente cálculo

$$t_A = \frac{C_{TE}}{C_{TM}}$$

$$t_A = \frac{2004,82\$}{381,95 \frac{\$}{año}} = 5,24 \approx \mathbf{5 \text{ años}}$$

Según se observa en el valor obtenido el dueño de la fábrica según el consumo que paga al año y el costo total del equipo fotovoltaico da un valor de 5 años, después del mismo empieza a recuperar lo invertido en el sistema propuesto.

### 11.9. COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PLANTEADOS.

En este apartado se menciona el tipo de sistema fotovoltaico a utilizar de los planteados, también de ahorro económico que presenta la instalación del sistema fotovoltaico a la empresa, mediante la comparación del sistema actual y el sistema propuesto como se detalla en la tabla 32 y el análisis del VAN y del TIR para verificar la viabilidad del proyecto.

Tabla 32. Comparación de los dos sistemas (vigente y propuesta)

SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL	SISTEMA DE ILUMINACIÓN PROPUESTO
9 luminarias	24 luminarias
150 W	31W
Energía Consumida $E_{c\text{total}} = 4050 \text{ Wh}$	Energía Consumida $E_{c\text{total}} = 2232 \text{ Wh}$
SISTEMA FOTOVOLTAICO	SISTEMA FOTOVOLTAICO
Potencia Total de Instalación $P = 4657,5 [W]$	Potencia Total de Instalación $P = 2566,8 [W]$

<b>NÚMERO DE PANELES SOLARES.</b> <i><math>NP = 5,5 = 6 \text{ paneles}</math></i>	<b>NÚMERO DE PANELES SOLARES.</b> <i><math>NP = 2.8 = 3 \text{ paneles}</math></i>
Número de Módulos En Serie <i><math>N_S = 2 \text{ modulos}</math></i>	Número de Módulos En Serie <i><math>N_S = 1 \text{ modulos}</math></i>
Número de módulos en paralelo <i><math>N_P = 3 \text{ modulos en paralelo}</math></i>	Número de módulos en paralelo <i><math>N_P = 3 \text{ modulos en paralelo}</math></i>
Potencia del Inversor <i><math>P_{INV} = 2025 \text{ W}</math></i>	Potencia del Inversor <i><math>P_{INV} = 1116 \text{ W}</math></i>
Sección de conductores <i><math>S_1 = 51,42 \text{ mm}^2</math></i>	Sección de conductores <i><math>S_1 = 51,42 \text{ mm}^2</math></i>
Corriente del termo magnético <i><math>I_P = 12,95 \text{ A}</math></i>	Corriente del termo magnético <i><math>I_P = 12,95 \text{ A}</math></i>
Voltaje total de los paneles <i><math>V_{PT} = 48 \text{ V}</math></i>	Voltaje total de los paneles <i><math>V_{PT} = 24 \text{ V}</math></i>

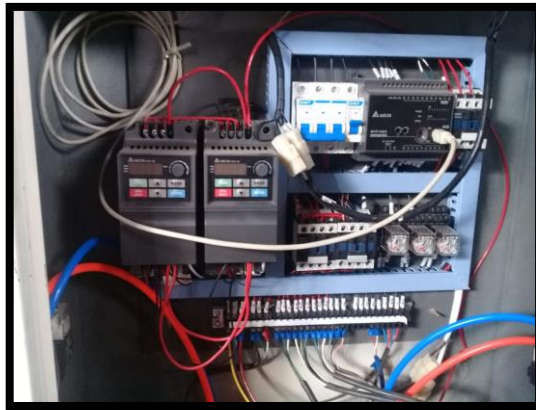
## 12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

La presente propuesta de investigación genera una serie de impactos positivos dentro del país, que permiten justificar los beneficios del mismo, estos impactos son:

### 12.1. IMPACTO TÉCNICO:

La energía solar genera una radiación solar y diversos parámetros técnicos ya antes mencionados, que permiten el aprovechamiento de la misma mediante los paneles fotovoltaicos, que gracias a ellos se puede obtener energía eléctrica gratuita. Si se instalara el sistema fotovoltaico investigado en la fábrica de cartón denominada Yaron permitirá mejorar la iluminación y eficiencia energética de la fábrica durante generaciones.

En la figura 43 se puede observar el tablero de control de la fábrica Yaron.



**Figura 43.** Tablero de control de la fábrica Yaron

## 12.2. IMPACTO SOCIAL:

Mediante el habla que es un medio de comunicación se puede obtener información y así ocupar esa información para realizar cualquier acción positiva, como es el caso de la fábrica Yaron que gracias a la comunicación entre nosotros estudiantes de la Universidad Técnica del Cotopaxi y el dueño de la fábrica se encontró un problema en donde fue investigado, analizado y obtenido resultados para la resolución del mismo, el cual beneficia a una sociedad determinada que es el caso de toda la fábrica de cartón Yaron (dueños, encargados, trabajadores...etc.).

En la figura 44 se puede apreciar que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi conjuntamente con el dueño de la fábrica han socializado y discutido los problemas que presentaba la fábrica y cuál sería la solución más factible.



**Figura 44.** Socialización con el dueño de la fábrica Yaron

### 12.3. IMPACTO ECONÓMICO:

El diseño e implementación de un sistema fotovoltaico conectado a la red como toda instalación genera siempre una inversión, pero el cual con el paso del tiempo se recupera e incluso se empieza a obtener rentabilidad dentro de lugar donde se diseñe. Que es el caso de la fábrica de cartón, Yaron que con el estudio de rentabilidad realizado (en apartados anteriores) se verifico que obtendrá ganancias durante varios años, permitiendo así el desarrollo económico de la misma.

En la figura 45 se puede apreciar la fábrica en la cual se está llevando a cabo el estudio.



**Figura 45.** Maquinaria y materia prima fábrica Yaron.

## 13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Para el desarrollo de la propuesta de investigación se tuvo que recurrir a unos gastos que permitieron obtener los dimensionamientos de los sistemas fotovoltaicos planteados anteriormente. Dicho presupuesto se lo debe cuantificar según el costo de directo e indirecto, mano de obra e imprevistos.

### 13.1. COSTO DIRECTO E INDIRECTO

En este apartado se va mencionar sobre los métodos de estudio que se ocupó para la realización del proyecto, también el costo de diferentes actividades y acciones que hicieron posible la ejecución del proyecto. Estos se dividen en:

### 13.1.1. Costo Directo

Estos costos son los asumidos directamente por los encargados de la propuesta de investigación, que se definen de la siguiente manera en la tabla 33.

**Tabla 33.** Descripción de costo directos de los testistas.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Precio total (\$)</b>
1	Asesoramiento de tesis	\$ 50	\$ 50
2	Normativa CEE	\$10	\$10
2	Normativa NEC capítulo 14	\$10	\$10
2	Mapa Solar del Ecuador	\$10	\$10
2	Simulación Renova	\$20	\$20
		Total	\$100

### 13.1.2. Costo Directo para la fábrica

En este apartado se menciona todos los costos los equipos que componen las dos propuestas de sistema fotovoltaico el cual será cubierto y analizado por el dueño de la fábrica Yaron, ver tabla 34 y 35.

**Tabla 34.** Descripción de costo directos del dueño de la fábrica Yaron.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Precio total (\$)</b>
6	MD089 Paneles solares Jinko 400W/24V	\$ 197,16	\$ 1182,96
1	IN041 - Victron Energy Quattro 48/3000/35- 50/50 120V QUA483021100	\$2677,50	\$2677,50
		Total	\$3859,5

**Fuente:** [40]

**Tabla 35.** Descripción de costo directos del dueño de la fábrica Yaron.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Precio total (\$)</b>
3	MD089 - JINKO SOLAR Cheetah HC JKM400M-72H-V, 0, 400Wp	\$ 197,16	\$ 591,48

1	IN055 - Victron Energy Phoenix Inverter 48/1200-120V NEMA 5-15R PIN481220500	\$853,34	\$853,34
24	Panasonic NNFC40109 31W LED surface mounted reflector type	\$20	480
		Total	\$ 1924,82

Fuente: [40]

### 13.1.3. Costo Indirecto

Son los costos obtenidos de manera accidental oportuna o forzada para la realización de la propuesta de investigación, ver tabla 36.

- Imprevistos.

#### 13.1.3.1. Imprevistos

Tabla 36. Descripción de los gastos indirectos.

Cantidad	Descripción	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
1	Movilización	\$50	\$50
1	Viáticos	\$30	\$30
		Total	\$80

## 13.2. COSTO TOTAL POR PROYECTO

En la tabla 37 se da a conocer la inversión total del sistema fotovoltaico utilizando el sistema de iluminación existente en la fábrica.

Tabla 37. Costo total del sistema de iluminación actual.

Parámetro	Costo (\$)
Costo Directo	3859,5
Imprevistos	80
<b>Inversión Total</b>	<b>3939,5</b>

En la tabla 38 se da a conocer la inversión total del sistema fotovoltaico para el sistema de iluminación repotenciado

**Tabla 38.** Costo total del sistema de iluminación propuesto.

<b>Parámetro</b>	<b>Costo (\$)</b>
Costo Directo	1924,82
Imprevistos	80
<b>Inversión Total</b>	<b>2004,82</b>

## **14. FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

En este apartado se realizará el análisis costo-beneficio del proyecto de investigación.

### **14.1. TIR Y VAN**

En la evaluación de proyectos es necesario calcular el VAN y TIR, para tomar una decisión de invertir o no invertir, para ello se toma en cuenta los siguientes valores obtenidos en apartados anteriores que son:

- Gasto energético anual del sistema fotovoltaico con el sistema de iluminación repotenciado.
- Ahorro de mantenimiento

Estos son los ingresos y egresos que tendrá la empresa con el sistema fotovoltaico elegido para su futura implementación.

Ahora se identifica los ingresos de los mencionados anteriormente en donde queda de la siguiente forma:

- Gasto energético: \$ 81,95                      Ingreso.
- Ahorro mantenimiento: \$ 300                      Ingreso

Una vez identificados estos valores, se calcula los Flujos Netos de Efectivo que no es más que la diferencia entre los ingresos y egresos anuales como se puede observar en la tabla 39.

- Inversión Inicial: \$ 1924,82
- Numero de periodos: 15 años por la vida útil de la iluminaria.
- Tasa de interés: 10% tasa mínima de un crédito bancario.

**Tabla 39.** Descripción de costo directos de los testistas.

Inversión inicial		-2004,82	
tasa interés		5,0%	
Años	Ingresos	Egresos	FNE
0	0	0	-2004,82
1	381,95	0	381,95
2	381,95	0	381,95
3	381,95	0	381,95
4	381,95	0	381,95
5	381,95	0	381,95
6	381,95	0	381,95
7	381,95	0	381,95
8	381,95	0	381,95
9	381,95	0	381,95
10	381,95	0	381,95
11	381,95	0	381,95
12	381,95	0	381,95
13	381,95	0	381,95
14	381,95	0	381,95
15	381,95	480	-98,05
16	381,95	0	381,95
17	381,95	0	381,95
18	381,95	0	381,95
19	381,95	0	381,95
20	381,95	0	381,95
		<b>VAN</b>	<b>2524,23</b>
		<b>TIR</b>	<b>18,00%</b>

Una vez obtenido los Flujos Netos de Efectivo se procede a calcular el VAN con la siguiente formula:

$$VAN = -I_0 + \frac{FNE}{(1+i)^1} + \frac{FNE}{(1+i)^2} + \frac{FNE}{(1+i)^n} \quad (17)$$

Donde:

FNE: Flujos netos de efectivo; [\$].

VAN: Valor Actual Neto; [\$].

$I_0$ : Inversión realiza en el momento inicial; [\$].

n: Es el número de periodos de tiempo.

i: Es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión; [%].

Para analizar el VAN obtenido se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Si el VAN > 0 Significa que el proyecto es aceptado para su inversión.
- Si el VAN = 0 Significa que el proyecto es indiferente
- Si el VAN < 0 Significa que el proyecto se rechaza [24].

El valor obtenido en el VAN en el proyecto es de 2524,23 en donde el VAN > 0 eso quiere decir que la inversión es rentable. Una vez obtenida el valor VAN se procede a obtener la TIR mediante la siguiente ecuación:

$$TIR = -I_0 + \frac{FNE}{(1+i)^1} + \frac{FNE}{(1+i)^2} + \frac{FNE}{(1+i)^n} = 0 \quad (42)$$

Donde:

FNE: Flujos netos de efectivo; [\$].

VAN: Valor Actual Neto; [\$].

$I_0$ : Inversión realiza en el momento inicial; [\$].

n: Es el número de periodos de tiempo.

i: Es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión; [%].

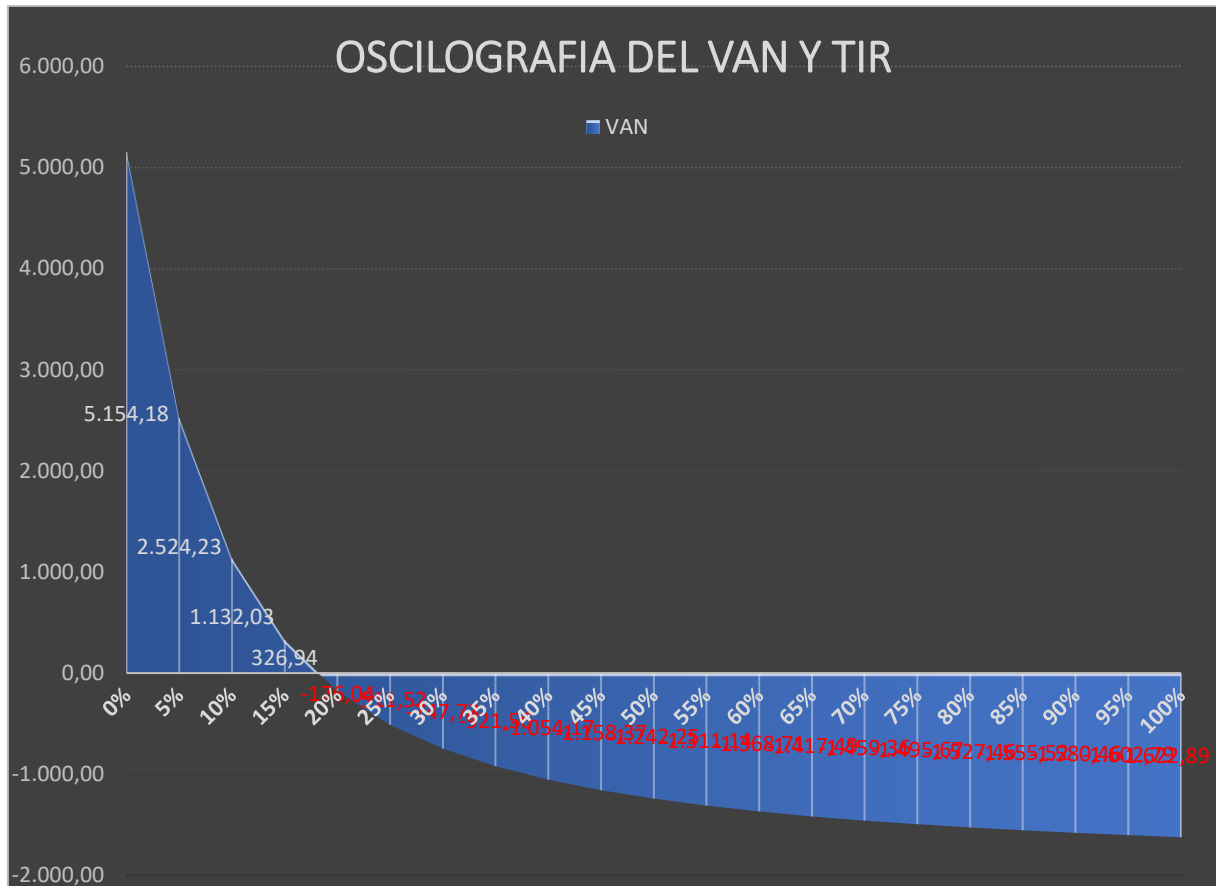
Para determinar la gráfica de la TIR de este proyecto, tenemos que calculando con distintos tipos de interés hasta que la suma financiera de todos los capitales sea cero, es decir, igualar el VAN (valor actual neto) a cero como se observa en la tabla 40.

**Tabla 40.** Cálculo de la TIR y VAN

Tasa de Descuento	VAN
0%	5.154,18
5%	2.524,23
10%	1.132,03
15%	326,94
20%	-176,04
25%	-511,52
30%	-747,73
35%	-921,56
40%	-1.054,17
45%	-1.158,37
50%	-1.242,25
55%	-1.311,14
60%	-1.368,71
65%	-1.417,49
70%	-1.459,36
75%	-1.495,67
80%	-1.527,46
85%	-1.555,52
90%	-1.580,46
95%	-1.602,79
100%	-1.622,89

En donde despejando  $i$  se obtiene que el VAN se hace 0 cuando el interés en TIR es 18 % como se puede observar en la tabla 39 y para analizar la gráfica de la TIR obtenido se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Si la  $TIR > i$  Significa que el proyecto es aceptado para su inversión.
- Si la  $TIR = i$  Significa que el proyecto es indiferente.
- Si la  $TIR < i$  Significa que el proyecto se rechaza



**Figura 46.** Oscilografía del TIR y VAN

El valor obtenido en la TIR en el proyecto es de 18 % en donde la  $TIR > i$  eso quiere decir que la inversión es aceptable y se lo puede apreciar en la figura 46 [24].

## 15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 15.1. CONCLUSIONES

- Mediante las investigaciones bibliográficas realizadas se puede afirmar que el cantón Ambato posee una excelente irradiación solar de 4550 [Wh/m<sup>2</sup>] al día, razón por la cual es candidato perfecto para llevar a cabo estudios de sistemas fotovoltaicos.
- El sistema actual cuenta con 9 lámparas ON POWER de 150 [W] c/u con una eficiencia lumínica de 95 [Lm/W] y un consumo de energía de 4050 [Wh]. Mientras que el diseño alternativo cuenta con 24 lámparas de 31 [W] c/u con una eficiencia lumínica 129 [Lm/W], consumiendo 2232 [W/h]. Razón por la cual se concluye que el nuevo diseño de iluminación presenta mayor eficiencia.
- Con el sistema de iluminación actual que cuenta con 1350 [W] se obtiene 6 paneles fotovoltaicos con una potencia nominal de 400 [W] c/u teniendo una conexión mixta

serie-paralelo, y un inversor de 2025, mientras que el diseño alternativo cuenta con 744 [W], el cual cuenta con 3 paneles fotovoltaico de 400 [W] c/u conectados en paralelo con un inversor de 1116 [W]. Razón por la cual que el nuevo diseño de iluminación con paneles fotovoltaicos es el adecuado.

- Mediante el análisis económico se determina que la propuesta de un sistema alternativo tiene una inversión de \$2004,82, con VAN de 2524,23 y una recuperación económica a partir del sexto año. Antecedente que determina que este proyecto es viable.
- Se concluye que, con el sistema de iluminación propuesto, el cual cuenta con 24 luminarias y 3 paneles fotovoltaicos, la fábrica de cartón Yaron tendrá una distribución apropiada del sistema de iluminación, generando así un confort visual para quienes laboran dentro de la misma.

## **15.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda al Estado ecuatoriano en coordinación con el sector industrial, implementar leyes que establezcan incentivos a la implementación de sistemas que usen energías renovables, alternativas y limpias, con una adecuada gestión energética en sus procesos industriales.
- Se recomienda a la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Electricidad fomentar proyectos que permitan incentivar el cambio de la matriz energética en sector industrial, para eliminar la dependencia de combustibles fósiles y los problemas que estos conllevan, generando un balance energético mediante la utilización de energías renovables.
- Se recomiendo a la fábrica de cartón Yaron la implementación de energías renovables en sus instalaciones para mejorar los indicadores de eficiencia energética, a través de un análisis similar al realizado en este proyecto, pero en todos los procesos de producción.
- Se recomienda a la fábrica de cartón Yaron la implementación de tecnología eficiente, confiable y segura (luminarias led), mismas que generan niveles de iluminación adecuados y confortables para el trabajo que realiza el obrero industrial, generando además un ahorro en el consumo de energía.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] H. F. G. CLAUDIA SÁNCHEZ, «RESEARCHGATE (Eficiencia Energética ),» JUNIO 2014. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/333089139\\_EFICIENCIA\\_ENERGETICA](https://www.researchgate.net/publication/333089139_EFICIENCIA_ENERGETICA).
- [2] S. & T. F. A. E. E. PERFORMANCE, «CAMARA DE COMERCIO DE ESPAÑA (Eficiencia energética),» [En línea]. Available: [https://www.camara.es/sites/default/files/generico/steep\\_training\\_material\\_for\\_smes\\_spanish\\_0.pdf](https://www.camara.es/sites/default/files/generico/steep_training_material_for_smes_spanish_0.pdf).
- [3] ABESCO, «ABESCO 20 EE,» [En línea]. Available: <http://www.abesco.com.br/es/que-es-la-eficiencia-energetica-ee/>.
- [4] H. D. ARQUITECTURA, « HUELLAS DE ARQUITECTURA( ENERGÍAS PRIMARIAS ),» [En línea]. Available: <https://huellasdearquitectura.wordpress.com/2016/09/05/que-es-la-energia-primaria/>.
- [5] METROGAS, «METROGAS (QUÉ ES LA EFICIENCIA ENERGETICA),» [En línea]. Available: [http://www.metrogas.cl/files/Que\\_es\\_EE.pdf](http://www.metrogas.cl/files/Que_es_EE.pdf).
- [6] J. SANTOLINO, «SLIDESHARE (ENERGÍAS SECUNDARIAS),» 21 ABRIL 2009. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/Santolino/energias-secundarias>.
- [7] G. P. I. H. R. U. F. Julieta C. Schallenberg Rodríguez, «Energías renovables y Eficiencia Energética,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>. [Último acceso: 04 08 2020].
- [8] «renovables Energías Renovables,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/consejos-ambientales/energias-renovables/energias-renovables.pdf>. [Último acceso: 4 08 2020].
- [9] «Energías Renovables,» 17 11 2014. [En línea]. Available: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/hidraulica/energia-hidraulica-ventajas-desventajas/>.
- [10] H. R. V. D. Wyngard, «CapituloEolico Energia Eólica La Generacion Eolica,» [En línea]. Available: <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/paperspdf/CapituloEolico.pdf>. [Último acceso: 2020].
- [11] «Eólica en Ecuador: Otros 11 aerogeneradores para el parque eólico Villonaco,» Reve, 30 11 2014. [En línea]. Available: <https://www.evwind.com/2014/11/30/eolica-en-ecuador-se-consolida-con-nuevos-proyectos/>.

- [12] D. Schmerler Vainstein, «ENERGÍAS RENOVABLES: Experiencia y perspectiva en la ruta del Perú hacia la transición energética,» noviembre 2019. [En línea]. Available: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf).
- [13] Rinconeducativo, «Introduccion a la Energia Geotermica,» [En línea]. Available: <http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/introduccion-la-energia-geotermica>.
- [14] H. RUDNICK, «PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE MERCADOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA - PROF. HUGH RUDNICK,» JUNIO 2012. [En línea]. Available: [http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno12/costosernc/D.\\_Mare.html](http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno12/costosernc/D._Mare.html).
- [15] M. Eléctricos, «Evolución de Costos ERNC,» junio 2012. [En línea]. Available: [http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno12/costosernc/D.\\_Mare.html](http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno12/costosernc/D._Mare.html). [Último acceso: 10 junio 2020].
- [16] P. S. MOLINA, «Pv magazine,» 26 07 2019. [En línea]. Available: <https://www.pv-magazine-latam.com/2019/07/26/nuevo-record-mundial-de-instalaciones-fotovoltaicas-previsto-en-2019/>.
- [17] A. Barrero, «Energías Renovables,» 08 enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/la-fotovoltaica-brillara-en-2020-mas-aun-20200108>. [Último acceso: 20 junio 2020].
- [18] «MAY EL CRECIMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR (SINELEC ),» 2018. [En línea]. Available: <https://gruposinelec.com/el-crecimiento-de-la-energia-solar/>.
- [19] F. O. Diego Vaca Revelo, «Soluciones de energia renovable energia verde,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa\\_Solar\\_del\\_Ecuador\\_2019.pdf](https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa_Solar_del_Ecuador_2019.pdf).
- [20] D. Vaca Revelo y F. Ordóñez, «Mapa Solar Ecuador,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa\\_Solar\\_del\\_Ecuador\\_2019.pdf](https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa_Solar_del_Ecuador_2019.pdf). [Último acceso: 01 07 2020].
- [21] «Grupo JAB,» [En línea]. Available: <https://www.grupojab.es/historia-de-las-celulas-solares-y-su-evolucion-tecnologica/>. [Último acceso: 02 julio 2020].
- [22] J. M. B. A. G. & O. S. Oviedo-Salazar, «Historia y Uso de Energías Renovables,» 18 Abril 2015. [En línea]. Available:

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56725235/A1.1011-18.pdf?1528134971=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHistoria\\_y\\_Uso\\_de\\_Energias\\_Renovables\\_Hi.pdf&Expires=1596511885&Signature=PIeUvZeVb3hirPEIqs8Bk9QaJmw7wbb4Lcijm4arVBMqBYpxnflZILE0](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56725235/A1.1011-18.pdf?1528134971=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHistoria_y_Uso_de_Energias_Renovables_Hi.pdf&Expires=1596511885&Signature=PIeUvZeVb3hirPEIqs8Bk9QaJmw7wbb4Lcijm4arVBMqBYpxnflZILE0).

- [23] «Historia de la energía solar fotovoltaica,» [En línea]. Available: [https://www.energiza.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=624&catid=22&Itemid=111](https://www.energiza.org/index.php?option=com_content&view=article&id=624&catid=22&Itemid=111). [Último acceso: 01 julio 2020].
- [24] TvG\_Lta, «Green Energy Latin America,» 04 abril 2017. [En línea]. Available: <https://www.greenenergy-latinamerica.com/componentes-sistema-fotovoltaico/>. [Último acceso: 10 julio 2020].
- [25] Menna, «Como Funciona,» 23 enero 2012. [En línea]. Available: <https://comofunciona.co/el-sistema-fotovoltaico/>. [Último acceso: 6 agosto 2020].
- [26] T. Energy, «Sistemas Fotovoltaicos: Máxima Eficiencia con Energía Solar,» [En línea]. Available: <https://teslaenergy.cl/sistemas-fotovoltaicos/>. [Último acceso: 10 julio 2020].
- [27] Anonimo, «Aula facil,» 2 julio 2008. [En línea]. Available: <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-fotovoltaica/protecciones-electricas-l21011>. [Último acceso: 7 agosto 2020].
- [28] M. Torres Búa, «Electricidad,» [En línea]. Available: [https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/315\\_elementos\\_de\\_proteccion.html](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/315_elementos_de_proteccion.html). [Último acceso: 10 julio 2020].
- [29] «Sector Electricidad,» 7 marzo 2019. [En línea]. Available: <http://www.sectorelectricidad.com/23422/como-se-calcula-las-instalaciones-electricas-de-una-casa/>. [Último acceso: 11 julio 2020].
- [30] freepik, «Imágenes de Iluminación,» [En línea]. Available: [https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-iluminacion-foco-realista\\_4947145.htm#page=1&query=iluminacion&position=1](https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-iluminacion-foco-realista_4947145.htm#page=1&query=iluminacion&position=1). [Último acceso: 11 julio 2020].
- [31] «Lámpara Directa,» [En línea]. Available: <https://www.lamparadirecta.es/blog/lumen-y-lux>. [Último acceso: 11 julio 2020].
- [32] Anonimo, «Lampara directa,» 12 marzo 2010. [En línea]. Available: <https://www.lamparadirecta.es/tipos-de-luminarias>. [Último acceso: 7 agosto 2020].

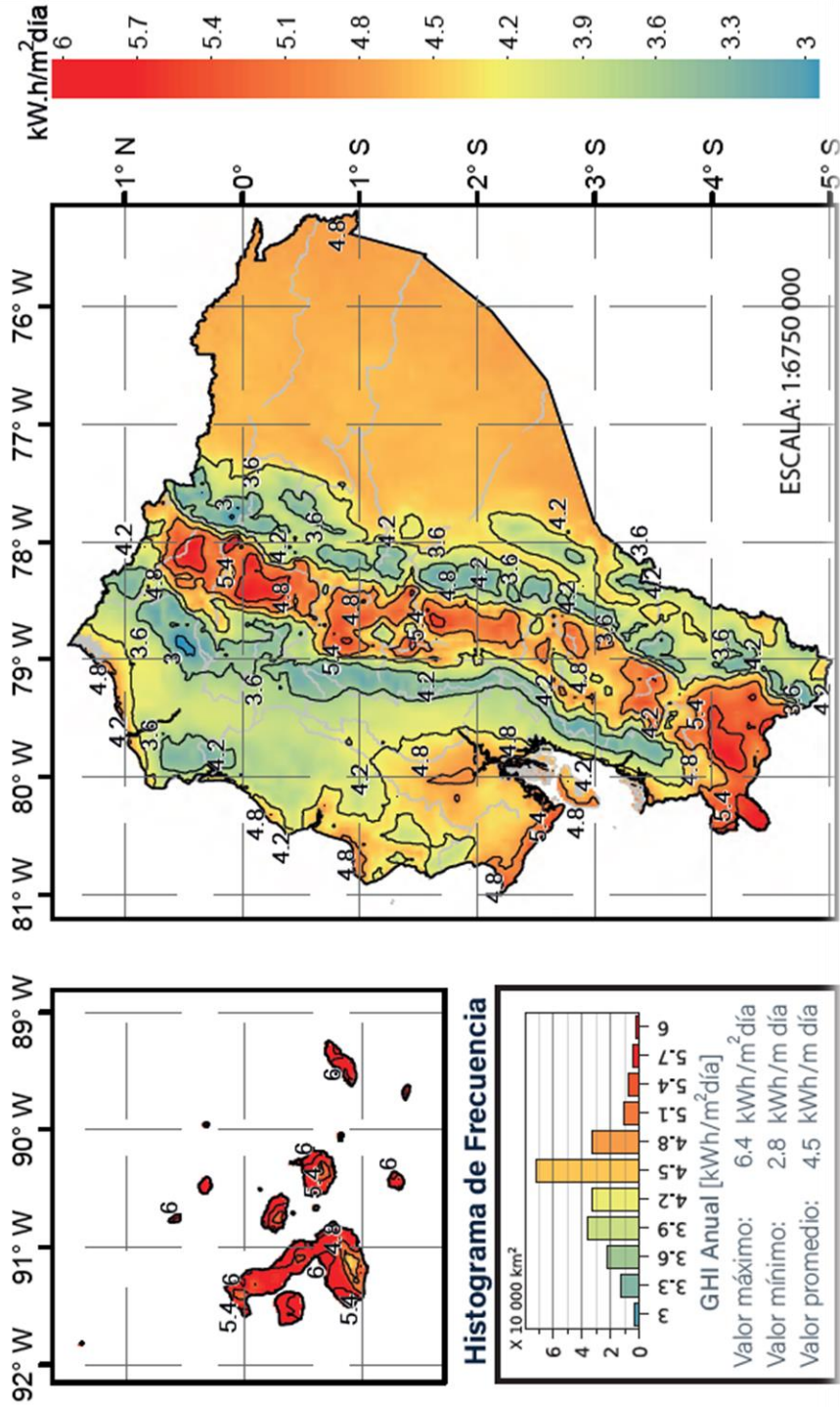
- [33] J. García Fernández, «CITCEA,» [En línea]. Available: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/>. [Último acceso: 11 julio 2020].
- [34] N. E. d. Construcción, Energías Renovables, Quito, 2011.
- [35] CONELEC, «Atlas Solar del Ecuador,» Agosto 2008. [En línea]. Available: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>. [Último acceso: 12 julio 2020].
- [36] EcuRed, «Provincia de Tungurahua (Ecuador),» [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Provincia\\_de\\_Tungurahua\\_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Provincia_de_Tungurahua_(Ecuador)). [Último acceso: 13 julio 2020].
- [37] B. M. Toalambo Rojas, «Repositorio UTA,» 2011. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1169/1/Tesis%20I.%20M.%20132%20-%20Toalambo%20Rojas%20Byron%20Miguel.pdf>. [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [38] B. M. T. Rojas, «ESTUDIO DEL ESPECTRO DE IRRADIACION SOLAR PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE ENERGIA APROVECHABLE EN LA CIUDAD DE AMBATO,» Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, 2011.
- [39] M. Gela, «greenenergy,» 11 marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.greenenergy-latinamerica.com/inclinacion-de-paneles-solares-en-suramerica/>. [Último acceso: 17 agosto 2020].
- [40] Renova, «RENOVA,» 12 octubre 2010. [En línea]. Available: <https://www.renova-energia.com/productos/panel-solar-jinko-solar-cheetah-hc-jkm400m-72h-v-0-400/>. [Último acceso: 17 agosto 2020].
- [41] Anonimo, «Area tecnologia,» 23 julio 2015. [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html>. [Último acceso: 29 agosto 2020].
- [42] E. Berner, «BRICOS,» 12 enero 2010. [En línea]. Available: <https://bricos.com/2010/06/tipos-de-luminarias/>. [Último acceso: 08 septiembre 2020].
- [43] C. E. Ecuatoriano. [En línea]. Available: <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/CODIGOELECTRICOECUATORIANO1973.pdf>. [Último acceso: 15 Julio 2020].

- [44] Panasonic, «Panasonic,» [En línea]. Available: [https://panasonic.net/lifesolutions/lighting/products/th/lighting\\_fixtures/spec\\_pdf/nafc40110.pdf](https://panasonic.net/lifesolutions/lighting/products/th/lighting_fixtures/spec_pdf/nafc40110.pdf). [Último acceso: 17 Julio 2020].
- [45] CONELEC, «Pliego tarifario para las fábricas eléctricas de distribución,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/07/P-Tarifario-SPEE-2019\\_Codif.pdf](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/07/P-Tarifario-SPEE-2019_Codif.pdf). [Último acceso: 15 Julio 2020].

ANEXOS

ANEXO I: MAPA SOLAR DEL ECUADOR

Irradiación Solar Global Horizontal (GHI) Anual



## ANEXO II: IRRADIACION SOLAR PROMEDIA EN EL ECUADOR SEGÚN NEC

### Energías Renovables

Mientras no se disponga de un sistema actualizado de la información de radiación solar en el Ecuador, se pueden usar los datos de las tablas 14.1.3 y 14.1.4 confirmándolos con datos reales medidos en el sitio donde se instalará el sistema solar térmico, al menos con datos de 12 meses anteriores.

Los valores de insolación o radiación solar global para las provincias del país y sus ciudades más importantes son:

Tabla 14.1.3. Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m <sup>2</sup> .día promedio	ZONA
Carchi	Tulcán	4140	II
Esmeraldas	Esmeraldas	4350	II
Imbabura	Ibarra	4560	IV
Manabí	Portoviejo	4160	III
Pichincha	Quito	4990	IV
Tsachilas	Sto. Domingo	3440	III
Cotopaxi	Latacunga	4420	IV
Napo	Tena	4350	II
Santa Elena	Salinas	4360	II
Guayas	Guayaquil	4370	III
Los Ríos	Babahoyo	3780	III
Bolívar	Guaranda	4800	IV
Tungurahua	Ambato	4550	III
Chimborazo	Riobamba	4490	II
Pastaza	Puyo	3800	II
Cañar	Azogues	4500	III
Morona Santiago	Macas	4090	II
Azuay	Cuenca	4350	II
El Oro	Machala	4200	II
Loja	Loja	4350	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4350	II
Galápagos	Puerto Ayora	5835	V

Para Quito y Guayaquil, los valores promedio mensuales de radiación solar global son:

## ANEXO III: PROFORMA DE LA FÁBRICA RENOVA



## Cotización

Fecha: 24/08/2020 11:08:03  <b>RENOVAENERGIA S.A.</b> <b>RUC: 1792187567001</b> Pasaje S. Melo OE1-37 y Av. Galo Plaza Lazo Quito - Ecuador Tlf: (593 2) 2403643 Ext. 101 y 102 Celulares: 0987000710, 0987593688 Email: info@renova-energia.com www.renova-energia.com	Proforma: RMV-OF-UIO-12411-24082020  Cliente: Ximena Tacoaman Yauli Ruc: Dirección: Email: freddy.constante8161@utc.edu.ec Teléfono: Celular:
--	--

## Oferta Económica

Equipo	Código y Modelo	Cantidad	P.Unitario	P. Con Iva	Subtotal	Total (+IVA)
Paneles	MD089 - JINKO SOLAR Cheetah HC JKM400M-72H-V, 0, 400Wp	8.00	\$197.16	\$197.16	\$1577.28	\$1577.28
Reguladores Dome.	RD041 - Phocos CXNsolid Controlador de carga 12/24/48V, 50/50A, aterramiento negativo ROHS	1.00	\$286.65	\$321.05	\$286.65	\$321.05
Baterías	BT134 - Batería Aokly 12V 200AH, 200Ah@20h 6GFM200G GEL	12.00	\$480.38	\$538.03	\$5764.56	\$6456.36
Inversores	IN041 - Victron Energy Quattro 48/3000/35-50/50 120V QUA483021100	1.00	\$2677.50	\$2998.80	\$2677.50	\$2998.80
<b>Totales</b>					<b>\$10305.99</b>	<b>\$11353.49</b>

Son: ONCE MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y TRES DOLARES 49/100

## Entregas

BT134 - Entrega 1 día calendario o inmediata, contados a partir de la aceptación de la propuesta y sus condiciones.  
 IN041 - Entrega 1 día calendario o inmediata, contados a partir de la aceptación de la propuesta y sus condiciones.  
 RD041 - Entrega 1 día calendario o inmediata, contados a partir de la aceptación de la propuesta y sus condiciones.  
 MD089 - Entrega 1 día calendario o inmediata, contados a partir de la aceptación de la propuesta y sus condiciones.

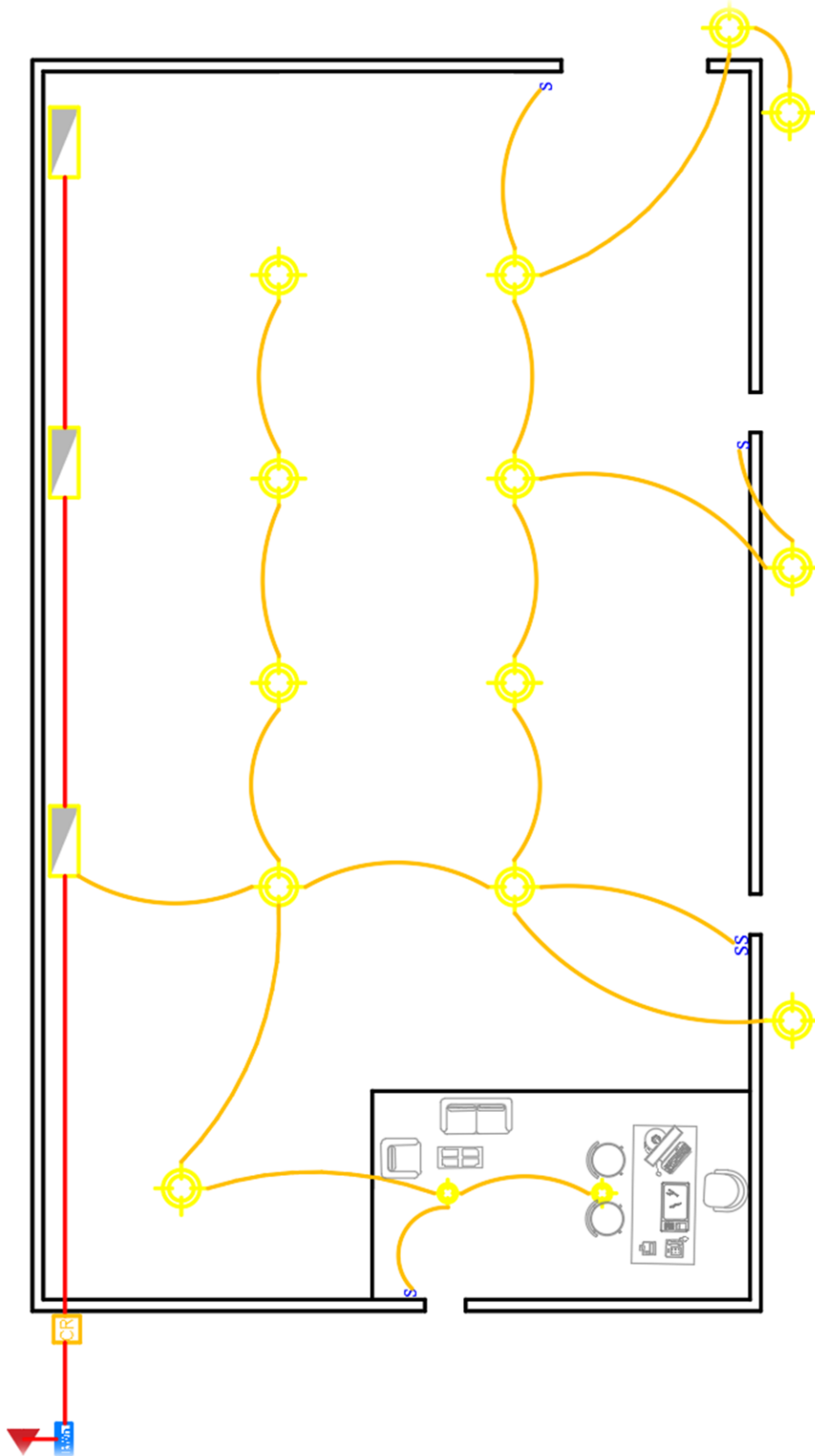
## Garantías

BT134 - Garantía de 1 año contra defectos de fabricación y una expectativa de vida útil de 7 años.  
 IN041 - Garantía de 5 años contra defectos de fabricación y una expectativa de vida útil de 10 años.  
 RD041 - Garantía de 2 años contra defectos de fabricación y una expectativa de vida útil de 8 años.  
 MD089 - Garantía de 10 años contra defectos de fabricación y una expectativa de vida útil que garantiza una potencia no menor al 80.7 % de su valor nominal a los 25 años.

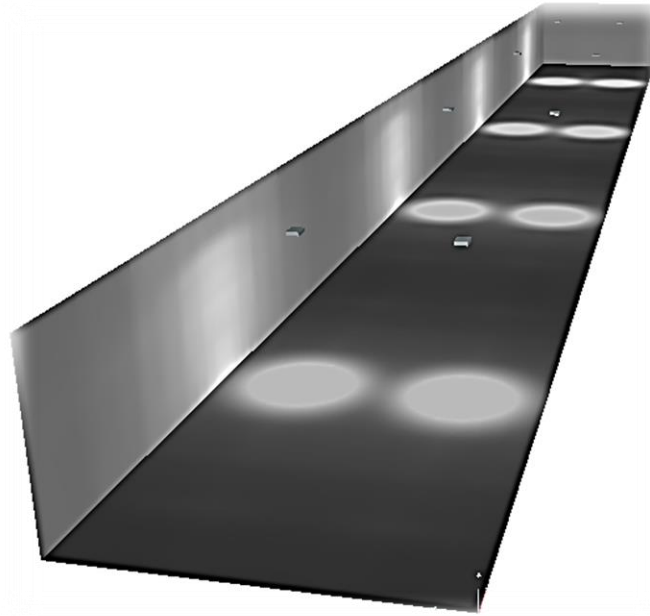




**ANEXO V: DIAGRAMAS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION ACTUAL**



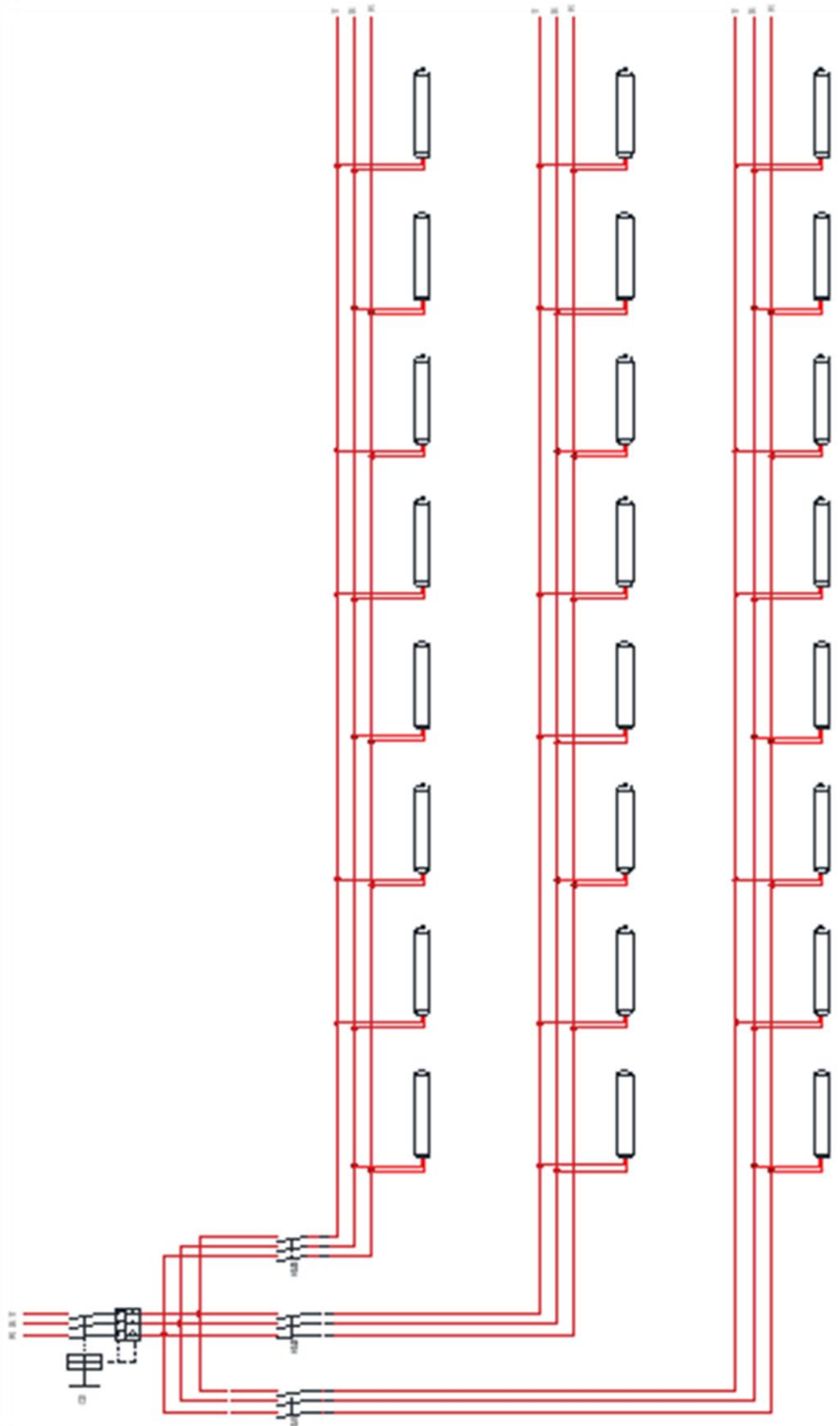
**ANEXO VI: SIMULACIONES DEL SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL Y  
PROPUESTO EN EL SOFTWARE DIALUX**



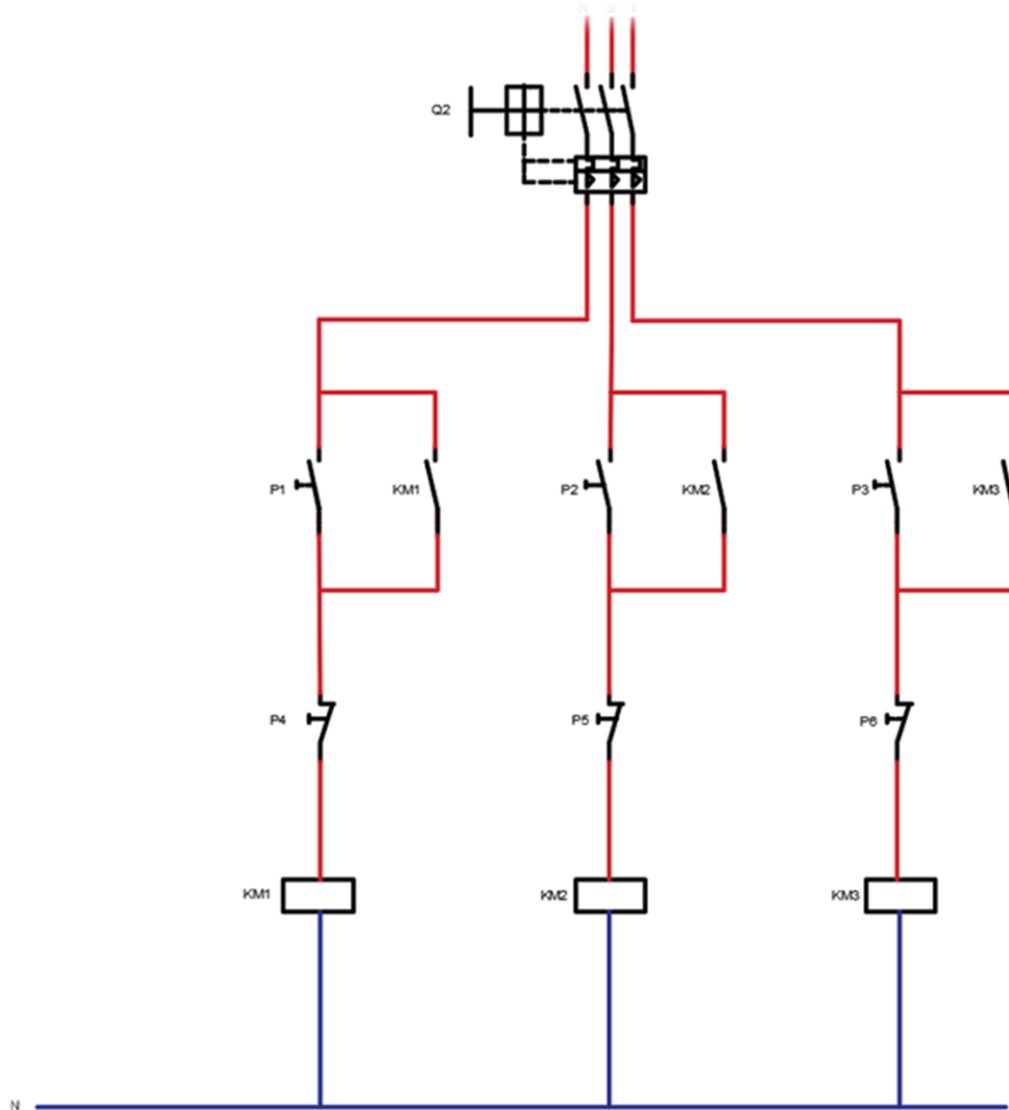
**ANEXO VII: SIMULACIONES DEL SISTEMA DE ILUMINACION PROPUESTO  
EN EL SOFTWARE DIALUX**



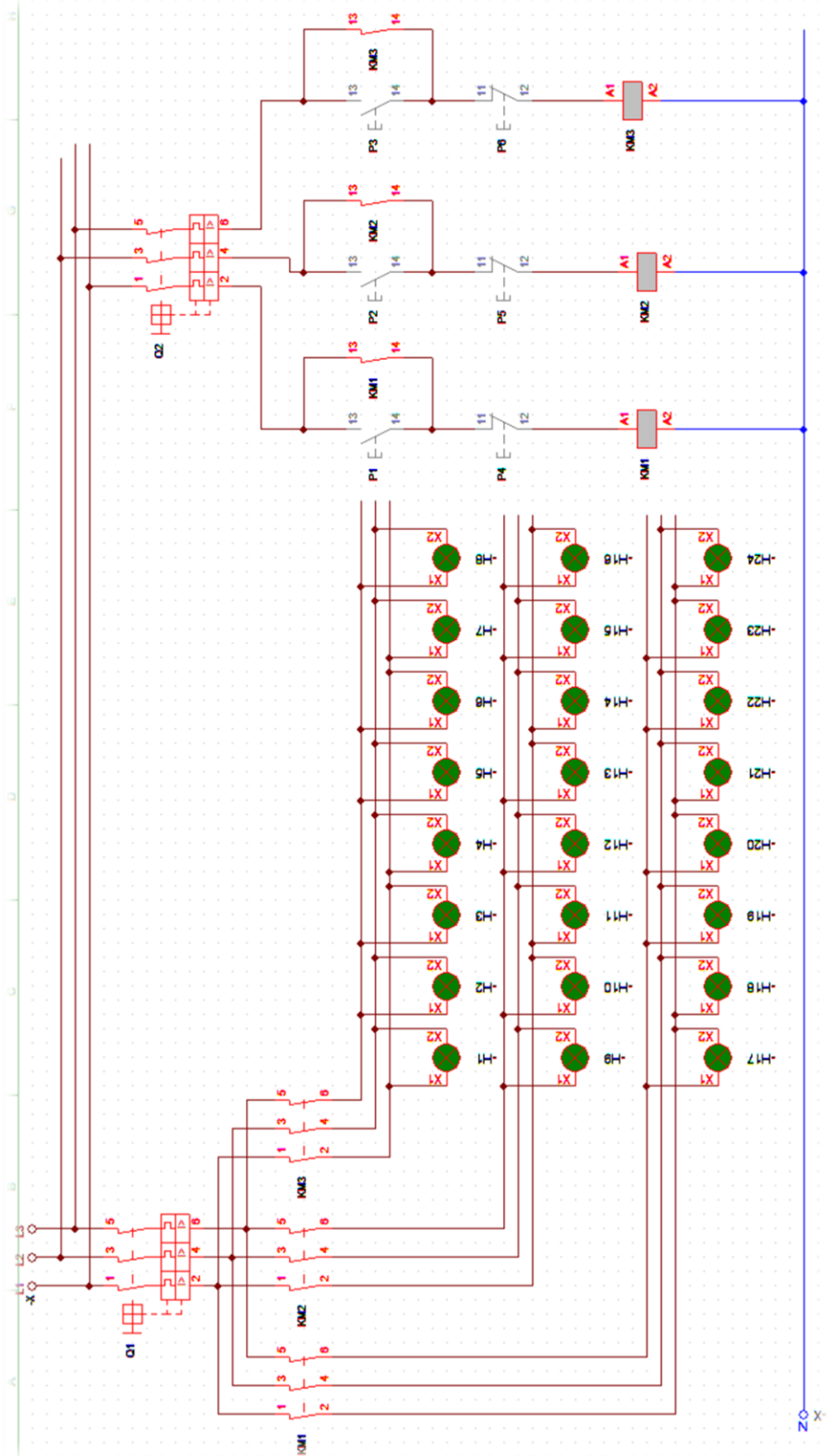
**ANEXO VIII: DISEÑO DEL PLANO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE ILUMINACION PROPUESTO EN AUTOCAD – ESQUEMA DE POTENCIA**



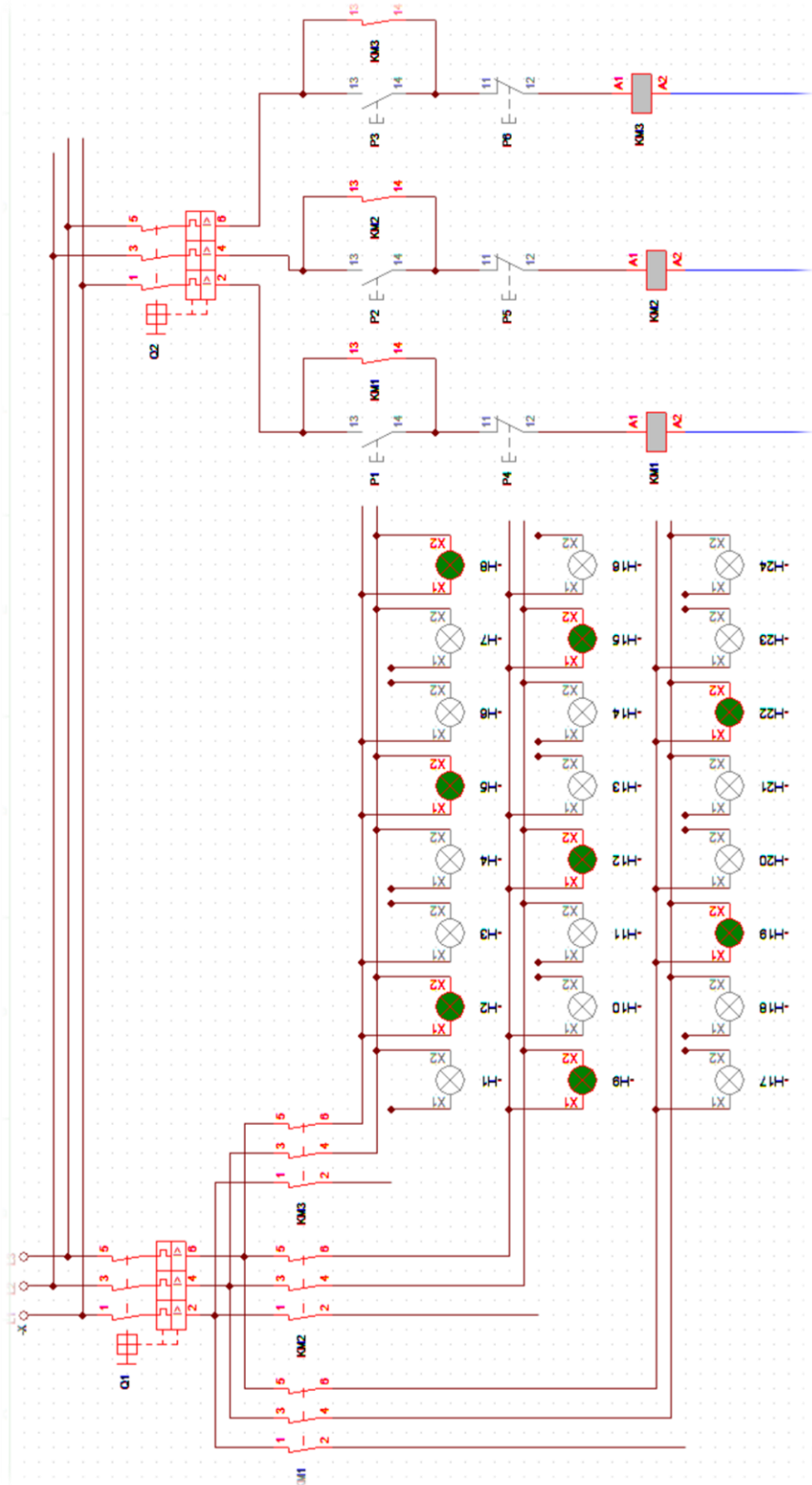
**ANEXO IX: DISEÑO DEL PLANO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE ILUMINACION PROPUESTO EN AUTOCAD – ESQUEMA DE MANDO**



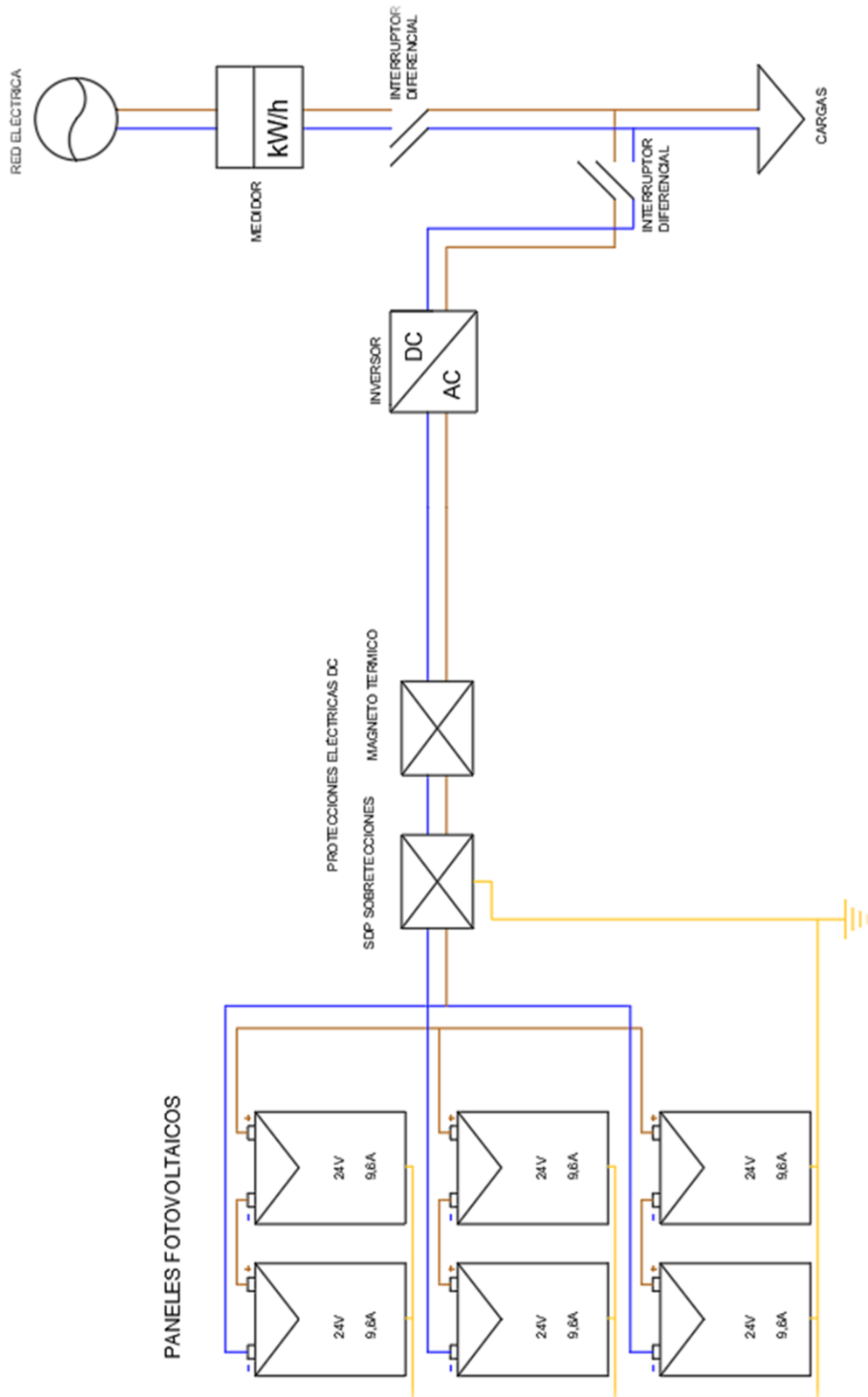
### ANEXO X: DIAGRAMA DE POTENCIA Y MANDO DEL SISTEMAS DE ILUMINACION PROPUESTO EN EL PROGRAMA CADESIMU



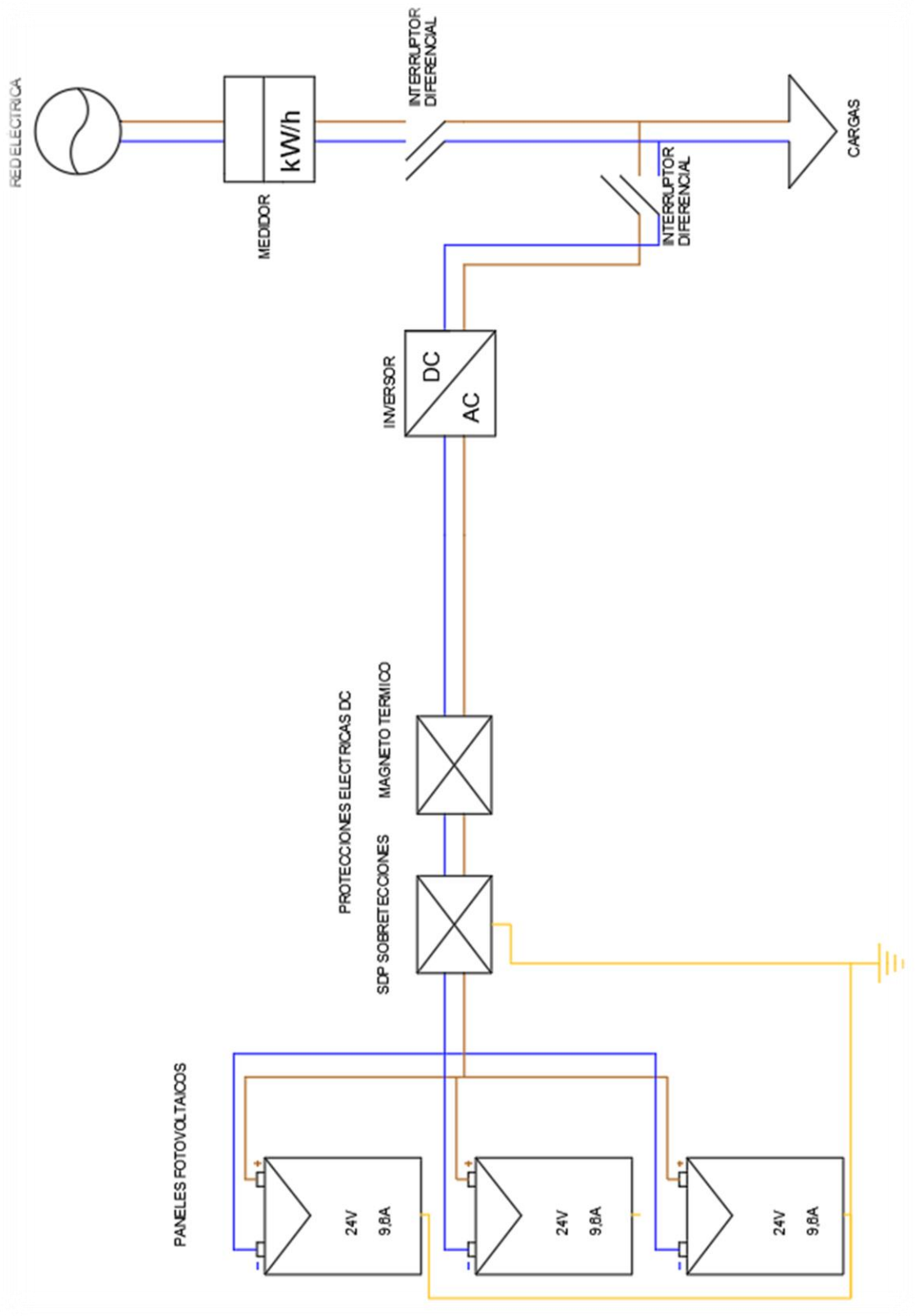
**ANEXO XI: DIAGRAMA DE POTENCIA Y MANDO DEL SISTEMAS DE ILUMINACION PROPUESTO EN EL PROGRAMA CADESIMU CON FASES DESCONECTADAS**



**ANEXO XII: DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DETALLADO PARA ILUMINACION ACTUAL.**



**ANEXO XIII: DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DETALLADO PARA ILUMINACION REESTRUCTURADO.**



### ANEXO XIV: PLANO DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

