



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESPALDO ALIMENTADO POR ENERGÍA
RENOVABLE PARA UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE PESADO.**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Vargas Franco Rene Andrés

Tutor

Ing. Segura D'Rouville Juan Joel Msc

QUITO- ECUADOR
2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Rene Andres Vargas Franco, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESPALDO ALIMENTADO POR ENERGIA RENOVABLE PARA UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE PESADO”, como requisito para optar al grado de Ingeniero. y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 27 días del mes de septiembre de 2025, firmo conforme:

Autor: Rene Andres Vargas Franco

Firma:
Número de Cédula: 2200344279
Dirección: Provincia: Quito, Cotacollao
Correo Electrónico: rvargas11@indoamerica.edu.ec
Teléfono: 0960267273

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESPALDO ALIMENTADO POR ENERGIA RENOVABLE PARA UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE PESADO” presentado por Rene Andres Vargas Franco, para optar por el Título de Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 27 de septiembre del 2025

.....

Ing. Juan Joel Segura D' Rouville Msc.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 27 de septiembre 2025

.....

Rene Andres Vargas Franco

CI: 2200344279

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESPALDO ALIMENTADO POR ENERGIA RENOVABLE PARA UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE PESADO previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 27 de septiembre de 2025

.....

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela M.Sc.

LECTOR 1

.....

Ing. Fabían Alberto Sarmiento Ortiz M.Sc.

LECTOR 2

DEDICATORIA

A quienes hicieron posible este camino, dedico con gratitud este trabajo. A mis padres, Reinerio y Mariaijel, por ser mi mayor fuente de inspiración. Su apoyo constante, sus consejos y el amor que siempre me han brindado han sido fundamentales para llegar hasta aquí. Gracias por enseñarme a creer en mí mismo.

A mis hermanos, Mónica, Joel y Daniel, por acompañarme con su afecto y por estar presentes en cada etapa de este camino. Su cercanía me ha dado fuerza cuando más la necesitaba.

Y a ti, Karen, por estar a mi lado en este proceso. Tu compañía, comprensión y motivación han hecho que este esfuerzo valga aún más la pena.

Este logro es una parte de todos ustedes.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme brindado la fortaleza, salud y claridad necesarias para avanzar y superar los desafíos a lo largo de esta etapa académica.

A la empresa Orientoil S.A., por confiar en mí, permitirme formar parte de su equipo y facilitar los recursos necesarios para desarrollar este proyecto de manera efectiva.

A mis amigos, por estar siempre presentes con su apoyo incondicional, palabras de aliento y compañía en los momentos difíciles.

Y a mí tutor de tesis, por su guía constante, paciencia y compromiso, que fueron clave para culminar exitosamente este trabajo.

A todos, mi más sincero agradecimiento por ser parte de este logro.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

TEMA:	i
AUTORIZACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LECTORES	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I.....	1
Introducción.....	1
Antecedentes.....	6
Justificación	8
Objetivos	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos	9
CAPÍTULO II	10
Ingeniería del Proyecto	10
Diagnóstico de la situación actual de la empresa	10

Identificación de equipos.....	11
Levantamiento de la carga instalada	12
Indicador de intensidad Energética por unidad económica.....	23
Grupo electrógeno diésel deficiente.....	31
Área de estudio	33
Modelo Operativo	34
CAPÍTULO III	36
Propuesta y Resultados Esperados	36
Presentación de la propuesta	36
Determinación de una fuente energética renovable	36
Forma de generación	36
Rendimiento	36
Tipos	37
Costo de generación	37
Componentes.....	37
Condiciones de la planta de producción	37
Disponibilidad del recurso	37
Ventajas	38
Desventajas	38
Energía Solar	38
Energía Hidroeléctrica.....	40
Energía por Biomasa	42
Energía Geotérmica	44
Energía Eólica	46
Evaluación mediante la matriz de Holmes	48

Diseño de un sistema de respaldo alimentado por fuente de energía más conveniente	58
Dimensionamiento de la fuente	60
Resultados esperados	94
Cronograma de actividades	100
Cálculo de los Costos para el Desarrollo del Proyecto Sostenible	102
CAPÍTULO IV	110
Conclusiones y Recomendaciones	110
Conclusiones.....	110
Recomendaciones	111
Bibliografía	112
Anexos	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Identificación de equipos y su estado</i>	12
Tabla 2: <i>Especificaciones eléctricas de carga</i>	13
Tabla 3: <i>Levantamiento de carga</i>	18
Tabla 4: <i>Potencia de las áreas críticas</i>	27
Tabla 5: <i>Comportamiento de la demanda energética</i>	30
Tabla 6: <i>Ficha técnica del transformador</i>	31
Tabla 7: <i>Ficha técnica del generador</i>	32
Tabla 8: <i>Área de estudio</i>	33
Tabla 9: <i>Aspectos principales de la energía solar</i>	39
Tabla 10: <i>Aspectos principales de la energía hidroeléctrica</i>	41
Tabla 11: <i>Aspectos principales de la energía de biomasa</i>	43
Tabla 12: <i>Aspectos principales de la energía geotérmica</i>	45
Tabla 13: <i>Aspectos principales de la energía eólica</i>	47
Tabla 14: <i>Ponderación de criterios</i>	51
Tabla 15: <i>Evaluación del criterio factibilidad técnica</i>	53
Tabla 16: <i>Evaluación del criterio ubicación geográfica</i>	54
Tabla 17: <i>Evaluación del criterio inversión requerida</i>	55
Tabla 18: <i>Evaluación del criterio factores específicos del sector</i>	56
Tabla 19: <i>Resultados en relación a los criterios</i>	57
Tabla 20: <i>Resultados de la ponderación evaluado por la matriz de Holmes</i>	58
Tabla 21: <i>Irradiación global en la ubicación de la empresa</i>	61
Tabla 22: <i>Pérdidas en la ubicación</i>	61
Tabla 23: <i>Distribución de los paneles solares</i>	69

Tabla 24: <i>Valores específicos de temperatura del panel solar</i>	81
Tabla 25: <i>Características sobre el panel solar</i>	86
Tabla 26: <i>Características del inversor trifásico</i>	87
Tabla 27: <i>Características de la batería</i>	88
Tabla 28: <i>Características del contador bidireccional</i>	89
Tabla 29: <i>Características del inversor bidireccional</i>	90
Tabla 30: <i>Cuadro resumen de los componentes del sistema</i>	91
Tabla 31: <i>Rendimiento del sistema</i>	93
Tabla 32: <i>Aprovechamiento del sistema en las áreas críticas</i>	96
Tabla 33: <i>Energía neta</i>	99
Tabla 34: <i>Análisis de costos de mano de obra</i>	104
Tabla 35: <i>Costos asociados por etapas</i>	105
Tabla 36: <i>Beneficios por el sistema</i>	107
Tabla 37: <i>Costos por el sistema</i>	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Generación eléctrica por fuente (%)</i>	2
Figura 2: <i>Participación de la generación de electricidad por fuente renovable</i>	3
Figura 3: <i>Generación bruta de electricidad</i>	4
Figura 4: <i>Generación eléctrica por fuentes en Ecuador</i>	5
Figura 5: <i>Uso de energía eléctrica de la empresa</i>	5
Figura 6: <i>Consumo eléctrico del primer cuatrimestre</i>	20
Figura 7: <i>Consumo eléctrico del segundo cuatrimestre</i>	21
Figura 8: <i>Consumo eléctrico del tercer cuatrimestre</i>	22
Figura 9: <i>Consumo eléctrico del cuarto cuatrimestre</i>	23
Figura 10: <i>Índice del año 2024</i>	25
Figura 11: <i>Índice del año 2025</i>	25
Figura 12: <i>Modelo operativo</i>	34
Figura 13: <i>Imagen explicativa de la energía solar</i>	38
Figura 14: <i>Imagen descriptiva de la energía hidroeléctrica</i>	40
Figura 15: <i>Imagen descriptiva de la energía por biomasa</i>	42
Figura 16: <i>Imagen descriptiva de la energía geotérmica</i>	44
Figura 17: <i>Imagen descriptiva de la energía eólica</i>	46
Figura 18: <i>Ubicación geográfica de la empresa</i>	59
Figura 19: <i>Ubicación de la empresa en el mapa GHI</i>	60
Figura 20: <i>Elementos del sistema fotovoltaico</i>	62
Figura 21: <i>Coeficientes de pérdidas</i>	64
Figura 22: <i>Banco de baterías</i>	74

Figura 23: <i>Esquema de conexión de la fuente de respaldo</i>	91
Figura 24: <i>Relación de la energía generada con la necesaria</i>	95
Figura 25: <i>Cronograma de actividades</i>	101
Figura 26: <i>Diagrama de Gantt</i>	101
Figura 27: <i>Costos de la distribuidora</i>	103

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Potencia	13
Ecuación 2: Potencia Activa en cargas monofásicas.....	14
Ecuación 3: Potencia Activa en cargas trifásicas	14
Ecuación 4: Potencia Reactiva en carga monofásica	15
Ecuación 5: Potencia reactiva en cargas trifásicas	15
Ecuación 6: Potencia Aparente	16
Ecuación 7: Intensidad Energética	24
Ecuación 8: Ponderación	51
Ecuación 9: Rendimiento general de la instalación.....	63
Ecuación 10: Fórmula de la energía a necesaria	64
Ecuación 11: Fórmula de la energía necesaria (2)	65
Ecuación 12: Fórmula para calcular la cantidad de energía diaria por panel solar	66
Ecuación 13: Fórmula para calcular el número de paneles solares	66
Ecuación 14: Fórmula para determinar el número de paneles en paralelo	68
Ecuación 15: Voltaje de arreglo	70
Ecuación 16: Corriente de arreglo.....	70
Ecuación 17: Potencia de los arreglos	71
Ecuación 18: Capacidad de la batería.....	71
Ecuación 19: Cantidad total de baterías para colocar en el banco	72
Ecuación 20: Fórmula para calcular la cantidad de batería en serie	73
Ecuación 21: Fórmula para calcular la cantidad de batería en paralelo	73
Ecuación 22: Corriente de carga en un tiempo de 10 horas.....	74
Ecuación 23: Corriente del conductor	76
Ecuación 24: Fórmula para calcular el diámetro de canalizaciones.....	78

Ecuación 25: Fórmula para calcular la capacidad del disyuntor.....	79
Ecuación 26: Fórmula para calcular la Corriente de cortocircuito del arreglo	80
Ecuación 27: Fórmula para analizar el comportamiento de temperatura del módulo	80
Ecuación 28: Fórmula para calcular la variación de la temperatura	81
Ecuación 29: Fórmula para calcular la variación en el voltaje del circuito abierto	82
Ecuación 30: Fórmula para calcular la variación de la corriente del circuito abierto	82
Ecuación 31: Fórmula para calcular la variación en la potencia máxima	83
Ecuación 32: Fórmula para calcular la corriente de cortocircuito	83
Ecuación 33: Fórmula para dimensionar el disyuntor de los paneles solares.....	84
Ecuación 34: Fórmula para calcular la potencia del inversor	86
Ecuación 35: Fórmula para establecer la capacidad del inversor.....	89
Ecuación 36: Fórmula de la energía necesaria diaria	92
Ecuación 37: Fórmula seleccionar el transformador eléctrico	94
Ecuación 38: Fórmula para calcular el aprovechamiento	96
Ecuación 39: Fórmula para calcular la energía neta.....	98
Ecuación 40: Fórmula para calcular el VAN	108
Ecuación 41: Fórmula para calcular la TIR	108

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Layout de las áreas	115
Anexo 2: Consumo de energía	116
Anexo 3: Formato de levantamiento de equipos.....	117
Anexo 4: Matriz completa de identificación de equipos	118
Anexo 5: Formato para identificar parámetros nominales.....	121
Anexo 6: Levantamiento total de carga	122
Anexo 7: Potencia instalada en las áreas críticas	126
Anexo 8: Demanda general de las áreas críticas	129
Anexo 9: Informe de la ubicación de Global Solar Atlas	132
Anexo 10: Informe de PVGIS.....	133
Anexo 11: Irradiación global de la ubicación	134
Anexo 12: <i>Ficha técnica del panel solar</i>	135
Anexo 13: Ficha técnica de la batería.....	136
Anexo 14: Ficha técnica del inversor trifásico 80 KVA.....	137
Anexo 15: Selección de conductor en relación a la corriente	138
Anexo 16: Selección de tuberías en relación al N° de conductores y factor de relleno ..	139
Anexo 17: Factor de corrección de temperatura	140
Anexo 18: Factor de corrección en relación al número de conductores en la tubería	141
Anexo 19: Valores nominales de disyuntores o breakers	142
Anexo 20: Especificaciones del contador bidireccional	143
Anexo 21: Especificaciones del inversor bidireccional.....	144
Anexo 22 Aprobación Abstract.....	145

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESPALDO ALIMENTADO POR ENERGÍA RENOVABLE PARA UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE PESADO

AUTOR: Rene Andres Vargas Franco

TUTOR: Ing. Juan Joel Segura D´ Rouville Msc.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se realiza en la empresa Orientoil S.A, la cual se dedica a servicios de transporte pesado en la provincia de Orellana, cantón La Joya de los Sachas. En la misma se observa que carece de un sistema de respaldo energético cuando falla la red eléctrica nacional, ocasionando esta situación pérdidas económicas e insatisfacciones en el servicio a los clientes. Por lo antes expuesto es necesario diseñar un sistema de respaldo basado en energía renovable, mediante una selección adecuada de la fuente de energía, garantizando un suministro eléctrico continuo en las áreas críticas de la empresa. La metodología empleada en la investigación se basa primeramente en realizar un levantamiento de toda la carga eléctrica instalada en la misma, posteriormente se realiza la selección de la carga correspondiente a las áreas críticas dentro de la organización. A partir de estos datos aplicando la matriz de Holmes, en la cual se toma en consideración varias fuentes renovables de energía se selecciona como la fuente más adecuada la correspondiente a paneles solares fotovoltaico, con la finalidad de cubrir la demanda energética de las áreas críticas. Se obtuvo como resultado una fuente fotovoltaica capaz de alimentar una carga ascendente a 126,03 kW, con un arreglo de 5 paneles en paralelo, 14 en serie para un total de 140 paneles solares. Se concluye que, con el arreglo seleccionado, se puede lograr una autonomía de 9 horas, el costo total de implementación asciende al valor de \$245.176,95. Con un tiempo de recuperación de la inversión ascendente 9,24 años. De esta forma la organización cuenta con un sistema de respaldo energético permitiéndole brindar un servicio sin afectaciones eléctrica a sus clientes, evitando insatisfacciones en los mismos.

DESCRIPTORES: fiabilidad del servicio eléctrico, paneles solares fotovoltaico, respaldo energético

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTY OF ENGINEERING, INDUSTRY.
INDUSTRIAL ENGINEERING

**TEMA: DESIGN OF A RENEWABLE ENERGY-POWERED BACKUP SYSTEM FOR
A HEAVY TRANSPORTATION SERVICES COMPANY**

AUTOR: Rene Andres Vargas Franco

TUTOR: Ing. Juan Joel Segura D´ Rouville Msc.

ABSTRACT

This research is being conducted at Orientoil S.A., a company that provides heavy transport services in the province of Orellana, specifically in the La Joya de los Sachas canton. The company lacks a backup power system in the event of a national power grid failure, resulting in economic losses and customer dissatisfaction. For this reason, it is necessary to design a backup system based on renewable energy, through the appropriate selection of the energy source, guaranteeing a continuous electricity supply in the critical areas of the company. The research methodology is based on surveying all electrical loads installed in the company, followed by the selection of loads corresponding to critical areas within the organization. Based on this data and applying the Holmes matrix, which considers various renewable energy sources, photovoltaic solar panels are identified as the most suitable source to meet the energy demands of critical areas. The result was a photovoltaic source capable of supplying a load of up to 126.03 kW, utilizing an array of 5 panels in parallel and 14 in series, totaling 140 solar panels. It was concluded that, with the selected arrangement, an autonomy of 9 hours can be achieved, with a total implementation cost of \$245,176.95. The return on investment time is 9.24 years. In this way, the organization has an energy backup system that enables it to provide uninterrupted service to its customers, thereby avoiding dissatisfaction.

DESCRIPTORS: electrical service reliability, photovoltaic solar panels, energy backup

Anexo 22 Aprobación Abstract

CAPÍTULO I

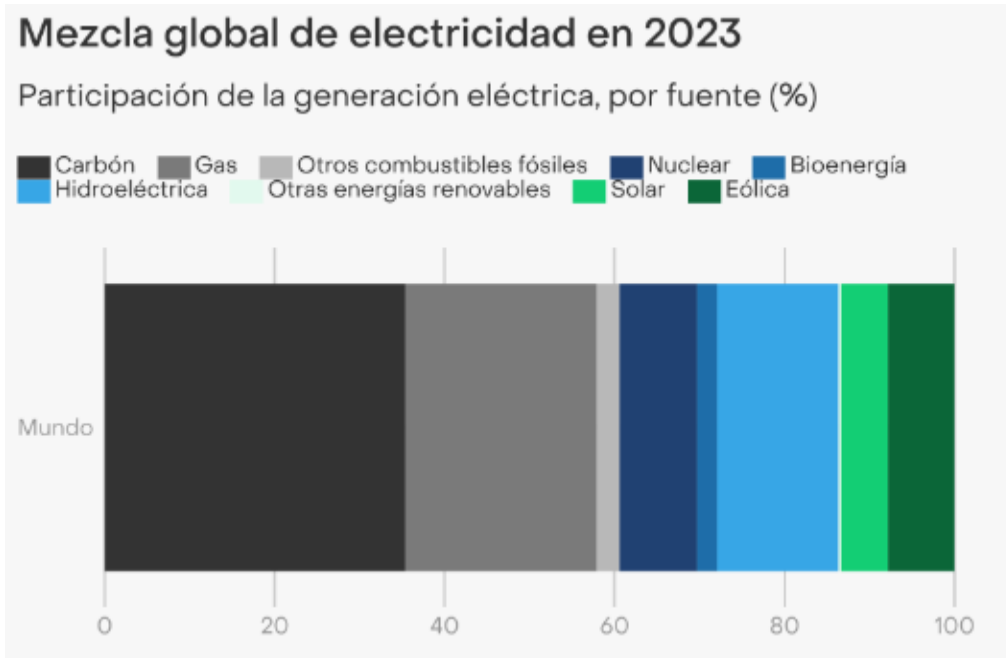
Introducción

El proyecto de investigación está de la mano con Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), entre ellos el ODS N.º 7 “Energía asequible y no contaminante”, el ODS N.º 11 “Ciudades y comunidades sostenibles” y el ODS N.º 12 “Producción y consumo responsables” (Naciones Unidas, 2015). Esta correspondencia se sustenta en la propuesta de diseñar un sistema de respaldo energético que opere mediante fuentes renovables, orientado a una empresa dedicada al transporte pesado. El propósito fundamental de esta propuesta es garantizar un suministro energético continuo, eficiente y limpio, especialmente ante fallas en la red eléctrica. Además, esta alternativa técnica impulsa el cambio de energías más sostenibles lo cual ayuda a reducir la necesidad de utilizar fuentes fósiles de energía, favoreciendo así el desarrollo de comunidades comprometidas con la sostenibilidad.

La energía eléctrica es esencial para el desarrollo y operación de la industria en todo el mundo. Sin embargo, gran parte de su producción aún depende de la utilización de combustibles fósiles, lo que ocasiona un impacto ambiental considerable. Según Ember (2024), en 2023 la demanda mundial de electricidad experimentó un incremento de 627 TW-h, lo que equivale a un crecimiento del 2,2 %, alcanzando un nuevo récord de consumo total de 29.471 TW-h. Durante ese mismo año, se estimó que el 61 % del total de la electricidad consumida en el mundo fue generada a través de combustibles fósiles. También el uso del carbón continuó siendo la principal fuente, con un 35 % del total, seguido por el gas natural con un 23 % y otras fuentes fósiles con un 2,7 % (Ember, 2024). Tal como se visualiza en la **Figura 1**, las fuentes renovables de energía avanzan progresivamente hacia la reducción de esta dependencia, posicionándose como una alternativa clave para una transición energética sostenible.

Figura 1

Generación eléctrica por fuente (%)

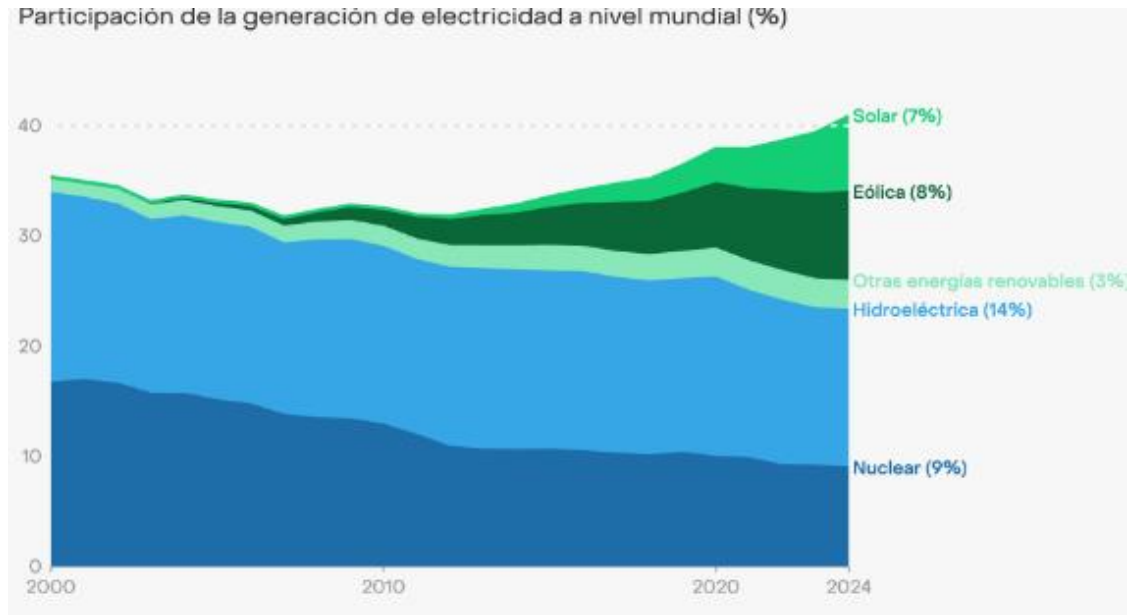


Nota: Extraído de Global Electricity Review (p. 57), tomado de Ember (2024)

La obtención de electricidad a través de fuentes limpias ha cobrado una importancia cada vez mayor en el contexto global, motivada por la necesidad de reducir la generación de gases nocivos y enfrentar las consecuencias del calentamiento global. En este sentido, para el año 2024, se registró un crecimiento excepcional en la participación de las energías renovables dentro del sistema eléctrico mundial. Según Ember (2025), este aumento refleja no solo un compromiso creciente de los países con la transición energética, sino también avances tecnológicos y económicos que han facilitado la integración masiva de estas fuentes al mercado energético global.

Figura 2

Participación de la generación de electricidad por fuente renovable



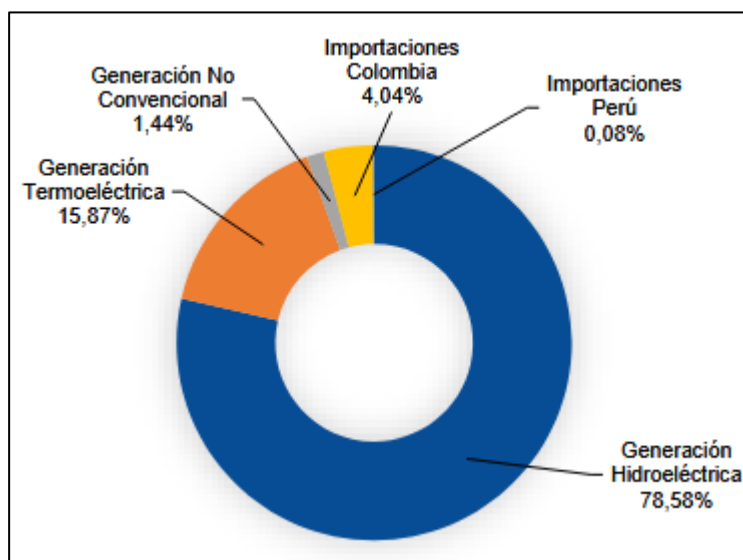
Nota: Extraído de Global Electricity Review executive summary (. 4), Tomado de Ember (2025)

Las tecnologías emergentes, como los vehículos eléctricos, están transformando el panorama energético al impulsar un aumento sostenido en la demanda de electricidad. Este crecimiento representa un desafío para los sistemas eléctricos tradicionales, que deben adaptarse para responder de forma eficiente y sostenible. En este escenario, las energías de origen renovable están ganando protagonismo y posicionándose como la opción clave para abastecer esa demanda creciente. Su combinación no solo permite reducir la necesidad de utilizar los combustibles fósiles, sino también encaminarse a un esquema energético menos contaminante. Como indica MacDonald (2025), el desarrollo de las energías renovables será importante para acompañar el progreso tecnológico sin afectar negativamente al entorno natural.

Durante el transcurso del año 2023, Ecuador logró una producción bruta de energía de 32.117,89 GW-h, excluyendo las importaciones a través de enlaces internacionales, lo cual presenta un crecimiento del 13,91 % en referencia con el año anterior (Cenace, 2023). Aunque el país incrementó su capacidad de generación interna en ese periodo, también realizó compras de energía desde Colombia y Perú para satisfacer la demanda, tal como se observa en la figura que se presenta a continuación:

Figura 3

Generación bruta de electricidad

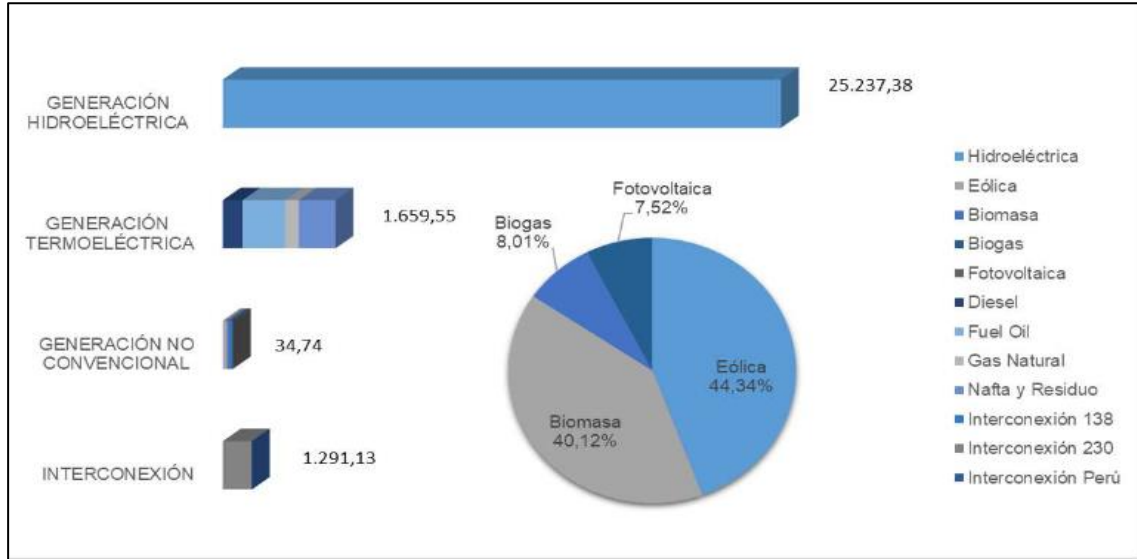


Nota: Extraído del informe anual (p. 26). Fuente: CENACE (2023).

En la gestión de la demanda eléctrica ha logrado cubrir una mayor parte mediante fuentes renovables, lo que le ha facilitado al país disminuir su dependencia de los combustibles fósiles, según datos de Cenace (2023) la aportación por cada fuente renovable, resalta la mayor parte de electricidad por fuentes hidroeléctricas con una producción de 25.237 como se representa en la **Figura 4**, otras energías renovables también avanzan con el debido aporte del abastecimiento nacional.

Figura 4

Generación eléctrica por fuentes en Ecuador

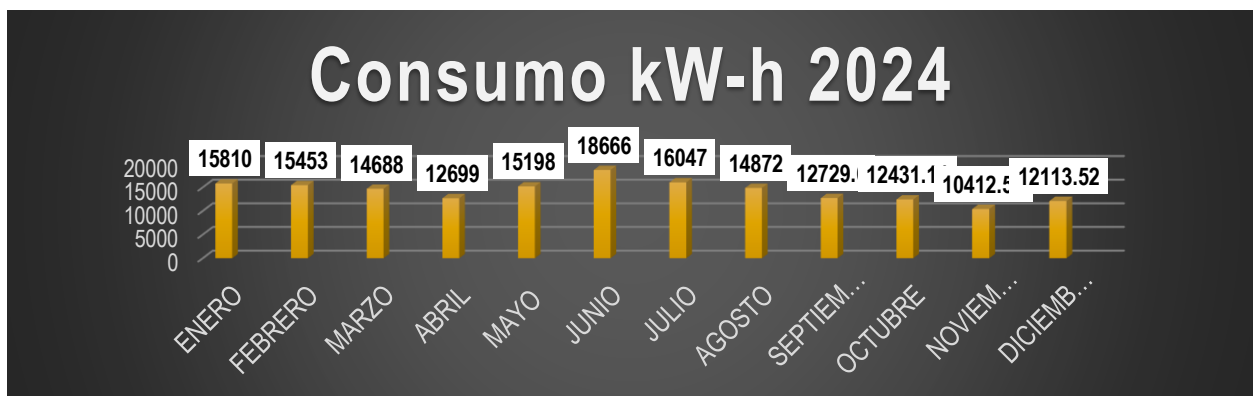


Nota: Extraído del informe anual (p. 27). Fuente: CENACE (2023).

La empresa de servicios de transporte pesado objeto de investigación, funciona bajo un sistema de trabajo continuo, dada a las características del sector petrolero, lo que conlleva una actividad ininterrumpida durante los 365 días del año. En consecuencia, el uso de energía eléctrica se representa en la **Figura 5**, lo cual existe relación entre el nivel de consumo eléctrico y los picos de actividad registrados a lo largo de 2024, resaltando un aumento en los meses donde la demanda de servicios petroleros es más elevada.

Figura 5

Uso de energía eléctrica de la empresa



Nota: Extraído de las plantillas del uso eléctrico de la organización, por la Empresa Eléctrica, 2025.

Actualmente la entidad reconoce, valora lo importante de disponer un mecanismo de apoyo energético en sus áreas críticas, con el objetivo de minimizar los tiempos inactividad no programados en los servicios. No obstante, se ha establecido como requisito que esta fuente de respaldo provenga de energía renovable, en respuesta a las expectativas de sus clientes con el uso de soluciones energéticas responsables con el medio ambiente.

Antecedentes

La empresa Orientoil S.A. está ubicada en el cantón La Joya de los Sachas de la provincia de Orellana, actualmente cuenta con experiencia de 24 años en el ámbito del servicio de transporte pesado enfocado al sector petrolero ecuatoriano, esta ópera a nivel provincial con clientes reconocidos internacionalmente como Slumbergher, Halliburton, Enap, entre otros, esta cuenta con una jornada de 10 horas diarias durante los 365 días del año. En el contexto mencionado, surge la necesidad de crear un sistema de suministro eléctrico ininterrumpido basado en una fuente de energética renovable, con el objetivo de mantener la operatividad en las áreas críticas.

Las organizaciones requieren contar con un mecanismo de respaldo energético que les permita sostener sus actividades en caso de fallos en la red nacional, lo que está sujeto al sistema interconectado. En el caso de la empresa, la alta demanda de servicios petroleros hace que un corte eléctrico sea una situación inaceptable. Por ello, se busca el aprovechamiento de una fuente de secundaria basado en el recurso renovable para que cumpla bajo dos condiciones fundamentales: un suministro eléctrico continuo en las áreas críticas y que cumpla con los requerimientos ambientales. Por esta razón, resulta importante realizar un estudio investigativo que permita seleccionar el recurso energético renovable que presente mayor conveniencia para este contexto.

En cuanto a referencias previas, se han identificado estudios que contribuyen al desarrollo de esta investigación, entre ellos:

El estudio realizado por Chapi (2024) tuvo como propósito plantear un sistema de respaldo con energía renovable destinada a una industria textil en Quito, en respuesta a los constantes cortes eléctricos registrados durante ese periodo. Para ello, se aplicó el levantamiento de cargas para determinar la potencia instalada, se utilizó la matriz de Holmes para seleccionar la fuente renovable más adecuada, y se dimensionó el sistema considerando las necesidades energéticas de la planta. También se diseñó el circuito de conexión y se determinaron los componentes esenciales del

sistema. Como resultado, el sistema propuesto logró cubrir el pico de la demanda de la empresa, garantizando así la continuidad de sus operaciones, aunque la inversión inicial es significativa, se concluyó que la propuesta es técnica y económicamente viable, además de estar alineada con principios de sostenibilidad energética al reducir la necesidad de la red eléctrica nacional.

También se tiene el estudio de Ramón (2024) que desarrolló un estudio enfocado en mejorar el sistema de respaldo energético en un hospital, identificando como problema principal la deficiente mantención del respaldo a combustible fósil frente a fallas en el sistema eléctrico. El objetivo fue garantizar un suministro continuo y seguro en las zonas claves del hospital. Para ello, se aplicaron metodologías de levantamiento de carga monofásica y trifásica con el fin de determinar la potencia instalada y analizar el comportamiento de la demanda, lo que permitió dimensionar adecuadamente la capacidad requerida para la fuente de respaldo. Posteriormente, se seleccionó la fuente renovable adecuada a través de la matriz de Holmes, asegurando la cobertura total de la demanda en las áreas críticas. Los resultados incluyeron el cálculo del capital inicial requerido para poner en marcha el sistema, sin considerar los costos de mantenimiento. Finalmente, se propuso una solución de respaldo sustentada en energía renovable, destacando lo relevante de este para la seguridad energética del hospital y la salvaguardia de la salud de los clientes.

De igual forma el trabajo de Zambrano (2023) consiste en el desarrolló un mecanismo secundario basado en energías renovables para la hidroeléctrica, con la finalidad de respaldar la continuación del suministro energético ante desconexiones de la red eléctrica nacional. El problema central identificado fue la avería de los equipos de generación debido a procesos de mantenimiento extendidos. Para abordar esta situación, se realizó un levantamiento de cargas en el sitio para tener la potencia instalada y un comportamiento de la demanda para obtener la capacidad que debe adquirir la fuente de respaldo, para seleccionar el recurso energético más apropiado a las necesidades de la central se utilizó la matriz de Holmes. Los resultados demostraron que la solución propuesta pudo cubrir el 100 % el consumo energético a lo largo de las fallas. Sin embargo, no se consideraron los costos asociados al mantenimiento del sistema. Finalmente, se propuso el sistema de respaldo renovable como opción viable para optimizar la confiabilidad eléctrica de la central hidroeléctrica en situaciones de desconexión.

Justificación

La investigación se considera **importante** para la organización de transporte pesado, ya que le brinda la oportunidad de disponer una fuente de respaldo energético en sus áreas críticas. Esto no solo asegura que las operaciones puedan continuar sin interrupciones, sino que también refleja una preocupación real por el medio ambiente, al apostar por alternativas energéticas sostenibles.

La propuesta metodológica es de un **impacto** favorable en la calidad del servicio, pues esto permitirá reducir el tiempo de paros no planificados que podrían generarse por alguna interrupción en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional durante la jornada laboral.

La **utilidad** de la presente investigación respecto a la empresa radica en la reducción de costos referente al consumo energético, al contar con un sistema de respaldo por una fuente renovable, incidiendo de forma positiva en la atención a clientes.

Los principales **beneficiarios** con la presente investigación se encuentra primeramente la organización, ya que les permitirá a sus trabajadores seguir con sus operaciones diarias mediante un suministro eléctrico ininterrumpido en las áreas críticas. Conjuntamente, los clientes a los cuales se les garantizara un servicio continuo evitando insatisfacciones en los mismos.

La investigación se considera **factible** debido al respaldo de la alta gerencia, la cual ha mostrado una actitud abierta y colaborativa al facilitar el acceso a la información requerida. Asimismo, se cuenta con el apoyo y la experiencia del docente tutor, así como con los conocimientos técnicos y académicos adquiridos por el estudiante investigador. Además, se cuenta con los recursos y medios requeridos para garantizar el adecuado progreso del proceso investigativo, lo que garantiza la viabilidad del estudio en cada una de sus etapas.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema de respaldo basado en energía renovable, mediante una selección adecuada de la fuente de energía, garantizando un suministro eléctrico continuo en las áreas críticas de la empresa.

Objetivos Específicos

Determinar la carga eléctrica instalada en la organización, a través de un levantamiento de la misma identificando sus parámetros nominales, para conocer la capacidad requerida por la fuente de alimentación encargada de dar continuidad al servicio eléctrico.

Analizar las diferentes fuentes de energía renovable, mediante una selección de alternativas utilizando la matriz de Holmes, con la finalidad de encontrar la más viable desde el punto de vista técnico-económico.

Dimensionar un sistema de respaldo energético, basado en los requerimientos de diseño respecto a la fuente renovable seleccionada, para garantizar la fiabilidad del servicio eléctrico.

CAPÍTULO II

Ingeniería del Proyecto

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

A partir de lo planteado, se realizó la investigación de campo para el fin de obtener un diagnóstico inicial y formal del estado operativo de la organización. Esta actividad permitió recopilar información relevante sobre la estructura interna de la empresa, facilitando la identificación de las múltiples áreas que forman parte de ella. El proceso se centró en reconocer de manera clara la distribución y funciones de cada una de estas áreas, permitiendo visualizar cómo se organiza la operatividad diaria. Como resultado del análisis, se determinó que la empresa está conformada por 13 áreas, cada una con funciones definidas y ubicaciones específicas dentro de sus instalaciones. A continuación, se describen brevemente las áreas identificadas:

1. **Administrativa:** es dónde se ubica las oficinas de gerencia, financieros las cuales son encargadas de la parte directiva y económica de la organización
2. **Seguridad y Salud en el Trabajo:** Esta área es compartido con los departamentos de calidad, médico ocupacional y medio ambiente, orientado a garantizar el bienestar como la seguridad del personal.
3. **Talento Humano:** es donde se encuentra las encargadas de los procesos de contratación, gestión y archivo de la información del personal
4. **Sala de Reuniones:** esta área destinada a la realización de capacitaciones, encuentros operativos y reuniones internas.
5. **Contratos:** esta área gestiona todo lo relacionado con los contratos vigentes y posibles licitaciones futuras.
6. **Logística:** se encuentra el personal que se encarga de recibir los pedidos del cliente y canalizarlos hacia las áreas correspondientes.
7. **Operaciones Vacuum:** se encuentra el personal que está encargado netamente del transporte de fluidos en los diferentes campos operativos.
8. **Operaciones transporte pesado:** conformada por el coordinador y los supervisores responsables de planificar y ejecutar los servicios de transporte pesado.

9. **Vigilancia:** punto de control en el que el personal de seguridad controla el ingreso y salida de equipos y personal.
10. **Mecánica Automotriz:** esta área es destinada para el mantenimiento y reparación de equipos como cabezales, grúas y cargadores frontales.
11. **Soporte de sistemas:** se encuentra el personal que brinda soporte técnico a los sistemas informáticos y atiende problemas relacionados con equipos, conectividad y software.
12. **Adquisición de materiales y almacenamiento:** se encuentra conjuntamente el personal de bodega y adquisición de materiales que se encargan de dotar los EPPS correspondiente y a la vez realizar las compras de materiales que sean necesarios.
13. **Parqueadero de equipos:** ubicado en la parte izquierda de la entrada, es el sitio donde se resguardan los equipos cuando no están en operación.

Para facilitar la comprensión sobre la distribución y ubicación de los diferentes departamentos de la empresa, se recomienda consultar el **Anexos**

Anexo 1 donde se encuentra un layout proporcionado por la organización.

Identificación de equipos

La empresa de servicios de transporte pesado cuenta con diferentes equipos que operan con parámetros eléctricos específicos, los cuales deben ser consideradas al realizar levantamiento de carga en lo que sería las áreas operativas, estos equipos representan un componente importante en la operación diaria, por lo que es fundamental contar con información precisa sobre su presencia. Por esta razón, se llevó a cabo la identificación detallada de cada equipo conectado a la red eléctrica con el formato realizado por el investigador que se encuentra en el **Anexo 3**, tomando en cuenta su estado ya que permite tener una situación actual de los equipos que tiene la empresa con sus áreas para determinar posteriormente la carga eléctrica instalada.

- **Funciona (F):** Es decir que el equipo está en condiciones óptimas
- **No Funciona (NF):** Es decir que el equipo no está en buen estado y no está operativo.

En la siguiente tabla se visualiza un ejemplo de la base general de la identificación de equipos por área la tabla completa está en el **Anexo 4**, donde obtuvimos que reflejan un 100% de operatividad en los equipos registrados, lo cual indica que, en el momento del análisis, la empresa no presenta equipos fuera de servicio. Este 0% de equipos no funcionales evidencia un

adecuado estado operativo del inventario tecnológico y eléctrico en todas las áreas evaluadas, lo que representa un aspecto positivo en mantenimiento.

Tabla 1

Identificación de equipos y su operatividad

Área	Detalle	Cantidad	Estado	
			F	NF
Administrativa	Aire acondicionado	3	3	-
	Impresora	1	1	-
	Monitor	10	10	-
	CPU	5	5	-
	Nevera	1	1	-
	Dispensador de agua	1	1	-
	Microondas	1	1	-
	Cafetera	1	1	-
	Iluminación (Led)	8	8	-
	Wifi	1	1	-

Levantamiento de la carga instalada

Identificación de valores eléctricos nominales correspondientes a la carga instalada

Con el fin de llevar a cabo la identificación de las características eléctricas nominales de cada equipo ubicado en la empresa, es requerido realizar una revisión detallada de la placa o chapa identificativa presente en cada uno de ellos. Estas placas, colocadas por los fabricantes, contienen información técnica importante, ya que en ellas se especifican de forma precisa los valores de los parámetros eléctricos que definen el funcionamiento adecuado del equipo.

Tabla 2*Especificaciones eléctricas de carga*

Descripción	Abreviatura	Valor expresado
Corriente	I	Amperios (A)
Voltaje	V	Voltios (V)
Corriente de línea	IL	Amperios (A)
Corriente de fase	If	Amperios (A)
Voltaje de línea	VI	Voltios (V)
Voltaje de fase	Vf	Voltios (V)
Factor de potencia	Φ	Decimales

Para el levantamiento de carga de cada uno de los equipos en las distintas áreas, es importante hacer referencia al concepto de potencia y su relación directa con dicho proceso:

Potencia: Para el contexto del sistema eléctrico, la potencia es aquella que se entiende como la cantidad de energía transmitida o se consume en el circuito durante un intervalo específico de un período. Esta energía transferida se cuantifica en vatios (W), siendo esta la unidad fundamental del Sistema Internacional para representar la potencia. A partir de esta medida básica, se derivan unidades mayores como el kilovatio (kW), que equivale a mil vatios, y el megavatio (MW), correspondiente a un millón de vatios (Pepeenergy, 2024). Se expresa como potencia (P) al resultado del voltaje (V) por el paso corriente (I) dentro del circuito, aplicando una ecuación esencial.

Ecuación 1: Potencia

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

Donde:

P = Corresponde a la energía que se trasfiere o consume dentro del circuito.

V = Es el voltaje del equipo

I = La corriente del equipo

- **Potencia Activa:** Es sinónimo de la llamada “potencia útil”, lo que se entiende que es aquella potencia que resulta aprovechable durante la operación del equipo o instalación eléctrica. Adicional también es medida en vatios (W), para su cálculo en la ecuación de la potencia se emplean diferentes fórmulas según el tipo de carga:

Ecuación 2: Potencia Activa en dispositivos monofásicos

$$P = V_f * I_f * \text{Cos}\phi \quad (2)$$

Donde:

P = Potencia real consumida respecto a cargas monofásicas

Vf = Tensión de fase

If = Intensidad de la corriente respecto a la fase

Ecuación 3: Potencia Activa en dispositivos trifásicos

$$P = \sqrt{3} * I_l * V_l * \text{Cos}\phi \quad (3)$$

Donde:

P= Potencia real consumida respecto a cargar trifásicas

VI= Tensión de línea

II= Intensidad de la corriente en correspondencia de la línea

- **Potencia Reactiva:** es la componente de la potencia total aparente que no se transforma en trabajo útil, la cual se utiliza en suplir las necesidades de los circuitos magnéticos y las pérdidas. Esta potencia se cuantifica en voltamperios

reactivos (VAR) y se simboliza con la letra (Q) en la fórmula de la potencia. Asimismo, se expresa mediante las siguientes ecuaciones según la categoría de carga:

Ecuación 4: Potencia Reactiva en dispositivos monofásicos

$$Q = V_f * I_f * \text{Sen}\phi \quad (4)$$

Donde:

Q = Potencia reactiva en sistemas monofásicos

V_f = Tensión de fase

I_f = Intensidad de corriente de fase

Ecuación 5: Potencia reactiva en dispositivos trifásicos

$$Q = \sqrt{3} * I_L * V_L * \text{Cos}\phi \quad (5)$$

Donde:

Q= Representa la potencia reactiva asociada a cargas trifásicas

V_L= Corresponde al voltaje medido de línea

I_L= Indica la corriente que circula por cada línea

- **Potencia aparente:** Es aquella que se encuentra presente en el interior de los componentes de los equipos y de los sistemas que operan con corriente alterna. La corriente aparente se entiende como valor global de la potencia involucrada al sistema. La unidad estándar es el voltamperio (VA) y se representa con la letra (S). La manera de estimar la potencia se determina mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 6: Potencia Aparente

$$St = \sqrt{p^2 + Q^2} \quad (6)$$

Donde:

St= Representa la potencia aparente

P= Corresponde a la potencia útil

Q= Indica la potencia reactiva

Para el levantamiento de información de las características eléctricas de los dispositivos de la empresa, se utilizó el formato presentado en el **Anexo 5**. Este formato fue diseñado por el investigador con el objetivo de estructurar de manera clara y ordenada los datos técnicos requeridos para el análisis, ya que se ajusta a la necesidad de contar con una herramienta que facilite el registro preciso de información, reduciendo el riesgo de omisiones o errores que puedan afectar la exactitud del levantamiento de la carga.

Cálculos requeridos para el levantamiento de carga

Se considera un valor equivalente del factor de potencia a valor en sistemas que incluyen motores inductivos e iluminación resistiva, es decir $\text{Cos}\phi = 0,8 \Rightarrow \phi = \text{Cos}^{-1}(0,8) \Rightarrow \phi = 36,87^\circ$. Este factor permite determinar el ángulo de desfase entre la potencia activa (real) y la potencia reactiva. Siguiendo el siguiente procedimiento del cálculo respecto a la potencia activa y la reactiva de los equipos dependiendo su carga:

Aire acondicionado 220V administrativo

Se trata de tres aires acondicionados con un voltaje de 220V, cada uno con una corriente nominal de 5,2 A, al tratarse de una carga monofásica, se emplean las ecuaciones (2) y (4) para su análisis. A continuación, se procede con el siguiente cálculo:

Potencia activa:

$$P = V_f * I_f * \text{Cos}\phi$$

$$P = 220V * 5,2 A * \text{Cos } 36,87^\circ$$

$$P = 1144 * 0,8$$

$$P = 915,20 * 3 \text{ unidades} = 2745,59 W$$

$$1000 W = 1kW$$

$$P = \frac{2745,59w}{1000} = 2,74 kW$$

Potencia reactiva:

$$Q = V_f * I_f * \text{Sen } \phi$$

$$Q = 220V * 5,2 A * \text{Sen } 36,87^\circ$$

$$Q = 1144 * 0,6$$

$$Q = 686,40 VAR * 3 \text{ unidades} = 2059,20 VAR$$

$$1000VAR = 1 KVAR$$

$$Q = \frac{2059,20,VAR}{1000} = 2,05 KVAR$$

De esta manera, se determina la potencia activa y la potencia reactiva de todos los dispositivos situados en las múltiples áreas de la empresa, esto permite obtener un ejemplo representativo de lo que sería el proceso de consolidación de la base general del levantamiento de carga, tal como se muestra en la **Tabla 3**. Para tener la visualización completa y detallada de la tabla general correspondiente al levantamiento de carga se puede consultar al **Anexo 6**.

Tabla 3*Levantamiento de carga*

Área	Detalle	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de Potencia	Tipo	Potencia	
							P (kW)	Q (kVAR)
Administrativa	Aire acondicionado	3	220	5,2	0,8	Monofásica	2,75	2,05
	Impresora	1	120	12	0,8	Monofásica	1,15	0,86
	Monitor	10	14	1,78	0,8	Monofásica	0,20	0,15
	CPU	5	110	2,3	0,8	Monofásica	1,01	0,76
	Nevera	1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
	Iluminación (Led)	8	110	0,34	0,8	Monofásica	0,24	0,18
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01

- **Potencia eléctrica instalada en la entidad**

Después de efectuar el estudio de levantamiento de carga, se efectúa con la identificación de la potencia activa y reactiva total, obteniéndose así los siguientes resultados:

Potencia activa total (P_T):

$$P_T = \sum_{i=1}^n P_i$$

$$P_T = 90,021 \text{ kW}$$

Potencia reactiva total (Q_T):

$$Q_T = \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$Q_T = 67,506 \text{ kVAR}$$

Una vez que se han establecido los valores correspondientes a la potencia activa y a la potencia reactiva total, es necesario aplicar la ecuación que permite calcular la potencia aparente total:

Potencia aparente total:

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$$

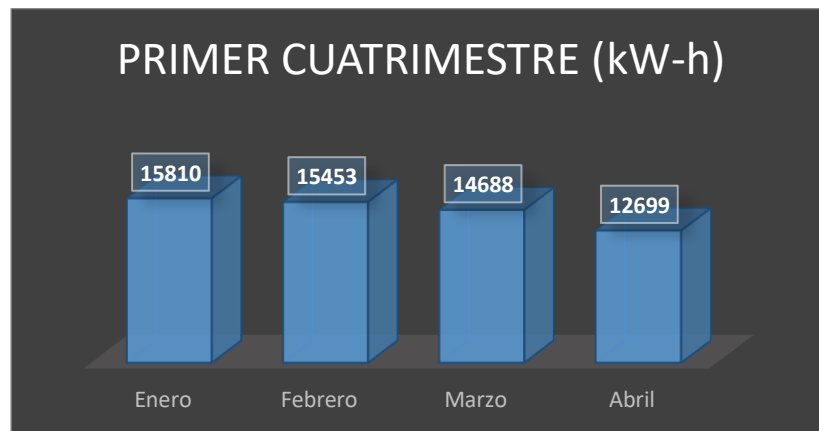
$$S_T = \sqrt{(90,021 \text{ kW})^2 + (67,506 \text{ kVAR})^2}$$

$$S_T = 112,25 \text{ kVA}$$

El desarrollo de este proceso contó con el compromiso y respaldo activo tanto del personal operativo como de la alta dirección, lo que permitió acceder a información para el análisis. En particular, se obtuvieron los registros del consumo de energía eléctrica correspondientes al año 2024 ver en **Anexo 2**, datos importantes para tener un mejor diagnóstico del comportamiento energético de la empresa. Esta información fue organizada por cuatrimestres del año 2024 y del cuatrimestre del año presente, teniendo como base estos datos facilita una interpretación más detallada y precisa del uso energético en distintos momentos meses.

Figura 6

Consumo eléctrico del primer cuatrimestre

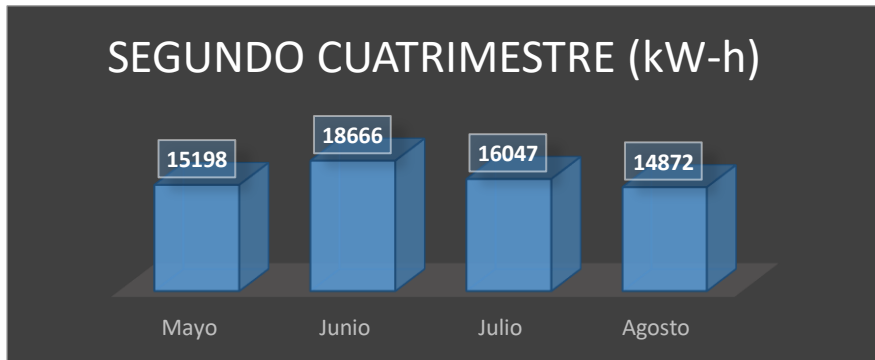


Nota: Elaborado por el investigador en correspondencia de los datos de la Empresa Eléctrica

Como se aprecia en la Figura, el consumo eléctrico durante el primer cuatrimestre del año presenta una tendencia decreciente, comenzando con 15.810 kW-h en enero y descendiendo progresivamente hasta 12.699 kW-h en abril. Esta disminución puede atribuirse a factores como la variabilidad en la demanda de servicios del sector petrolero, que suele presentar fluctuaciones mensuales. Asimismo, se destaca que durante los meses iniciales del año se realizaron labores de mantenimiento preventivo en los equipos, lo cual influyó en la reducción del consumo, especialmente en abril, cuando no se alcanzaron los niveles de consumo habituales por parte de la empresa.

Figura 7

Consumo eléctrico del segundo cuatrimestre

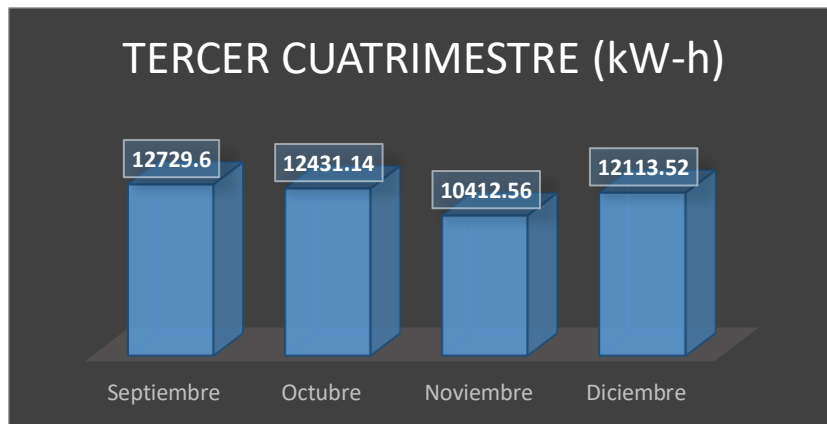


Nota: Elaborado por el investigador en correspondencia de los datos de la Empresa Eléctrica

Durante el segundo cuatrimestre se observa un comportamiento variable en la demanda de electricidad. En mayo, el consumo fue del 15.319,8 kW-h, aumentando significativamente en junio a 18.666 kW-h, lo que representa el valor más alto del período. En julio, el consumo disminuyó ligeramente a 16.047 kW-h, y en agosto se registró una nueva reducción con 14.872 kW-h. Este patrón sugiere un incremento en la demanda energética durante la primera mitad del cuatrimestre, posiblemente debido a una mayor actividad operativa, especialmente en los equipos destinados al transporte de fluidos y materiales pesados. La posterior disminución podría estar asociada a la estabilización de las operaciones.

Figura 8

Consumo eléctrico del tercer cuatrimestre

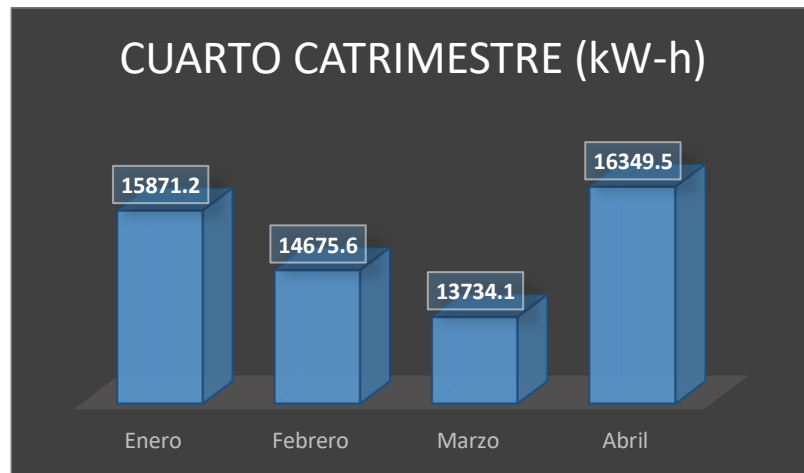


Nota: Elaborado por el investigador en correspondencia de los datos de la Empresa Eléctrica

Para el tercer cuatrimestre se puede identificar una anomalía en el consumo de electricidad de la empresa, debido a que, en el año 2024, a partir del mes de septiembre, comenzaron a nivel nacional los cortes del servicio eléctrico por la crisis energética que enfrentaba el país. Esta situación fue provocada por la sequía, ya que la principal fuente de energía renovable, la hidroeléctrica, no generaba la cantidad requerida para cubrir la demanda nacional. Ante este escenario, la empresa operó con su generador, el cual tenía una capacidad limitada para abastecer todas las áreas. Al tratarse de un problema prolongado, la estrategia adoptada fue alquilar generadores adicionales para cubrir su demanda energética y mantener la continuidad de las operaciones.

Figura 9

Consumo eléctrico del cuarto cuatrimestre



Nota: Elaborado por el investigador en correspondencia de los datos de la Empresa Eléctrica

En el último cuatrimestre del presente año, la empresa recupera su estabilidad en el consumo eléctrico, como se puede observar. Se repite únicamente el patrón de disminución en el mes de marzo, similar al ocurrido en el año 2024. Aunque el país logró superar la crisis energética hasta la fecha, no se ha garantizado que una situación similar no vuelva a presentarse. Por esta razón, la empresa reconoce la importancia de tener con una fuente de respaldo que permita cubrir el consumo eléctrico en sus áreas críticas, asegurando así la continuidad operativa sin interrupciones. Esta fuente de respaldo debe ser de energía renovable, lo que además permitirá proyectar una imagen positiva ante sus clientes al adoptar una solución innovadora y ambientalmente responsable.

Indicador de intensidad Energética por unidad económica

El indicador mide la cantidad de energía consumida en (kW-h) para generar una unidad de valor económico, como ingresos o producción en (USD), es decir cuánta energía necesita la empresa para producir \$1. Este indicador permite evaluar la eficiencia energética de una empresa al relacionar su consumo energético con su desempeño económico, un valor menor indica un uso más eficiente de la energía, mientras que un valor mayor refleja mayor dependencia energética para obtener resultados económicos.

Ecuación 7: Intensidad Energética

$$\text{Intensidad energética} = \frac{\text{Consumo de energía (kW - h)}}{\text{Ingresos (Usd)}} \quad (7)$$

Para el mes de enero, se contempló el uso energético de 15.810 kW-h y un ingreso económico de \$26.345,61. Con estos datos, se aplica la fórmula (7) para calcular el indicador de intensidad energética por unidad económica, lo que permite conocer cuánta energía fue necesaria para generar cada dólar de ingreso durante dicho periodo. Esta relación es fundamental para evaluar el grado de eficiencia energética de la empresa en ese mes.

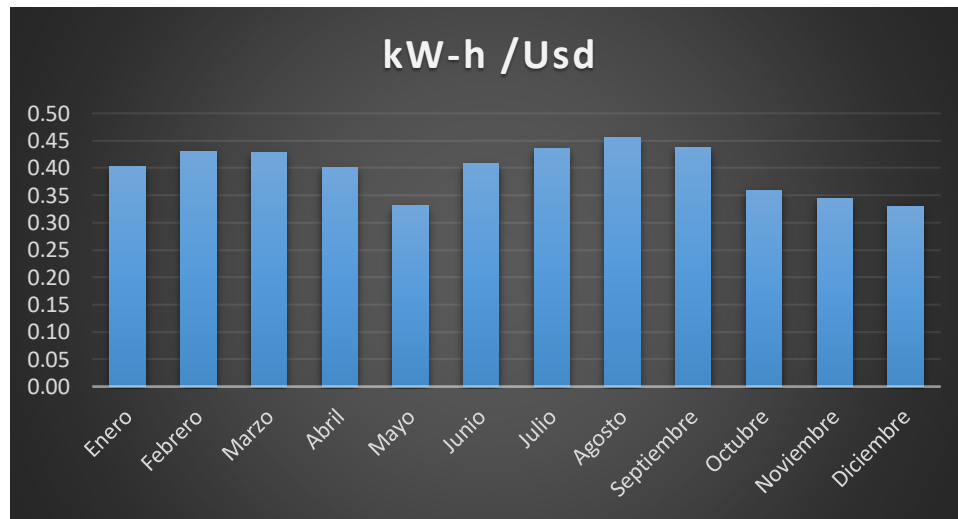
$$\text{Intensidad energética} = \frac{15.810 \text{ (kW - h)}}{26.345,61 \text{ (Usd)}}$$

$$\text{Intensidad energética} = 0,60 \text{ kW - h/Usd}$$

Como resultado, se determina que, durante el mes indicado la entidad requiere una utilización del 0,60 kW-h por cada dólar generado, lo que indica la demanda eléctrica requerida para producir una unidad monetaria de ingreso. Este valor refleja el nivel de eficiencia energética alcanzado en ese periodo. Es así como se realizó una base general de la intensidad energética del año 2024 y del periodo actual hasta el mes de abril como se muestran en las siguientes figuras:

Figura 10

Índice del año 2024

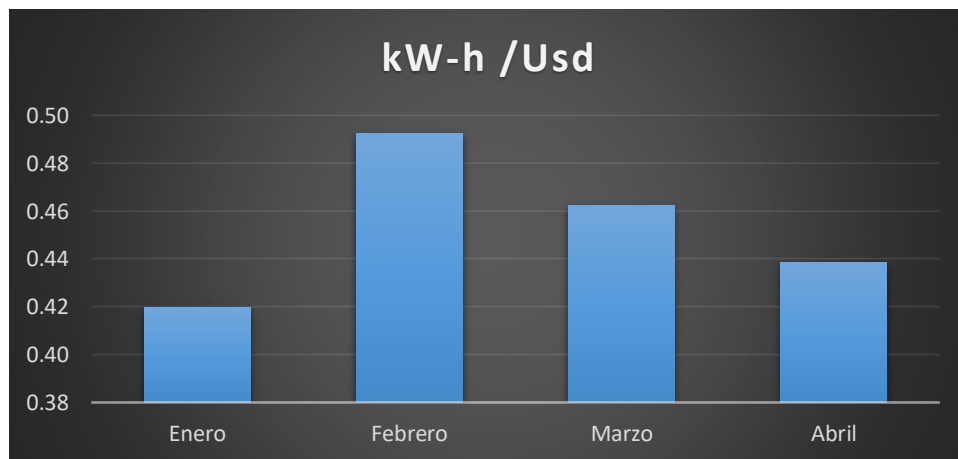


Nota: Elaborado por el investigador en base a los datos de la EE

En el periodo del año 2024 se muestra la variación mensual de la intensidad energética por unidad económica, evidenciando cuántos kilovatios-hora se consumieron por cada dólar generado a lo largo del año. Se observa que julio y agosto presentan el valor más alto, indicando una menor eficiencia energética en ese mes, mientras que octubre muestra el valor más bajo, reflejando un mayor aprovechamiento de la energía que necesita la empresa consumir en energía eléctrica para producir \$1.

Figura 11

Índice del año 2025



Nota: Elaborado por el investigador en base a los datos de la EE

Esta fase inicial permitió realizar el levantamiento general tanto la potencia instalada, como el consumo eléctrico de la empresa como base del estudio. Sin embargo, siguiendo la directriz establecida por la empresa, el análisis y diseño del sistema de respaldo se centrará en las áreas críticas. Dichas áreas fueron identificadas y proporcionadas por la empresa, esta delimitación permitió orientar el trabajo hacia los sectores donde la disponibilidad continua de energía resulta importante para garantizar la operatividad. A continuación, se evidencia las áreas críticas:

1. Seguridad y Salud en el trabajo
2. Logística
3. Operaciones de vacuums
4. Operaciones de transporte pesado
5. Vigilancia
6. Mecánica automotriz

Como resultado, se establecieron seis áreas críticas que la empresa considera prioritarias para ser cubiertas mediante el mecanismo de respaldo basado en fuentes renovables. Con el propósito de establecer una base realista sobre la potencia instalada únicamente en las áreas críticas, se realizó la extracción detallada de la tabla general que se muestra en el **Anexo 7**, considerando exclusivamente aquellos equipos pertenecientes a cada área específica. Para ello, se seleccionaron cuidadosamente los equipos utilizados en cada una de estas zonas, lo que permitió obtener una estimación más exacta de la situación actual. Como resultado de este análisis minucioso, se colocó una parte de la base general en la tabla siguiente:

Tabla 4*Potencia de las áreas críticas*

Área	Detalle	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de Potencia	Tipo	Potencia	
							P (kW)	Q (kVAR)
Seguridad y Salud en el Trabajo	Aire acondicionado	4	220	5,2	0,8	Monofásica	3,66	2,75
	Monitor	10	14	1,78	0,8	Monofásica	0,20	0,15
	CPU	5	110	2,3	0,8	Monofásica	1,01	0,76
	Nevera	1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	Microondas	2	120	7,29	0,8	Monofásica	1,40	1,05
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Impresora	2	120	12	0,8	Monofásica	2,30	1,73
	Iluminación (Led)	7	110	0,34	0,8	Monofásica	0,21	0,16
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75

- **Potencia eléctrica instalada en la entidad**

Concluido con lo que sería el levantamiento de carga, se realiza el cálculo tanto la potencia útil como la reactiva final, obteniéndose los siguientes resultados:

Potencia activa total (P_T):

$$P_T = \sum_{i=1}^n P_i$$

$$P_T = 56,926 \text{ kW}$$

Potencia reactiva total (Q_T):

$$Q_T = \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$Q_T = 42,695 \text{ kVAR}$$

Después de haber establecido los valores de la potencia útil y la reactiva final, corresponde utilizar la ecuación que permite calcular la potencia aparente total:

Potencia aparente total:

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$$

$$S_T = \sqrt{(56,926 \text{ kW})^2 + (42,695 \text{ kVAR})^2}$$

$$S_T = 71,16 \text{ kVA}$$

Al comparar la potencia instalada total de la empresa, que es de 112,12 kVA, con la potencia instalada únicamente en las áreas críticas, que corresponde a 71,16 kVA, se evidencia una diferencia de 40,96 kVA, lo cual esta diferencia representa aproximadamente el 36,5 % de la capacidad total, lo cual indica que la parte relevante del consumo eléctrico de la empresa no está asociada directamente a operaciones críticas. Sin embargo, se procedió al cálculo de la demanda energética total de dichas áreas con el fin de dimensionar técnicamente el sistema de respaldo basado en energía renovable. Seguidamente, se muestra un ejemplo del procedimiento utilizado para efectuar el cálculo de la demanda por equipo:

Aire acondicionado 220V Seguridad y salud en el trabajo

Para conocer la demanda energética de los equipos en cada área, se sigue el siguiente procedimiento: dado que ya se dispone de la potencia de las cuatro unidades presentes en dicha área, es necesario conocer el número de horas que cada equipo permanece en funcionamiento. Esta información permite calcular la demanda energética, ya que esta se expresa en kilovatios-hora (kW-h), unidad que resulta de multiplicar la potencia por el tiempo de operación, teniendo en cuenta estos valores:

Potencia: 3,66 kW

Hora diaria de funcionamiento: 9h

$$Demanda\ energética = 3,66kW * 9\ horas$$

$$Demanda\ energética = 32,94kW - h$$

De esta manera, se determina la demanda energética de cada equipo correspondiente. A continuación, se presenta un extracto representativo de la tabla general, la cual, debido a su extensión, ha sido incorporada en su totalidad en el **Anexo 8**, como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5*Comportamiento de la demanda energética*

Área	Detalle	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)	Horas Diarias	Energía Semanal (kW - h)	Consumo Laboral (10 horas)
Seguridad y Salud en el Trabajo	Aire acondicionado	4	220	5,2	3,66	9	164,74	32,94
	Monitor	10	14	1,78	0,20	9	8,97	1,79
	CPU	5	110	2,3	1,01	9	45,54	9,11
	Nevera	1	115	0,85	0,08	9	3,52	0,70
	Microondas	2	120	7,29	1,40	1	7,00	1,40
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,46	3	6,84	1,37
	Impresora	2	120	12	2,30	2	23,04	4,61
	Iluminación	7	110	0,34	0,21	9	9,42	1,88
	Wifi	1	12	1	0,01	9	0,43	0,09
Cafetera	1	127	9,84	1,00	1	5,00	1,00	

Como resultado, se obtuvo el valor de la demanda energética correspondiente a las áreas críticas durante la jornada laboral, alcanzando un total de 252,01 kW-h. Con este dato, es posible dimensionar de manera eficiente el sistema de respaldo energético requerido para cubrir dichas zonas. Adicionalmente, se realizó un análisis del transformador actualmente que usa la empresa, ya que esta información es precisa para verificar si existe alguna limitación en la capacidad instalada. Este análisis permite garantizar la compatibilidad entre el sistema de respaldo y la infraestructura eléctrica existente. La empresa dispone del equipo transformador de 100 kVA y otro de 100 kVA compartido, mientras que la potencia instalada total es de 112,12 kVA. En la siguiente tabla se presenta la ficha técnica correspondiente al transformador evaluado.

Tabla 6

Ficha técnica del transformador

Marca: INATRA	Modelo: TTR100-13,8/0,22
Potencia: 100kVA	Frecuencia: 60Hz
Tensión primaria: 13,8kV	Tensión secundaria: 220V
Tipo: trifásico	Norma: INEN 2120/IEC60076

Nota: Obtenido de la información del personal eléctrico de la entidad

En relación de la información mencionada fue posible identificar el problema que enfrenta la organización, el cual está directamente relacionadas con el estudio en desarrollo. A continuación, se detallan el inconveniente detectado:

- Grupo electrógeno Diésel deficiente.

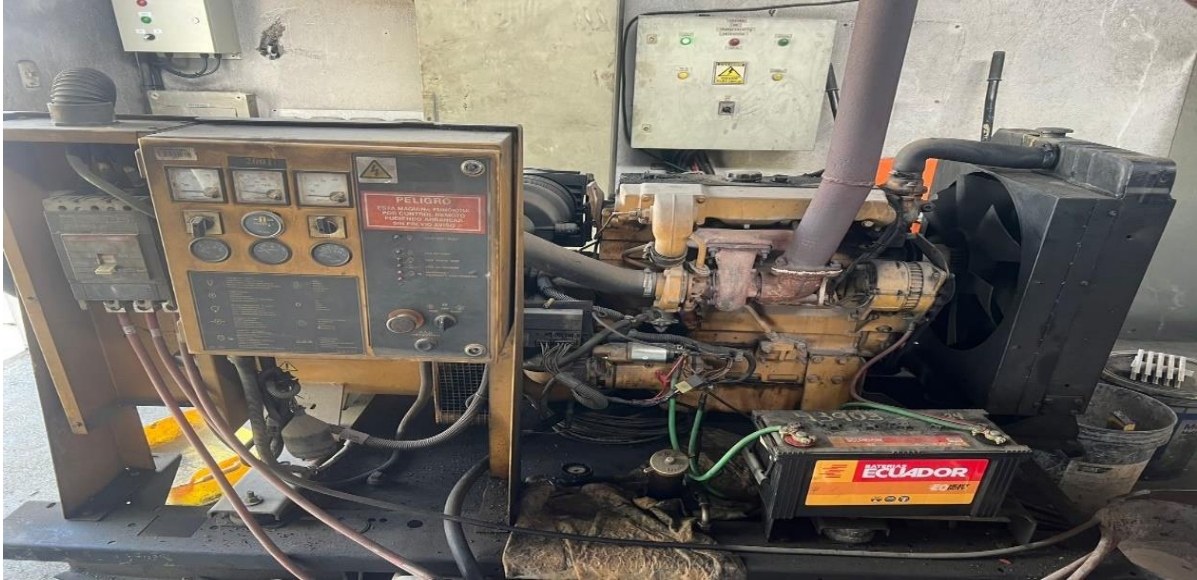
Grupo electrógeno diésel deficiente

La empresa dispone de un grupo electrógeno diésel con capacidad insuficiente, es decir, no cubre por completo la demanda del consumo eléctrico actual. Por esta razón, se requiere diseñar un mecanismo de respaldo energético para las áreas claves de la empresa, de modo que el grupo electrógeno se encargue únicamente del resto de la demanda. Esto garantizaría una operación continua en sus actividades diarias ante una eventual falla del Sistema Interconectado Nacional (SIN). A continuación, se presenta la ficha de especificaciones del generador:

Tabla 7

Ficha de especificaciones del generador

Generador	
Marca: Olympian	Modelo: GEP62SP-3
Potencia: 70 kVA	Combustible: Diésel
RPM: 1800	Voltaje: 240V
Serie: OLYRPF01340	Frecuencia: 60 Hz



Área de estudio

Tabla 8

Área de estudio

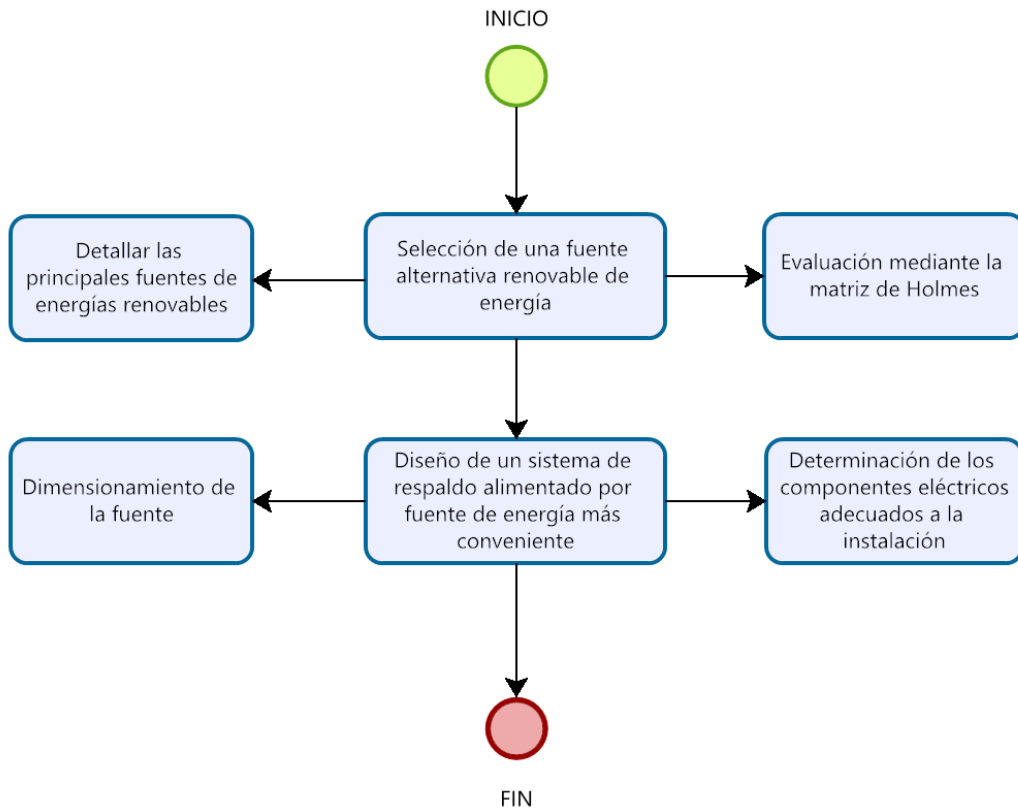
Dominio	Tecnología, Sociedad y Hábitat Sostenible
Línea de investigación	Sistemas Industriales
Sub-Línea de investigación	Optimización energética de procesos con la integración de sistemas de generación renovable, eficiencia energética y estrategias de ahorro de energía
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Automatización
Aspecto	Sistemas de respaldo energético
Objeto a estudio	Diseño de un sistema de respaldo alimentado por energía renovable para una empresa de servicios de transporte pesado.
Periodo de análisis	Abril 2025 – Agosto 2025

Modelo Operativo

Al fin de dar cumplimiento a los objetivos específicos dos y tres, planteados para analizar la problemática detectada, se plantea el modelo operativo representado en la **Figura 12**. Este modelo sigue una secuencia lógica orientada a la resolución del problema previamente identificado, cuenta con la aprobación correspondiente, desarrollándose de manera coherente en función de la propuesta.

Figura 12

Modelo operativo



Nota: Elaboración propia por el investigador

El modelo a seguir parte con escoger una fuente energética limpia y no convencional, donde se procede a detallar las principales fuentes de energías renovables, lo que permite identificar las distintas opciones disponibles como solar, eólica, biomasa, entre otras, y evaluar sus características técnicas, disponibilidad local, costos, eficiencia y sostenibilidad. Esta etapa proporciona la base necesaria para una evaluación comparativa.

Posteriormente, se ejecuta el análisis a través del modelo propuesto por Holmes, herramienta clave para analizar de manera objetiva y sistemática las distintas fuentes renovables, considerando criterios técnicos, económicos, ambientales y sociales. La matriz facilita la elección de la alternativa más conveniente para el entorno y necesidades específicas de la empresa.

Una vez seleccionada la opción óptima, se realiza el dimensionamiento de la fuente, que consiste en determinar la potencia requerida para cubrir la demanda energética de las áreas críticas, asegurando una provisión eficiente, estable y sostenible de energía durante posibles interrupciones del servicio eléctrico convencional, luego, se desarrolla la determinación de los componentes eléctricos adecuados a la instalación, seleccionando inversores, baterías, controladores de carga y demás elementos principales para el funcionamiento adecuado del sistema de respaldo basado en energía renovable.

Finalmente, el modelo concluye con el diseño propuesto de respaldo alimentado por la fuente de energía limpia más conveniente para las áreas claves de la entidad

CAPÍTULO III

Propuesta y Resultados Esperados

Presentación de la propuesta

La propuesta de investigación busca alcanzar el diseño de un mecanismo de respaldo eléctrico suministrado por energía limpia, destinado exclusivamente a cubrir las áreas críticas operativas de una empresa de transporte pesado. Esta iniciativa busca garantizar la continuidad de los procesos importantes ante posibles interrupciones del suministro eléctrico convencional, optimizando al mismo tiempo el uso de fuentes limpias y sostenibles. El sistema estará diseñado de acuerdo con las demandas energéticas específicas de los equipos prioritarios que se encuentran en las áreas mencionadas, evaluando la viabilidad económica y técnica de tecnologías como módulos solares y bancos de baterías, con el fin de asegurar una solución eficiente, confiable y respetuosa con el medio ambiente.

Determinación de una fuente energética renovable

En base al propósito de identificar la fuente energética renovable más recomendable, se lleva a cabo el análisis de los diferentes tipos de energías actualmente aplicadas en el país. Este estudio considera diversos criterios, tales como sus beneficios, limitaciones, costos involucrados, el tipo de generación que emplean, así como múltiples condiciones técnicas y ambientales. A partir de este enfoque, se consideran los siguientes factores para cada una de las diferentes fuentes de energía:

Forma de generación

Se cree como el conjunto de procedimientos mediante los cuales la energía presente en recursos naturales renovables como la radiación solar, la fuerza del viento, el movimiento del agua o la temperatura subterránea es convertida en electricidad útil a través de tecnologías especializadas (International Energy Agency, 2022).

Rendimiento

Es la valoración de indicadores esenciales como la duración operativa de sus partes, la eficiencia operativa y la modalidad de generación energética. Dichos elementos determinan cuánto

tiempo pueden funcionar los equipos y cuánta energía convierten eficazmente en condiciones reales, según el estudio de (Chapi, 2024)

Tipos

Son los importantes métodos de producción asociados a las características analizadas, teniendo en cuenta las distintas maneras en que dicha opción puede producir energía.

Costo de generación

Se calcula mediante la fórmula del precio equilibrado de energía que nos da el costo por unidad de energía generada mediante una tecnología específica. Para su estimación, se incorpora una tasa de descuento que habitualmente varía entre el 7 % y el 10 %, de acuerdo con lo expuesto por Guevara (2021) y CONELEC (2011), incluyendo variables particulares asociadas a cada tipo de fuente energética. En el análisis correspondiente al año 2020, se utilizó una tasa de descuento establecida en 9,5 %.

Componentes

Son aquellos que presentan la información fundamental de aquellos elementos y configuraciones importantes necesarios para la adecuación de su operatividad de una opción específica de producción energética.

Condiciones de la planta de producción

Se estiman tanto los costos de ejecución como el lugar físico requerido para colocar una central de producción energética con una capacidad definitiva. Esta estimación se fundamenta en experiencias reales de proyectos previamente desarrollados en el país, utilizando como referencia la información técnica recopilada del investigador (Macias, 2018).

Disponibilidad del recurso

Este aspecto hace referencia a la existencia, acceso y continuidad del recurso natural requerido por la fuente de generación renovable en una zona determinada, lo que su evaluación depende de variables geográficas, climáticas o geológicas, las cuales determinan el potencial real de aprovechamiento.

Ventajas

Son los aspectos positivos que tiene una fuente de energía renovable, como la protección del entorno natural, la utilización de los recursos naturales que no se agotan, y el ahorro en algunos costos a largo plazo.

Desventajas

Son las limitaciones que presentan las energías renovables, como la alta inversión inicial, la dependencia de condiciones naturales variables y la necesidad de espacio o tecnología especializada para su implementación y mantenimiento.

Energía Solar

Figura 13

Imagen explicativa de la energía solar

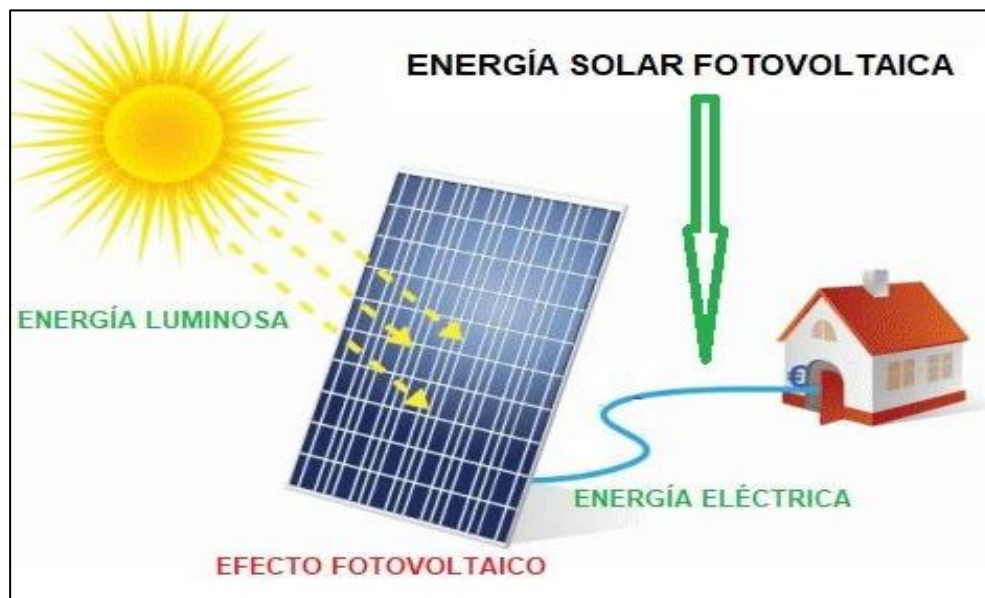


Tabla 9*Aspectos principales de la energía solar*

Factores	Características
Forma de generación	Se genera mediante la absorción de la luz solar a través de paneles solares, los cuales convierten esta radiación en electricidad con la ayuda de distintos dispositivos tecnológicos puede ser utilizada para el funcionamiento de equipos tanto en hogares como en instalaciones industriales.
Rendimiento	Durabilidad: Entre 20 a 30 años Eficiencia: Se encuentra del 10% a 24% Tipo de corriente producida: Corriente directa (CD)
Tipos	Sistemas conectados a la red eléctrica: Es aquella energía producida que se emplea para suministrar electricidad a usuarios que están enlazados al sistema público. Sistemas aislados de la red: Es la energía que operan de manera independiente, comúnmente implementadas en lugares donde no hay paso a la red de distribución nacional.
Costo de generación	LCOE aplicando el descuento del 9,5% = 0,33 \$/kW-h
Elementos	Módulos Solares, bases metálicas, el inversor, las baterías, regulador de carga, sistema de supervisión y almacenamiento de datos, además cables, conductores, dispositivos para protección contra rayos y picos de tensión.
Condiciones de la planta de producción	Capacidad: 50 megavatios (MW) Inversión total: 49 millones de dólares (\$) Costo por megavatio instalado: 980 mil dólares por megavatio (\$/MW) Área ocupada: 56.000 metros cuadrados (m ²) Índice de uso de espacio: 1.120 metros cuadrados por megavatio instalado (m ² /MW)
Disponibilidad del recurso	En la actualidad es prácticamente inagotable la energía solar en escala humana

Ventajas	Costo bajo de mantenimiento Capacidad de generar energía de forma independiente Energía limpia
Desventajas	Condicionamiento del factor climático Alto costo inicial Necesidad de una superficie amplia para la instalación

Nota: La siguiente tabla sintetiza las características más importantes del sistema solar, fuente:
Elaborado por el autor.

Energía Hidroeléctrica

Figura 14

Imagen descriptiva de la energía hidroeléctrica

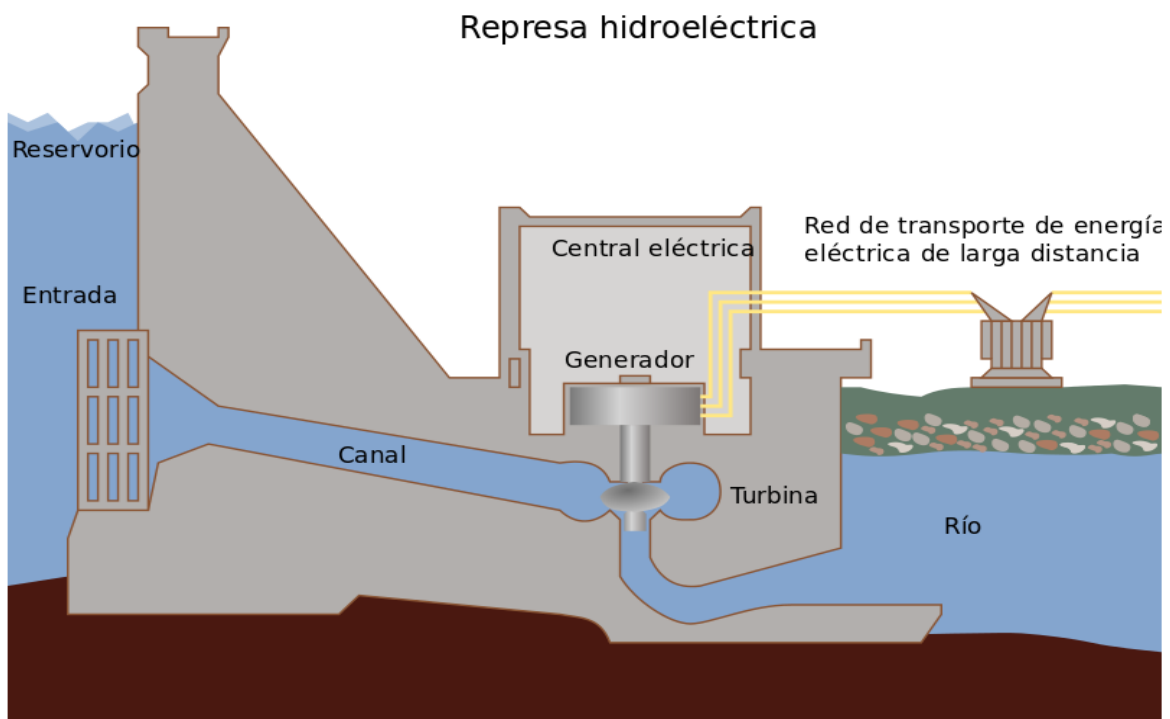


Tabla 10*Aspectos principales de la energía hidroeléctrica*

Factores	Características
Forma de generación	Es la parte donde usa la fuerza del agua en movimiento, la cual es recolectada desde fuentes naturales como ríos o embalses creados mediante represas, esta es dirigida hacia una turbina, cuya rotación es impulsada por la energía del flujo. Este movimiento impulsa a un generador, que transforma la energía mecánica en energía eléctrica, la cual posteriormente es transportada mediante de líneas de transmisión para su distribución.
Rendimiento	Durabilidad: Estimada en 50 años Eficiencia: En un rango del 90% y 96% Tipo de corriente producida: Corriente alterna (AC)
Tipos	Sistema de flujo mediante embalse: Se conforma por la elaboración de represas o diques para recolectar agua, que posteriormente es dirigida hacia las turbinas con el objetivo de generar energía eléctrica. Sistema de flujo libre: Este sistema no se emplea ningún embalse, ya que se utiliza la corriente natural de un río para producir energía eléctrica. Sistema de flujo reversible: Se basa en el bombeo que es trasladada el agua desde un embalse ubicado a menor altura hasta otro situado en un nivel superior, permitiendo así producir electricidad durante los períodos de mayor demanda.
Costo de generación	LCOE aplicando el descuento del 9,5% = 0,08 \$/kW-h
Elementos	Represa, canal, turbina hidráulica, generador eléctrico, sistema de control, líneas de transmisión, protecciones y monitoreo
Condiciones de la planta de producción	Capacidad: 487 megavatios (MW) Inversión total: 755 millones de dólares (\$) Costo por megavatio instalado: 1.550 dólares por megavatio (\$/MW) Área ocupada: 1.000.000 metros cuadrados (m ²)

	Índice de uso de espacio: 2.053 metros cuadrados por megavatio instalado (m ² /MW)
Disponibilidad del recurso	Depende constantemente de factores climáticos y estaciones para que el caudal del agua se mantenga, disminuya o desaparezca.
Ventajas	Tecnología avanzada y confiable Costo de producción menor y eficiencia elevada Contribuye al uso sostenible de fuentes renovables
Desventajas	Alteración de ecosistemas fluviales Dependencia de condiciones climáticas Inversión inicial elevada y largos tiempos de ejecución

Nota: La siguiente tabla sintetiza las características más importantes del sistema solar, fuente: Elaborado por el investigador.

Energía por Biomasa

Figura 15

Imagen descriptiva de la energía por biomasa

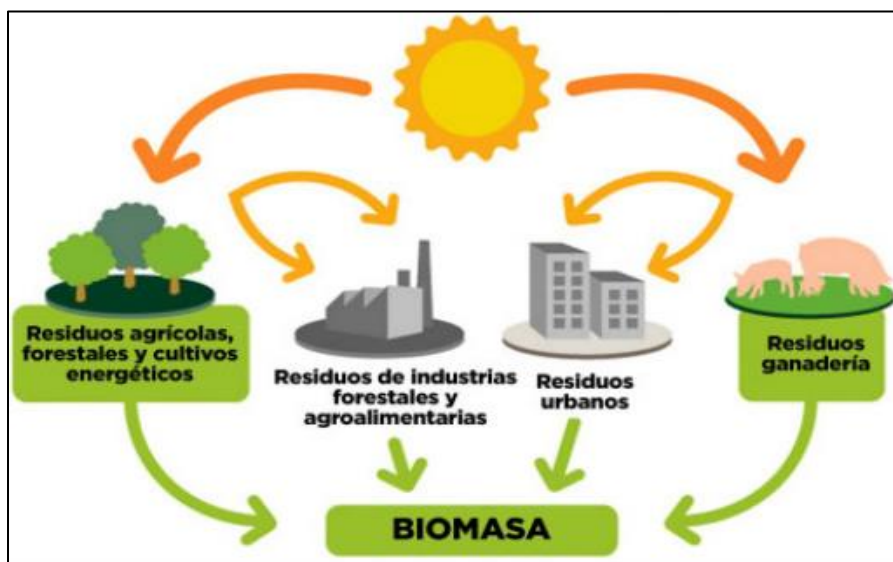


Tabla 11*Aspectos principales de la energía de biomasa*

Factores	Características
Forma de generación	Se fundamenta en la combustión de materia orgánica, este proceso permite generar vapor, el cual se emplea posteriormente para producir electricidad en una planta generadora. Este tipo de energía se clasifica como renovable y sostenible, ya que los residuos orgánicos utilizados pueden ser reemplazados de forma natural con el tiempo.
Rendimiento	Durabilidad: Entre 20 y 25 años Eficiencia: En un rango de 25% al 40% Tipo de corriente producida: Corriente alterna (AC)
Tipos	Combustión directa: Implica la quema de biomasa en una caldera, donde se genera vapor que puede ser aprovechado para producir energía. Cogeneración: Permite obtener simultáneamente electricidad y calor útil a partir del mismo proceso energético. Producción de biogás: Se basa en la fermentación anaeróbica de desechos orgánicos, generando un gas que se emplea como combustible en turbinas para producir electricidad.
Costo de generación	LCOE aplicando el descuento del 9,5% = 0,15 \$/kW-h
Elementos	Generador de vapor, generador eléctrico, sistemas de revisión, depósito de material orgánico, sistema de tratamiento para gases
Condiciones de la planta de producción	Capacidad: 20 megavatios (MW) Inversión total: 48 millones de dólares (\$) Costo por megavatio instalado: 2.400 dólares por megavatio Área ocupada: 10.000 metros cuadrados Índice de uso de espacio: 500 metros cuadrados por megavatio instalado

Disponibilidad del recurso	Su disponibilidad varía según la temporada y la actividad agrícola ya que proviene de residuos, forestales y orgánicos.
Ventajas	Reduce residuos Genera empleo local Fuente renovable
Desventajas	Emite gases contaminantes Suministro variable Requiere almacenamiento amplio

Nota: La siguiente tabla sintetiza las características más importantes del sistema solar, fuente: Elaborado por el autor.

Energía Geotérmica

Figura 16

Imagen descriptiva de la energía geotérmica

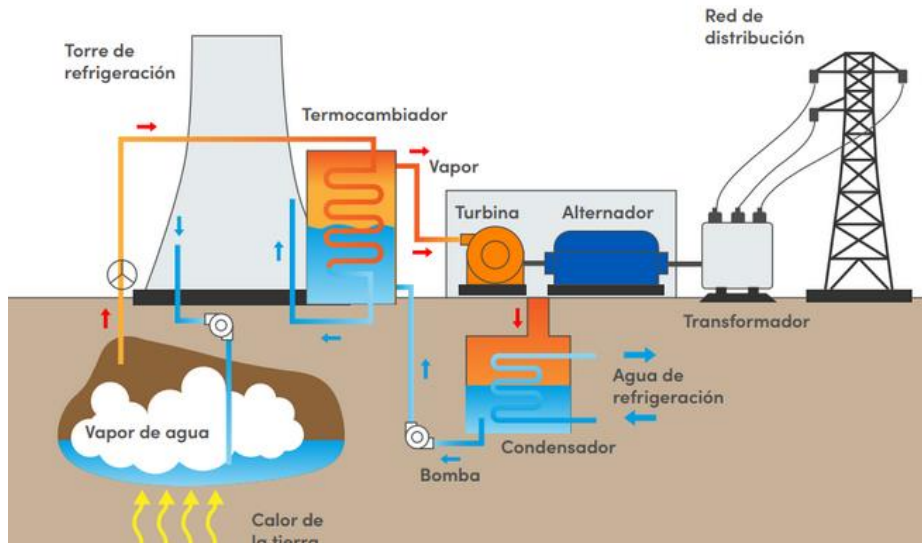


Tabla 12*Aspectos principales de la energía geotérmica*

Factores	Características
Forma de generación	<p>Consiste en aprovechar el calor proveniente de la parte interior terrestre para producir energía eléctrica, lo cual implica extraer vapor o agua a temperaturas elevadas desde un pozo geotérmico utilizando un procedimiento de bombeo. El movimiento del vapor o del agua caliente acciona una turbina unida a un generador, lo que permite la generación de electricidad. Posteriormente, el fluido disminuye su temperatura y se reinyecta al pozo a través un sistema de recirculación.</p>
Rendimiento	<p>Durabilidad: Entre 20 y 30 años Eficiencia: En un rango de 30% al 40% Tipo de corriente producida: Corriente alterna (AC)</p>
Tipos	<p>Sistema de perforación: Se realizan perforaciones hasta alcanzar zonas de subsuelo donde existen agua o vapor a altas temperaturas, los cuales son utilizados para accionar una turbina.</p> <p>Sistema de uso directo: Este emplea el calor natural del terreno para aumentar la temperatura del agua, generando vapor que posteriormente se utiliza para mover la turbina.</p> <p>Sistemas clasificados según la entalpía: Según la cantidad de energía térmica contenida en las aguas geotérmicas ya sea alto o bajo, el sistema se adapta técnicamente para que el fluido térmico pueda mover una turbina de manera eficiente.</p>
Costo de generación	<p>LCOE aplicando el descuento del 9,5% = 0,37 \$/kW-h</p>
Elementos	<p>Pozos geotérmicos, sistema de transferencia térmica, turbina, unidad de separación de fases, convertidor de corriente, mecanismos de regulación, red de transporte eléctrico y sistemas de suministro de calefacción y enfriamiento.</p>

Condiciones de la planta de producción	Capacidad: 25 megavatios (MW)
	Inversión total: 47,5 millones de dólares (\$)
	Costo por megavatio instalado: 1.900 dólares por megavatio
	Área ocupada: 40.000 metros cuadrados
	Índice de uso de espacio: 1600 metros cuadrados por megavatio instalado
Disponibilidad del recurso	Procede del calor interno de la tierra, se considera una fuente inagotable a escala humana.
Ventajas	Fuente renovable y constante
	Bajas emisiones contaminantes
	Ocupa poco espacio en comparación con otras fuentes renovables
Desventajas	Solo viable en regiones con actividad geotérmica
	Altos costos iniciales de perforación e instalación
	Riesgo de liberación de gases subterráneos

Nota: La siguiente tabla sintetiza las características más importantes del sistema solar, fuente: Elaborado por el autor.

Energía Eólica

Figura 17

Imagen descriptiva de la energía eólica

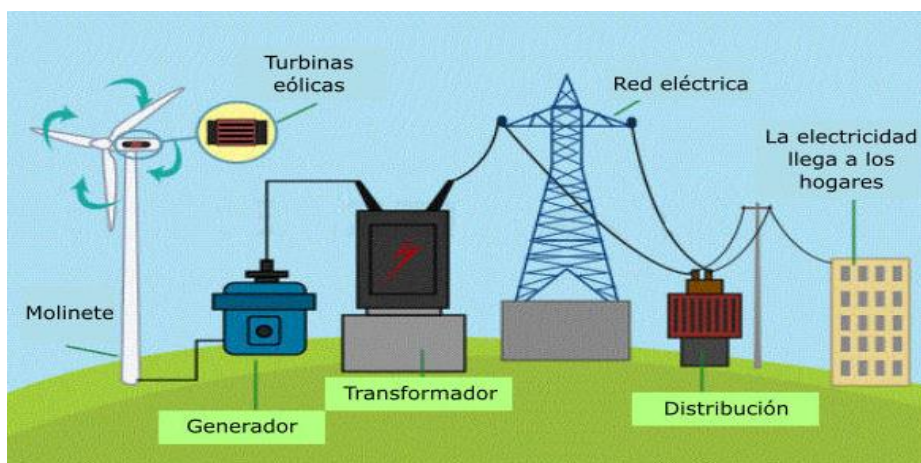


Tabla 13*Aspectos principales de la energía eólica*

Factores	Características
Forma de generación	Genera electricidad al transformar la magnitud del viento en energía útil, esto ocurre cuando el viento mueve las palas de un rotor, el cual está vinculado a un generador que convierte el movimiento en energía eléctrica. La energía producida es luego controlada y distribuida mediante un sistema de gestión.
Rendimiento	Durabilidad: Entre 20 y 25 años Eficiencia: En un rango de 30% al 50% Tipo de corriente producida: Corriente alterna (AC)
Tipos	Sistema basado en torre inmóvil: Este sistema es ideal para zonas donde el viento mantiene una dirección y velocidad constantes, ya que las palas conectadas al rotor no pueden cambiar su orientación. Sistema basado en torre móvil: Se utilizan en regiones con vientos irregulares, dado que la torre puede rotar para formar con el flujo cambiante del viento.
Costo de generación	LCOE aplicando el descuento del 9,5% = 0,71 \$/kW-h
Elementos	Aspas, rotor, generador eléctrico, torre, sistema de control, sistema de refrigeración, buje, eje principal, rodamientos
Condiciones de la planta de producción	Capacidad: 23,3 megavatios (MW) Inversión total: 28 millones de dólares (\$) Costo por megavatio instalado: 1.201 dólares por megavatio Área ocupada: 166.000 mil metros cuadrados Índice de uso de espacio: 7.124 metros cuadrados por megavatio instalado

Disponibilidad del recurso	Se considera el viento inagotable a escala humana, pero depende de condiciones favorables del clima.
Ventajas	Baja contaminación ambiental Costos operativos bajos Fuente limpia y renovable
Desventajas	Viento variable e intermitente Ruido e impacto visual Alta inversión inicial

Nota: La siguiente tabla sintetiza las características más importantes del sistema solar, fuente: Elaborado por el autor.

Evaluación mediante la matriz de Holmes

A fin de evaluar la mejor alternativa de energía de respaldo para cubrir las necesidades energéticas de las áreas críticas de la entidad, que su giro de negocio es el servicio de transporte pesado, se utilizará la metodología de criterios ponderados propuesta por Holmes. Este enfoque permite realizar un análisis comparativo considerando distintos aspectos técnicos y operativos. De acuerdo con (Macias, 2018), dicho método se estructura en varias etapas que facilitan una selección objetiva y fundamentada de la mejor opción energética.

1. Especificar el objetivo de la matriz

En el proceso de planificación, se contempla la elaboración de una matriz cuyo propósito es identificar la fuente de energía limpia alternativa la cual debe ser la mejor que se adapte a los requerimientos de generación eléctrica de la empresa de servicios de transporte pesado. Esta herramienta permitirá analizar distintas opciones en relación de su capacidad para asegurar un suministro eléctrico continuo y confiable. Con base en este objetivo, se definirán de manera estratégica tanto los criterios de evaluación como las alternativas, garantizando que la selección final responda eficazmente a las necesidades operativas y energéticas del entorno industrial.

2. Identificar las opciones que serán sometidas a evaluación

Las opciones consideradas para el análisis en el diseño del mecanismo de respaldo energético, teniendo en cuenta tanto la potencia en relación a la producción como las características específicas del ambiente, incluyen las opciones siguientes:

- Energía Solar
- Energía Hidroeléctrica
- Energía por Biomasa
- Energía Geotérmica
- Energía Eólica

Estas alternativas propuestas pueden implementarse sin que ello implique disminuir en la calidad del servicio ofrecido, ya que han sido seleccionadas considerando su capacidad para garantizar un funcionamiento confiable. Esta confiabilidad depende directamente de los recursos que hay disponibles en la ubicación geográfica, lo que permite una integración eficiente con el entorno y las condiciones específicas del lugar.

3. Definir los parámetros para la evaluación

Para evaluar las diferentes alternativas energéticas, es fundamental establecer criterios claros que permitan calcular la viabilidad de todas las opciones y asegurar que concuerden a los requisitos específicos de generación eléctrica. Este método facilita una selección adecuada, coherente con las necesidades operativas del sistema, y promueve la adopción de decisiones informadas y eficaces. En este sentido, se han considerado los aspectos clave propuestos por Macias (2018) como base para definir los criterios que orientarán el proceso de evaluación.

- **Factibilidad Técnica:** Verifica si la tecnología y los recursos disponibles son adecuados para ejecutar el proyecto, tomando en cuenta la maquinaria, pruebas y los análisis pertinentes
- **Ubicación geográfica:** Considera el espacio físico disponible para establecer el sistema de producción, tomando en consideración el sitio requerido y el medio de recursos disponibles en el lugar
- **Inversión requerida:** Comprende todos los gastos involucrados para el uso de la fuente de respaldo de energía, desde materiales y componentes hasta costos asociados con la instalación.
- **Factores específicos del sector:** Incluye aspectos relacionados con el entorno o región donde se hará el uso de la fuente renovable, tales como normativas legales, impactos ambientales y repercusiones en la planificación, entre otros.

4. Establecer escala de calificación

Como etapa siguiente, es requisito establecer un sistema de evaluación que permita asignar niveles de importancia a cada criterio, reflejando su impacto en la valoración de las alternativas. Dicha escala se definirá cuidadosamente para asegurar que sea posible diferenciar claramente cuando una alternativa es mejor, peor o igual a otra. Para ello, se considera un sistema de puntuación que utilice valores entre 0 y 1, incluyendo un valor de 0,5 para representar situaciones donde dos opciones tengan una relevancia comparable. Así, las categorías consideradas serán:

- **Muy importante (1):** Se asigna a una opción que destaca significativamente sobre las demás, mostrando un mayor impacto en el cumplimiento de los criterios evaluados.
- **Importante (0,5):** Corresponde a una alternativa que cumple de manera adecuada con los requisitos, con una relevancia considerable, pero sin superar ampliamente a otras alternativas.
- **Menos importante (0):** Se utiliza para identificar una opción que presenta menor peso en relación con las demás opciones evaluadas.

La escala dará una referencia clara para que se comparen y clasifiquen las opciones con su importancia referente con base en los estándares mencionados.

5. Asignar ponderación correspondiente a cada criterio a considerar

Una vez definidos los criterios de evaluación, las alternativas posibles y la escala para su valoración, el siguiente paso radica en asignar un valor proporcional a cada criterio según su relevancia. Esta distribución debe representar la totalidad del peso asignado, ya sea en forma de 1 o de 100%, y permite reflejar cuánto influye cada aspecto en el proceso de decisión. La finalidad es asegurar que el proceso de selección esté guiado por prioridades claras y bien fundamentadas, logrando así una comparación justa entre las opciones consideradas.

Tabla 14*Ponderación de criterios*

Criterio	Factibilidad Técnica	Ubicación geográfica	Inversión requerida	Factores específicos del sector	Resultados	
					Evaluación	Ponderación
Factibilidad Técnica	0,5	0,5	0	0	0,5	0,08
Ubicación geográfica	0,5	1	0,5	1	2	0,33
Inversión requerida	1	0,5	1	1	2,5	0,42
Factores específicos del sector	1	0	0	1	1	0,17
Total					6	1

Nota: Obtenido de la matriz de ponderación inicial, por (Zambrano, 2023)

En la tabla se presenta un análisis comparativo entre los distintos criterios previamente definidos, asignando un valor numérico a cada uno según su impacto en la toma de decisiones. Por ejemplo, se observa que la Inversión requerida y la Factibilidad técnica tienen un peso similar, por lo que se les otorga un valor equivalente de 0,5. No obstante, al analizar la Ubicación geográfica, se concluye que esta tiene una mayor relevancia frente a la Factibilidad técnica, razón por la cual recibe una puntuación de 1. Esta valoración se realizó con base en el criterio de un representante de gerencia y su equipo de trabajo. Posteriormente, se suman las puntuaciones asignadas a cada factor para obtener un total acumulado, que en este caso es de 6, lo que este resultado permite calcular la ponderación correspondiente para cada criterio aplicando la siguiente fórmula:

Ecuación 8: Ponderación

$$Ponderación = \frac{Evaluación\ Individual}{Evaluación\ Total} \quad (8)$$

Al emplear la ecuación correspondiente, es posible calcular los pesos asignados a cada criterio, los cuales se presentan en la tabla. Como verificación del procedimiento, la suma total de estos valores debe ser igual a 1, lo que indicaría que el cálculo se ha llevado a cabo correctamente. A modo ilustrativo, se presenta el siguiente ejemplo de la ponderación del criterio de Factibilidad técnica en referencia a los demás empleando la fórmula (8) como resultado nos da lo siguiente:

Datos de Factibilidad técnica

Evaluación individual: 1

Evaluación total: 6

$$Ponderación = \frac{1}{6} = 0,17$$

De esta manera se obtuvo el peso asignado a cada criterio. A partir de los datos reflejados en la tabla, se identificó que el aspecto con mayor relevancia es la inversión requerida, con una ponderación de 0,42. Le siguen la ubicación geográfica con un valor de 0,33, la factibilidad técnica con 0,17, y finalmente los factores específicos del sector, que obtuvieron un peso de 0,08.

6. Evaluar cada opción conforme a los parámetros previamente definidos

A continuación, se procede a emplear nuevamente el método previamente utilizado, esta vez evaluando cada alternativa energética en función de los criterios establecidos. Este proceso permite obtener resultados comparables y objetivos, siguiendo el mismo enfoque utilizado en la tabla anterior como resultados obtenidos:

- **Factibilidad técnica**

Tabla 15

Evaluación del criterio factibilidad técnica

Criterio: Factibilidad Técnica	Solar	Hidroeléctrica	Biomasa	Geotérmica	Eólica	Resultados	
						Evaluación	Ponderación
Solar	0,5	1	1	1	0,5	3	0,30
Hidroeléctrica	0,5	1	1	1	1	3,5	0,35
Biomasa	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,05
Geotérmica	0	0	0,5	0	0	0,5	0,05
Eólica	0,5	0	1	1	0	2,5	0,25
Total						10	1

Nota. Adaptado de Evaluación de alternativas por factibilidad técnica, por (Zambrano, 2023)

En los resultados logrados en la tabla correspondiente al criterio de factibilidad técnica, se identifica que la energía hidroeléctrica destaca como la alternativa más viable, alcanzando la mayor ponderación con un valor de 0,35. Le sigue la energía solar, con un peso de 0,30, lo que la posiciona como una opción técnicamente sólida. En tercer lugar, se encuentra la energía eólica, con un valor de 0,25, también considerada una alternativa factible, aunque con ciertas limitaciones técnicas en comparación con las anteriores. Las evaluaciones fueron consideradas en las condiciones hoy por hoy que se encuentra en el país para generar electricidad con fuentes renovables, lo que estos resultados permiten establecer una jerarquía clara en cuanto a la viabilidad técnica de cada fuente energética, lo cual resulta fundamental para la selección de alternativas en lo que sería proyectos de generación de energía.

- **Ubicación geográfica**

Tabla 16

Evaluación del criterio ubicación geográfica

Criterio: Ubicación geográfica	Solar	Hidroeléctrica	Biomasa	Geotérmica	Eólica	Resultados	
						Evaluación	Ponderación
Solar	1	1	1	1	1	4	0,40
Hidroeléctrica	0	1	0,5	0,5	1	2	0,20
Biomasa	0	0,5	1	0,5	0,5	1,5	0,15
Geotérmica	0	0,5	0,5	1	0,5	1,5	0,15
Eólica	0	0	0,5	0,5	1	1	0,10
Total						10	1

Nota. Adaptado de Evaluación de alternativas por ubicación geográfica, por (Zambrano, 2023)

Según los resultados reflejados en la tabla para el criterio evaluado, la energía solar se posiciona como la alternativa más favorable, alcanzando una ponderación de 0,40, lo cual se justifica principalmente por las condiciones geográficas de la provincia de Orellana, donde se ubica la empresa, caracterizada por una alta radiación solar. En segundo lugar, se encuentra la energía hidroeléctrica con un valor de 0,20, seguida por la biomasa y la geotérmica, ambas con una ponderación de 0,15, lo que las convierte en opciones técnicamente viables, pero con menor prioridad. Finalmente, la energía eólica registra el menor puntaje con un valor de 0,10, reflejando una factibilidad limitada bajo las condiciones del entorno analizado.

La ejecución del sistema de energía fotovoltaica resulta técnicamente viable en la zona seleccionada. De acuerdo con los datos de la plataforma Global Solar Atlas, la provincia de Orellana cuenta con niveles significativos de la radiación solar en el transcurso del año. Esta condición transforma a la energía solar en una alternativa no solo sostenible, sino también rentable y adecuada para el desarrollo del proyecto en ese entorno geográfico.

- **Inversión requerida**

Tabla 17

Evaluación del criterio inversión requerida

Criterio: Inversión requerida	Solar	Hidroeléctrica	Biomasa	Geotérmica	Eólica	Resultados	
						Evaluación	Ponderación
Solar	1	1	1	1	1	4	0,40
Hidroeléctrica	0	1	1	1	0	2	0,20
Biomasa	0	0	1	0,5	0	0,5	0,05
Geotérmica	0	0	0,5	1	0,5	1	0,10
Eólica	0	1	1	0,5	1	2,5	0,25
Total						10	1

Nota. Adaptado de Evaluación de alternativas por inversión requerida, por (Zambrano, 2023)

Del análisis económico realizado entre las distintas opciones energéticas, la alternativa fotovoltaica destaca por presentar el menor costo de implementación. Este resultado se debe a que muchos de sus componentes, como paneles solares y estructuras de soporte, están ampliamente disponibles en el mercado nacional a precios accesibles. Además, factores como el transporte, la instalación y la adecuación del terreno representan una inversión menor en comparación con otras tecnologías. Esta combinación de accesibilidad y bajo costo en comparación con las otras elecciones evaluadas, convierte a la energía solar en una opción financieramente atractiva para la empresa.

- Factores específicos del sector

Tabla 18

Evaluación del criterio factores específicos del sector

Criterio: Factores específicos del sector	Solar	Hidroeléctrica	Biomasa	Geotérmica	Eólica	Resultados	
						Evaluación	Ponderación
Solar	1	1	1	1	1	4	0,40
Hidroeléctrica	0	0	0	0	0	0	0,00
Biomasa	0	1	0,5	1	1	2,5	0,25
Geotérmica	0	1	0,5	0	1	2,5	0,25
Eólica	0	1	0	0	0	1	0,10
Total						10	1

Nota. Adaptado de Evaluación de alternativas por factores específicos del sector, por (Zambrano, 2023).

Los resultados presentados muestran que, bajo el criterio evaluado, la energía solar obtiene la puntuación más alta con un peso de 0,40, lo cual se justifica por su adecuada aplicación a las condiciones climáticas y operativas del lugar de estudio. Le siguen en orden decreciente la energía por biomasa y la geotérmica con 0,25, la eólica con valor de 0,10 y finalmente la hidroeléctrica, que no presenta viabilidad en este contexto específico, obteniendo una ponderación de 0. La metodología aplicada en esta matriz consistió en una comparación directa entre cada fuente energética, evaluando su grado de compatibilidad con el entorno. En el escenario particular de la energía solar frente a la hidroeléctrica, se identificó una clara ventaja para la primera, ya que su implementación no requiere modificaciones significativas al terreno y se adapta eficientemente al área disponible. En contraste, la alternativa hidroeléctrica resulta inviable, pues en la ubicación de la empresa no existen fuentes hídricas que permitan su aprovechamiento, motivo por el cual se le asignó la menor puntuación posible.

7. Elaboración de la matriz de resultados

Finalizada la evaluación de opciones de energías renovables, se construye una matriz que resume las ponderaciones asignadas a cada alternativa y criterio.

Tabla 19

Resultados en relación a los criterios

Criterios Alternativas	Factibilidad Técnica	Ubicación geográfica	Inversión requerida	Factores específicos del sector
Ponderación de criterios	0,08	0,33	0,42	0,17
Solar	0,30	0,40	0,40	0,40
Hidroeléctrica	0,35	0,20	0,20	0,00
Biomasa	0,05	0,15	0,05	0,25
Geotérmica	0,05	0,15	0,10	0,25
Eólica	0,25	0,10	0,25	0,10

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos de las tablas de cada criterio, Adaptado de resultados de alternativas, por Zambrano (2023).

Después de recopilar la información presentada en la **Tabla 19** se procede a determinar la relevancia de cada criterio. Este proceso consiste en multiplicar los valores asignados a cada alternativa por la ponderación establecida previamente para cada criterio. Para facilitar una mejor comprensión de lo expuesto se considera el siguiente ejemplo:

Peso de la opción de energía solar: 0,30

Peso del parámetro de factibilidad técnica: 0,08

$$0,30 * 0,08 = 0,024$$

De esta manera, se aplica el proceso que permite analizar la tabla consolidada, a fin de identificar la relevancia de todas las alternativas en función de los requisitos establecidos.

Tabla 20

Resultados de la ponderación evaluado por la matriz de Holmes

<div style="text-align: center;"> Criterios Alternativas </div>	Facilidad Técnica	Ubicación geográfica	Inversión requerida	Factores específicos del sector	Ponderación Final
Solar	0,02	0,13	0,17	0,07	0,4
Hidroeléctrica	0,03	0,07	0,08	0,00	0,2
Biomasa	0,00	0,05	0,02	0,04	0,1
Geotérmica	0,00	0,05	0,04	0,04	0,1
Eólica	0,02	0,03	0,10	0,02	0,2
Total	0,08	0,33	0,42	0,17	1

Nota. Adaptado de ponderación final de alternativas, por Zambrano (2023).

Para determinar el peso final de cada una de las alternativas, se efectúa la suma de los valores proporcionados a cada criterio en su respectiva fila, desde una perspectiva metodológica, se espera que, si el procedimiento ha sido correctamente aplicado, la suma de las columnas coincida con las ponderaciones asignadas inicialmente a los criterios y que el total resultante sea igual a 1.

Diseño de un sistema de respaldo alimentado por fuente de energía más conveniente

En base en los resultados adquiridos de la **Tabla 20** la alternativa energética elegida corresponde a la energía solar, por lo tanto, es necesario considerar los siguientes aspectos:

En una primera etapa, el sistema de energía solar debe enfocarse en el uso de dispositivos conocidos como paneles solares, los cuales funcionan como captadores de energía solar. Los módulos deberán ser colocados en áreas estratégicamente definidas, con el fin de aprovechar la

energía solar en su totalidad durante los momentos de mayor irradiación, con el fin de determinar el sitio más adecuado para la instalación, se tomarán como referencia datos históricos de radiación solar propios del área donde se proyecta ejecutar el sistema (David Chapi, 2024).

Figura 18

Ubicación geográfica de la empresa

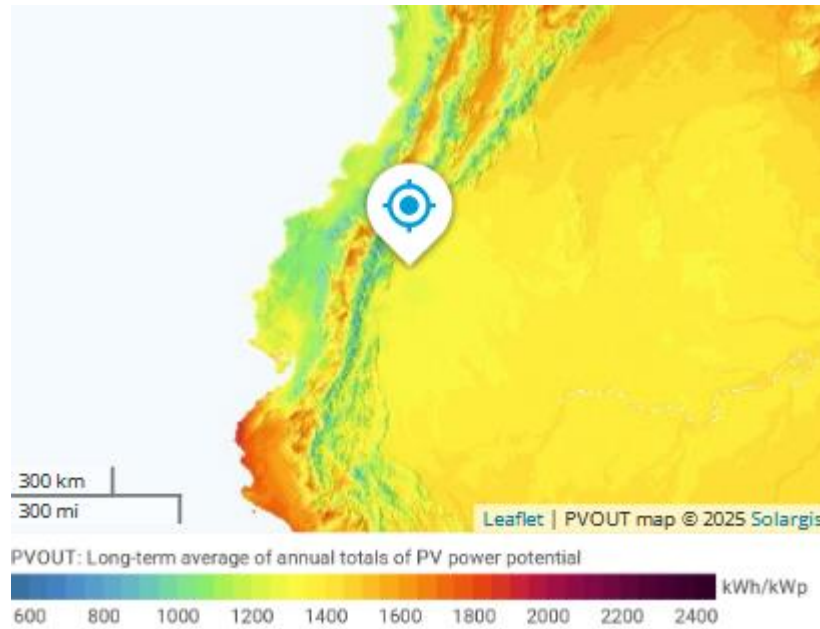


Nota. Se presenta la ubicación de la entidad, Obtenido de Google Maps (2025)

Al identificar con precisión el lugar donde se implementará el sistema dentro de la plataforma Global Solar Atlas, se puede obtener información específica sobre el desempeño esperado de la tecnología fotovoltaica en esa zona. En **Figura 19** se presenta un mapa de irradiación solar correspondiente al área seleccionada, el cual resulta fundamental para calcular el potencial de generación eléctrica mediante energía solar. Dicho mapa indica una irradiación promedio diaria de 4.445 kW-h/m², valor que refleja la proporción de energía solar disponible cada día. Este criterio es clave para evaluar la viabilidad y eficiencia del mecanismo fotovoltaico en el sitio analizado.

Figura 19

Ubicación de la empresa en el mapa GHI



Nota: Obtenido de Global Solar Atlas (2025)

Dimensionamiento de la fuente

Utilizando la misma herramienta, se llevó a cabo una evaluación inicial del potencial fotovoltaico, considerando las particularidades del sitio analizado. Esta evaluación permitió obtener información detallada se consideran los valores de irradiación solar, tanto en períodos mensuales como diarios, medidos en kilovatios por metro cuadrado (kW/m^2), junto con la irradiación particular expresada en kilovatios-hora por kilovatio pico ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{kW}\cdot\text{p}$). Lo cual los siguientes datos son fundamentales para analizar el desempeño esperado del sistema fotovoltaico bajo las condiciones solares propias de la región estudiada durante un periodo determinado. Seguidamente, se evidencia un resumen de esta información en la tabla siguiente:

Tabla 21*Irradiación global en la ubicación de la empresa*

Mes	Irradiación global disponible kW-h/m ²	Irradiación global disponible kW-h/m ²	Irradiación Específica kW-
	Mensual	Diaria	h/kW-p Diaria
Enero	151,7	4,89	4,89
Febrero	130,2	4,65	4,65
Marzo	151,7	4,89	4,89
Abril	151,7	5,06	5,06
Mayo	158,4	5,11	5,11
Junio	146,1	4,87	4,87
Julio	144,3	4,65	4,65
Agosto	139,7	4,51	4,51
Septiembre	146,7	4,89	4,89
Octubre	143,3	4,62	4,62
Noviembre	137,6	4,59	4,59
Diciembre	147,2	4,75	4,75
Promedio Anual	145,71	4,79	4,79

Nota: Adaptado del informe del software PVsyst mediante los datos obtenidos de (Global Solar Atlas, 2025)

Asimismo, es fundamental considerar las pérdidas particulares asociadas a las condiciones de la ubicación.

Tabla 22*Pérdidas en la ubicación*

Tipo de pérdida	Valor (%)
Pérdidas por ángulo de incidencia	2,90
Pérdidas por efectos espectrales	2,24
Pérdidas por temperatura y irradiancia baja	11,520
Pérdidas totales	16,66 %

Nota: Obtenido del informe de PVGIS (2025)

Elementos clave para considerar en el diseño de un sistema solar fotovoltaico

Para llevar correctamente el dimensionamiento de lo que sería el sistema fotovoltaico, es necesario calcular diversos componentes fundamentales para su implementación. Estos componentes se organizan siguiendo una secuencia lógica, representada en la **Figura 20**, la cual agrupa el proceso en seis bloques principales. Esta estructura permite implantar un orden específico y una secuencia coherente que facilita la correcta definición del sistema. (Ramón, 2024)

Figura 20

Elementos del sistema fotovoltaico

Elementos de un arreglo fotovoltaico						
Paneles	Baterías	Inversor	Controlador de carga	Canalizaciones	Protecciones	Conductores
<ul style="list-style-type: none"> -Número de paneles -Paneles en Serie -Paneles en paralelo -Voltaje del arreglo -Corriente de arreglo -Potencia del arreglo 	<ul style="list-style-type: none"> -Capacidad del banco de baterías -Número de baterías -Baterías en Serie -Baterías en paralelo -Máxima corriente de carga y descarga 	<ul style="list-style-type: none"> -Inversor para la carga 	<ul style="list-style-type: none"> -Voltaje del controlador -Número de controladores en serie -Número de controladores en paralelo 	<ul style="list-style-type: none"> -Tuberías para paneles -Tuberías para inversor -Tuberías para acometida 	<ul style="list-style-type: none"> -Disyuntor DC para paneles -Disyuntor AC para el inversor -Disyuntor AC para la acometida -Disyuntor AC para las baterías 	<ul style="list-style-type: none"> -Conductor del inversor -Conductor para la acometida -Conductor para las baterías

Nota: Adaptado de la investigación realizado por Ramón (2024)

Rendimiento general de la instalación

En el momento comenzar el diseño del mecanismo fotovoltaico, es esencial tener en cuenta que la generación de energía dependerá de la eficiencia de cada uno de sus componentes. En la etapa de planificación, es necesario contemplar un margen para posibles pérdidas y fallas. Si el sistema se diseña solo tomando en cuenta el consumo energético previsto y no se incluyen las posibles pérdidas, la cantidad de energía realmente disponible será menor a la calculada, lo que podría generar una falta de suministro para los usuarios finales.

Ecuación 9: Rendimiento general de la instalación

$$R = (1 - k_b - k_i - k_r - k_v) * (1 - k_a * N/P_d) \quad (9)$$

Donde:

R = Rendimiento general del sistema

kr= Pérdida por elementos reguladores

ki= Pérdidas por componentes inversores

kb= Pérdida por elementos de almacenamiento

kv= Pérdidas varias

ka= Pérdidas debido a auto descarga de las baterías

N= Número de días de la autonomía

Pd= Profundidad máxima de descarga de las baterías

Con la intención de determinar el rendimiento efectivo para el sistema, se utiliza la fórmula (9) Además, al momento de establecer el valor de cada factor (k), se recurre a la **Figura 21**, donde se selecciona el valor correspondiente según el tipo de sistema que se está diseñando.

Figura 21

Coefficientes de pérdidas

Kb	Pérdidas en el proceso de acumulación	Kv	Otras pérdidas no consideradas
0,05	Acumuladores nuevos, sin descargas intensas	0,1	Si no se han tenido en cuenta pérdidas en cableado y equipos
0,1	Acumuladores viejos, descargas intensas	0,05	Si ya se ha realizado un estudio detallado de pérdidas
Kr	Pérdidas en el controlador de carga	Pd	Profundidad de descarga máxima admisible
0,1	Controlador de carga eficiente	0,9	Batería descargada hasta el 90%
0,15	Controlador de carga antiguo, poco eficiente	0,8	Batería descargada hasta el 80%
Ka	Autodescarga de la batería	0,7	Batería descargada hasta el 70%
0,002	Baterías de baja autodescarga, sin mantenimiento	0,6	Batería descargada hasta el 60%
0,005	Baterías estacionarias de energía solar	0,5	Batería descargada hasta el 50%
0,012	Baterías de alta autodescarga	0,4	Batería descargada hasta el 40%
Ki	Pérdidas por el rendimiento del inversor	0,3	Batería descargada hasta el 30%
0	No hay inversor en la instalación	N	Número de días de autonomía
0,05	Rendimiento inversor 95%	3	Vivienda fines de semana
0,1	Rendimiento inversor 90%	5	Vivienda habitual
0,15	Rendimiento inversor 85%	15	Instalaciones especiales con servicio prioritario
0,2	Rendimiento inversor < 85%	20	Instalaciones especiales alta fiabilidad

Nota: Adaptado de los valores de coeficientes de pérdidas, por Alvarado (2018).

Lo cual se propone utilizar un valor de kr de 0,1 basado en la selección de un controlador eficiente. Para el coeficiente ki se plantea un valor de 0.05, considerando inversores con un aprovechamiento cercano al 95 %. Lo que serían las pérdidas por acumulación (kb) se estiman en 0.05, suponiendo que baterías nuevas con su baja auto descarga, lo que implica un ka de 0,002. Dado que la descarga máxima permitida es del 70 %, se sugiere un coeficiente Pd de 0.7. Asimismo, se asigna un valor de N de 0,5 debido a que la autonomía propuesta de 9 horas es menor a los valores estándar. Finalmente, tras un análisis preliminar de las pérdidas, se estima que kv sea de 0,05.

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,1 - 0,05) * (1 - 0,02 * 0,5/0,7)$$

$$R = 0,749 \approx 0,75$$

Tras haber obtenido el valor del rendimiento, el siguiente paso consiste en establecer cuánta energía debe generarse, lo cual se determina mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 10: Fórmula de la energía a necesaria

$$E_{FVNecesaria} = \frac{E_{diaria}}{R} \quad (10)$$

Donde:

$E_{FVNecesaria}$ = Es la energía que debe generarse

E_{diaria} = Cantidad de energía necesaria para cumplir con el sumo eléctrico

R = Rendimiento general de la instalación

Se define E_{diaria} como la potencia energética correspondiente a un periodo de 10 horas, con un valor de 252,01 kW-h/día, conforme a los datos expuestos en la **Tabla 5** y considerando un rendimiento global previamente calculado de 0,75.

$$E_{FVNecesaria} = \frac{252,01W - h/día}{0,75}$$

$$E_{FVNecesaria} = 336,01 kW - h/día$$

La cantidad energética que el sistema necesita producir aproximadamente de 336,01 kW-h/día, siendo el requerimiento que le corresponde cubrir la fuente renovable. Esta estimación también se puede realizarse directamente aplicando el factor de seguridad del 20 %, debido que este método es comúnmente utilizado para calcular la $E_{FVNecesaria}$.

Ecuación 11: Fórmula de la energía necesaria (2)

$$E_{FVNecesaria} = \text{Energía Diaria} - h/día * 1,2 \quad (11)$$

$$E_{FVNecesaria} = 252,01 kW - h/día * 1,2$$

$$E_{FVNecesaria} = 302,41 kW - h/día$$

Las dos formas de realizar el cálculo son válidas, no obstante, en aplicaciones reales es común utilizar directamente el factor de seguridad, lo que permite incrementar la estimación de energía requerida y así dimensionar adecuadamente el sistema para cubrir la potencia instalada del sitio.

A continuación, se calcula la cantidad de energía diaria que debe producir cada módulo solar.

Ecuación 12: Fórmula para calcular la cantidad de energía diaria por panel solar

$$E_{PDiaria} = P_{maxp} * HSP \quad (12)$$

Donde:

$E_{PDiaria}$ = Es la energía que va generar diario por cada módulo solar

P_{maxp} = La potencia máxima por cada módulo solar

HSP = Es la hora solar pico

Se utilizará módulo solar de tipo mono cristalino, cuyas características técnicas serán especificadas más adelante. No obstante, se dispone ya del dato de su potencia nominal, que es de 450 W, así como del valor promedio anual de HSP, que corresponde a 4,79 ver en la **Tabla 21**.

$$E_{PDiaria} = 0,45kW * 4,79h/día$$

$$E_{PDiaria} = 2,16kW - h/día$$

Cada panel solar producirá cerca de 2,16 kW-h/día, por lo tanto, será necesario determinar la cantidad exacta de módulos requeridos en relación de la energía estimada previamente.

Cantidad de paneles solares

Para determinar cuántos módulos solares se necesitan, se establecerá una interacción de la demanda diaria de energía del sistema y el nivel de capacidad diaria de cada panel.

Ecuación 13: Fórmula para calcular el número de paneles solares

$$N_{TP} = \frac{E_{FVNecesaria}}{E_{PDiaria}} \quad (13)$$

Como los valores necesarios ya fueron determinados previamente, se conoce que el sistema fotovoltaico debe generar diariamente 302,41 kW-h y que la producción estimada por panel es de 2,16 kW-h/día. Con esta información, se puede proceder a efectuar el cálculo correspondiente.

$$N_{TP} = \frac{302,41kW - h/día}{2,16kW - h/día}$$

$$N_{TP} = 140,00 \approx 140$$

A partir de este cálculo, se determina que se requieren 140 paneles solares a fin de satisfacer la demanda diaria de energía.

Determinación del número de módulos solares en serie

Esta unión en serie de módulos solares, conocida como string, permite mantener constante la corriente del conjunto ($I_{máxp}$) mientras se incrementa la tensión del sistema. En este tipo de conexión, las tensiones individuales de cada panel se suman, por lo que la tensión total del string (V_{string}) resulta de la suma de las que serían las tensiones máximas ($V_{máxp}$) por cada módulo. Esta configuración se diseña en función del voltaje máximo que puede soportar el inversor eléctrico elegido, encargado de transformar lo que es la energía generada en corriente continua (DC) a corriente alterna (AC).

$$(Nmín_{ps}; Nmáxp_{ps}) = \left(\frac{Vmin_{iv}}{Vp}; \frac{Vmáx_{iv}}{Vp} \right)$$

Donde:

$Nmín_{ps}$ = Número mínimo de paneles solares que serían conectados en serie

$Nmáxp_{ps}$ = Número máximo de paneles solares que serían conectados en serie

$Vmin_{iv}$ = Voltaje mínimo del inversor

$Vmáx_{iv}$ = Voltaje máximo del inversor

VP = Es el voltaje nominal del panel solar

La configuración en serie de los módulos solares dependerá del nivel de voltaje que admite la entrada de la parte del inversor seleccionado, el cual varía entre 200 y 1000 V, conforme a las especificaciones técnicas del equipo consultar en el Anexo 12. El valor del voltaje de cada panel (VP) se obtiene directamente de la etiqueta del panel elegido. Con esta información, se realiza el cálculo de la cantidad de módulos solares que deben conectarse en serie.

$$(Nmín_{ps}; Nmáxp_{ps}) = \left(\frac{200V}{41,5}; \frac{1000V}{41,5V} \right)$$

$$(N_{mín_{ps}}; N_{máx_{ps}}) = (4,81; 24,09) \approx (5; 25)$$

Se determina que cada inversor pueda tener conectados entre 5 y 25 paneles solares, garantizando así que se mantenga dentro del rango operativo adecuado para el inversor elegido.

Determinación del número de paneles en paralelo

Al conectar los strings en paralelo, se logra incrementar la corriente del conjunto manteniendo constante el voltaje máximo ($V_{máxp}$). Para calcular la corriente total del sistema ($I_{máxp}$), se deben sumar las corrientes generadas por cada string (V_{string}). Al igual que la situación anterior, el inversor tiene la función de aceptar una cantidad específica de módulos solares configurados bajo este tipo de conexión.

Para establecer cuántos paneles solares pueden conectarse como máximo en paralelo, se pueden realizar algunas pruebas considerando diferentes cantidades posibles en serie. A partir de ese análisis, se identifica como opción viable la conexión de hasta 14 paneles en serie. Con esta información y sabiendo que el sistema requiere un total de 140 paneles como límite.

Ecuación 14: Fórmula para determinar el número de paneles en paralelo

$$N_{PP} = \frac{N_{PT}}{N_{PS}} \quad (14)$$

$$N_{PP} = \frac{140}{14}$$

$$N_{PP} = 10$$

A partir de este valor, se establece que se requiere unir un máximo de 10 paneles en paralelo. Por lo que, se opta por distribuirlos en 2 arreglos, cada uno compuesto por 5 paneles en paralelo y 14 en serie, se evidencia en la tabla a continuación.

Tabla 23

Distribución de los paneles solares

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1														
2														
A1 3														
4														
5														

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1														
2														
A2 3														
4														
5														

Nota: Realizado por el investigador en Excel

De acuerdo con (Saborio, 2019), al concluir este procedimiento es fundamental comprobar que la potencia suministrada por los arreglos satisfaga la potencia requerida por el sistema, asegurándose además de que se mantenga dentro del rango permitido por los inversores. Asimismo, es importante considerar que ambos arreglos poseen valores nominales iguales.

Voltaje de arreglo:

La potencia que suministra cada arreglo se calcula multiplicando la cantidad de módulos conectados en serie en el arreglo por el voltaje nominal de cada módulo solar como se muestra en la siguiente formula:

Ecuación 15: Voltaje de arreglo

$$V_A = N_{psa} * V_{NP} \quad (15)$$

Donde:

V_A = Es el voltaje del arreglo

N_{psa} = Cantidad de paneles solares unidos en serie dentro del arreglo

V_{NP} = Voltaje nominal de cada panel solar

Corriente de arreglo:

La corriente total de un arreglo se obtiene al multiplicar su número de paneles solares conectados en paralelo del arreglo. A continuación, se representa en la siguiente formula:

Ecuación 16: Corriente de arreglo

$$I_A = N_{ppa} * I_{NP} \quad (16)$$

Donde:

I_A = Es la corriente del arreglo

N_{ppa} = Es la cantidad de módulos solares conectados en paralelo por arreglo

I_{NP} = Valor de la corriente nominal de cada panel solar

Cálculo de los arreglos

Empleando las fórmulas (15) y (16) se obtiene los siguientes resultados:

Voltaje:

$$V_{A1yA2} = 14 * 41,5V$$

$$V_{A1yA2} = 581 V$$

Corriente:

$$I_{A1yA2} = 5 * 10,85 A$$

$$I_{A1yA2} = 54,25$$

Utilizando los valores tanto de voltaje como de corriente previamente calculados, la potencia estimada en los arreglos se determina mediante la fórmula siguiente:

Ecuación 17: Potencia de los arreglos

$$P_{A1yA2} = V_{A1yA2} * A_{A1yA2} \quad (17)$$

$$P_{A1yA2} = 581 V * 54,25 A$$

$$P_{A1yA2} = 31519,25 * 2$$

$$P_{A1yA2} = 63038,5 W$$

$$P_{A1yA2} = \frac{63038,5 W}{1000} = 63,03 kW$$

Después de calcular la potencia de ambos arreglos, se determina el nivel de operatividad del inversor a utilizar.

Dimensionamiento del banco de baterías

Según Alvarado (2018), la potencia necesaria del banco de baterías, que permitirá garantizar el suministro continuo a la empresa durante cortes en el servicio eléctrico, puede determinarse utilizando la siguiente fórmula.

Ecuación 18: Capacidad de la batería

$$Capacidad\ de\ la\ bateria = \frac{Consumo\ diario * días\ de\ autonomía}{P_d * V_B} \quad (18)$$

Donde:

P_d = Nivel máximo permitido de descarga en las baterías

V_B = Voltaje nominal correspondiente a las baterías

Para la demanda diaria corresponde al valor máximo de demanda en las áreas críticas registrado en la instalación, el cual alcanza los 56,926 kW con un tiempo de autonomía estimado en 9 horas diarias. Según la información correspondiente por el fabricante, se considera una máxima descarga permitida del 70 % y un voltaje nominal de 12 V por unidad de batería.

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{56926W * 9 \text{ horas}}{0,7 * 12 V}$$

$$\text{Capacidad de la batería} = 60992 A - h$$

Cuando ya se ha definido la capacidad requerida del banco de baterías, el siguiente paso, toca calcular cuántas unidades serán necesarias. De acuerdo con Macias (2018), este valor puede obtenerse mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 19: Cantidad total de baterías para colocar en el banco

$$N_{Tb} = \frac{V_{nom} * C_T}{V_B * C_B} \quad (19)$$

Donde:

N_{Tb} = Cantidad total de baterías para colocar en el banco

V_{nom} = Voltaje nominal del banco de baterías

C_B = Capacidad de cada batería

Contando con los datos necesarios para aplicar la fórmula (19), y tomando en cuenta que el voltaje nominal del banco de baterías es de 24 -V, así como las características nominales indicadas por el fabricante, se realiza el cálculo pertinente.

$$N_{Tb} = \frac{24 V * 60992}{12 V * 250 A - h}$$

$$N_{Tb} = 487,93 \approx 488$$

Para satisfacer la demanda del sistema durante un periodo de 9 horas diarias, será necesario contar con un total de 488 baterías.

Determinación de baterías en serie y paralelo

Conociendo la cantidad final para el banco de baterías necesarias, determinada en base al voltaje de operatividad tanto del sistema como de cada batería individual, es necesario establecer cuántas de ellas se conectarán en serie y cuántas en paralelo.

Cantidad de baterías en serie:

Ecuación 20: Fórmula para calcular la cantidad de batería en serie

$$N_{bs} = \frac{V_{nom}}{V_B} \quad (20)$$

$$N_{bs} = \frac{24 V}{12 V}$$

$$N_{bs} = 2$$

Cantidad de baterías en paralelo:

Ecuación 21: Fórmula para calcular la cantidad de batería en paralelo

$$N_{bp} = \frac{N_{Tb}}{N_{bs}} \quad (21)$$

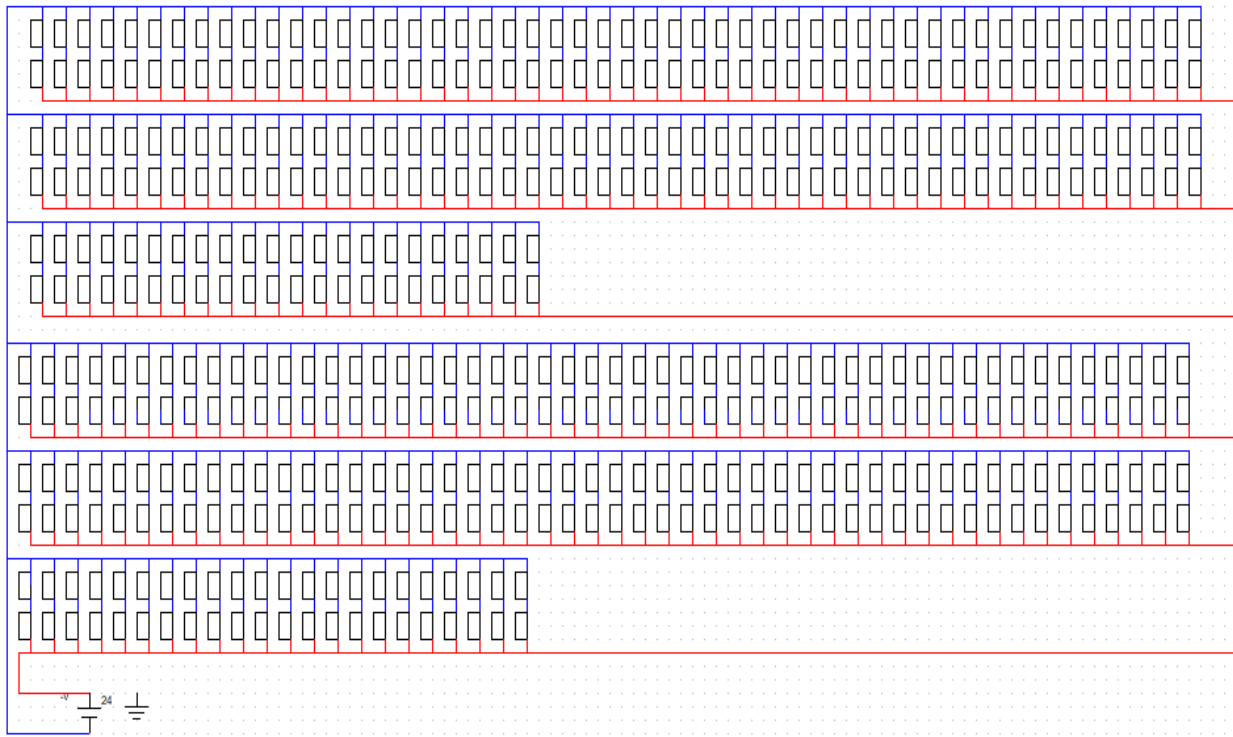
$$N_{bp} = \frac{488}{2}$$

$$N_{bp} = 244$$

Por lo cual, se muestra el resultado del cálculo realizado, en el cual se determinó la necesidad de conformar un banco de baterías integrado por dos baterías en serie y 244 baterías en paralelo, lo que resulta el total de 488 baterías.

Figura 22

Banco de baterías



Nota: Realizado por el investigador en Cade Simu

Análisis de la corriente dentro del proceso de carga y descarga del banco de baterías

A partir del esquema inicial del banco de baterías, se ejecuta a calcular la corriente correspondiente a la carga y descarga. De acuerdo con lo señalado por Macias (2018), este valor dependerá del número de baterías conectadas en paralelo, del tiempo estimado para la carga y de la capacidad nominal de las baterías definidas.

Capacidad máxima de corriente de carga:

Ecuación 22: Corriente de carga en un tiempo de 10 horas

$$C_{10} = N_{bp} * \frac{C_B}{10 h} \quad (22)$$

Donde:

N_{bp} = Número de baterías en paralelo

C_{10} = Es la corriente de carga en un tiempo de 10 horas

C_B = Capacidad de cada batería

$$C_{10} = 244 * \frac{250 A - h}{10 h}$$

$$C_{10} = 6100 A$$

Capacidad máxima de corriente de descarga:

Donde:

C_9 = Es la corriente de descarga en tiempo de 9 horas

$$C_9 = 244 * \frac{250 A - h}{9 h}$$

$$C_9 = 6777 A$$

Durante el lapso de 10 horas, el banco de baterías experimentará una máxima corriente de carga de 6100 A. En cambio, la corriente máxima de descarga alcanzará los 6777 A, distribuyéndose en un intervalo de 9 horas.

Identificación de los elementos eléctricos necesarios

Para realizar el dimensionamiento de estos componentes, es necesario considerar que las conexiones están organizadas en cuatro segmentos, cada una con un valor de corriente distinto. Por esta razón, se deben realizar los cálculos de manera individual para cada sección, las cuales se detallan a continuación:

- Segmento destinado a la conexión de los paneles fotovoltaicos
- Segmento destinado a la conexión con el inversor trifásico
- Segmento destinado a la conexión de la acometida eléctrica
- Segmento destinado a la conexión del banco de batería

1. Conductores

Resulta fundamental calcular adecuadamente el tamaño de los conductores eléctricos que se emplearán en las distintas conexiones del sistema, así como las canalizaciones y dispositivos de protección, con la finalidad de prevenir fallos o daños en los dispositivos a largo plazo. De acuerdo con lo señalado por Amador (1985), la estimación de la corriente que atravesará cada conductor se obtiene mediante la siguiente fórmula:

Conductores para el segmento de los paneles fotovoltaicos

Ecuación 23: Corriente del conductor

$$I_c = \frac{I_{nom} * 1,25}{FT * FC} \quad (23)$$

Donde:

I_c = Es la corriente del conductor

I_{nom} = Se considera que es la corriente nominal dentro del circuito

FT = Factor de corrección en relación de la temperatura (consultar en: **Anexo 17**)

FC = Factor de corrección en relación de la cantidad de conductores (consultar en: **Anexo 18**)

Al momento de efectuar el cálculo correspondiente se emplea la fórmula (23), se considera la corriente nominal del circuito, que en este caso corresponde a la corriente de salida previamente determinada para los paneles solares, con un valor de 54,25 A. Se recomienda utilizar una configuración monofásica, empleando un solo conductor por cada fase. Según lo establecido en el **Anexo 18**, el factor de corrección por cantidad de conductores es igual a 1. Además, se aplica un factor de corrección térmica de 0,82, lo que implica que la instalación operará en un rango de temperatura ambiente comprendido entre 31 y 40 °C.

$$I_c = \frac{54,25 \text{ A} * 1,25}{0,82 * 1}$$

$$I_c = 82,69 \text{ A}$$

Al realizarse las conexiones se usará un cable de cobre con calibre N°2 AWG, adecuado para conducir una corriente de 82,69 A. Este cable posee aislamiento tipo TWH, el cual permite aguantar temperatura máxima de 75 °C. Adicional, puede instalarse tanto en espacios interiores como exteriores, ya que ofrece resistencia al agua y es apto para entornos secos o húmedos, cuya sección transversal del conductor es de 33,6 mm², estos valores se obtuvieron del **Anexo 15**.

Conductores para el segmento del inversor trifásico

Para el análisis se toma como referencia la corriente máxima de salida proporcionada por el inversor trifásico, cuyo valor es de 100 amperios. Dado que se trata de una instalación trifásica, el factor de corrección por tipo de conexión (*FC*) se considera igual a 1 consultar en **Anexo 18**. Asimismo, al estimar una temperatura ambiente en el rango de 31 a 40 °C, se adopta un factor de temperatura (*FT*) de 0,82, conforme a lo indicado en el **Anexo 17**.

$$I_c = \frac{100 \text{ A} * 1,25}{0,82 * 1}$$

$$I_c = 152 \text{ A}$$

Para estas instalaciones se manejará un cable de cobre con calibre N°000 AWG, el cual permite una corriente máxima de 165 amperios. El aislamiento seleccionado es del tipo TWH y la sección transversal del conductor es de 85,2 mm², información tomada del **Anexo 15**.

Conductores para el segmento de la acometida

En esta ocasión se empleará nuevamente el conductor AWG N°0000, ya que posee las mismas especificaciones técnicas requeridas, lo que permite utilizar el mismo cable para esta conexión.

Conductores para el segmento de las baterías

Para este segmento de las baterías se utilizarán los cables eléctricos correspondientes a cada equipo que reciba energía desde el panel de distribución principal del sistema.

2. Canalizaciones

Conociendo la clase del conductor que se utilizará en la instalación con sus respectivas especificaciones, el siguiente paso es calcular el tamaño de las tuberías. Esta etapa es crucial para asegurar una instalación adecuada del sistema eléctrico, y una correcta elección del diámetro también puede contribuir a optimizar los costos del proyecto. De acuerdo con lo señalado por Amador (1985), la determinación del diámetro de las canalizaciones se realiza utilizando la fórmula siguiente:

Ecuación 24: Fórmula para calcular el diámetro de canalizaciones

$$Ad = \frac{A_{TC}}{\text{Factor de relleno}} \quad (24)$$

Donde:

Ad = Segmento de la tubería en mm^2

A_{TC} = Es el área total de los conductores en mm^2

Factor de relleno = Es el que depende de la cantidad de conductores a utilizarse (consultar en:

Anexo 16)

Tubería para el segmento de los conductores de los paneles solares

Para este contexto se toma en cuenta que cada conductor posee un área transversal de $33,6 mm^2$ y como se utilizarán dos conductores, uno para la fase y otro para el neutro, se aplica un factor de ocupación del 31% según lo indicado en el

Anexo 16. Por consiguiente, se aplica la fórmula(24) :

$$Ad = \frac{2 * 33,6 mm^2}{0,31}$$

$$Ad = 216,77 mm^2$$

Con base al valor calculado anteriormente y revisando el

Anexo 16, se determina que la tubería adecuada es la de 1 ¼ pulgada, ya que ofrece un área útil de 303,24 mm² para la instalación de dos conductores, cumpliendo con el requisito.

Tubería para el segmento de los conductores del inversor trifásico

Para este segmento, cada cable tiene un área de 107,5 mm² y como se utilizarán cuatro conductores para tres fases y uno para el neutro, aplicará un factor de relleno del 40%, de acuerdo con el

Anexo 16. Con estos valores se realiza el cálculo correspondiente para determinar el tamaño adecuado de la tubería.

$$Ad = \frac{4 * 85,2 \text{ mm}^2}{0,31}$$

$$Ad = 1099,35 \text{ mm}^2$$

Para esta parte del sistema se selecciona una tubería de 2 1/2 pulgadas, ya que permite alojar adecuadamente cuatro conductores con un área total de 1238,77 mm². siendo la opción más cercana y adecuada, (consultar en

Anexo 16).

Tubería para el segmento de los conductores de la acometida

Para este caso se reutiliza la tubería número 2 1/2 pulgadas, dado que cumple con las mismas características técnicas necesarias, lo que la hace adecuada para ser utilizada con los conductores en esta parte de la instalación.

Tubería para el segmento de los conductores de las baterías

No es necesario, dado que cada conductor empleado está protegido dentro de su propio sistema de canalización de cada equipo.

3. Protecciones

En cada punto de conexión se consideran las medidas de protección necesarias para resguardar el equipo del sistema. Para este caso, se emplearán protecciones térmicas y disyuntores.

En base al criterio de Amador (1985), el procedimiento utilizado para calcular la capacidad adecuada de toda protección es el siguiente:

Ecuación 25: Fórmula para calcular la capacidad del disyuntor

Disyuntor o breaker

$$I_d = 1,25 * I_{CCA} \quad (25)$$

Donde

I_d = Corriente nominal del disyuntor

I_{CCA} = Corriente de cortocircuito del arreglo

Ecuación 26: Fórmula para calcular la Corriente de cortocircuito del arreglo

$$I_{CCA} = N_{pp} * I_{CCP} \quad (26)$$

Donde

I_{CCA} = Corriente en cortocircuito del arreglo

I_{CCP} = Corriente en cortocircuito del panel solar

Protección para el segmento de módulos solares

Con el fin de definir si es preciso incorporar una protección térmica en esta parte del sistema, se debe analizar el comportamiento de las variaciones de temperatura. Para ello, se recurre a la aplicación de la siguiente ecuación:

Ecuación 27: Fórmula para analizar el comportamiento de temperatura del módulo

$$T_m = T_a + I_r \left(\frac{T_{onc} - 20^\circ}{800} \right) \quad (27)$$

Donde

T_m = Temperatura más alta que puede alcanzar el módulo durante su funcionamiento

T_a = Valor promedio de la temperatura ambiental en el entorno

T_{onc} = Temperatura de trabajo correspondiente a cada celda del módulo

I_r = Nivel máximo de irradiación solar registrado en la zona específica

De acuerdo con los datos proporcionados por Global Solar Atlas (2025), la temperatura promedio ambiente en el área donde se encuentra la empresa es de 24,6 °C, mientras que la irradiación máxima registrada alcanza aproximadamente 945 W/m². En base a la temperatura de operación de la celda, especificada en la ficha de especificaciones del fabricante, es de 45°C, por lo que:

$$T_m = 24,6 + 945 \text{ w/m}^2 \left(\frac{45^\circ - 20^\circ}{800} \right)$$

$$T_m = 54,13 \text{ }^\circ\text{C}$$

El fabricante proporciona además los valores estándar de temperatura para el panel solar, conocidos como condiciones STC, que corresponden a 25 °C. Asimismo, se incluyen los factores de temperatura, los cuales se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 24

Valores específicos de temperatura del panel solar

Coeficiente	Valor
Coeficiente de la temperatura en relación al voltaje (Voc)	-0,32 % / °C
Coeficiente de la temperatura en base a la corriente (Isc)	-0,05% / °C
Coeficiente de temperatura de la máxima potencia ((P _{máx})	-0,39% / °C

Nota: Obtenido de la ficha técnica **Anexo 12**

Variación en la temperatura

Ecuación 28: Fórmula para calcular la variación de la temperatura

$$AT = T_m - T_s \quad (28)$$

Donde:

AT = Variación en la temperatura

T_m = Es la temperatura máxima de operación

T_s = Es la temperatura estándar de operación

Conociendo la máxima temperatura de operación es de 54,13 °C, según el cálculo previo, y considerando que la temperatura estándar proporcionada por el fabricante es de 25 °C, se procede a calcular la diferencia entre ambas temperaturas.

$$AT = 54,13 \text{ } ^\circ\text{C} - 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$AT = 29,13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Con el valor calculado se define que el cambio de la temperatura máxima es de 29,13 °C lo que significa que se encuentra sobre el valor estándar emitido por el fabricante.

Variación en el voltaje del circuito abierto

Según la información presentada en la **Tabla 24**, el coeficiente correspondiente que se aplicará es de -0,32% por cada grado Celsius (°C), por lo tanto:

Ecuación 29: Fórmula para calcular la variación en el voltaje del circuito abierto

$$\Delta V_{oc} = \textit{Coeficiente de temperatura para voltaje} * \Delta T \quad (29)$$

Donde:

ΔV_{oc} = Es la máxima variación en el voltaje del circuito abierto

$$\Delta V_{oc} = \frac{-0,32\%}{^\circ\text{C}} * 29,13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta V_{oc} = -9,32 \%$$

En condiciones de circuito abierto, se tiene que el voltaje promedio del módulo solar puede variar hasta un -9,32%

Variación de la corriente dentro del circuito abierto

En relación con la información presentada en la **Tabla 24**, el coeficiente para este caso es de -0,05% por cada grado Celsius (°C), por lo tanto:

Ecuación 30: Fórmula para calcular la variación de la corriente del circuito abierto

$$\Delta I_{sc} = \text{Coeficiente de temperatura para corriente} * \Delta T \quad (30)$$

Donde:

ΔI_{sc} = Es la máxima variación de la corriente en cortocircuito

$$\Delta I_{sc} = \frac{-0,05\%}{^{\circ}\text{C}} * 29,13^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta I_{sc} = -1,45\%$$

El resultado de la máxima variación de la corriente en cortocircuito es de -1,45% del módulo solar

Variación en la potencia máxima

Con la información presentada en la **Tabla 24**, el coeficiente correspondiente que se aplicará es de -0,39% por cada grado Celsius (°C), por lo tanto:

Ecuación 31: Fórmula para calcular la variación en la potencia máxima

$$\Delta P_{m\acute{a}x} = \text{Coeficiente de temperatura para potencia} * \Delta T \quad (31)$$

Donde:

$\Delta P_{m\acute{a}x}$ = Es la máxima variación en la potencia del circuito

$$\Delta P_{m\acute{a}x} = \frac{-0,39\%}{^{\circ}\text{C}} * 29,13^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta P_{m\acute{a}x} = -11,36\%$$

En base a la potencia máxima del panel solar se puede decir que podría tener una variación de hasta un -11,36%. En relación con el análisis realizado, se observa que las variaciones en el voltaje en circuito abierto (% ΔV_{oc}), la corriente del cortocircuito (% ΔI_{sc}) y la máxima potencia

(% $\Delta P_{\text{máx}}$) son relativamente bajas, por lo que no es necesario incorporar protecciones térmicas adicionales.

Dimensionamiento del disyuntor para los paneles solares

Teniendo en cuenta que el fabricante indica que la corriente de cortocircuito por módulo solar es de 11,67 A. Además, se sabe que en cada uno de los arreglos se conectan 5 paneles en paralelo, lo que permite calcular lo siguiente:

Ecuación 32: Fórmula para calcular la corriente de cortocircuito

$$I_{ccA} = N_{pp} * I_{ccp} \quad (32)$$

$$I_{ccA} = 5 * 11,67 A$$

$$I_{ccA} = 58,35 A$$

Luego del cálculo efectuado, se obtiene que la corriente de cortocircuito del arreglo ascendente a 58,35 A. Mediante este valor, es posible dimensionar el disyuntor utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 33: Fórmula para dimensionar el disyuntor de los paneles solares

$$I_d = 1,25 * I_{ccA} \quad (33)$$

$$I_d = 1,25 * 58,35 A$$

$$I_d = 72,93 A$$

Una vez determinada la corriente la cual debe soportar el disyuntor, se elige la protección más apropiada, considerando los valores nominales proporcionados por el fabricante. Por esta razón, se selecciona un disyuntor de 100 A ya que el de 70 A bajo norma no es el indicado se selecciona el inmediato superior (Consultar en **Anexo 19**).

Dimensionamiento del disyuntor AC para inversor trifásico

No es necesario calcular ni seleccionar protecciones externas, debido a que el propio fabricante indica en las especificaciones del inversor que el dispositivo incorpora protecciones internas integradas.

Dimensionamiento del disyuntor AC para el segmento de la acometida

Dado que la máxima corriente en esta sección del circuito es de 152 A, es posible determinar la protección adecuada a partir de este valor, aplicando la siguiente fórmula:

$$I_d = 1,25 * 152 A$$

$$I_d = 190 A$$

Por lo tanto, se selecciona un disyuntor de 200 A como elemento de protección para este segmento del sistema, conforme a los requerimientos de seguridad y capacidad (ver en **Anexo 19**).

Dimensionamiento del disyuntor AC para el segmento de las baterías

De manera aparatena a lo que ocurre con el inversor trifásico, por lo que en esta situación no se puede hacer el dimensionamiento de una protección adicional, debido a que el equipo ya incorpora sistemas de protección integrados.

Selección de componentes

Como parte del proceso de diseño del sistema fotovoltaico, se han efectuado diversos procedimientos técnicos para determinar los equipos que forman parte de la instalación. Estos elementos son:

- Módulos fotovoltaicos: su función principal es producir energía eléctrica partiendo de la radiación solar.
- Inversor trifásico: se encarga de convertir la energía en corriente continua (DC), proveniente del módulo solar, en corriente alterna (AC) apta para lo que sería el consumo.
- Inversor bidireccional: permite tanto la carga como el uso del banco de baterías, diseñado para proporcionar una autonomía energética de hasta 9 horas.

Especificaciones sobre el panel solar

Para el proyecto se ha optado por utilizar paneles solares mono cristalinos de la marca RESUN, debido a que sus características técnicas se ajustan a los requerimientos de la empresa. Estos módulos destacan por su alta eficiencia, y gracias al diseño de sus celdas con barras colectoras, se minimizan las pérdidas internas de energía, lo cual mejora su capacidad de

conversión. Además, este modelo incorpora protección contra los puntos calientes generados por sombreados parciales, lo que incrementa su fiabilidad y durabilidad. El cálculo previo realizado es para determinar el número de módulos necesarios y la configuración de los arreglos se basaron en los datos que se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 25

Características sobre el panel solar

Parámetro	Detalle	Unidad
Fabricante	RESUN	-
Referencia del modelo	RS71-M-450HC	-
Tipo	Mono cristalino	-
Durabilidad	30	Años
Voltaje Voc	49,3	V
Voltaje Vmpp	41,5	V
Corriente Isc	11,6	A
Corriente Imp	10,85	A
Rendimiento	20,35	%
Tamaño	2094 x 1038 x 35	mm
Peso	25	Kg
Voltaje	24	V
Potencia	450	Wp (STC)

Nota: Obtenido de las características del fabricante **Anexo 12**

Especificaciones del inversor trifásico

De acuerdo con lo señalado por Macías (2018), la selección de la capacidad del inversor debe basarse en la potencia que recibirá en su entrada, considerando además un margen de seguridad que responda a posibles fluctuaciones de voltaje dentro del sistema.

Ecuación 34: Fórmula para calcular la potencia del inversor

$$P_{iv} = \frac{FS * P_A}{F_p} \quad (34)$$

Donde:

P_{iv} = Es la potencia en el inversor

FS = Factor de seguridad

P_A = Potencia del arreglo

F_p = Factor de potencia

Con base en el cálculo previo, se ha determinado que la potencia máxima generada por arreglo es de 63, 03 kW y una corriente de salida estimada de 54,25 A, tener en cuenta que los arreglos están conectados en serie. Dado que los cambios de voltaje obtenidas son mínimas, se adopta un factor de seguridad igual a 1. Además, se considera un factor de potencia de 0,8.

$$P_{iv} = \frac{1 * 63,03}{0,8}$$

$$P_{iv} = 78,88$$

A partir de los cálculos efectuados, se concluye que lo necesarios es el inversor con una capacidad de 78,78 kW. En el mercado se encuentra disponible un modelo de 80 kW fabricado por Delta, el cual ofrece una solución confiable y duradera, cumpliendo con los requerimientos del sistema. Seguidamente, se especifican sus principales características en la tabla siguiente:

Tabla 26

Características del inversor trifásico

Parámetro	Detalle	Unidad
Fabricante	DELTA	-
Referencia del modelo	M80U	-
Durabilidad	30	Años
Rendimiento	98,5	%
Rango de voltaje de entrada	200-1000	V
Voltaje máximo de entrada	1100	V

Máxima corriente de entrada	108	A
Máxima corriente de salida	100	A
Tamaño	1060 x 612 x 280	mm
Peso	75	Kg

Nota: Obtenido de la ficha de especificaciones del fabricante (Consultar en **Anexo 14**)

Especificaciones de la batería

En el diseño propuesto se emplearán baterías de tecnología gel, debido a que ofrecen una vida útil prolongada, presentan una baja tasa de auto descarga y son altamente resistentes a impactos y vibraciones. Gracias a su construcción interna, el riesgo de fugas de electrolito es significativamente menor, lo que permite su funcionamiento en un amplio nivel de temperatura. Seguidamente, se presentan las principales especificaciones en la siguiente tabla:

Tabla 27

Características de la batería

Parámetro	Detalle	Unidad
Fabricante	Fuli Battery	-
Referencia del modelo	REF FLG 122500	-
Tipo	Gel	-
Durabilidad	15	Años
Capacidad	250	Ah
Voltaje de salida	12	V
Corriente máxima de descarga	3000	A
Tamaño	2094 x 1038 x 35	mm
Peso	25	Kg

Nota: Obtenido de la ficha técnica, consultar en **Anexo 13**

Especificaciones del contador bidireccional

Se trata de un equipo utilizado para calcular el flujo de energía en ambas direcciones, ideal para instalaciones donde el usuario combina la producción propia de energía con la del suministro proveniente de la red eléctrica convencional. Este dispositivo permite supervisar tanto la demanda de energía que se consume desde la red como la que se produce localmente, facilitando así un control más eficiente y una compensación adecuada del consumo energético. Las principales especificaciones se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 28

Características del contador bidireccional

Parámetro	Detalle	Unidad
Fabricante	EASTRON	-
Referencia del modelo	SMD630-Pulse V2	-
Tipo	Gel	-
Durabilidad	15	Años
Corriente nominal	10	A
Máxima corriente nominal	100	A
Voltaje nominal	230/400	V
Tamaño	2094 x 1038 x 35	mm

Nota: Obtenido de la ficha técnica consultar en **Anexo 20**

Especificaciones del inversor bidireccional

Es necesario establecer la capacidad del inversor tomando como referencia la máxima potencia que demandará el equipo. De acuerdo con lo planteado por (Amador, 1985), este valor puede determinarse mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 35: Fórmula para establecer la capacidad del inversor

$$P_{iv} = FS * P_T \quad (35)$$

Donde:

FS = Es el factor de sobredimensionamiento debido al cambio brusco que tiene el voltaje

Tal como se mencionó previamente, la potencia máxima que el inversor debe entregar es de 56,9 kW. A esta se le debe aplicar un margen de sobredimensionamiento del 25 %, lo que implica utilizar un factor de seguridad (FS) de 1,25. Con esta información, se procede a efectuar los cálculos correspondientes.

$$P_{iv} = 1,25 * 56,9 \text{ kW}$$

$$P_{iv} = 71,12 \text{ kW}$$

Dado que el resultado del cálculo es 71,12 kW, se determina la necesidad de un inversor bidireccional que cumpla con esta capacidad. Por ello, se elige un equipo de 80 kW, cuyas características principales se presentan en la tabla que sigue:

Tabla 29

Características del inversor bidireccional

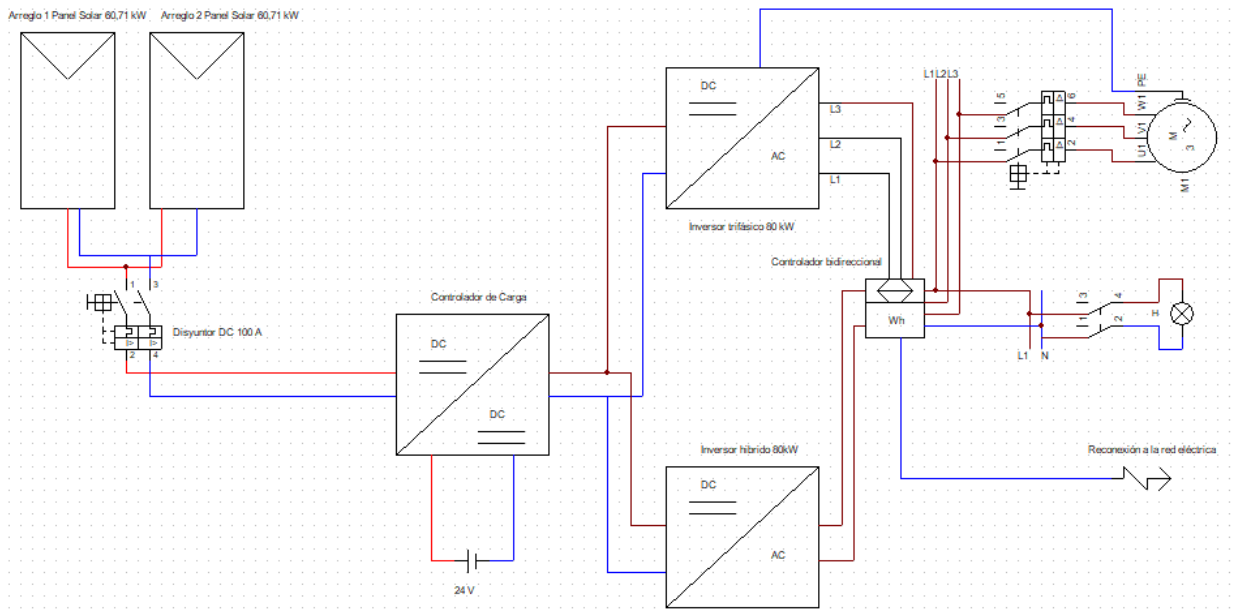
Parámetro	Detalle	Unidad
Fabricante	DEYE	-
Referencia del modelo	SUN-80K- SG02HP3-EU-EM6	-
Durabilidad	25	Años
Capacidad	80	kW
Rendimiento	97,6%	%
Voltaje de entrada	200-1000	V-DC
Voltaje máximo de entrada	1100	V-DC
Voltaje de salida AC	230/400	V AC
Corriente máxima de entrada	80	A
Corriente máxima de salida	127,5	A

Esquema de respaldo del sistema fotovoltaico

Con el fin de visualizar de manera clara la forma en cómo esto implicará la conexión de la fuente fotovoltaico, se propone un esquema representativo que permite identificar cada sección y los componentes que integrarán el diseño.

Figura 23

Esquema de conexión de la fuente de respaldo



Nota: Realizado por el autor, mediante el software Cade Simu

El sistema de respaldo ocuparía un área aproximada de 723 m², lo que podría corresponder a una distribución de 30 m × 24,1 m, o viceversa, dependiendo de la organización final del espacio. Este cálculo fue desarrollado en conjunto con el personal operativo de la empresa, tomando como referencia las dimensiones físicas de los componentes y una disposición estimada de los mismos. Aunque aún no se ha definido el lugar exacto dentro de las instalaciones donde se ubicará el sistema, se han considerado estrategias de optimización espacial, como la implementación de racks

metálicos de tres niveles para el almacenamiento del banco de baterías, entre otras medidas que permitirán aprovechar eficientemente el área disponible.

Tabla 30

Cuadro resumen de los componentes del sistema

Componentes	Descripción	Características
Paneles	N° de paneles	140
	N° conectados en serie	14
	N° conectados en paralelo	5
	Voltaje de arreglo	581 V
	Corriente de arreglo	54,25 A
	Potencia del arreglo	63,03 kW
Baterías	Capacidad del banco	60992 A-h
	N° de baterías	488
	N° conectadas en serie	2
	N° en paralelo	244
	Corriente de carga y descarga máxima	6100 A y 6777 A
Conductores	Conductor del panel	N° 2 AWG
	Conductor del inversor	N° 000 AWG
	Conductor de la acometida	N° 000 AWG
	Conductor de las baterías	No se necesita
Canalizaciones	Tuberías del panel	d= 303,24 mm ² , tubería de 1 1/4"
	Tuberías del inversor	d= 1099,35 mm ² , tubería de 2 1/2"
	Tuberías de la acometida	No se requiere
Protecciones	Disyuntor DC para paneles	100 A
	Disyuntor DC para el inversor	No se requiere
	Disyuntor AC para la acometida	200 A
	Disyuntor AC para las baterías	No se requiere
Inversor	Inversor de carga	80 kW

Aspectos del sistema fotovoltaico propuesto

Los conjuntos que integran el diseño están compuestos por 140 paneles en total, proporcionando una potencia de 63,03 kW cada uno, lo que resulta en una capacidad total de 126,06 kW para el sistema. Según la información obtenida sobre la irradiación global en la zona, el valor de horas solares pico (HSP) es de 4,79.

Ecuación 36: Fórmula de la energía necesaria diaria

$$E_{Fvdiaria} = HSP * P_A \quad (36)$$

Donde:

HSP = Es la hora solar pico

P_A = Es la potencia producida por los arreglos de los paneles solares

$$E_{Fvdiaria} = 4,79h * 126,06 kW$$

$$E_{Fvdiaria} = 603,82 kW - h$$

A partir de esta información, se estima la energía que se generaría diariamente, considerando un rendimiento total del 75%.

Tabla 31

Rendimiento del sistema

Mes	Energía diaria generada (kW-h)	Rendimiento global %	Energía diaria estimada (kW-h)	Días	Energía mensual estimada (kW-h)
Enero	603,82	75%	452,87	31	14038,8
Febrero	603,82	75%	452,87	29	13133,0
Marzo	603,82	75%	452,87	31	14038,8
Abril	603,82	75%	452,87	30	13585,9
Mayo	603,82	75%	452,87	31	14038,8
Junio	603,82	75%	452,87	30	13585,9
Julio	603,82	75%	452,87	31	14038,8
Agosto	603,82	75%	452,87	31	14038,8
Septiembre	603,82	75%	452,87	30	13585,9
Octubre	603,82	75%	452,87	31	14038,8
Noviembre	603,82	75%	452,87	30	13585,9
Diciembre	603,82	75%	452,87	31	14038,8
Total					165748,5

Se indica los resultados del cálculo de la energía de mes a mes proyectada, obtenida al multiplicar la estimación de energía generada por día por el número de días correspondientes a cada mes del año.

Durante el desarrollo del proyecto se hizo la elaboración de un mecanismo de respaldo sustentado en energía solar fotovoltaica. La operatividad del sistema se basa en la captación de radiación solar, la cual es transformada en energía eléctrica. No obstante, dado que la electricidad generada por los paneles es de corriente continua (DC), se requiere el uso de un inversor trifásico que permita convertirla en corriente alterna (AC), lo cual es conveniente para alimentar las áreas previamente definidas dentro de la empresa. Además, la energía obtenida puede ser almacenada en un banco de baterías, lo cual resulta indispensable para responder el suministro eléctrico en lapsos de baja radiación solar, durante la noche o ante eventuales cortes del servicio eléctrico, como los que han ocurrido en el país recientemente. En este sentido, resulta crucial calcular correctamente la capacidad del banco de baterías es para que pueda abastecer la potencia energética en dichas circunstancias.

Selección del transformador eléctrico

Como se indicó previamente, la empresa utiliza un transformador compartido; por ello, se procedió a calcular el transformador más adecuado para la organización, considerando los factores técnicos pertinentes para ofrecer una solución complementaria.

Ecuación 37: Fórmula seleccionar el transformador eléctrico

$$T_e = P_t * \text{Factor de seguridad} \quad (37)$$

Donde:

Potencia total instalada: 112,25 kVA

Factor de seguridad: 20%

$$T_e = 112,25 * 1,2$$

$$T_e = 134,7 = 135 \text{ kVA}$$

Se seleccionó el transformador trifásico de 150 kVA como la opción inmediatamente superior en capacidad, conforme a los requerimientos del sistema. Esta elección se realizó bajo los

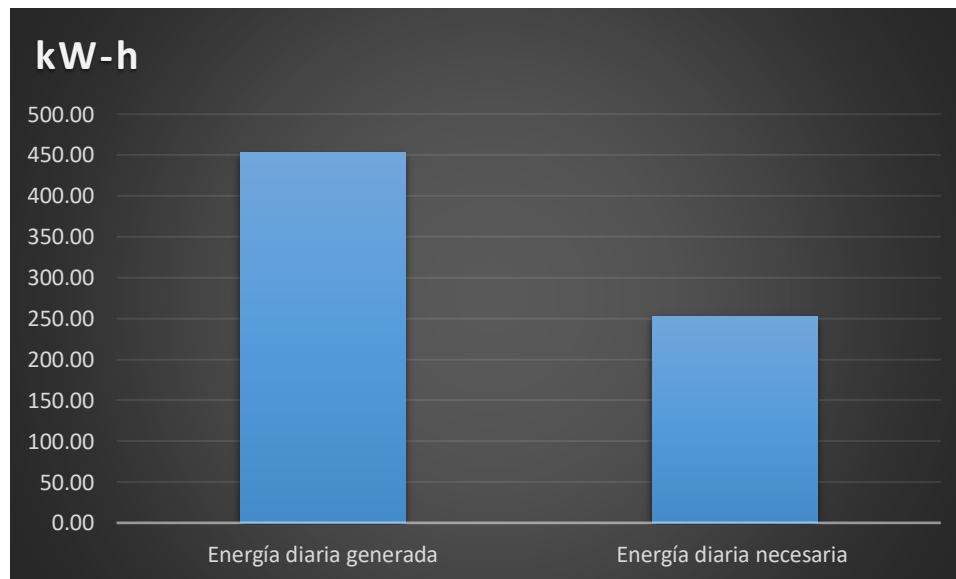
lineamientos establecidos en la norma INEN 141, respondiendo el cumplimiento de los criterios técnicos y de seguridad aplicables (RTE INEN 141, 2014).

Resultados esperados

Con la propuesta del mecanismo de respaldo, se busca garantizar un suministro eléctrico ininterrumpido, permitiendo que la instalación pueda autoabastecerse y mantener en funcionamiento las áreas críticas previamente seleccionadas. Esta solución ofrecería autonomía energética durante la jornada laboral, así como una capacidad de almacenamiento suficiente para alimentar la planta por un período de hasta 9 horas ante cualquier eventualidad externa a la fuente principal. Además, al optar por una alternativa energía limpia en lugar de una fuente de generación basado en grupos electrógenos, la empresa contribuye significativamente a la reducción del impacto ambiental.

Figura 24

Relación de la energía generada con la necesaria



Como se aprecia en la figura, la energía producida diariamente por la fuente de respaldo fotovoltaico alcanza un valor de 452,87 kW-h, el cual supera ampliamente la demanda energética de 252,01 kW-h requerida por las áreas críticas para su correcto funcionamiento. Por lo tanto, se concluye que el sistema garantiza una cobertura del 100% de la demanda de dichas áreas, asegurando su operatividad continua.

Análisis de energía proporcionada por el mecanismo solar

A través de los valores de energía suministrada, se define el aprovechamiento de la opción de respaldo, estableciendo un vínculo entre la energía extra entregada y la energía final generada, tal como se presenta en la siguiente fórmula:

Ecuación 38: Fórmula para calcular el aprovechamiento

$$Aprovechamiento = \left(1 - \frac{\text{Energía extra}}{\text{Energía generada}}\right) * 100 \quad (38)$$

Donde:

Aprovechamiento = Es el porcentaje de captación de la energía producida

Energía extra = Es aquella diferencia de la energía producida y la energía consumida

Energía generada = Es la energía brindada por el sistema fotovoltaico

Durante el período de junio, se registró un consumo estimado de 18,666 kW-h. No obstante, dado que el sistema de respaldo está diseñado netamente para abastecer las áreas críticas, se procederá a descontar del consumo total la energía destinada a estas zonas ya que son el 50% de la demanda, con el fin de obtener un cálculo más exacto.

$$Aprovechamiento = \left(1 - \frac{(9333kW - h)}{13522kW - h}\right) * 100$$

$$Aprovechamiento = 71\%$$

De esta manera se llevó a cabo el cálculo del porcentaje de aprovechamiento energético, cuyos resultados se detallan en la tabla a continuación. En ella se puede visualizar la relación que hay entre la energía generada por el mecanismo de energía solar y la energía efectivamente utilizada, lo cual permite evaluar el grado de eficiencia en el uso de dicha fuente renovable.

Tabla 32*Aprovechamiento del sistema en las áreas críticas*

Mes	Energía mensual estimada (kW-h)	Energía necesaria (kW-h)	Energía extra	Aprovechamiento
Enero	14038,8	7905	6133,8	56%
Febrero	13133,08	7726,5	5406,5	59%
Marzo	14038,8	7344	6694,8	52%
Abril	13585,9	6349	7236,9	47%
Mayo	14038,8	7599	6439,8	54%
Junio	13585,9	9333	4254,9	69%
Julio	14038,8	8023	6015,8	57%
Agosto	14038,8	7436	6602,8	53%
Septiembre	13585,9	6364,8	7221,1	47%
Octubre	14038,8	6215,57	7823,2	44%
Noviembre	13585,9	5206,28	8379,6	38%
Diciembre	14038,8	6056,76	7982,0	43%
Total	165748,5	85558,91	80189,68	52%

Se observa que el sistema fotovoltaico presenta un nivel de aprovechamiento energético superior al 50% de su generación total. Si bien este porcentaje refleja un uso significativo, no puede considerarse completamente eficiente. Con base en el análisis previamente desarrollado, es posible evaluar distintas alternativas para optimizar el uso del excedente energético. Entre las opciones disponibles, la más factible corresponde a lo establecido en la Normativa de Sistemas de Generación Distribuida para Autoabastecimiento, emitida por la ARCERNNR, la cual proporciona un marco técnico y legal para canalizar esta energía sobrante de manera efectiva.

La normativa establece los lineamientos técnicos y operativos para la instalación del Sistema de Generación Distribuida para Autoabastecimiento (SGDA), incluyendo la clasificación de cinco modalidades distintas, aplicables tanto para esquemas de autoabastecimiento local como remoto.

- **Modalidad 1a – Autoabastecimiento individual local:** Se refiere a casos en los que un único consumidor utiliza un sistema de generación ubicado en el mismo

sitio donde se realiza el consumo. Es una solución directa, donde no se requiere infraestructura adicional para transporte de energía.

- **Modalidad 1b – Autoabastecimiento múltiple local:** En esta modalidad, varios usuarios comparten un mismo sistema de generación, y todos se encuentran dentro del mismo predio o espacio físico. La energía generada se distribuye localmente entre los consumidores involucrados.
- **Modalidad 2a – Autoabastecimiento individual a distancia:** Esta categoría aplica cuando el sistema de generación y el consumidor se encuentran en lugares distintos. La energía se transporta desde el punto de generación hacia el sitio de consumo mediante la red de distribución.
- **Modalidad 2b – Autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores agrupados en una misma ubicación:** En este caso, el sistema de generación está separado físicamente de los puntos de consumo, pero todos los consumidores están ubicados en un mismo lugar. La energía generada es enviada desde una ubicación remota a un punto de consumo compartido.
- **Modalidad 2c – Autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores separados:** Esta modalidad contempla escenarios donde tanto el sistema de generación como los consumidores se encuentran en ubicaciones distintas, y además los usuarios están distribuidos en diferentes lugares. Requiere una coordinación más compleja para el suministro de energía a múltiples puntos.

De acuerdo con las modalidades descritas previamente, se concluye que el contexto analizado se posiciona dentro de la **modalidad 1a**, la cual establece que tanto el Sistema de Generación Distribuida para el Autoabastecimiento (SGDA) como el usuario final deben encontrarse en el mismo lugar físico. Tal como lo señala la ARCERNNR (2024) los usuarios que operen bajo esta modalidad tienen la opción, aunque no la obligación de inyectar los extras de energía generada hacia la red pública de distribución eléctrica.

Asimismo, la normativa establece un método específico para calcular la energía neta total en los casos en que los consumidores decidan inyectar parte de la energía generada hacia la red de distribución. Este procedimiento se refleja en la ecuación que se muestra a continuación:

Ecuación 39: Fórmula para calcular la energía neta

$$E_{neta} = E_{red} - E_{inyectada} \quad (39)$$

Donde:

Ered= Es la energía extraída de la red central de suministro

Einyectada = Corresponde a la energía del Sistema de Generación Distribuida Autónoma (SGDA) entrega o transfiere hacia la red eléctrica.

Para llevar a cabo los cálculos correspondientes, se requiere utilizar los mismos registros de consumo mensual, así como estimar el rango de aprovechamiento de la energía producida a través del sistema fotovoltaico. Dicho esto, los análisis se efectuarán considerando ambos escenarios previamente descritos.

Tabla 33

Energía neta

Mes	Energía mensual estimada (kW-h)	Energía necesaria (kW-h)	Energía extra	Energía neta (kW-h)
Enero	14038,8	7905	6133,8	1771,1
Febrero	13133,08	7726,5	5406,5	2319,9
Marzo	14038,8	7344	6694,8	649,1
Abril	13585,9	6349	7236,9	-887,9
Mayo	14038,8	7599	6439,8	1159,1
Junio	13585,9	9333	4252,9	5080,0
Julio	14038,8	8023	6015,8	2007
Agosto	14038,8	7436	6602,8	833,1
Septiembre	13585,9	6364,8	7221,1	-856,3
Octubre	14038,8	6215,57	7823,2	-1607,6
Noviembre	13585,9	5206,28	8379,6	-3173,3
Diciembre	14038,8	6056,76	7982,0	-1925,2
Total	165748,5	85558,91	80189,68	5369,2

Se visualiza en el transcurso de los meses de abril, septiembre, octubre, noviembre y diciembre los valores registrados son negativos. De acuerdo con lo establecido por la ARCERNNR (2024), cuando la energía total neta del mes es igual o menor a cero, la empresa distribuidora correspondiente a la red principal emite una factura con un valor de cero para esos periodos. Además, se genera un crédito energético a favor del cliente.

Esta normativa, establecida por el organismo regulador, ofrece una solución para gestionar el excedente de energía producido por el sistema fotovoltaico, lo que representa un beneficio adicional para la empresa. Al cumplir con dicha regulación, la empresa no solo obtiene ventajas económicas, sino que también fortalece su imagen ambiental ante sus clientes.

Cronograma de actividades

En la ejecución de esta propuesta se organiza en tres etapas, con el objetivo de distribuir de manera ordenada y lógica todas las actividades, respetando los tiempos estimados para cada una. A continuación, se describen detalladamente cada fase y sus respectivas tareas:

Fase 1: Inducción y adquisición de componentes

Para iniciar el proyecto, se conforma un equipo multidisciplinario que se encargará de revisar y analizar los aspectos fundamentales de la propuesta. En esta fase se explican claramente los objetivos, alcance, la factibilidad y beneficios esperados del sistema. Este grupo será responsable de aprobar la ejecución del proyecto. Se supone un periodo de 8 días para cubrir la formación, a través de la inducción y el análisis inicial. Una vez aprobado, se procede a la compra de los componentes necesarios, proporcionado que se contemplen con las características técnicas previamente determinadas. Simultáneamente, se coordina la logística para lo que sería el transporte y almacenamiento adecuado de los materiales en el lugar de instalación. El proceso tomará aproximadamente 25 días, incluyendo la adquisición y traslado de los equipos.

Fase 2: Instalación y puesta en funcionamiento

En esta etapa, técnicos especializados realizarán la instalación física de los elementos del sistema fotovoltaico, incluyendo los módulos solares, inversores y demás dispositivos. También se efectuarán adecuaciones estructurales, el montaje de los módulos, la conexión eléctrica y su incorporación con la red existente, lo cual tiene una duración estimada de 45 días. Una vez terminada la instalación, se realizará pruebas detalladas para asegurar que el sistema opere correctamente. Estas pruebas incluirán la evaluación del rendimiento, la verificación de la instalación y los ajustes necesarios para optimizar su funcionamiento. Esta parte tomará alrededor de 14 días.

Fase 3: Capacitación y entrega del sistema

Esta parte es fundamental brindar formación del personal de la entidad de servicios petroleros sobre el uso, operación y mantenimiento en relación del mecanismo fotovoltaico. Esta fase garantiza al personal de trabajo pueda gestionar adecuadamente el sistema una vez en funcionamiento. Se estima un plazo de 21 días para cubrir tanto la preparación como la ejecución de las sesiones teóricas y prácticas.

Finalmente, se procederá a la entrega oficial de lo que sería el proyecto, incluyendo toda la información técnica, los manuales de operación, los planos eléctricos y los certificados de garantía de los equipos instalados. Esta actividad se completará en un solo día. En la **Figura 25** se presenta una visión clara de los intervalos de tiempo asignados a cada fase del proyecto, junto con las actividades correspondientes, la orden de ejecución y el lapso estimado de cada una:

Figura 25

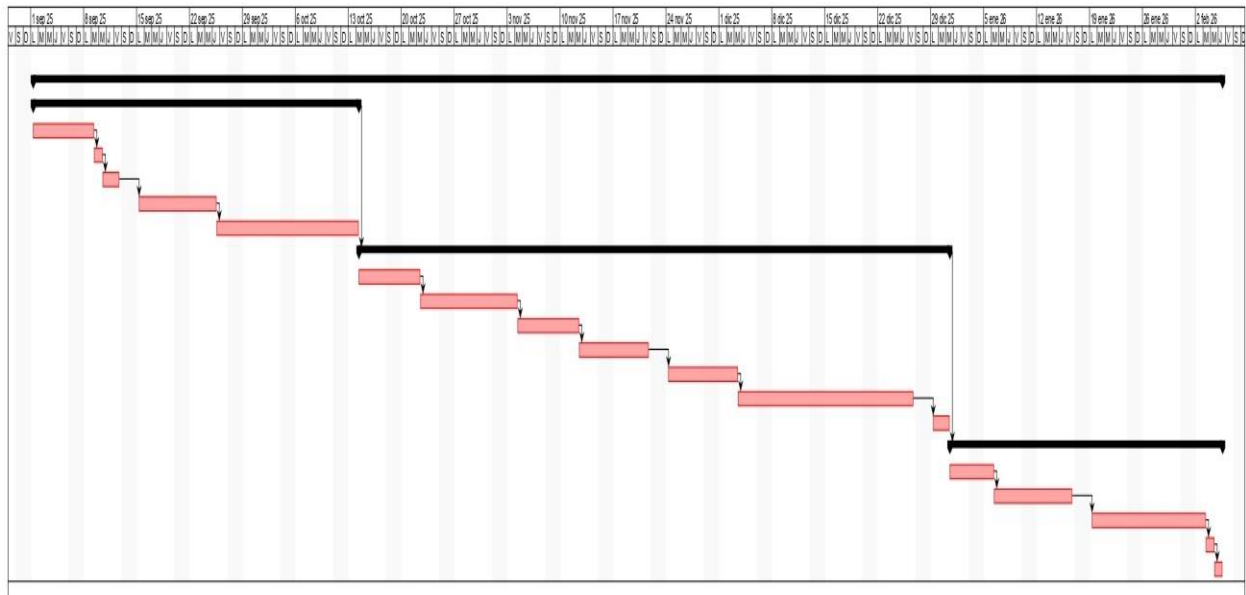
Cronograma de actividades

Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Predecesores
☐ Implementación de la propuesta	91 days	01/09/25 8:00	05/02/26 15:00	
☐ Fase: 1 Inducción y adquisición de componentes	25 days	01/09/25 8:00	14/10/25 10:00	
Preparación de la inducción	5 days	01/09/25 8:00	09/09/25 10:00	
Presentación de la inducción	1 day	09/09/25 10:00	10/09/25 13:00	3
Análisis del proyecto	2 days	10/09/25 13:00	12/09/25 17:00	4
Comprar los componentes seleccionados	7 days	15/09/25 8:00	25/09/25 15:00	5
Logística de transporte y almacenamiento	10 days	25/09/25 15:00	14/10/25 10:00	6
☐ Fase 2: Instalación y puesta en marcha	45 days	14/10/25 10:00	31/12/25 13:00	2
Evaluar orientación e inclinación en el lugar	5 days	14/10/25 10:00	22/10/25 13:00	
Adecuación estructural	7 days	22/10/25 13:00	04/11/25 10:00	9
Montaje de paneles	5 days	04/11/25 10:00	12/11/25 13:00	10
Instalación eléctrica	6 days	12/11/25 13:00	21/11/25 17:00	11
Integración con la red existente	6 days	24/11/25 8:00	03/12/25 13:00	12
Pruebas al funcionamiento del sistema	14 days	03/12/25 13:00	26/12/25 17:00	13
Ajustes finales de rendimiento	2 days	29/12/25 8:00	31/12/25 13:00	14
☐ Fase 3: Capacitación y entrega del sistema	21 days	31/12/25 13:00	05/02/26 15:00	8
Preparación de la presentación para la capacitación	3 days	31/12/25 13:00	06/01/26 10:00	
Capacitación teórica al personal	7 days	06/01/26 10:00	16/01/26 17:00	17
Capacitación práctica al personal	9 days	19/01/26 8:00	03/02/26 10:00	18
Revisión de aprendizaje del personal	1 day	03/02/26 10:00	04/02/26 13:00	19
Entrega formal del proyecto	1 day	04/02/26 13:00	05/02/26 15:00	20

Nota: Elaborado por el investigador en Project libre

Figura 26

Diagrama de Gantt



Nota: Elaborado por el investigador en Project libre

Se plantea como fecha tentativa de inicio del proyecto el 01 de septiembre del 2025; no obstante, la determinación final quedará a criterio de la alta dirección. Tomando en cuenta esta consideración, se calcula que la ejecución del proyecto tomará aproximadamente 91 días laborables, lo que equivale a cerca de tres meses. En caso de iniciarse en la fecha propuesta, se prevé que la conclusión del proyecto ocurra el 26 de noviembre de 2025.

Cálculo de los Costos para el Desarrollo del Proyecto Sostenible

Para ejecutar la instalación del sistema de producción fotovoltaica, es indispensable elaborar un estudio financiero minucioso que contemple todos los gastos asociados al proyecto. Esto incluye la consideración de los materiales requeridos, equipos, costos de transporte, mano de obra, instalación, y otros elementos adicionales que puedan surgir.


Gastos en materiales y equipos

Con el fin de estimar con precisión el costo de materiales y equipos requeridos para el funcionamiento óptimo de la fuente, es necesario solicitar cotizaciones actualizadas a proveedores

confiables. Esto permitirá obtener valores de mercado vigentes y, en consecuencia, definir de forma realista el presupuesto total del proyecto.

Figura 27

Costos de la distribuidora


COTIZACIÓN

¿Quiénes somos?

Somos una empresa especializada en el uso eficiente de la energía y apoyamos la utilización racional de la misma mediante energías renovables

Nuestra Promesa

Lo hacemos posible, asequible, sencillo, con experiencia y profesionalismo.

Cliente: Rene Vargas
Fecha: 02/09/2025
Email: ambiente@orientoil.com.ec
Celular: 0960267273

Validez: 15 días
Dirección: Juan Cruz Valle y Panamericana Norte

CANTIDAD	DETALLE	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
140	Panel Solar Jinko 465 W	\$ 184,24	\$ 25.793,60
140	Estructuras para paneles	\$ 64,80	\$ 9.072,00
488	Baterias Shoto 200Ah 12V	\$ 388,00	\$ 189.344,00
1	Inversor Huawei 80kW trifásico 220V	\$ 5.390,87	\$ 5.390,87
120	Cable de Cu TTu 2 AWG	\$ 4,50	\$ 540,00
110	Cable de Cu TTu 000 AWG	\$ 11,75	\$ 1.292,50
130	Manguera corrugada de 1 1/4"	\$ 3,50	\$ 455,00
125	Manguera corrugada de 2 1/2"	\$ 2,25	\$ 281,25
2	Disyuntor de corriente DC 100 A	\$ 85,00	\$ 170,00
1	Disyuntor de corriente AC 200 A	\$ 132,00	\$ 132,00
	Servicio de transporte	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
		SUB TOTAL	\$ 206.100,54
		IVA	\$ 36.370,68
		PVP TOTAL	\$ 242.471,22

Gastos por concepto de mano de obra

Para estimar el monto correspondiente al pago del personal involucrado en el proyecto, se tomará como base la tabla de salarios sectoriales mínimos y tarifas vigentes para el año 2025. Esta información permitirá conocer el sueldo mínimo establecido por la normativa actual para cada puesto ocupacional. A partir de estos valores de referencia, se calculará la remuneración total que se deberá entregar a cada trabajador durante los cuatro meses que se prevé dure el proceso de instalación, asumiendo que las jornadas laborales se desarrollarán conforme a lo estipulado por la legislación vigente. Con este enfoque, será posible identificar los distintos cargos que participarán en cada una de las etapas del proyecto. Esto facilitará el cálculo del salario global por colaborador, considerando todos los rubros que deben ser pagados, tal como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 34*Análisis de costos de mano de obra*

Cargo	Sueldo mínimo (2025)	Sueldo total (Mensual)	Costo por Hora	Costo por día
Director de generación	\$ 489,58	\$ 2.000,00	\$ 11,11	\$ 99,99
Auxiliar de generación	\$ 470,00	\$ 502,31	\$ 2,79	\$ 25,11
Técnico en sistema FV	\$ 488,50	\$ 662,00	\$ 4,14	\$ 37,26
Soldador	\$ 586,00	\$ 600,00	\$ 3,68	\$ 33,12
Electricista	\$ 488,50	\$ 550,00	\$ 3,06	\$ 27,54
Mano de obra no calificada	\$ 470,00	\$ 470,00	\$ 2,61	\$ 23,49
Total	\$ 3.475,97	\$ 4.784,31	\$ 31,28	\$ 281,52

Nota: Elaborado por el investigador, obtenido de Ministerio del trabajo (2025)

El costo total de mes a mes de la mano de obra es de \$4,784.31. Sin embargo, dado que no todos los trabajadores participan el mismo tiempo durante la instalación, se calculó el costo correspondiente a cada fase del proceso, teniendo en cuenta el tiempo específico requerido para su ejecución que fue proyectado en la **Tabla 34**.

Tabla 35

Costos asociados por etapas

Tarea	Duración (Días)	Recursos	Categoría	Costo
Implementación de la propuesta				\$242.471,22
Etapas 1: Inducción y adquisición de los elementos				
Desarrollo de la inducción	5	Encargado de realizar la inducción Computadora	Humano y Material	-
Inducción al personal	4 horas	Director de generación Auxiliar de generación Encargado de presentar Computadora Proyector	Humano y Material	\$ 125,10
Evaluación y revisión técnica del proyecto	2	Director de generación Auxiliar de generación		\$ 125,10
Adquisición de los elementos definidos	7			\$242.471,22
Total				\$ 250,20
Etapas 2: Instalación y puesta en funcionamiento				
Evaluación del ángulo y ubicación del sitio	5	Técnico fotovoltaico		\$ 186,30
Adaptación de la infraestructura	7	2 personas de mano de obra no calificada Soldador		\$ 278,82
Montaje de módulos fotovoltaicos	5	Técnico fotovoltaico Mano de obra no calificada Soldador		\$ 226,35
Conexión del sistema eléctrico	6	Técnico fotovoltaico Electricista		\$ 202,50
Vinculación con la red eléctrica existente	6	Técnico fotovoltaico Electricista		\$ 202,50

Verificación operativa del sistema instalado	14	Técnico fotovoltaico	\$ 521,64
Optimización y calibración final del sistema	2	Técnico fotovoltaico Electricista	\$ 92,34
Total			\$ 1.710,45
Etapa 3: Capacitación y entrega del sistema			
Elaboración del material de capacitación	3	Técnico fotovoltaico Computadora Proyector	\$ 111,78
Instrucción teórica dirigida al equipo	7	Encargado del mantenimiento del lugar Técnico fotovoltaico	\$ 260,82
Entrenamiento práctico del equipo de trabajo	9	Encargado del mantenimiento del lugar Técnico fotovoltaico	\$ 335,34
Evaluación del nivel de comprensión del personal	1	Encargado del mantenimiento del lugar Técnico fotovoltaico	\$ 37,26
Formalización y cierre del proyecto entregado	1	Encargado del proyecto	-
Total			\$ 745,20

De acuerdo con la información mostrada en la **Tabla 35**, se establece el costo total correspondiente a la etapa 1 asciende a \$242.721,20, debido al alto valor de los equipos y materiales requeridos para establecer el sistema de respaldo con tecnología fotovoltaica. En la etapa 2, se prevé una inversión de \$1.710,45, que incluye la instalación completa del sistema y los ajustes técnicos requeridos para maximizar su eficiencia. Finalmente, la etapa 3 contempla un gasto de \$745,30, destinado a la capacitación del personal responsable de operar el sistema. Por lo tanto, el valor total de inversión proyectado para la propuesta es de aproximadamente \$245.176,95.

Para llevar a cabo la evaluación del proyecto y determinar su viabilidad para la empresa en el momento de su implementación, se sigue el siguiente procedimiento:

Tabla 36*Beneficios por el sistema*

Beneficios Económicos		
Beneficio	Descripción	Valor Anual (\$)
1. Costo por alquiler y encendido de generador (egreso)	Generador 250 kVA (FG-WILSON PS249-3), tiene un costo de alquiler de 40\$ y consume alrededor de 9 gal/h, son 356 horas de corte lo que sería \$14240, lo que se traduce como 3897gal/año, el precio del diésel en Ecuador un valor promedio es de \$1.80/gal., representaría un costo de \$5767,2	\$20.007,20
2. Eficiencia operativa	Se evita retrasos y pérdidas de despacho por la pre inspección que se realiza antes de salir debido a la interrupción eléctrica	\$1.250,00
3. Ahorro por consumo eléctrico	Por la implementación de respaldo	\$12.016,20
Total		\$33.273,40

Se determinó mediante el cálculo de los beneficios que la empresa obtendría al implementar la propuesta. Para ello, se utilizó información correspondiente al año 2024, ya que durante ese periodo se produjo una crisis energética a nivel nacional, lo que obligó a la empresa a asumir costos adicionales para mantener su operatividad.

Tabla 37*Costos por el sistema*

Egresos económicos		
Costos por mantenimiento	En este caso por el mantenimiento al sistema fotovoltaico	\$5.300,00
Egresos por encendido del generador	El generador que cuenta la empresa consume 1,85 gal/h como fueron 433 horas en el año 2024, 801,05 gal/año multiplicando por el precio del diésel 1441,89	\$1.441,89
Total		\$6.741,89

Una vez determinada la inversión total del proyecto, incluyendo los gastos de mano de obra, se procede a calcular el tiempo de retorno con el objetivo de que la empresa tenga una visión clara del período necesario para recuperar el capital invertido. Este indicador permite estimar en cuántos años se podrá recuperar la inversión inicial a partir de los movimientos netos generados por el proyecto. El cálculo del retorno de la inversión se realiza mediante la relación entre la inversión total y los ingresos netos anuales esperados.

$$\frac{26.531,51}{245.176,95} = 9,24 \text{ años}$$

Asimismo, se consideraron los costos operativos del sistema para calcular el valor neto anual estimado que la empresa tendría al implementar la propuesta. Se aplicará la metodología del Valor Actual Neto (VAN) como primer paso, utilizando una tasa de interés del 10%. Teniendo en cuenta que el sistema cuenta una vida útil de 30 años, se calculará el flujo neto, que pertenece a la diferencia de los ingresos y los egresos.

Ecuación 40: Fórmula para calcular el VAN

$$VAN = -Inversión Inicial + \sum \frac{Flujo Neto}{(1+r)^t} \quad (40)$$

$$VAN = -\$ 245.176,95 + \frac{\$ 26.531,51}{(1+10\%)^1}$$

Para un VAN de 30 años el resultado es de:

$$VAN = \$ 4933,33$$

Dado que el Valor Actual Neto (VAN) obtenido es mayor a cero, se concluye que el proyecto es económicamente viable. Para reforzar esta conclusión, también se aplicó la Tasa Interna de Retorno (TIR) como método complementario de evaluación.

Ecuación 41: Fórmula para calcular la TIR

$$0 = -I + \sum \frac{F_t}{(1+TIR)^t} \quad (41)$$

Como resultado:

$$TIR = 10.24\%$$

La Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenida es superior al 10% de la tasa de interés utilizada como referencia, lo que indica que el proyecto es viable para la organización. Además, se estima que en un plazo de 10 años se recuperará la inversión inicial y, a partir de ese momento, comenzarán a generarse ganancias.

CAPÍTULO IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se realiza el levantamiento de carga dentro de la organización arrojando un valor total de potencia activa (monofásica y trifásica) 90,021 kW, y 67,506 kVAR de potencia reactiva respectivamente ver **Anexo 6**. La potencia activa y reactiva correspondiente a las áreas críticas asciende a 56,926 kW y 42,695 kVAR ver **Anexo 7**.

Se utiliza la matriz de Holmes con la finalidad de realizar la selección más adecuada de una fuente renovable de energía, arrojando como resultado la fuente integrada por paneles solares fotovoltaicos, pues la misma presenta un valor correspondiente a 0,39%, siendo la de mayor magnitud en relación con las fuentes comparadas, tales como: la eólica, biomasa, hidroeléctrica y geotérmica.

La propuesta basada en paneles solares fotovoltaicos presenta los siguientes aspectos más relevantes en su diseño, tales como: 140 paneles, de los cuales 14 se conectan en serie y 5 en paralelo. La potencia total del arreglo corresponde a 126,03 kW, con una autonomía de 9 horas. Posee un banco de baterías conformado por 488 unidades, de las cuales interconectadas en paralelo 244 y 2 en serie. Permitiendo de esta forma garantizar toda la energía necesaria por parte de las áreas críticas durante toda la jornada laboral ver **Tabla 30**.

Recomendaciones

Es importante para la organización contar con un levantamiento de carga actualizado para lo cual es recomendable cargar los datos del levantamiento actual en Excel, que permita realizar todas las actualizaciones requeridas, ya sea por incremento o decremento de equipamiento.

La organización debería tomar en cuenta la propuesta de paneles solares fotovoltaicos pues la misma resulta la más conveniente desde el punto vista técnico y económico, con la finalidad de garantizar un respaldo energético y fiabilidad en el suministro eléctrico.

Se considera de suma importancia que la organización valore la ejecución de la propuesta, le permitirá contar con una fuente de respaldo energético, redundando en una atención adecuada a los clientes, reducción de pérdidas económicas, en caso de fallar la red eléctrica nacional para el suministro de energía.

Bibliografía

- Amador, E. (1985). Obtenido de file:///C:/Users/Mario%20Sebastian/Downloads/Ejercicios%20Resueltos.%20Electrotecnia%20B%C3%A1sica..pdf
- ARCERNNR. (2024). Obtenido de <https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/12/Regulacion-No.-ARCONEL-008-24-signed.pdf>
- Cenace. (2023). Recuperado el 09 de 04 de 2025, de <https://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/04/Parte-1-Informe-Anual-CENACE-2023.pdf>
- CONELEC. (2011). Obtenido de https://wind-works.org/wp-content/uploads/2022/12/CONELEC_004-11_ERNC.pdf
- Chapi D. (2024). Recuperado el 21 de 04 de 2025, de file:///C:/Users/Mario%20Sebastian/Downloads/Tesis.%20David%20Chapi-1.pdf
- Ember. (2024). Recuperado el 8 de Abril de 2025, de https://ember-energy.org/app/uploads/2024/05/ES_Global-Electricity-Review-2024.pdf
- Ember. (2025). Recuperado el 09 de 04 de 2025, de <https://ember-energy.org/app/uploads/2025/04/ES-2025-Executive-Summary-FINAL.pdf>
- Global Solar Atlas. (2025). Obtenido de <https://globalsolaratlas.info/detail?c=-0.3598,-76.955109,11&s=-0.330275,-76.878204&m=site>
- Google Maps. (2025). Obtenido de https://www.google.com/maps/place/ORIENTOIL+S.A/@-0.325604,-76.8816109,767m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x91d7bf8a6a7fece5:0x8949b9622f83f603!8m2!3d-0.3256094!4d-76.879036!16s%2Fg%2F11fjytn7d_?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDYyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Guevara, A. (2021). Obtenido de file:///C:/Users/Mario%20Sebastian/Downloads/CD%2011220.pdf

International Energy Agency. (2022). Obtenido de <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ada7af90-e280-46c4-a577-df2e4fb44254/Renewables2022.pdf>

Alvarado J. (2018). Obtenido de https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf

LowCarbonPower. (2024). Recuperado el 10 de 04 de 2025, de <https://lowcarbonpower.org/es/region/Ecuador>

MacDonald, P. (2025). Recuperado el 09 de 04 de 2025, de Ember: <https://ember-energy.org/app/uploads/2025/04/ES-2025-Executive-Summary-FINAL.pdf>

Macias, R. (2018). Obtenido de <file:///C:/Users/Mario%20Sebastian/Downloads/Tesis.%20Rayd%20Jair%20Macias%20Andrade..pdf>

Ministerio del trabajo. (2025). Obtenido de <https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2024/12/Salarios-Minimos-Sectoriales-y-Tarifas-2025.pdf>

Naciones Unidas. (2015). Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

pepeenergy. (2024). Obtenido de <https://www.pepeenergy.com/blog/glosario/definicion-potencia-electrica/>

PVGIS. (2025). Obtenido de file:///C:/Users/Mario%20Sebastian/Downloads/SOLAR_PROJECT-SIMULACI%C3%93N_1-01072025-12_35.pdf

Ramón, C. (2024). Obtenido de <file:///C:/Users/Mario%20Sebastian/Downloads/Tesis%20Cristian%20Lenin%20Ram%C3%B3n%20Sisalema.pdf>

RTE INEN 141. (2014). Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-141-1R.pdf>






Saborio, M. (2019). Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/111114/dise%C3%B1o_de_un_sistema_de_respaldo_energ%C3%A9tico_con_celdas_fotovoltaicas_para_la_reducci%C3%B3n_de_la_huella_de_carbono_en_la_planta_hidroel%C3%A9ctrica_Platanar_San%20Carlos_Costa%20Rica.

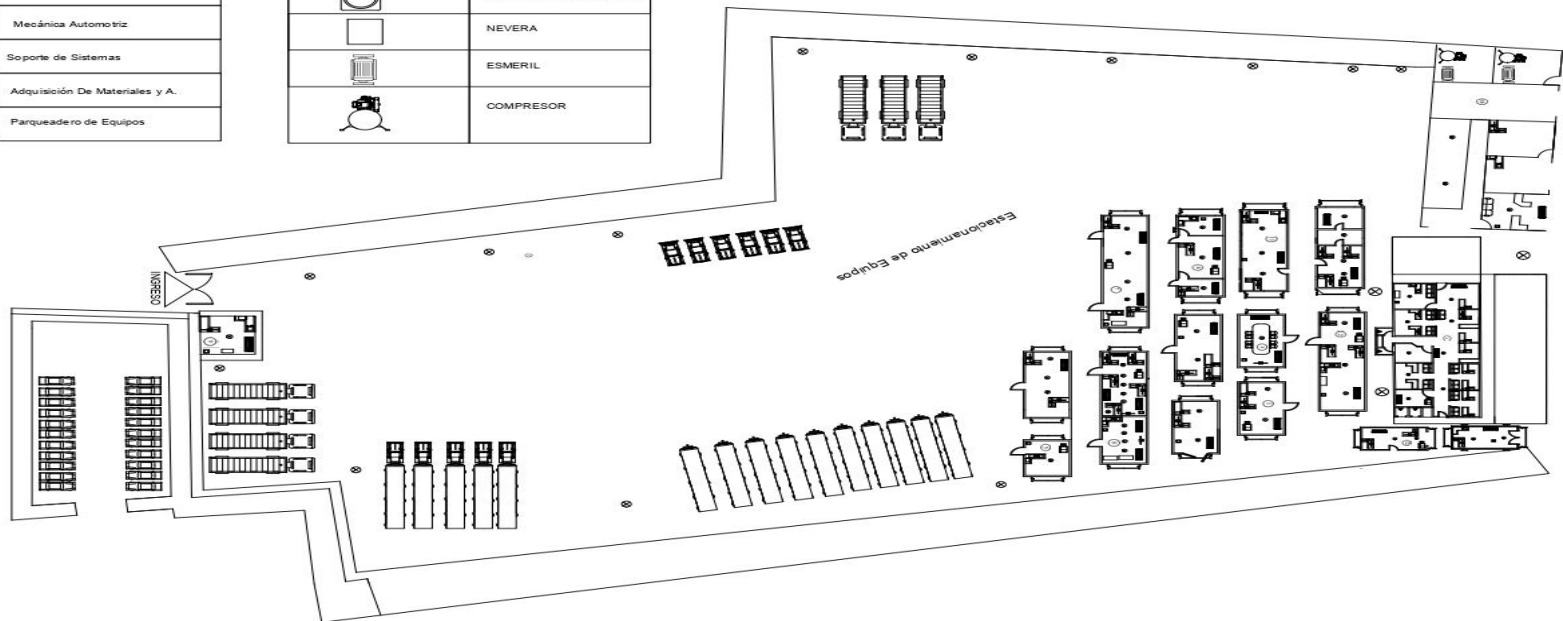
Zambrano, E. (2023). Obtenido de <file:///C:/Users/Mario%20Sebastian/Downloads/Tesis.%20Edison%20Paul%20Zambrano%20Jim%C3%A9nez..pdf>

Anexos

Anexo 1: Layout de las áreas


ÁREAS	
1	Administrativa
2	Seguridad y Salud del Trabajo
3	Talento Humano
4	Sala de Reuniones
5	Contratos
6	Logística
7	Operaciones de Vacuums
8	Operaciones Transporte Pesado
9	Vigilancia
10	Mecánica Automotriz
11	Soporte de Sistemas
12	Adquisición De Materiales y A.
13	Parqueadero de Equipos

SIMBOLOGÍA	
	LUMINARIA
	AIRE ACONDICIONADO
	MONITOR
	CAFETERA
	MICROONDAS
	IMPRESORA
	DISPENSADOR DE AGUA
	NEVERA
	ESMERIL
	COMPRESOR



Link del pdf: https://drive.google.com/file/d/1Gtyeevcn15lrySXyuzUDHPby3W-FzY3A/view?usp=drive_link

Anexo 2: Consumo de energía

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN						
	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	Código: ORT-GAM-FOR-011				
		Fecha de Elab: 20/07/2022				
		Revisión: 00				
		Página: 1 de 1				
Suministro: 30626-6		Código Único Eléctrico Nacional: XXXXXXXXXX				
Nombre del Responsable Ambiental: Yessenia Abril/ Mónica Vallejos						
CUENTA CON UN MEDIDOR: <table style="display: inline-table; border: none;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">SI</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="padding: 0 10px;">NO</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>			SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>			
MES	CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA (Kwh)	RESPALDO				
ENERO	15810	PLANILLAS\1ENERO.pdf				
FEBRERO	15453	PLANILLAS\2FEBRERO.pdf				
MARZO	14688	PLANILLAS\3MABZO.pdf				
ABRIL	12699	PLANILLAS\4ABRIL.pdf				
MAYO	15198	PLANILLAS\5MAYO.pdf				
JUNIO	18666	PLANILLAS\6JUNIO.pdf				
JULIO	16047	PLANILLAS\7JULIO.pdf				
AGOSTO	14872	PLANILLAS\8AGOSTO.pdf				
SEPTIEMBRE	12729,6	PLANILLAS\9SEPTIEMBRE.pdf				
OCTUBRE	1241,14	PLANILLAS\10OCTUBRE.pdf				
NOVIEMBRE	10412,56	PLANILLAS\11NOVIEMBRE.pdf				
DICIEMBRE	12113,52	PLANILLAS\12DICIEMBRE.pdf				
TOTAL Kwh	159929,82					

Anexo 3: Formato de levantamiento de equipos

Área	Equipos	Cantidad	Funciona	No Funciona

Anexo 4: Matriz completa de identificación de equipos

Área	Descripción	Cantidad	Estado	
			F	NF
Administrativa	Aire acondicionado	3	3	-
	Impresora	1	1	-
	Monitor	10	10	-
	CPU	5	5	-
	Nevera	1	1	-
	Dispensador de agua	1	1	-
	Microondas	1	1	-
	Cafetera	1	1	-
	Iluminación (Led)	8	8	-
	Wifi	1	1	-
Seguridad y Salud en el Trabajo	Aire acondicionado	4	4	-
	Monitor	10	10	-
	CPU	5	5	-
	Nevera	1	1	-
	Microondas	2	2	-
	Dispensador de agua	1	1	-
	Impresora	2	2	-
	Iluminación (Led)	7	7	-
	Wifi	1	1	-
	Cafetera	1	1	-
Talento Humano	Aire acondicionado	2	2	-
	Iluminación (Led)	5	5	-
	Dispensador de agua	1	1	-
	Impresora	1	1	-
	Monitor	4	4	-
	CPU	2	2	-
	Microondas	1	1	-
	Cafetera	1	1	-
	Wifi	1	1	-
	Nevera	1	1	-
Sala de Reuniones	Aire acondicionado	2	2	-
	Dispensador de agua	1	1	-
	Iluminación (Led)	4	4	-
	Televisor	1	1	-
	Wifi	1	1	-
Contratos	Aire acondicionado	1	1	-

	CPU	2	2	-	
	Monitor	4	4	-	
	Impresora	1	1	-	
	Dispensador de agua	1	1	-	
	Microondas	1	1	-	
	Iluminación (Led)	4	4	-	
	Cafetera	1	1	-	
Logística	Aire acondicionado	3	3	-	
	Microondas	1	1	-	
	Nevera	1	1	-	
	Dispensador de agua	1	1	-	
	Impresora	1	1	-	
	Monitor	4	4	-	
	CPU	2	2	-	
	Iluminación (Led)	3	3	-	
	Cafetera	1	1	-	
		Aire acondicionado	2	2	-
Operaciones vacuums	Monitor	4	4	-	
	CPU	2	2	-	
	Iluminación (Led)	4	4	-	
	Dispensador de agua	1	1	-	
	Nevera	1	1	-	
	Impresora	1	1	-	
	Cafetera	1	1	-	
	Microondas	1	1	-	
		Aire acondicionado	5	5	-
		Nevera	2	2	-
	Microondas	2	2	-	
	Dispensador de agua	2	2	-	
Operaciones transporte pesado	CPU	10	10	-	
	Monitor	11	11	-	
	Televisor	2	2	-	
	Impresora	2	2	-	
	Iluminación (Led)	12	12	-	
	Wifi	1	1	-	
	Cafetera	1	1	-	
		Aire acondicionado	1	1	-
	Vigilancia	Monitor	1	1	-
		CPU	1	1	-
Microondas		1	1	-	

	Nevera	1	1	-
	Iluminación (Led)	1	1	-
	Dispensador de agua	1	1	-
	Wifi	1	1	-
	Aire acondicionado	1	1	-
	Compresor Industrial	2	2	-
	Dispensador de agua	1	1	-
	Esmeril	2	2	-
	Amoladora Industrial	2	2	-
Mecánica Automotriz	Iluminación (Led)	3	3	-
	Wifi	1	1	-
	Monitor	2	2	-
	CPU	1	1	-
	Microondas	1	1	-
	Cafetera	1	1	-
	Aire acondicionado	2	2	-
	Dispensador de agua	1	1	-
Soporte de Sistemas	Iluminación (Led)	3	3	-
	Wifi	1	1	-
	Cafetera	1	1	-
	Monitor	4	4	-
	CPU	2	2	-
	Aire acondicionado	2	2	-
	CPU	3	3	-
	Monitor	6	6	-
Adquisición de materiales y almacenamiento	Iluminación (Led)	4	4	-
	Dispensador de agua	1	1	-
	Wifi	1	1	-
	Microondas	1	1	-
	Cafetera	1	1	-
	Impresora	1	1	-
Parqueadero de equipos	Lámparas de iluminación	15	15	-
TOTAL		267	267	

Anexo 5: Formato para identificar parámetros nominales

Área	Equipos	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)

Anexo 6: Levantamiento total de carga

Área	Descripción	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de Potencia	Carga	Potencia	
							P (kW)	Q (kVAR)
Administrativa	Aire acondicionado	3	220	5,2	0,8	Monofásica	2,75	2,05
	Impresora	1	120	12	0,8	Monofásica	1,15	0,86
	Monitor	10	14	1,78	0,8	Monofásica	0,20	0,15
	CPU	5	110	2,3	0,8	Monofásica	1,01	0,76
	Nevera	1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
	Iluminación (Led)	8	110	0,34	0,8	Monofásica	0,24	0,18
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
Seguridad y Salud en el Trabajo	Aire acondicionado	4	220	5,2	0,8	Monofásica	3,66	2,75
	Monitor	10	14	1,78	0,8	Monofásica	0,20	0,15
	CPU	5	110	2,3	0,8	Monofásica	1,01	0,76
	Nevera	1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	Microondas	2	120	7,29	0,8	Monofásica	1,40	1,05
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Impresora	2	120	12	0,8	Monofásica	2,30	1,73
	Iluminación (Led)	7	110	0,34	0,8	Monofásica	0,21	0,16
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
Talento Humano	Aire acondicionado	2	220	5,2	0,8	Monofásica	1,83	1,37
	Iluminación (Led)	5	110	0,34	0,8	Monofásica	0,15	0,11
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Impresora	1	120	12	0,8	Monofásica	1,15	0,86
	Monitor	4	14	1,78	0,8	Monofásica	0,08	0,06

	CPU	2	120	2,3	0,8	Monofásica	0,44	0,33
	Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
	Nevera	1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
Sala de Reuniones	Aire acondicionado	2	220	5,2	0,8	Monofásica	1,83	1,37
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Iluminación (Led)	4	110	0,34	0,8	Monofásica	0,12	0,09
	Televisor	1	120	1,3	0,8	Monofásica	0,12	0,09
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
Contratos	Aire acondicionado	1	220	5,2	0,8	Monofásica	0,92	0,69
	CPU	2	120	2,3	0,8	Monofásica	0,44	0,33
	Monitor	4	14	1,78	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	Impresora	1	120	12	0,8	Monofásica	1,15	0,86
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
	Iluminación (Led)	4	110	0,34	0,8	Monofásica	0,12	0,09
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
Logística	Aire acondicionado	3	220	5,2	0,8	Monofásica	2,75	2,06
	Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
	Nevera	1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Impresora	1	120	12	0,8	Monofásica	1,15	0,86
	Monitor	4	14	1,78	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	CPU	2	120	2,3	0,8	Monofásica	0,44	0,33
	Iluminación (Led)	3	110	0,34	0,8	Monofásica	0,09	0,07
Operaciones vacuums	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
	Aire acondicionado	2	220	5,2	0,8	Monofásica	1,83	1,37
	Monitor	4	14	1,78	0,8	Monofásica	0,08	0,06

	CPU	2	120	2,3	0,8	Monofásica	0,44	0,33
	Iluminación (Led)	4	110	0,34	0,8	Monofásica	0,12	0,09
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Nevera	1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	Impresora	1	120	12	0,8	Monofásica	1,15	0,86
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
	Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
Operaciones transporte pesado	Aire acondicionado	5	220	5,2	0,8	Monofásica	4,58	3,43
	Nevera	2	115	0,85	0,8	Monofásica	0,16	0,12
	Microondas	2	120	7,29	0,8	Monofásica	1,40	1,05
	Dispensador de agua	2	115	4,96	0,8	Monofásica	0,91	0,68
	CPU	10	120	2,3	0,8	Monofásica	2,21	1,66
	Monitor	11	14	1,78	0,8	Monofásica	0,22	0,16
	Televisor	2	120	1,3	0,8	Monofásica	0,25	0,19
	Impresora	2	120	12	0,8	Monofásica	2,30	1,73
	Iluminación (Led)	12	110	0,34	0,8	Monofásica	0,36	0,27
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
	Vigilancia	Aire acondicionado	1	220	5,2	0,8	Monofásica	0,92
Monitor		1	14	1,78	0,8	Monofásica	0,02	0,01
CPU		1	120	2,3	0,8	Monofásica	0,22	0,17
Microondas		1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
Nevera		1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
Iluminación (Led)		1	110	0,34	0,8	Monofásica	0,03	0,02
Dispensador de agua		1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
Wifi		1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
Mecánica Automotriz	Aire acondicionado	1	220	5,2	0,8	Monofásica	0,92	0,69
	Compresor Industrial	2	220	14	0,8	Trifásica	8,54	6,40
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34

	Esmeril	2	120	4,2	0,8	Monofásica	0,81	0,60
	Amoladora Industrial	2	220	15,34	0,8	Monofásica	5,40	4,05
	Iluminación (Led)	3	110	0,34	0,8	Monofásica	0,09	0,07
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
	Monitor	2	14	1,78	0,8	Monofásica	0,04	0,03
	CPU	1	120	2,3	0,8	Monofásica	0,22	0,17
	Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
Soporte de Sistemas	Aire acondicionado	2	220	5,2	0,8	Monofásica	1,83	1,37
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Iluminación (Led)	3	110	0,34	0,8	Monofásica	0,09	0,07
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
	Monitor	4	14	1,78	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	CPU	2	120	2,3	0,8	Monofásica	0,44	0,33
Adquisición de materiales y almacenamiento	Aire acondicionado	2	220	5,2	0,8	Monofásica	1,83	1,37
	CPU	3	120	2,3	0,8	Monofásica	0,66	0,50
	Monitor	6	14	1,78	0,8	Monofásica	0,12	0,09
	Iluminación (Led)	4	110	0,34	0,8	Monofásica	0,12	0,09
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
	Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
Parqueadero de equipos	Impresora	1	120	12	0,8	Monofásica	1,15	0,86
	Lámparas de iluminación	15	220	0,85	0,8	Monofásica	2,24	1,683
TOTAL							90,021	67,506

Anexo 7: Potencia instalada en las áreas críticas

Área	Descripción	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de Potencia	Carga	Potencia	
							P (kW)	Q (kVAR)
Seguridad y Salud en el Trabajo	Aire acondicionado	4	220	5,2	0,8	Monofásica	3,66	2,75
	Monitor	10	14	1,78	0,8	Monofásica	0,20	0,15
	CPU	5	110	2,3	0,8	Monofásica	1,01	0,76
	Nevera	1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	Microondas	2	120	7,29	0,8	Monofásica	1,40	1,05
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Impresora	2	120	12	0,8	Monofásica	2,30	1,73
	Iluminación (Led)	7	110	0,34	0,8	Monofásica	0,21	0,16
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
Logística	Aire acondicionado	3	220	5,2	0,8	Monofásica	2,75	2,06
	Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
	Nevera	1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Impresora	1	120	12	0,8	Monofásica	1,15	0,86
	Monitor	4	14	1,78	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	CPU	2	120	2,3	0,8	Monofásica	0,44	0,33
	Iluminación (Led)	3	110	0,34	0,8	Monofásica	0,09	0,07
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
Operaciones vacuums	Aire acondicionado	2	220	5,2	0,8	Monofásica	1,83	1,37
	Monitor	4	14	1,78	0,8	Monofásica	0,08	0,06
	CPU	2	120	2,3	0,8	Monofásica	0,44	0,33
	Iluminación (Led)	4	110	0,34	0,8	Monofásica	0,12	0,09
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Nevera	1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06

	Impresora	1	120	12	0,8	Monofásica	1,15	0,86
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
	Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
Operaciones transporte pesado	Aire acondicionado	5	220	5,2	0,8	Monofásica	4,58	3,43
	Nevera	2	115	0,85	0,8	Monofásica	0,16	0,12
	Microondas	2	120	7,29	0,8	Monofásica	1,40	1,05
	Dispensador de agua	2	115	4,96	0,8	Monofásica	0,91	0,68
	CPU	10	120	2,3	0,8	Monofásica	2,21	1,66
	Monitor	11	14	1,78	0,8	Monofásica	0,22	0,16
	Televisor	2	120	1,3	0,8	Monofásica	0,25	0,19
	Impresora	2	120	12	0,8	Monofásica	2,30	1,73
	Iluminación (Led)	12	110	0,34	0,8	Monofásica	0,36	0,27
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
	Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
	Vigilancia	Aire acondicionado	1	220	5,2	0,8	Monofásica	0,92
Monitor		1	14	1,78	0,8	Monofásica	0,02	0,01
CPU		1	120	2,3	0,8	Monofásica	0,22	0,17
Microondas		1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
Nevera		1	115	0,85	0,8	Monofásica	0,08	0,06
Iluminación (Led)		1	110	0,34	0,8	Monofásica	0,03	0,02
Dispensador de agua		1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
Wifi		1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01
Mecánica Automotriz	Aire acondicionado	1	220	5,2	0,8	Monofásica	0,92	0,69
	Compresor Industrial	2	220	14	0,8	Trifásica	8,54	6,40
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,8	Monofásica	0,46	0,34
	Esmeril	2	120	4,2	0,8	Monofásica	0,81	0,60
	Amoladora Industrial	2	220	15,34	0,8	Monofásica	5,40	4,05
	Iluminación (Led)	3	110	0,34	0,8	Monofásica	0,09	0,07
	Wifi	1	12	1	0,8	Monofásica	0,01	0,01

Monitor	2	14	1,78	0,8	Monofásica	0,04	0,03
CPU	1	120	2,3	0,8	Monofásica	0,22	0,17
Microondas	1	120	7,29	0,8	Monofásica	0,70	0,52
Cafetera	1	127	9,84	0,8	Monofásica	1,00	0,75
TOTAL						56,926	42,695

Anexo 8: Demanda general de las áreas críticas

Área	Descripción	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)	Horas Diarias	Energía Semanal (kW - h)	Consumo Laboral (10 horas)
Seguridad y Salud en el Trabajo	Aire acondicionado	4	220	5,2	3,66	9	164,74	32,94
	Monitor	10	14	1,78	0,20	9	8,97	1,79
	CPU	5	110	2,3	1,01	9	45,54	9,11
	Nevera	1	115	0,85	0,08	9	3,52	0,70
	Microondas	2	120	7,29	1,40	1	7,00	1,40
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,46	3	6,84	1,37
	Impresora	2	120	12	2,30	2	23,04	4,61
	Iluminación	7	110	0,34	0,21	9	9,42	1,88
	Wifi	1	12	1	0,01	9	0,43	0,09
Cafetera	1	127	9,84	1,00	1	5,00	1,00	
Logística	Aire acondicionado	3	220	5,2	2,75	9	123,55	24,71
	Microondas	1	120	7,29	0,70	1	3,50	0,70
	Nevera	1	115	0,85	0,08	9	3,52	0,70
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,46	3	6,84	1,37
	Impresora	1	120	12	1,15	2	11,52	2,30
	Monitor	4	14	1,78	0,08	9	3,59	0,72
	CPU	2	120	2,3	0,44	9	19,87	3,97
	Iluminación	3	110	0,34	0,09	9	4,04	0,81
	Cafetera	1	127	9,84	1,00	1	5,00	1,00
Operaciones vacuums	Aire acondicionado	2	220	5,2	1,83	9	82,37	16,47
	Monitor	4	14	1,78	0,08	9	3,59	0,72
	CPU	2	120	2,3	0,44	9	19,87	3,97
	Iluminación	4	110	0,34	0,12	9	5,39	1,08
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,46	3	6,84	1,37

	Nevera	1	115	0,85	0,08	9	3,52	0,70
	Impresora	1	120	12	1,15	2	11,52	2,30
	Cafetera	1	127	9,84	1,00	1	5,00	1,00
	Microondas	1	120	7,29	0,70	1	3,50	0,70
	Aire acondicionado	5	220	5,2	4,58	9	205,92	41,18
	Nevera	2	115	0,85	0,16	9	7,04	1,41
	Microondas	2	120	7,29	1,40	1	9,80	1,40
	Dispensador de agua	2	115	4,96	0,91	3	13,69	2,74
Operaciones transporte pesado	CPU	10	120	2,3	2,21	9	99,36	19,87
	Monitor	11	14	1,78	0,22	9	9,87	1,97
	Televisor	2	120	1,3	0,25	1	1,25	0,25
	Impresora	2	120	12	2,30	2	23,04	4,61
	Iluminación	12	110	0,34	0,36	9	16,16	3,23
	Wifi	1	12	1	0,01	9	0,43	0,09
	Cafetera	1	127	9,84	1,00	1	5,00	1,00
	Aire acondicionado	1	220	5,2	0,92	9	51,25	8,24
Vigilancia	Monitor	1	14	1,78	0,02	9	1,26	0,18
	CPU	1	120	2,3	0,22	9	13,91	1,99
	Microondas	1	120	7,29	0,70	1	4,90	0,70
	Nevera	1	115	0,85	0,08	9	13,14	0,70
	Iluminación	1	110	0,34	0,03	9	1,88	0,27
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,46	3	6,84	1,37
	Wifi	1	12	1	0,01	9	1,61	0,09
Mecánica Automotriz	Aire acondicionado	1	220	5,2	0,92	9	41,18	8,24
	Compresor Industrial	2	220	14	8,54	2	85,36	17,07
	Dispensador de agua	1	115	4,96	0,46	3	6,84	1,37
	Esmeril	2	120	4,2	0,81	2	8,06	1,61
	Amoladora	2	220	15,34	5,40	2	54,00	10,80

Iluminación	3	110	0,34	0,09	9	4,04	0,81
Wifi	1	12	1	0,01	9	1,61	0,09
Monitor	2	14	1,78	0,04	9	1,79	0,36
CPU	1	120	2,3	0,22	9	9,94	1,99
Microondas	1	120	7,29	0,70	1	3,50	0,70
Cafetera	1	127	9,84	1,00	1	5,00	1,00
Total						1305,21	252,01

Anexo 9: Informe de la ubicación de Global Solar Atlas

GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

Orellana

-00.330275°, -076.878204°

Entrada Rio Napo Carga Pesada, Orellana, Ecuador

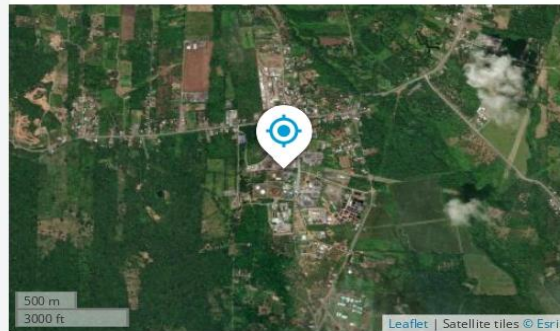
Time zone: UTC-05, America/Guayaquil [ECT]

🕒 Report generated: 28 Jun 2025

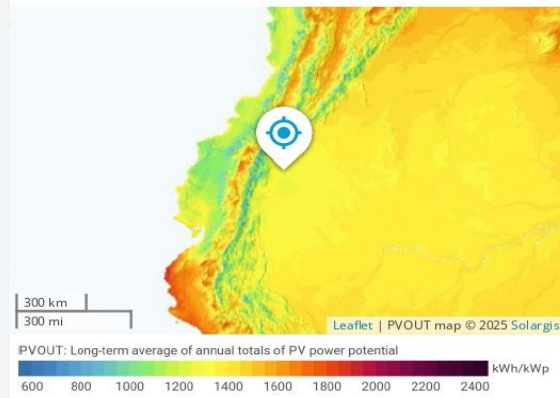
SITE INFO

Map data		Per year
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	1293.3 kWh/kWp
Direct normal irradiation	DN	973.6 kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHl	1622.6 kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	915.6 kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	1623.1 kWh/m ²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	2 / 0 °
Air temperature	TEMP	24.6 °C
Terrain elevation	ELE	274 m

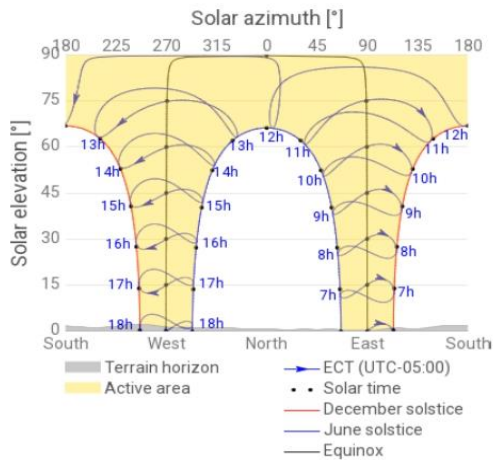
Map



PVOUT map



Horizon and sunpath



Anexo 10: Informe de PVGIS

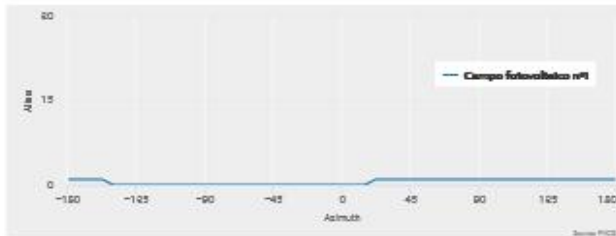
Geolocalización del sistema fotovoltaico



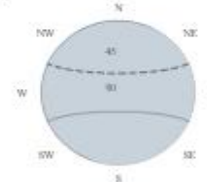
- PV instalado: **1.00 KWp**
- País : **Ecuador**
- Ciudad : **Joya de los Sachas**
- DIRECCIÓN: -
- Latitud: **-0.326**
- Longitud : **-76.879**

Sombras de terreno

Horizonte : **Calculado (PVGIS 24 predeterminado)**



- altura del horizonte
- Altura del sol, junio
- Altura del sol, diciembre



Información de la energía fotovoltaica conectada a la red

- Base de datos utilizada: **PVGIS-ERAS**
- Tecnología fotovoltaica: **SILICIO CRISTALINO**
- Sistema de montaje: **Cubrir 1 Sección**

Secciones	Fotovoltaica Instalada (KWp)	Pendiente	Azimuth (°)
Sección 1	1.00	0°	180° (N)

- Variabilidad interanual (%) : **3.26**

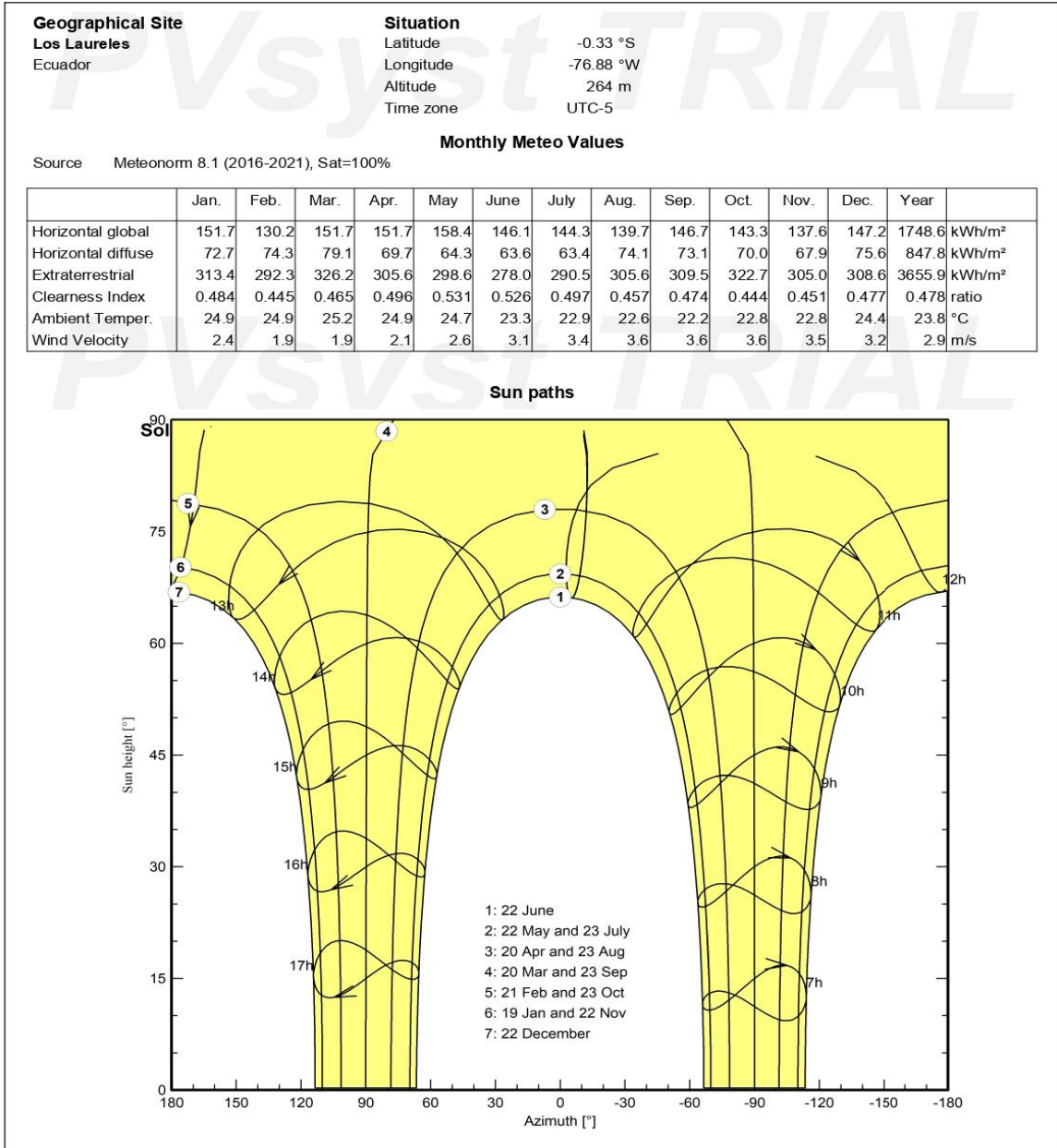
Pérdida

- Cambio en la producción debido a :
 - Ángulo de incidencia (%) : **-2.90**
 - Efectos espectrales (%) : **?(0)**
 - Baja temperatura e irradiancia. (%) : **-11.520**
- Pérdidas totales (%) : **-16.66**
- Producción media del día (kWh): **3.70**
- Hora promedio del día de producción. : **3.70**

Anexo 11: Irradiación global de la ubicación



PVsyst V7.4.5



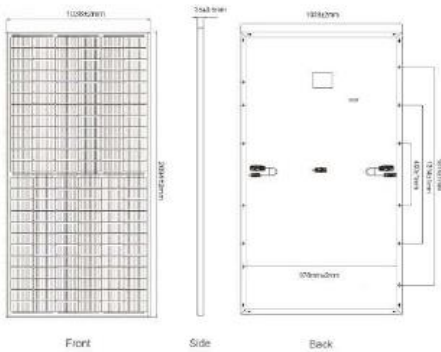
Anexo 12: Ficha técnica del panel solar



GLOBAL PROFESSIONAL PV PRODUCTS INTEGRATED SOLUTIONS SUPPLIER

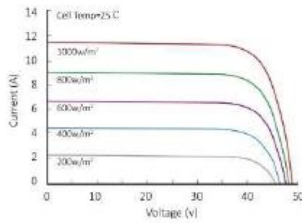
WWW.RESTARSOLAR.COM

Dimension of PV Modules Unit: mm

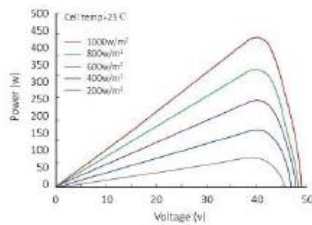


Front Side Back

Current-Voltage Curve (RT71-440M)



Power-Voltage Curve (RT71-440M)



Partner information



ELECTRICAL DATA(STC)

Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	439W	440W	445W	450W	455W	480W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	48.7V	48.9V	49.1V	49.3V	49.5V	49.7V
Short Circuit Current-Isc(A)	11.39A	11.46A	11.53A	11.6A	11.67A	11.74A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	40.9V	41.1V	41.3V	41.5V	41.7V	41.9V
Maximum Power Current-Imp(A)	10.64A	10.71A	10.78A	10.85A	10.91A	10.98A
Module Efficiency (%)	19.69%	19.91%	20.14%	20.37%	20.60%	20.83%

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

ELECTRICAL DATA(NOCT)

Maximum Power-Pmax (Wp)	324.9W	328.6W	332.3W	336.1W	339.8W	343.6W
Open Circuit Voltage-Voc (V)	45.7V	45.9V	46.0V	46.2V	46.4V	46.6V
Short Circuit Current-Isc (A)	9.21A	9.27A	9.33A	9.38A	9.43A	9.48A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	38.1V	38.3V	38.5V	38.6V	38.9V	39.1V
Maximum Power Current-Imp(A)	8.53A	8.59A	8.64A	8.7A	8.74A	8.79A

NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Mono Half-Cell 166x83mm, 9 Bus bars
Cell configuration	144 Cells (6x24)
Module dimensions	2094x1036*35mm
Weight	25KGS
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy
J-BOX	IP68, 3 Diodes
Cable	4mm ² (IEC)/12AWG(UL), 300mm or customized
Connectors	MC4 or MC4 Comparable
Standard Packaging	31pcs/pallet

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V(IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

PACKAGING CONFIGURATION

	40HQ
Modules per container	726pcs
Package	31pcs/pallet, 2pcs/carton
Package Number	22pallets + 22cartons

Anexo 13: Ficha técnica de la batería

BATERÍA DE GEL 12V-250AH REF. FLG 122500



Especificaciones



Voltaje Nominal	12V
Capacidad Nominal (20 Hr)	250Ah
Dimensiones	Longitud 520±2mm (20.47 ") Ancho 268±2mm (10.5 ") Altura 220±2mm (8.62 ") Altura Total 223±2mm (8.77 ")
Peso Aproximado	71.0kg (156.53lbs)
Terminal	M8
Material del Envase	ABS UL 94-HB (retardante de llama UL94V-0)
Capacidad estimada	20h/262Ah (13.1A a 10.5V) 10h/250Ah (25.0A to 10.5V) 5h/214Ah (42.86A a 10.5V)

Aplicaciones

- Energías renovables.
- Fuente de alimentación ininterrumpida (UPS).
- Sistema de potencia Eléctrica (EPS).
- Energía renovable (solar y eólica).
- Sistemas de poder.
- Sistema de telecomunicaciones.
- Iluminación de emergencia
- Sistema de control automático.
- Propósito general.

Máxima Corriente de Descarga	3000A(5S)
Resistencia Interna	Carga completa a 25°C: 2.9 mΩ
Rango de Temperatura de Operación	Descarga: -40 ~60°C(-40~ 140°F) Carga: -20 ~50°C(-4~ 122°F) Almacenamiento: -20 ~50°C(-4~ 122°F)
Vida útil	15 años
Método de carga (25°C)	Corriente de carga: máx. 62.5A; recomendado 25.0A Carga en flotación: 13,5-13,8 V, recomendado 13,8 V (-18 mV/ °C) Carga de equalización: 13,8-14,1 V, recomendado 14,1 V (-24 mV/ °C) Ciclo de carga: 14,4-15.0V, recomendado 14.7V(-30mV/ °C)
Auto- descarga	3 % de capacidad reducida por mes a 25°C

Corriente Constante de Descarga (Amperios) a 25 °C (77 °F)

V/Tiempo	5min	15min	30min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h
1.60V/Celda	837.90	440.82	258.44	149.04	88.78	65.33	44.18	29.45	25.66	13.6
1.65V/Celda	811.30	426.87	252.98	147.20	88.32	64.67	43.8	29.26	25.47	13.4
1.70V/Celda	779.00	417.57	247.52	146.28	87.68	63.92	43.24	28.98	25.19	13.3
1.75V/Celda	716.30	404.55	242.97	144.44	86.39	63.45	42.86	28.79	25.00	13.1
1.80V/Celda	643.15	377.58	231.14	140.76	84.73	62.98	41.83	28.50	24.71	13
1.85V/Celda	572.85	336.56	218.40	136.16	80.59	59.50	39.57	27.36	24.14	12.3

Potencia Constante de Descarga (Vatios/celda) a 25 °C (77°F)

V/Tiempo	5min	15min	30min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h
1.60V/Celda	1402.20	776.55	474.11	239.48	169.28	127.84	84.60	57.00	47.60	27.00
1.65V/Celda	1349.00	761.67	470.47	291.64	168.36	125.96	83.66	56.53	47.03	26.90
1.70V/Celda	1343.30	752.37	467.74	288.88	167.44	123.14	83.00	56.34	46.55	26.80
1.75V/Celda	1252.10	747.72	463.19	286.12	166.52	123.14	82.52	55.86	46.08	26.60
1.80V/Celda	1150.45	706.80	455.91	285.20	162.84	118.44	81.31	55.39	45.70	26.50
1.85V/Celda	1026.95	632.40	418.60	264.04	158.24	115.62	77.64	53.58	44.94	26.30

Anexo 14: Ficha técnica del inversor trifásico 80 KVA

Specifications

Model Number	M80U_120	M80U_121	M80U_122
DC INPUT			
Max. Input Voltage	1000V (per NEC)		
Operating Voltage Range	200 - 1000V		
Start Voltage	>250V		
VMPP Range for POUT-RATED	600 - 800V		
Rated Voltage	710V		
Number of MPP Trackers	2		
Current Limit, IMP-MAX /MPPT	70A/MPPT		
Allowable Array ISC-MAX /MPPT	108A/MPPT	160A/MPPT	108A/MPPT
Connection Type	16 pr. Fuse holders	2pr. Terminal blocks	18 pr. MC4 connectors
Allowable Conductors	#8-#14 AWG, Cu only	#1-#3/0 AWG, Cu/Al	#10-#12 AWG, Cu only
Surge Protection, DC Side	SPD Type II 10kA (8 x 20us)		
Combiner Fuses	32 x 15A	Not Provisioned	36 x 15A
DC Disconnect Switch	Yes	Not Provisioned	Yes
String Current Monitor	Not Provisioned	Not Provisioned	Yes
AC OUTPUT			
Rated Output Power	80kW ¹⁾		
Max. Output Power	83kVA ²⁾		
Max. Output Current	100A		
Grid Configuration	480/277V (3P-4W/Y) or 480V (3P-3W/Δ)		
Inverter Connection	3W or 4W programmable		
Operating Voltage Range	±10%		
Operating Frequency Range	50/60Hz		
Power Factor	Unity at PRATED; adjustable: [0.8 ind ~0.8 cap]		
Surge Protection, AC Side	SPD Type II 10kA (8 x 20us)		
Ground fault protection	Yes		
THD	<3%		
Connection Type	AC Switch & Terminal block #1-#2/0		
Night Time Consumption	<3W		
EFFICIENCY			
Peak Efficiency	98.8%		
CEC Efficiency	98.5%		
Euro Efficiency	98.5%		
INFORMATION			
Comm Port Protocol	RS-485 Delta or Sunspec		
Display	20 x 4 line LCD		
REGULATION			
	UL1741 SA, UL1741, UL1998, UL 1699B, IEEE1547, IEEE1547.1, CSA C22.2, FCC Part 15 (Class B)		
GENERAL DATA			
Smart Inverter Functionality	Voltage/Frequency Ride through, Volt/Var, Volt/Watt, Power curtailment, Frequency/Watt		
Operating Temp. Range	-13° to 140°F (-25° to 60°C)		
Protection Level	NEMA 4X		
Operating Elevation	<9800ft (<3000m)		
Cooling	Forced air cooling with Smart Fan Control		
Dimension (in)	24.2 x 35.4 x 10.8		24.2 x 37.4 x 10.8
Weight (lb)	W/ Wiring Box	180.6	171.8
	W/O Wiring Box	149.9	
	Shipping Weight	246.9	251.3

1) @TAMB ≤ 40°C, VIN ≥ 600VDC

2) @TAMB ≤ 40°C, VIN ≥ 650VDC

*Specifications are subject to change without prior notice



Anexo 15: Selección de conductor en relación a la corriente

<i>Sección transversal de conductor</i>		<i>Tipos de aislamientos:</i>
<i>mm²</i>	<i>no. en norma AWG*</i>	<i>Goma tipo R; tipo RW; tipo RU;</i> <i>tipo RUW; tipo RH-RW;</i> <i>termoplástico tipo T; tipo TW</i>
		ampere
2.1	14	15
3.3	12	20
5.2	10	30
8.4	8	40
13.3	6	55
21.2	4	70
26.6	3	80
33.6	2	95
52.4	1	110
53.1	0	125
67.7	00	145
85.2	000	165
107.5	0000	195
126.7	250 000 mil circulares	215
152.0	300 000 mil circulares	240
177.3	350 000 mil circulares	260
202.7	400 000 mil circulares	280
253.4	500 000 mil circulares	320
304.0	600 000 mil circulares	355
354.7	700 000 mil circulares	385
380.0	750 000 mil circulares	400
405.4	800 000 mil circulares	410
456.0	900 000 mil circulares	435
506.7	1 000 000 mil circulares	455
633.4	1 250 000 mil circulares	495
760.1	1 500 000 mil circulares	520
886.7	1 750 000 mil circulares	545
1 013.4	2 000 000 mil circulares	560

Anexo 16: Selección de tuberías en relación al N° de conductores y factor de relleno

Diámetro interior de la tubería		100% del área total		1 conductor (53%)		2 conductores (31%)		3 conductores (43%)		4 conductores y más (40%)	
in	mm	mm ²	in ²	mm ²	in ²	mm ²	in ²	mm ²	in ²	mm ²	in ²
$\frac{1}{2}$	12.7	193.56	0.30	103.23	0.16	58.07	0.09	83.87	0.13	77.42	0.12
$\frac{3}{4}$	19.0	341.95	0.53	180.65	0.28	123.23	0.16	148.39	0.23	135.49	0.21
$1\frac{1}{4}$	25.4	554.87	0.86	296.79	0.46	174.20	0.27	238.72	0.37	219.37	0.34
$1\frac{1}{2}$	31.8	967.79	1.50	516.16	0.80	303.24	0.47	419.38	0.65	387.11	0.60
$1\frac{3}{4}$	38.0	1 316.20	2.04	696.81	1.08	406.47	0.63	567.77	0.88	529.06	0.82
2	50.8	2 167.85	3.36	1 148.45	1.78	671.00	1.04	929.08	1.44	864.56	1.34
$2\frac{1}{2}$	63.3	3 090.48	4.79	1 638.79	2.54	954.89	1.48	1 329.10	2.06	1 238.77	1.92
3	76.2	4 761.54	7.38	2 522.71	3.91	1 477.49	2.29	2 045.27	3.17	1 903.33	2.95
$3\frac{1}{2}$	88.8	6 387.43	9.9	3 371.14	5.25	1 980.75	3.07	2 748.53	4.26	2 554.97	3.96
4	102	8 206.88	12.72	4 348.61	6.74	2 542.07	3.94	3 529.22	5.47	3 284.04	5.09
5	127	12 903.90	20.00	6 839.07	10.60	4 000.20	6.20	5 548.58	8.60	5 161.56	8.00
6		18 639.69	28.89	9 877.94	15.31	5 780.95	8.96	8 013.32	12.42	7 458.45	11.56

Anexo 17: Factor de corrección de temperatura

<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Factor de corrección de temperatura (F.T.)</i>
0-30	1,0
31-40	0,82
41-45	0,71
46-50	0,58
51-55	0,41


Anexo 18: Factor de corrección en relación al número de conductores en la tubería

<i>Número de conductores a través de una misma tubería</i>	<i>F.C.</i>
1 a 3	1,0
4 a 6	0,8
7 a 24	0,7
25 a 42	0,6
43 y más	0,5


Anexo 19: Valores nominales de disyuntores o breakers

<i>Fusibles</i>	<i>Disyuntores o breakers</i>
15	15
20	20
25	30
30	40
35	50
40	70
45	100
50	125
60	150
70	175
80	200
90	225
100	250
110	300
125	350
150	400
175	500
200	600
225	700
250	800
300	
350	
400	
450	
500	
600	
800	
1 000	
1 200	
1 600	

Anexo 20: Especificaciones del contador bidireccional



Brand : Eastron
Model : SDM630-Pulse V2
Accuracy : Class 1 / Class B
Standard : IEC62053-21
Rated Voltage (Un) : 3x230(400)V
Voltage range : 0.8~1.2 Un
Base Current (Ib) : 10A
Max. Current : 100A
Mini Current : 0.5A
Starting current : 0.4% of Ib
Power consumption : <2W/10VA
Frequency : 50/60Hz(±2%)
Pulse 1 Constant : 100/10/1/0.1/
0.01/0.0025imp
Pulse 2 Constant : 400imp/kWh



AC voltage test : 4KV for 1 minute
Impulse voltage test : 6kV @ 0.5I open circuit
Over current test : 30.Imax for 10ms
Mechanical Environment : M1
Electromagnetic environment : E2
Working temperature : 3K6 -25~+55°C
Electrostatic Discharges : 15kV air gap IEC 61000-4-2
Electromagnetic RF Fields : 80~2000MHz IEC61000-4-3
Electrical Fast Transients : 4kV IEC61000-4-4
Surge test : 4kV IEC61000-4-5
Conducted Disturbances : 10V IEC61000-4-6
Emissions : EN55022
Climatic influences : IEC60068-2
Penetration of Dust & Water : IP51 IEC60529
Resistance to Heat & Fire : IEC60695-2-11

Anexo 21: Especificaciones del inversor bidireccional

Technical Data

www.deyeinverter.com

Model	SUN-60K-SG02HP3 -EU-EM6	SUN-75K-SG02HP3 -EU-EM6	SUN-80K-SG02HP3 -EU-EM6
Battery Input Data			
Battery Type	Lithium-ion		
Battery Voltage Range (V)	160-1000		
Max. Charging Current (A)	80+80		
Max. Discharging Current (A)	80+80		
Charging Strategy for Li-ion Battery	Self-adaption to BMS		
Number of Battery Input	2		
PV String Input Data			
Max. PV Access Power (W)	120000	150000	160000
Max. PV Input Power (W)	96000	120000	128000
Max. PV Input Voltage (V)	1000		
Start-up Voltage (V)	180		
MPPT Voltage Range (V)	150-850		
Rated PV Input Voltage (V)	650		
Max. Operating PV Input Current (A)	36+36+36+36+36+36		
Max. Input Short-Circuit Current (A)	54+54+54+54+54+54		
No. of MPP Trackers/ No. of Strings MPP Tracker	6/2+2+2+2+2+2		
AC Input/Output Data			
Rated AC Input/Output Active Power (W)	60000	75000	80000
Max. AC Input/Output Apparent Power (VA)	66000	82500	88000
Rated AC Input/Output Current (A)	91/87	113.7/108.7	121.3/115.9
Max. AC Input/Output Current (A)	100/95.7	125/119.6	133.4/127.6
Max. Continuous AC Passthrough (grid to load) (A)	200		
Peak Power (off-grid) (W)	1.5 times of rated power, 10s		
Power Factor Adjustment Range	0.8 leading to 0.8 lagging		
Rated Input/Output Voltage/Range (V)	220/380V, 230/400V 0.85Un-1.1Un		
Rated Input/Output Grid Frequency/Range(Hz)	50/45-55, 60/55-65		
Grid Connection Form	3L+N+PE		
Total Current Harmonic Distortion THDi	<3% (of nominal power)		
DC Injection Current	<0.5% In		
Efficiency			
Max. Efficiency	97.60%		
Euro Efficiency	97.0%		
MPPT Efficiency	>99%		
Equipment Protection			
Integrated	DC Polarity Reverse Connection Protection, AC Output Overcurrent Protection, Thermal Protection, AC Output Overvoltage Protection, AC Output Short Circuit Protection, DC Component Monitoring, Overvoltage Load Drop Protection, Ground Fault Current Monitoring, Arc Fault Circuit Interrupter (optional), Power Network Monitoring, Island Protection Monitoring, Earth Fault Detection, DC Input Switch, DC Terminal Insulation Impedance Monitoring, Residual Current (RCD) Detection, Surge protection level		
Surge Protection Level	TYPE II(DC), TYPE II(AC)		
Interface			
Communication Interface	RS485/RS232/CAN		
Monitor Mode	GPRS/WIFI/Bluetooth/4G/LAN(optional)		
General Data			
Operating Temperature Range (°C)	-40 to +60°C, >45°C Derating		
Permissible Ambient Humidity	0-100%		
Permissible Altitude	3000m		
Noise (dB)	≤65		
Ingress Protection(IP) Rating	IP 65		
Inverter Topology	Non-Isolated		
Over Voltage Category	OVC II(DC), OVC III(AC)		
Cabinet Size (WxHxD mm)	606×927×314 (Excluding Connectors and Brackets)		
Weight (kg)	97.5		
Type of Cooling	Intelligent Air Cooling		
Warranty	5 Years/10 Years the Warranty Period Depends the Final Installation Site of Inverter, More Info Please Refer to Warranty Policy		
Grid Regulation	IEC 61727, IEC 62116, CEI 0-21, EN 50549, NRS 097, RD 140, UNE 217002, OVE-Richtlinie R25, G99, VDE-AR-N 4105		
Safety / EMC Standard	IEC/EN 61000-6-1/2/3/4, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2		

Deye

Ningbo Deye Inverter Technology Co., Ltd.

Address: No. 26 South YongJiang Road, Daqi, Beilun, NingBo, Zhejiang, China. | Tel: +86 (0)574 86228841 | E-mail: market@deye.com

Anexo 22 Aprobación Abstract

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

AUTHOR: VARGAS FRANCO RENE ANDRES

TUTOR: MSc. SEGURA D ROUVILLE JUAN JOEL

ABSTRACT

DESIGN OF A RENEWABLE ENERGY-POWERED BACKUP SYSTEM FOR A HEAVY TRANSPORTATION SERVICES COMPANY

This research is being conducted at Orientoil S.A., a company that provides heavy transport services in the province of Orellana, specifically in the La Joya de los Sachas canton. The company lacks a backup power system in the event of a national power grid failure, resulting in economic losses and customer dissatisfaction. For this reason, it is necessary to design a backup system based on renewable energy, through the appropriate selection of the energy source, guaranteeing a continuous electricity supply in the critical areas of the company. The research methodology is based on surveying all electrical loads installed in the company, followed by the selection of loads corresponding to critical areas within the organization. Based on this data and applying the Holmes matrix, which considers various renewable energy sources, photovoltaic solar panels are identified as the most suitable source to meet the energy demands of critical areas. The result was a photovoltaic source capable of supplying a load of up to 126.03 kW, utilizing an array of 5 panels in parallel and 14 in series, totaling 140 solar panels. It was concluded that, with the selected arrangement, an autonomy of 9 hours can be achieved, with a total implementation cost of \$245,176.95. The return on investment time is 9.24 years. In this way, the organization has an energy backup system that enables it to provide uninterrupted service to its customers, thereby avoiding dissatisfaction.

KEYWORDS: Electrical Service Reliability, Photovoltaic Solar Panels, Energy Backup

