

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
**PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO MARÍTIMO**

**TEMA:**

ANÁLISIS DE VIABILIDAD EN IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA  
RENOVABLES EN EL PUERTO DE MANTA, CONSIDERANDO FACTORES  
COMO LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS NATURALES, LA DEMANDA DE  
ENERGÍA Y LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.

**AUTOR:**

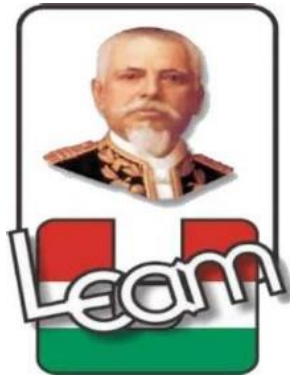
SACÓN PAZMIÑO CARLOS HUMBERTO

**TUTOR:**

ING. GUILLÉN GARCÍA XAVIER ENRIQUE

MANTA – ECUADOR

2025(2)



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MARITIMA**

ANÁLISIS DE VIABILIDAD EN IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA  
RENOVABLES EN EL PUERTO DE MANTA, CONSIDERANDO FACTORES  
COMO LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS NATURALES, LA DEMANDA DE  
ENERGÍA Y LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Investigativo

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO MARÍTIMO**

**AUTOR:** SACÓN PAZMIÑO CARLOS HUMBERTO

**DIRECTOR:** ING. GUILLÉN GARCÍA XAVIER ENRIQUE

Manta – Ecuador

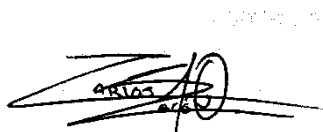
2026

## **DECLARATORIA DE AUTORÍA**

Yo, Sacón Pazmiño Carlos Humberto, con cédula de ciudadanía 1725623456, autor del trabajo de investigación titulado: "ANÁLISIS DE VIABILIDAD EN IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLES EN EL PUERTO DE MANTA, CONSIDERANDO FACTORES COMO LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS NATURALES, LA DEMANDA DE ENERGÍA Y LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE", certifico que la ejecución, ideas, puntos de vista, criterios, contenidos y conclusiones presentados son de mí única responsabilidad.

De igual manera, otorgo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, de manera no exclusiva, los derechos para su utilización, difusión pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, tanto en formato físico o digital; en esta cesión se comprende que el cesionario no podrá lograr ganancias financieras. La eventual demanda de terceros relación a los derechos de autor de la obra mencionada será de mi total responsabilidad; eximiendo a la Universidad laica Eloy Alfaro de Manabí de algunas responsabilidades.

En Manta, a la fecha de 02 de febrero del 2026 de su presentación.



---

Sacón Pazmiño Carlos Humberto

**C.I:** 1725623456

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

Certifico que el estudiante, Sacón Pazmiño Carlos Humberto, ha culminado su tesis de grado, titulada: Análisis de viabilidad en implementación de energía renovables en el puerto de Manta, considerando factores como la disponibilidad de recursos naturales, la demanda de energía y la infraestructura existente. La misma ha sido realizada bajo mi dirección y asesoramiento.



---

Ing. Guillen García Xavier Enrique

**C.I:1306606276**

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI**  
**FACULTAD DE INGENIERA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**  
**CARRERA DE INGENIERA MARITIMA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Investigativo, **“ANÁLISIS DE VIABILIDAD EN IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLES EN EL PUERTO DE MANTA, CONSIDERANDO FACTORES COMO LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS NATURALES, LA DEMANDA DE ENERGÍA Y LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE”**, realizado por el señor **CARLOS HUMBERTO SACÓN PAZMIÑO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Ponce Minaya Edwin Bernardo <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	24-02-2026
Ing. Ponce Jara Marcos Antonio, PhD. <b>MIEMBRO TRIBUNAL DE TITULACION</b>	_____	24-02-2026
Ing. Moreano Alvarado Milton Enrique, M.sc. <b>MIEMBRO TRIBUNAL DE TITULACION</b>	_____	24-02-2026

## DEDICATORIA

Por medio de este trabajo lo quiero dedicar, en primer lugar, a Dios, fuente infinita de sabiduría, fortaleza y esperanza, quien me permitió mantener la fe incluso en los momentos de mayor dificultad. A mi Virgen de Guadalupe, guía espiritual y símbolo de protección constante, cuya presencia fortaleció mi espíritu y me brindó paz en cada etapa de este proceso académico.

De manera especial, dedica este logro a mi madre, María, y a mi padre, Carlos, pilares fundamentales de su formación personal y profesional, por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y por enseñarme, a través de su ejemplo, el valor del trabajo, la perseverancia y la humildad. Gracias a ellos aprendí que los sueños se alcanzan con sacrificio, disciplina y fe.

Asimismo, alargo esta dedicatoria a mis hermanos, Roberto, Yuliana y Nayelli, por ser una fuente permanente de apoyo, motivación y compañía, aun en la distancia, brindándome palabras de aliento y apoyo que fortalecieron mi determinación en cada etapa de su formación.

De igual manera, dedica este logro a sí mismo, por haber tenido el valor de dejar mi ciudad, mi hogar, Quito, y venir a Manta, enfrentando los retos de vivir lejos de casa, adaptarme a una nueva realidad y superar cada obstáculo con esfuerzo, constancia y resiliencia. Este camino foráneo representó un desafío personal que hoy se transforma en una de mis mayores satisfacciones.

Finalmente, dedico este trabajo a mis familiares, amigos y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, formaron parte de este proceso. A quienes me brindaron apoyo moral, palabras de ánimo y compañía en momentos buenos y malos. Incluso a aquellas personas que, en distintos momentos, me ofrecieron un respaldo especial y sincero, recordándome que nunca estuve solo en este camino.

Este logro es el reflejo de un recorrido lleno de aprendizajes, sacrificios y sueños por cumplir, que hoy marcan el inicio de una nueva etapa de crecimiento personal y profesional.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero y profundo agradecimiento a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por abrirme sus puertas y brindarme un espacio de formación académica, donde adquirí no solo conocimientos técnicos y educativos, sino también valores éticos y humanos que fortalecieron mi desarrollo profesional.

Un reconocimiento especial a mis docentes que conocí a lo largo de la carrera, quienes, con su vocación, compromiso y experiencia, contribuyeron significativamente a mi crecimiento académico, orientándome con paciencia, criterio y profesionalismo a lo largo de cada etapa de mi formación universitaria.

De manera particular, agradezco a mi tutor de tesis, por su acompañamiento constante, sus observaciones oportunas y su orientación metodológica, las cuales permitieron consolidar este trabajo de investigación y garantizar un trabajo técnico y científico.

Asimismo, extiendo un agradecimiento a las autoridades académicas y administrativas de la ULEAM, a la facultad de Ingeniería por generar un entorno propicio para el aprendizaje, el desarrollo investigativo y la proyección profesional de sus estudiantes.

De igual forma, agradezco a mis compañeros y amigos, quienes se convirtieron en una segunda familia durante mi estadía en esta ciudad, por compartir conocimientos, experiencias y momentos que hicieron más alegre este proceso.

Finalmente, expreso una gratitud enorme a la ciudad de Manta, por haberme acogido durante esta etapa tan importante de mi vida, permitiéndome crecer no solo como profesional, sino también como ser humano. Cada experiencia vivida en esta ciudad quedará como parte esencial de mi historia y del camino hacia nuevas metas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE .....	vii.
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi.
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xii.
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiii.
RESUMEN .....	xiv.
ABSTRACT.....	xv
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>1.    DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
1.1.    Antecedentes.....	3
1.2.    Planteamiento del problema .....	5
1.3.    Justificación .....	6
1.4.    Objetivos.....	7
1.4.1.    Objetivo general .....	7
1.4.2.    Objetivos específicos .....	7
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>8</b>
<b>2.    MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1.    Fuentes de energías renovables .....	8
2.1.1    Energía primaria.....	8
2.1.2    Energía secundaria .....	9
2.2.    Clasificación de energías renovables .....	9
2.2.1    Energía Solar.....	10
2.2.2    Energía solar fototérmica .....	11
2.2.3    Energía solar fotovoltaica .....	12
2.2.4    Energía eólica.....	12
2.2.5    Energía geotérmica .....	13
2.2.6    Energía hidroeléctrica .....	14
2.2.7    Energía proveniente del mar .....	15
2.2.7.1    Energía mareomotriz.....	15
2.2.7.2    Energía undimotriz.....	15
2.2.7.3    Presa de Marea.....	16
2.2.7.4    Generador de Corriente de Marea.....	17
2.2.7.5    Con tecnologías híbridas.....	17

2.2.8	Biomasa .....	18
2.2.8.1	Bioenergía.....	18
2.2.8.2	Conversión Termoquímica.....	18
2.2.8.3	Conversión Bioquímica. ....	18
2.2.8.4	Conversión Fisicoquímica. ....	19
2.2.8.5	Combustión Directa. ....	19
2.2.8.6	Pirolisis.....	19
2.2.8.7	Gasificación. ....	19
2.2.8.8	Digestión Anaeróbica.....	19
2.2.8.9	Fermentación. ....	20
2.2.8.10	Extracción. ....	21
2.2.8.11	Transesterificación. ....	21
2.2.8.12	Biocombustible. ....	21
2.2.8.13	Biodiesel. ....	22
2.2.8.14	Bioetanol.....	22
2.2.8.14	Biogás.....	22
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>23</b>
<b>3.</b>	<b>TERMINAL PORTUARIO DE MANTA.....</b>	<b>23</b>
3.1.	Descripción operativa del Terminal Portuario de Manta .....	23
3.2.	Ubicación e infraestructura.....	24
3.3.	Instalaciones del Terminal Portuario .....	26
3.4.	Conformación y distribución de muelles.....	29
3.4.1	Muelle 1 .....	29
3.4.2	Muelle 2 .....	29
3.4.3	Muelle de servicios .....	30
3.4.4	Equipo y Manejo de Carga en el Puerto de Manta .....	30
3.5	Patios Puerto de Manta .....	31
3.5.1.	Patio 200 .....	31
3.5.2	Patio 500 .....	31
3.5.3	Patio 600 .....	32
3.5.4	Patio 700.....	33
3.5.5	Patio 800 .....	33
3.6	Selección del área para la implementación del sistema fotovoltaico.....	335

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>36</b>
<b>4.      DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE ENERGIA, ALTERNATIVAS EN           TPM .....</b>	<b>36</b>
4.1    Análisis para la selección de la fuente de energía renovable ....	36
4.2    Consumo de energía en el Terminal portuario de Manta .....	38
4.3    Radiación Solar en Manta .....	39
4.4    Energía Solar Fotovoltaica.....	40
4.4.1   Eficiencia de una celda .....	41
4.5    Tipos de Celdas fotovoltaicas .....	44
4.5.1   Sistemas Fotovoltaicos .....	45
4.5.2   Sistema On grid .....	45
4.5.3   Sistema Off Grid .....	46
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>47</b>
<b>5.      DISEÑO TÉCNICO Y ESTRUCTURAL DEL SISTEMA           FOTOVOLTAICO PARA SU INSTALACIÓN .....</b>	<b>47</b>
5.1.    Parámetros de diseño .....	47
5.1.1   Consumo de energía eléctrica en TPM .....	48
5.2.    Ubicación óptima para el área de instalación de paneles solares .....	49
5.2.1   Justificación Técnica.....	49
5.2.2   Selección de paneles solares del proyecto. ....	51
5.2.3   Panel solar monocristalino de tipo PERC .....	52
5.2.4   Características Técnicas .....	54
5.2.5   Características Mecánicas .....	55
5.3    Inversor .....	55
5.4    Determinación área del proyecto .....	57
5.4.1   Datos técnicos .....	57
5.4.2   Estructura de soporte .....	57
5.4.3   Tipos de estructuras: .....	58
5.4.4   Diseño de estructura de soporte .....	59
5.5    Potencia requerida.....	62
5.5.1   Energía eléctrica utilizada para el abastecimiento del puerto de manta. ....	63
5.6    Distribución referencial del sistema fotovoltaico, estructura tipo carport.....	66

5.7	Análisis de precio unitario.....	68
5.8	Periodo de retorno de inversión.....	73
<b>CAPITULO VI.....</b>		<b>73</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>73</b>
6.1	Conclusión .....	73
6.2	Recomendaciones .....	74
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>76</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Datos del Terminal Portuario de Manta .....	25
<b>Tabla 2:</b>	Cifras de operación del terminal Portuario de Manta en el año 2022.....	28
<b>Tabla 3:</b>	Cifras de carga a granel y carga suelta en el año 2022 .....	28
<b>Tabla 4:</b>	Selección del Patio para la instalación de paneles.....	34
<b>Tabla 5:</b>	Consumo real energía eléctrica TPM.....	39
<b>Tabla 6:</b>	Consumo de energía eléctrica en TPM.....	48
<b>Tabla 7:</b>	Consumo anual de energía TPM.....	48
<b>Tabla 8:</b>	Comparación tipo de panel .....	52
<b>Tabla 9:</b>	Especificaciones Perc .....	54
<b>Tabla 10:</b>	Especificaciones mecánicas .....	55
<b>Tabla 11:</b>	Especificaciones Inversor .....	56
<b>Tabla 12:</b>	kWh TPM.....	63
<b>Tabla 13:</b>	Análisis de precios unitarios .....	68
<b>Tabla 14:</b>	Análisis de precios unitarios .....	69
<b>Tabla 15:</b>	Análisis de precios unitarios .....	69
<b>Tabla 16:</b>	Análisis de precios unitarios .....	70
<b>Tabla 17:</b>	Análisis de precios unitarios .....	71
<b>Tabla 18:</b>	Presupuesto total estimado del proyecto.....	72
<b>Tabla 19:</b>	Payback.....	73

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Dispersión y absorción de la luz.....	10
<b>Ilustración 2:</b> Medición de la energía mediante Pirheliómetro, Piranómetro, Heliómetro.....	11
<b>Ilustración 3:</b> Tipos de energía solar térmica.....	11
<b>Ilustración 4:</b> Principio de funcionamiento fotovoltaico.....	12
<b>Ilustración 5:</b> Partes de un aerogenerador.....	13
<b>Ilustración 6:</b> Funcionamiento de energía geotérmica.....	14
<b>Ilustración 7:</b> Funcionamiento de una central hidroeléctrica.....	15
<b>Ilustración 8:</b> Funcionamiento de una presa de marea.....	17
<b>Ilustración 9:</b> Funcionamiento de una central corriente de marea.....	17
<b>Ilustración 10:</b> Fuente de biomasa.....	18
<b>Ilustración 11:</b> Terminal Portuario de Manta.....	23
<b>Ilustración 12:</b> Foto satelital de Manta.....	25
<b>Ilustración 13:</b> Foto satelital del puerto de Manta.....	26
<b>Ilustración 14:</b> Plano TPM.....	27
<b>Ilustración 15:</b> Patio 200 TPM.....	31
<b>Ilustración 16:</b> Patio 500 TPM.....	32
<b>Ilustración 17:</b> Patio 600 TPM.....	32
<b>Ilustración 18:</b> Patio 700 TPM.....	33
<b>Ilustración 19:</b> Patio 800 TPM.....	33
<b>Ilustración 20:</b> Celda de silicio.....	41
<b>Ilustración 21:</b> Radiación directa/difusa.....	42
<b>Ilustración 22:</b> Configuración de celdas.....	43
<b>Ilustración 23:</b> Celdas fotovoltaicas.....	44
<b>Ilustración 24:</b> Sistema On Grid.....	45
<b>Ilustración 25:</b> Sistema Off Grid.....	46
<b>Ilustración 26:</b> Imagen satelital del patio 600.....	51
<b>Ilustración 27:</b> Panel solar PERC.....	53
<b>Ilustración 28:</b> Panel solar PERC.....	54
<b>Ilustración 29:</b> Inversor SUN2000.....	56
<b>Ilustración 30:</b> Estructura carport.....	58
<b>Ilustración 31:</b> Tipos de estructuras.....	58
<b>Ilustración 32:</b> Diseño estructura carport.....	59
<b>Ilustración 33:</b> Diseño estructura carport base.....	60
<b>Ilustración 34:</b> Diseño Panel Solar.....	60
<b>Ilustración 35:</b> Soportes estructura.....	61
<b>Ilustración 36:</b> Estructura carport.....	61
<b>Ilustración 37:</b> Consumo mensual de energía TPM.....	63

<b>Ilustración 38:</b> Plano referencial de instalación.....	67
<b>Ilustración 39:</b> Distribución de inversores y tableros AC del sistema fotovoltaico.....	67

**INDICE DE ECUACIONES**

(1).....	64
(2).....	64
(3).....	65
(4).....	65
(5).....	65

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la implementación de sistemas de energía renovable en el Puerto de Manta, considerando la disponibilidad de recursos naturales, la demanda energética y la infraestructura eléctrica existente. El estudio se centró principalmente en la integración de energía solar fotovoltaica como alternativa sostenible para el abastecimiento energético de las operaciones portuarias.

Para el desarrollo del análisis, se evaluó el recurso solar mediante datos climatológicos actualizados, así como el consumo eléctrico real del terminal portuario. De igual manera, se examinó la capacidad de la infraestructura existente para la integración de un sistema de generación fotovoltaica. Con base en estos parámetros, se diseñó una propuesta preliminar de un sistema fotovoltaico tipo carport, dimensionado conforme al requerimiento energético del puerto.

El estudio económico contempló la estimación de los costos de inversión, el análisis del período de recuperación de la inversión (payback) y la evaluación de la relación beneficio-costos, permitiendo determinar la factibilidad financiera del proyecto.

Los resultados obtenidos demostraron que la implementación de un sistema fotovoltaico en el Puerto de Manta es técnica y económicamente viable, además de generar beneficios ambientales significativos mediante la reducción del impacto asociado al consumo de energía convencional.

Finalmente, se concluye que la incorporación de la energía solar fotovoltaica en infraestructuras portuarias representa una alternativa estratégica para fortalecer la eficiencia energética, reducir costos operativos y promover un modelo de desarrollo sostenible en el sector marítimo-portuario.

## ABSTRACT

This research paper aimed to analyze the technical, economic and environmental feasibility of implementing renewable energy systems in the Puer-to of Manta, considering the availability of natural resources, the energy demand and existing electricity infrastructure. The study focused mainly on the integration of solar photovoltaic energy as a sustainable alternative for the energy supply of port operations.

For the development of the analysis, the solar resource was evaluated using updated climatological data, as well as the actual electricity consumption of the port terminal. Similarly, the capacity of existing infrastructure for integrating a photovoltaic generation system was examined. Based on these parameters, a preliminary proposal of a photovoltaic system type carport was designed, sized according to the energy requirement of the port.

The economic study included the estimation of investment costs, analysis of the payback period and evaluation of the benefit-cost ratio, allowing to determine the financial feasibility of the project.

The results showed that the implementation of a photovoltaic system in the Port of Manta is technically and economically feasible, as well as generating significant environmental benefits by reducing the impact associated with conventional energy consumption.

Finally, it is concluded that the incorporation of solar photovoltaic energy in port infrastructures represents a strategic alternative to strengthen energy efficiency, reduce operating costs and promote a sustainable development model in the maritime-port.

## **INTRODUCCIÓN**

El incremento sostenido de las actividades industriales, comerciales y logísticas ha provocado un aumento significativo en la demanda de energía eléctrica tanto a nivel global como nacional. En el Ecuador, según el Balance Energético Nacional publicado por el Ministerio de Energía y Minas (2023), el consumo eléctrico ha mantenido una tendencia creciente durante la última década. Esta situación incrementa la presión sobre el Sistema Nacional Interconectado (SNI), especialmente en períodos de estiaje, donde la generación hidroeléctrica se ve limitada y se requiere complementar la oferta con generación térmica basada en combustibles fósiles. En este contexto, la diversificación de la matriz energética mediante fuentes renovables se convierte en una estrategia técnica necesaria para fortalecer la seguridad energética y reducir la dependencia de generación convencional.

El sistema eléctrico ecuatoriano depende en gran medida de la generación hidroeléctrica; sin embargo, durante períodos de estiaje o eventos climáticos adversos, el país ha debido recurrir a generación térmica basada en combustibles fósiles, lo que incrementa costos operativos y emisiones de gases de efecto invernadero. Esta situación evidencia la necesidad de fortalecer la seguridad energética mediante la incorporación de fuentes renovables complementarias, especialmente en sectores estratégicos como el portuario.

El Puerto de Manta constituye una de las principales industrias logísticas y comerciales del país, con una infraestructura que demanda un suministro energético continuo y confiable para operaciones de carga, descarga, almacenamiento y servicios auxiliares. No obstante, actualmente su abastecimiento eléctrico depende exclusivamente de la red convencional, sin integración significativa de sistemas de generación renovable. Esta condición representa un vacío técnico en términos de eficiencia energética, reducción de costos operativos y mitigación del impacto ambiental.

La provincia de Manabí, y particularmente la ciudad de Manta, presenta niveles elevados de radiación solar promedio anual, lo que posiciona a la energía solar fotovoltaica como una alternativa técnicamente viable para complementar la demanda energética del sector portuario. Sin embargo, la implementación de este tipo de soluciones requiere un análisis integral que contemple la evaluación del recurso solar disponible, el perfil de consumo

energético, la capacidad de la infraestructura existente y la factibilidad económica del proyecto.

En este contexto, la presente investigación tiene como propósito realizar un análisis de viabilidad técnica, económica y ambiental para la implementación de un sistema de generación fotovoltaica en el Puerto de Manta.

De esta manera, el trabajo busca aportar una base técnica que permita determinar la factibilidad de integrar generación renovable en infraestructuras portuarias del Ecuador, contribuyendo al fortalecimiento de estrategias de transición energética, eficiencia operativa y sostenibilidad en el sector marítimo-portuario.

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

El presente capítulo tiene como propósito analizar las condiciones técnicas, energéticas y estructurales del Puerto de Manta con el fin de evaluar la viabilidad de implementar un sistema de generación eléctrica basado en energía renovable. Este diagnóstico se orienta a examinar el perfil actual de consumo energético, la infraestructura eléctrica disponible y el potencial de aprovechamiento de recursos naturales, particularmente el recurso solar.

A través de este análisis se busca determinar si las condiciones existentes permiten la integración de un sistema fotovoltaico conectado a red, considerando criterios de factibilidad técnica, económica y operativa. De esta manera, el diagnóstico constituye la base para sustentar el estudio de viabilidad planteado en la investigación y establecer los parámetros que orientarán el dimensionamiento y evaluación del proyecto.

#### **1.1. Antecedentes**

La energía es un ingrediente básico en la vida de las sociedades y de las personas. La facilidad o dificultad de su suministro, su abundancia o escasez, o el precio. Son factores que influyen en el bienestar personal y el crecimiento de la economía. En las últimas décadas, el mundo se ha interesado cada vez más en la energía renovable como una alternativa viable y sostenible a la generación de electricidad. (IEA, 2022)

La transición hacia energías limpias está impulsada por la urgencia de mitigar los efectos del cambio climático y la necesidad de reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables. En este contexto, los puertos marítimos, como principales centros de las actividades comerciales y logísticas del país, son puntos estratégicos para la introducción de tecnologías energéticas más sostenibles. (CAF, 2023)

El puerto de Manta está ubicado en la costa de Ecuador y es una importante infraestructura para el comercio exterior y el desarrollo económico regional.

Sin embargo, al igual que otros puertos del mundo, enfrenta desafíos relacionados con el consumo de energía y la sostenibilidad ambiental.

El propósito de este trabajo es realizar un estudio de factibilidad para la viabilidad de implementar un sistema de energía renovable en el puerto de Manta, tomando en cuenta factores tan fundamentales como la disponibilidad de recursos naturales, las necesidades energéticas del puerto y la infraestructura energética existente.

La posibilidad de integrar fuentes de energía dependerá de estudios detallados de las condiciones locales, la capacidad del sistema energético para absorber esta nueva fuente de energía y los beneficios ambientales y económicos que traería dicha transición. En este sentido, el objetivo de este estudio no es solo evaluar las posibilidades técnicas, sino también brindar una perspectiva integral para tomar decisiones informadas sobre el futuro energético del Puerto de Manta.

## **1.2. Planteamiento del problema**

El Puerto de Manta es una infraestructura estratégica para el desarrollo logístico y comercial del país, cuyas operaciones requieren un suministro eléctrico continuo para el funcionamiento de equipos, sistemas de almacenamiento y servicios operativos. El crecimiento progresivo de las actividades portuarias ha generado un incremento en la demanda energética, lo que conlleva un aumento en los costos asociados al consumo de electricidad y en la necesidad de garantizar un abastecimiento confiable para el desarrollo de sus operaciones.

En la actualidad, el suministro energético del puerto se basa en fuentes convencionales, sin la incorporación de sistemas de generación alternativa que permitan complementar la demanda existente o mejorar la eficiencia en el uso de la energía. Esta condición evidencia la falta de estrategias orientadas a optimizar el consumo energético y reducir la dependencia del abastecimiento externo, a pesar de que la zona presenta condiciones naturales favorables para el aprovechamiento de fuentes renovables.

Asimismo, no se dispone de un análisis técnico que permita determinar la capacidad de la infraestructura existente para integrar sistemas de generación renovable, ni se ha evaluado el impacto económico y ambiental que implicaría su posible implementación. La ausencia de este tipo de estudios limita la identificación de alternativas energéticas que contribuyan a mejorar el desempeño operativo del puerto y a reducir los costos asociados al consumo eléctrico.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar un estudio de viabilidad que permita analizar las condiciones técnicas, económicas y ambientales para la incorporación de sistemas de generación basados en fuentes renovables dentro de la infraestructura portuaria, considerando el perfil de demanda energética y las características actuales del sistema eléctrico existente.

### **1.3. Justificación**

Este proyecto de investigación se justifica a partir de la necesidad de analizar el consumo energético en el Puerto de Manta, considerando que sus operaciones logísticas, comerciales y administrativas requieren un suministro eléctrico continuo para el desarrollo de sus actividades. Esta condición implica un uso permanente de energía eléctrica que incide directamente en los costos operativos de la infraestructura portuaria, evidenciando la importancia de evaluar alternativas que permitan optimizar el aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles.

Actualmente, el abastecimiento energético del puerto se realiza mediante suministro convencional, sin integración de sistemas de generación distribuida que permitan complementar la demanda o reducir la exposición a variaciones tarifarias y costos operativos asociados al consumo eléctrico. A pesar de que la provincia de Manabí presenta niveles promedio de irradiación solar superiores a 4,5–5,5 kWh/m<sup>2</sup>/día, según el Atlas Solar del Ecuador (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019), no se dispone de un estudio técnico específico que determine la viabilidad de integrar generación renovable dentro de la infraestructura portuaria.

Asimismo, diversos estudios técnicos han demostrado que la integración de sistemas fotovoltaicos en infraestructuras industriales puede reducir costos operativos y emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a mejorar la eficiencia energética y el desempeño ambiental de las organizaciones (IRENA, 2022).

En consecuencia, esta investigación se justifica en la necesidad de realizar un análisis integral de viabilidad técnica, económica y ambiental que permita determinar si la incorporación de generación renovable en el Puerto de Manta constituye una alternativa factible para optimizar el consumo energético, reducir costos operativos y fortalecer la sostenibilidad de la infraestructura portuaria. El estudio aporta una base técnica aplicada que puede servir como referencia para futuras estrategias de planificación energética en el sector portuario del país.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental para la integración de sistemas de generación de energía renovable en la infraestructura eléctrica del Puerto de Manta, considerando el recurso energético disponible, el perfil de demanda y las condiciones operativas de una instalación portuaria, con el propósito de evaluar su incidencia en la eficiencia energética de las operaciones marítimo-portuarias.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Evaluar el potencial del recurso energético renovable disponible en el área de influencia del Puerto de Manta, considerando las condiciones climáticas predominantes de la zona costera.
- Determinar el perfil de demanda energética asociado a las operaciones marítimo-portuarias, en función del consumo eléctrico requerido para el funcionamiento de los servicios e instalaciones del puerto.
- Analizar las condiciones de la infraestructura eléctrica existente, con el fin de establecer su capacidad de integración con sistemas de generación de energía renovable.
- Realizar un análisis técnico, económico y ambiental que permita determinar la viabilidad de incorporar generación renovable como complemento al abastecimiento energético de las instalaciones portuarias.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Fuentes de energías renovables

La energía renovable es la que se crea a partir de los recursos naturales del medio ambiente que a su vez son continuos, y que mediante de tecnologías se terminan transformando en energía eléctrica (ELSEVIER, 2022).

Las energías renovables son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales (sol, viento, agua o la biomasa), por lo que su principal característica es que son inagotables y no producen emisiones de gases de efecto invernadero.

Esta energía renovable se caracteriza por tener un bajo impacto contaminante ya que se genera muy bajas cantidades o nulas de gases con efecto invernadero y contaminantes atmosféricos. (UNECE, 2022)

##### *2.1.1 Energía primaria*

Se refiere a aquella energía que se obtiene directamente de los recursos naturales disponibles en el entorno, sin haber sido sometida a ningún tipo de proceso de transformación artificial o tecnológica. Este tipo de energía constituye la base fundamental del sistema energético, ya que proviene de fuentes naturales tales como la radiación solar, el viento, el agua en movimiento, la biomasa, los combustibles fósiles y los recursos geotérmicos. En su estado original, la energía primaria no suele encontrarse en una forma que pueda ser utilizada directamente para el funcionamiento de equipos eléctricos o sistemas mecánicos, por lo que requiere ser transformada para satisfacer las necesidades energéticas de las actividades humanas e industriales. ((UNED, 2024, )

La energía primaria adquiere especial relevancia debido a que proviene de fuentes inagotables o de rápida regeneración natural, como es el caso de la energía solar o eólica. Por ejemplo, la radiación solar incidente sobre una superficie determinada representa una forma de energía primaria que puede ser aprovechada mediante tecnologías específicas como los paneles fotovoltaicos. La correcta identificación y evaluación del potencial de energía primaria disponible en una zona geográfica determinada permite establecer la

viabilidad técnica de implementar sistemas de generación energética sostenibles, como los considerados en proyectos de infraestructura portuaria.

### ***2.1.2 Energía secundaria***

Es el tipo de energía que se obtiene a partir de la transformación de la energía primaria mediante distintos procesos tecnológicos, con el fin de adaptarla a formas más útiles y funcionales para su consumo final. Este tipo de energía se presenta generalmente en formas como la electricidad, el calor o los combustibles refinados, que pueden ser utilizados de manera directa en aplicaciones domésticas, comerciales o industriales. El proceso de conversión de energía primaria en energía secundaria implica el uso de sistemas de generación, conversión y distribución que permiten garantizar su disponibilidad en condiciones adecuadas de calidad y continuidad.

En sistemas de generación eléctrica a partir de fuentes renovables, como los sistemas fotovoltaicos, la energía secundaria se manifiesta en forma de energía eléctrica obtenida tras la conversión de la radiación solar captada por los módulos fotovoltaicos. Esta transformación se lleva a cabo mediante el efecto fotoeléctrico, permitiendo que la energía solar incidente sea convertida en electricidad que puede alimentar equipos eléctricos o ser inyectada a la red de distribución. En este sentido, la energía secundaria representa el resultado final del aprovechamiento tecnológico de los recursos energéticos naturales, constituyéndose como un elemento esencial para el desarrollo de soluciones energéticas eficientes y sostenibles en entornos como el sector portuario. ((UNED, 2024, )

## **2.2. Clasificación de energías renovables**

La clasificación de las energías renovables se establece en función del origen del recurso natural del cual se obtiene la energía y del proceso tecnológico empleado para su aprovechamiento. Estas fuentes energéticas se caracterizan por su capacidad de regenerarse de manera continua a través de procesos naturales, lo que permite su disponibilidad a largo plazo sin comprometer el equilibrio ambiental. Entre las principales energías renovables se encuentran la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica y la biomasa, cada una con características específicas en cuanto a su forma de captación, transformación y aplicación. La correcta clasificación de estas fuentes permite identificar sus potencialidades y limi-

taciones técnicas en determinados entornos geográficos, facilitando la selección de alternativas energéticas más adecuadas para su implementación en proyectos de generación eléctrica sostenible, como en el caso de infraestructuras portuarias.

### 2.2.1 *Energía Solar*

El sol es la central infinita de tres energías renovables (solar fotovoltaica, solar termoeléctrica y solar térmica) que mitigan los efectos del cambio climático, la energía solar es una combinación química entre el helio y el hidrógeno, lo que se termina transformando en radiación electromagnética (BBVA, 2024)

La energía solar esta de las formas de energía que incluso con un día nublado se pueden obtener energía, es de las fuentes más abundantes ya que se incluso se pueden obtener hasta 10 000 veces más energía que la que consume el ser humano (ENERGY, 2023).

Los paneles solares son la estructura tecnológica que permite transforma la energía solar en electricidad, pueden durar hasta 30 años, y desde su creación los costos han venido disminuyendo, lo cual los hace más económicos, y más accesibles para la utilización de los mismos y así comenzar a utilizar más energías renovables.



**Ilustración 1:** Dispersión y absorción de la luz.

Fuente: OPEX Energy.net

Por medio de la irradiancia (potencia de radiación) se mide la energía que llega a nuestro planeta por unidad de tiempo y área, por lo cual en el Sistema Internacional de Unidades (SI) se mide en  $W/m^2$ . Su valor promedio reportado por la sociedad internacional de

energía solar (ISES) es  $I_{cs} = 1.373 \text{ W/m}^2$ .

Por medio de mediciones en lugares concretos, empleando equipos como pirheliómetros, figura 2<sup>a</sup> (miden la radiación directa), piranómetros, figura 2b (mide radiación global) y heliógrafos, figura 2c (registran las horas del sol) y ciertos cálculos, es posible obtener lo que genéricamente se conoce como mapas solares.

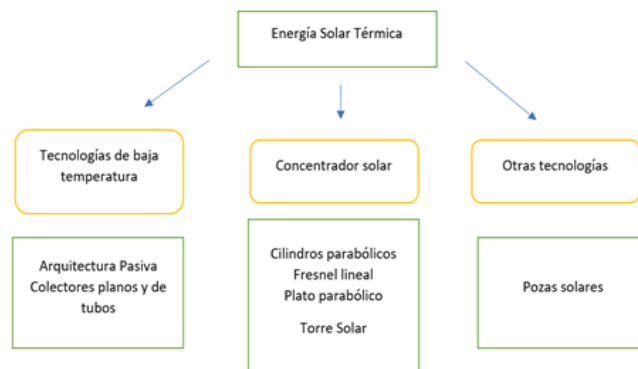


**Ilustración 2:** Medición de la energía mediante Pirheliómetro, Piranómetro, Heliómetro.

**Fuente:** Diapositivas Energías Renovables

### 2.2.2 Energía solar fototérmica

Este es un sistema en el que se permite utilizar la energía solar para generar calor, esto a través de la captación de calor mediante colectores, esta energía se puede utilizar para diferentes fines procesos industriales para calentamiento o secado, etc. (AQUAE, 2021)



**Ilustración 3:** Tipos de energía solar térmica

**Fuente:** Diapositivas Energías Renovables

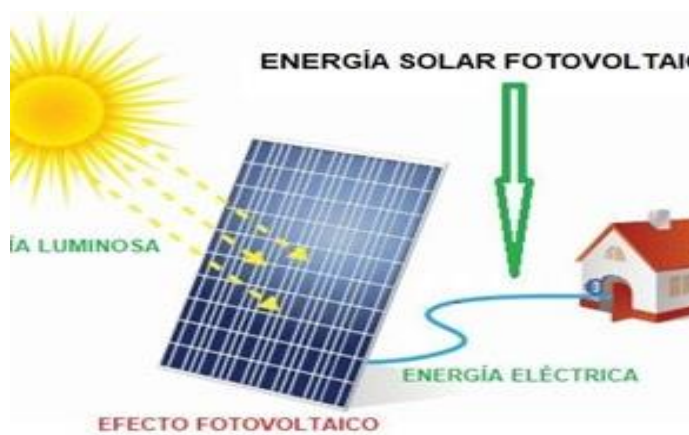
**Realizado por:** Sacón C.

La mayoría de las plantas eléctricas del mundo transforman calor a trabajo mecánico y luego a electricidad, los sistemas de concentración solar siguen este principio, en donde la fuente de calor es la radiación solar.

### 2.2.3 *Energía solar fotovoltaica*

La transformación directa a electricidad mediante efecto fotovoltaico, el efecto ocurre dentro de dispositivos electrónicos llamadas celdas, cuando el sol incide sobre ella logra soltar electrones, permitiendo un flujo o corriente eléctricos.

Transforma los rayos en electricidad a través de los paneles solares o de las células fotovoltaicas. Cuando la luz solar está en contacto el material de silicio de los paneles solares, estos se excitan permitiendo el movimiento de electrones con la posterior generación de corriente eléctrica (AQUAE, 2021).



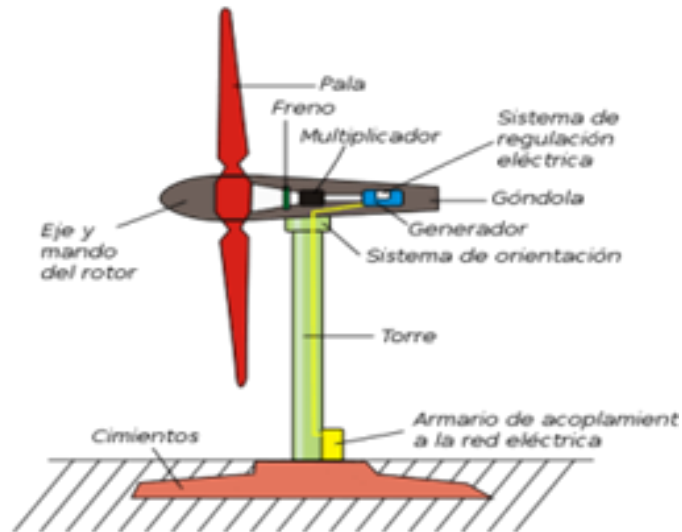
**Ilustración 4:** Principio de funcionamiento fotovoltaico.

Fuente: Tecsol Energy

### 2.2.4 *Energía eólica*

La energía eólica es un tipo de energía que permite generar electricidad a través del viento, mediante fuerzas cinéticas del propio viento, y a través de un generador se termina transformando en electricidad (AEE, 2018).

Esta aprovecha la energía cinética del aire en movimiento gracias al uso de enormes turbinas eólicas ubicadas en superficies terrestres, en alta mar o en aguas dulces (sobre la superficie acuática). La energía eólica ha evolucionado en las últimas pocas décadas hasta convertirse en una potente forma de producir electricidad gracias a turbinas más altas y a unos rotores que poseen diámetros de mayores proporciones. (Acebo, 2020)



**Ilustración 5:** Partes de un aerogenerador

**Fuente:** Factordeenergía.com.

En muchas zonas del mundo nos encontramos vientos fuertes con velocidades muy altas; sin embargo, los mejores lugares para generar esta energía se localizan, algunas veces, en los sitios muy difícil acceso.

### ***2.2.5 Energía geotérmica***

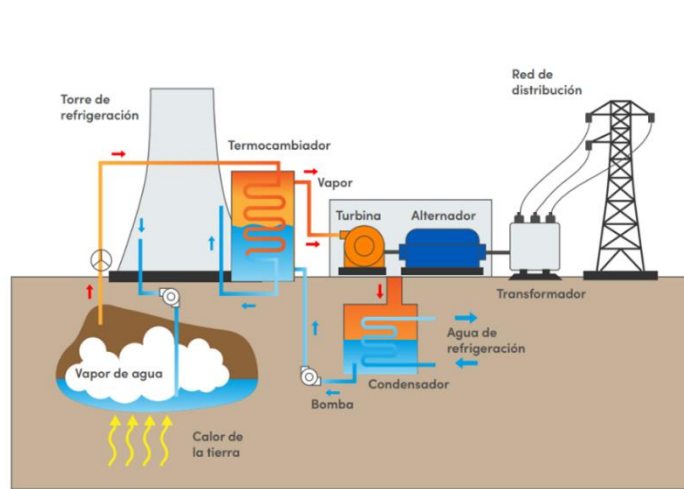
La geotermia es la que se obtiene a través del calor de la tierra misma, los depósitos con estas temperaturas lo suficientemente elevadas y permeables de forma natural se denominan depósitos hidrotermales, mientras que los depósitos que cuentan con el suficiente calor, pero que utilizan medios de estimulación hidráulica, se llaman sistemas geotérmicos mejorados. (REPSOL, s.f.)

Cuando el agua de la lluvia se filtra a través de la corteza terrestre, forma mantos, corrientes de aguas profundas y acuíferos confinados. Estos, al entrar en contacto con las altas temperaturas del subsuelo dan lugar a un reservorio geotérmico formado por agua y vapor a elevadas temperaturas (REPSOL, s.f.).

El vapor generado al generar una actividad cinética es la que se utilizar para generar energía térmica o eléctrica.

A medida que nos acerquemos al núcleo del planeta, las temperaturas aumentan considerablemente, ya que hay más presión, más gravedad, y menos distancia del núcleo

de metal fundido que es el corazón de la Tierra (Acebo, 2020).



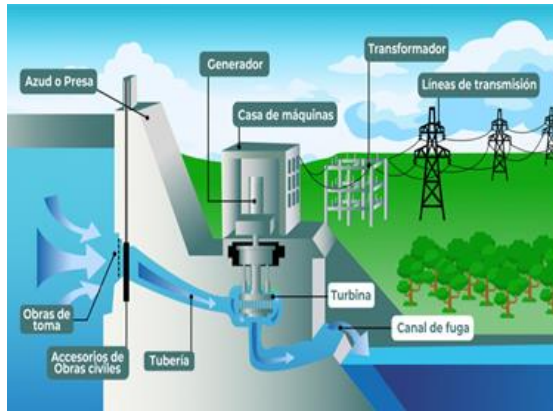
**Ilustración 6:** Funcionamiento de energía geotérmica.

Fuente: unade.edu

### 2.2.6 *Energía hidroeléctrica*

La energía hidroeléctrica es aquella que se obtiene a través del movimiento del agua, esta pasa y hace girar las aspas de una turbina, luego la turbina mueve un generador para crear electricidad. La cantidad de electricidad que se puede producir depende de lo alto que caiga el agua y de cuánto agua fluye por el sistema. Esta electricidad se puede enviar a través de cables que van lejos hasta llegar a las casas, las fábricas y las compañías. La energía potencial que se guarda en el agua de una represa se calcula mirando la diferencia de altura entre la parte alta, donde el agua entra hacia la turbina, y la parte baja, donde el agua sale de la represa (Fei Chen a, 2025).

Esta diferencia de altura se conoce como el cabezal de elevación, que es una parte del cabezal hidráulico, aproximadamente una sexta parte de la electricidad del mundo procede de instalaciones hidroeléctricas, en algunos países del mundo, la hidroelectricidad es la forma dominante de generación de energía eléctrica. (Wolfson., s.f.)



**Ilustración 7:** Funcionamiento de una central hidroeléctrica.

Fuente: Mapeku.org

### 2.2.7 *Energía proveniente del mar*

La energía que proviene del mar se la conoce también como energía marítima u oceánica, es un tipo de energía que se obtiene a partir de las fuerzas cinéticas generadas por el mismo mar, a través de tecnología especializadas que terminan transformando energía mecánica para posterior energía eléctrica (Hai Li, 2025).

Las centrales mareomotrices aprovechan la energía de las mareas producidas por la atracción de la luna y del sol sobre las aguas del mar.

El aprovechamiento de la energía marina no genera impactos ambientales ni visuales considerables y constituye un recurso energético con gran capacidad de predicción (Acebo).

*2.2.7.1 Energía mareomotriz.* Este tipo de energía se crea por el aumento y la disminución de la marea, que a su vez tiene su origen por fuerzas gravitatorias.

*2.2.7.2 Energía undimotriz.* También conocida como energía ola motriz, aprovecha el movimiento de las olas. En este caso, la radiación del Sol causa un calentamiento desigual de la Tierra que provoca el desplazamiento de las masas de aire y la formación de los vientos que causan el oleaje.

Producen energía eléctrica a partir del desnivel creado por las mareas, utilizando la energía potencial gravitatoria del agua como una central hidráulica, es decir, convierten el salto entre la superficie del agua represada y la turbina en carga cinética y de presión, que, a su vez, se transforman en gran parte en energía de rotación y luego en energía

eléctrica. Hoy por hoy son las únicas centrales marinas de potencia elevada. Las olas son producidas por el viento y su energía cinética (oleo motriz) se transforma en electricidad, utilizando diversos dispositivos de conversión. Por ejemplo, el convertidor noruego de Kvaerner, situado en una costa escarpada que consiste en un cilindro hueco de hormigón, de varios metros de alto, en cuya boca inferior las olas ejercen presión sobre el aire contenido en el mismo y lo impulsan hacia la boca superior, donde mueve una turbina. Otras plantas, situadas en el mar, emplean turbinas hidráulicas verticales, con potencias de hasta 2 MW. (MINERALS, 2012)

En latitudes tropicales, el fuerte calentamiento de las aguas superficiales crea un salto térmico notable con relación a las aguas que están a centenares de metros de profundidad, y se ensayan dispositivos, basados en un ciclo termodinámico abierto o cerrado (evaporación, expansión en una turbina, enfriamiento y condensación de un fluido como el amoníaco), para obtener energía. Las fuerzas del mar pueden alcanzar velocidades de 9 hasta 14 km /hora, esto se conoce como el efecto Venturi, y mediante turbinas sumergidas en el mar, y a través del movimiento mecánico de las mismas es como se termina generando energía (MINERALS, 2012).

En general, el coste de operación de los sistemas de extracción de energía del océano es bajo, ya que el fluido (agua salada) es gratuito, pero el coste de su construcción es muy elevado, y como resultado el coste del kWh no es competitivo con el de una central eléctrica convencional. Sin embargo, los avances técnicos, el encarecimiento del precio de los combustibles fósiles a medida que se vayan agotando y el aumento del apoyo de los gobiernos, harán que bajen los costos de instalación y de este modo, la energía renovable obtenida del océano será económicamente viable.

### *2.2.7.3 Presa de Marea.*

La presa de marea es la que se utiliza para obtener energía mediante los cambios de mareas constantes, plenamar es el término utilizado para describir cuando la marea sube y bajamar cuando la marea baja, estos cambios en la altura del agua permite que se muevan las turbinas para así generar la energía.



**Ilustración 8:** Funcionamiento de una presa de marea.

Fuente: orzabal-mareamotriz.com

2.2.7.4 *Generador de Corriente de Marea.* Las instalaciones de generador de corriente para marea: Los llamados Tidal Stream Generators (TSG) son instalaciones muy parecidas a los parques eólicos, pero dentro del mar.

Pueden tener una turbina en vertical, horizontal o dentro de conductos cerrados.



**Ilustración 9:** Funcionamiento de una central corriente de marea

Fuente: orzabal-mareamotriz.com

2.2.7.5 *Con tecnologías híbridas.* Este tipo de central mareomotriz podría calificarse como una combinación de las dos anteriores; combina la tecnología de amplitud con la de corriente oceánica o de marea.

## 2.2.8 Biomasa

La biomasa es un tipo de energía que se obtiene a partir de la materia orgánica, generados en su mayoría por el sector agrícola. Por su amplia definición, la biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza (Bin, 2025).



**Ilustración 10:** Diferentes tipos de Biomasa

Realizada por: Ing. Aleph Acebo

(Recursos en naranja, procesos de transformación en pentágonos (lila: fisicoquímicos, turquesa: bioquímicos, rojo: termoquímicos, azul: físicos), combustibles en celeste y energía final en verde claro.)

**2.2.8.1 Bioenergía.** Es la energía procedente de la transformación de biomasa, son los materiales orgánicos que puede aprovecharse para generar calor, electricidad y combustibles. Su potencial es enorme, pues permite utilizar diversos tipos de residuos orgánicos para convertirlos en energía de forma rentable y sostenible (REPSOL, s.f.).

**2.2.8.2 Conversión Termoquímica.** Hace referencia a la transformación de biomasa mediante calor. El resultado bien puede ser el mismo calor, o bien algún combustible intermedio. El caso más sencillo tal vez es la obtención de leña para calefacción. Los troncos son trozados y luego secados al aire (idealmente) por algunos años.

**2.2.8.3 Conversión Bioquímica.** Las transformaciones bioquímicas se refieren a la transformación de biomasa llevada a cabo por microorganismos o enzimas que aceleran (catalizan) el proceso. En mayor parte son conversiones biológicas, aunque algún segmento de la cadena de procesos también posee componentes químicos.

2.2.8.4 *Conversión Fisicoquímica*. Otra forma de obtener biodiesel, es mediante la conversión fisicoquímica de biomasa rica en aceites, esto es un proceso consistente en dos etapas: la extracción (proceso físico) y la transesterificación (proceso químico).

2.2.8.5 *Combustión Directa*. Es la quema completa de biomasa. Esta oxidación libera CO<sub>2</sub>, agua y calor. Es precisamente el proceso inverso de la fotosíntesis. Fuentes para la combustión directa son la biomasa sólida como madera, residuos de madera, paja, o bien residuos municipales. El calor generado puede usarse para la calefacción de edificaciones e industrias, o bien en ciclos de vapor en la generación eléctrica. Se divide en tres etapas. La evaporación del agua pertenece a la primera etapa, las siguientes corresponden a cualquier combustible seco en el que se debe elevar la temperatura más alto al punto de ignición (momento donde empieza a quemarse el combustible). (Acebo, 2020)

2.2.8.6 *Pirolisis*. Al someter la biomasa a altas temperaturas en ausencia de oxígeno, se fragmentan sus moléculas sin que se combustionen completamente. Este es uno de los procesos más antiguos para transformar un combustible en otro energéticamente más denso, por ejemplo, la conversión de madera a carbón vegetal. En la obtención de carbón vegetal se cubre una pila de leña con tierra, dejándola a fuego latente entre 300-500°C durante algunos días. Este proceso ocurre prácticamente en ausencia de aire y se conoce hoy como pirolisis lenta.

El producto es una madera carbonizada con casi el doble de su poder calorífico original, aunque a costa de una gran pérdida energética por el escape de las componentes volátiles (CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>) en su proceso. Otra ventaja en el lugar del uso final es una quema más limpia (en comparación con la biomasa original) (IIGE, 2024)

2.2.8.7 *Gasificación*. Es la obtención de un combustible gaseoso a partir de un sólido. Para ello se limita la entrada de oxígeno, lo cual primero gatilla la pirolisis. Así se liberan las componentes volátiles que se condensan en un gas de bajo poder calorífico.

Alternaciones entre vapor y oxígeno se pueden repetir hasta obtener el producto final: el gas de síntesis o gas sintético o simplemente singas compuesto solamente por CO y H<sub>2</sub>. A partir de las singas se puede generar casi cualquier hidrocarburo, ya sea productos químicos o combustibles. (GASIFICACION, 2017)

2.2.8.8 *Digestión Anaeróbica*. La digestión degrada moléculas orgánicas bajo acción de bacterias. Se distingue entre la digestión en presencia de oxígeno (aeróbica) y la digestión en ausencia de oxígeno (anaeróbica). En la digestión aeróbica las bacterias consumen oxígeno para combinar la materia orgánica con oxígeno, formando CO<sub>2</sub>, agua y otros

compuestos. Este proceso es parte, por ejemplo, de la cadena de tratamiento de aguas servidas. Otro ejemplo interesante es en ríos, donde la materia orgánica es digerida por las bacterias presentes en el agua, auto purificándolo. Pero es la digestión la que posee aplicaciones directas en la bioenergía, ella reduce la materia orgánica a CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y otros compuestos, incluyendo ácido sulfúrico.

Esta mezcla se denomina biogás y puede ser usada en combustión para la obtención de calor o electricidad. Lavando y filtrando el biogás se logra llegar a una composición similar al gas natural, mezcla que también se llama biometano. Este puede emplearse en todos los usos convencionales del gas natural, como en cocinas, vehículos convertidos a gas, turbinas a gas, estufas, entre otros. (GENIABIOENERGY, 2025)

En la digestión anaeróbica existen cuatro fases para finalmente formar metano: hidrólisis, acidificación, a cetogénesis y metanogénesis. El sustrato para la digestión se compone de complejas cadenas moleculares, las cuales deben reducirse a compuestos más pequeños. Así, en la primera etapa se hidrolizan (descomponen con la ayuda de agua) los lípidos, polisacáridos y proteínas (y otros) para formar las correspondientes moléculas más sencillas: ácidos grasos, azúcares y aminoácidos. Estas alimentan a la segunda fase, que usa bacterias ácido génicas para obtener algunos alcoholes y ácidos grasos (de cadena corta) como productos intermedios. También genera H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y ácido acético, que sirven como sustratos a la cuarta fase.

2.2.8.9 *Fermentación*. Es un proceso biológico anaeróbico muy antiguo, que transforma los azúcares en alcohol.

Cuando la fermentación ocurre a partir de azúcares el proceso es análogo a la producción de alcohol bebestible. Si la biomasa es rica en almidón, es necesario molerla y descomponerla a azúcar antes de la fermentación. Aunque este proceso es relativamente barato, el balance CO<sub>2</sub> es ligeramente menos favorable que en el caso anterior. También la biomasa celulósica requiere pretratamiento. Aquí se hace uso intensivo de encimas que degradan la celulosa y hemicelulosa a azúcares. Técnicas más recientes permiten incluso usar biomasa lignocelulósica, la cual se fragmenta mediante procesos hidrotérmicos para luego aplicar (a la solución resultante) las bioencimas recién mencionadas realizar adaptaciones al vehículo. (Acebo, 2020)

Una vez que se tienen los azúcares la fermentación sigue un proceso común, es decir, independiente de la fuente de origen, esta se lleva a cabo con levaduras para llegar a un líquido con aproximadamente 10% de etanol, luego sigue la destilación, un proceso muy demandante en calor, este se puede generar con desechos agrícolas, incluso del mismo producto biomásico en que se está transformando. El resultado es etanol con un 95% de pureza. Una vez que se tienen los azúcares la fermentación sigue un proceso común, es decir, independiente de la fuente de origen, esta se lleva a cabo con levaduras para llegar a un líquido con aproximadamente 10% de etanol, luego sigue la destilación, un proceso muy demandante en calor, este se puede generar con desechos agrícolas, incluso del mismo producto biomásico en que se está transformando. El resultado es etanol con un 95% de pureza. (Acebo, 2020)

*2.2.8.10 Extracción.* La extracción se refiere al proceso físico de obtener aceite, generalmente, a partir de alguna planta, para esto se requiere preparar la materia prima, esto incluye la cosecha, secado y desmenuzamiento. Luego sigue el prensado para extraer el aceite, este líquido se somete a filtración, secado y limpieza, obteniéndose así el aceite vegetal, este ya podría utilizarse como sustituto del diésel en algunos motores modernos. Pero en la mayoría de los casos una combustión incompleta podría producir acumulaciones de carbono en el motor, por ello los motores usualmente requieren algunas adaptaciones, aunque menores, para evitar esto se somete el aceite vegetal resultante a la transesterificación. (FAMONAUT, 2021)

*2.2.8.11 Transesterificación.* Para obtener, a partir del aceite vegetal, un compuesto equivalente al diésel, se le somete a un proceso químico. La transesterificación consiste en agregar un alcohol (metanol o etanol) al aceite, generando biodiesel y glicerina, el alcohol potencialmente también puede ser obtenido a partir de biomasa, el biodiesel resultante puede usarse en motores sin necesidad de modificaciones adicionales. La glicerina, un subproducto, posee aplicaciones en la industria cosmética, un cuidado particular en el uso de biodiesel es el punto de congelamiento, que es levemente más alto que el diésel fósil. (FAMONAUT, 2021)

*2.2.8.12 Biocombustible.* Son obtenidos a partir de biomasa vegetal o animal, renovables, que permiten reemplazar a combustibles fósiles obtenidos del petróleo. Para su obtención, pueden utilizarse especies de uso agrícola, tales como el maíz y la mandioca, o plantas oleaginosas como la soja, el girasol o las palmas, también pueden emplearse especies forestales como el eucalipto y los pinos.

La utilización de biocombustibles constituye un ciclo cerrado de carbono, esto significa que, al utilizar biocombustibles, se reduce el CO<sub>2</sub> que es enviado a la atmósfera, porque parte de este se ha absorbido durante el crecimiento de las plantas que se utilizaron anteriormente para producirlo.

Los biocombustibles son a menudo mezclados con otros combustibles en distintas proporciones, 5%, 10%, o más, para su uso en el transporte. (Acebo)

2.2.8.13 *Biodiesel*. Es un biocombustible líquido alternativo, producido a partir de recursos renovables y domésticos tales como aceites vegetales o grasas animales de primera o segunda generación (sin o con uso previo). No contiene petróleo, es biodegradable, renovable y no tóxico (libre de azufre y compuestos aromáticos potencialmente cancerígenos).

2.2.8.14 *Bioetanol*. También llamado etanol de biomasa es el principal producto obtenido de la fermentación y destilación del almidón (azúcares), contenido en la materia orgánica (biomasa), previamente extraído por procesos enzimáticos. Se obtiene a través de las siguientes materias primas: féculas y cereales (trigo, maíz, centeno, yuca, patata, arroz) y azúcares (melazas de caña, melazas de remolacha, sirope de azúcar, fructuosa, suero).

2.2.8.14 *Biogás*. También conocido como bioetanol, es el producto gaseoso de la descomposición anaeróbica (descomposición sin oxígeno) de materia orgánica. (Acebo, 2020)

## CAPÍTULO III

### 3. TERMINAL PORTUARIO DE MANTA

En el presente capítulo se describe el Terminal Portuario de Manta (TPM), una de las infraestructuras portuarias más importantes del Ecuador, debido a su ubicación estratégica en las costas del Océano Pacífico y su contribución al comercio nacional e internacional.

#### 3.1. Descripción operativa del Terminal Portuario de Manta

El sector marítimo en Manta es uno de los principales aportadores a la economía y al turismo de la ciudad. Su puerto de pesca es uno de los más importantes del país. El Puerto de Manta se encuentra a 25 millas náuticas, a una hora desde la ruta internacional de tráfico y a 24 horas del Canal de Panamá, y se considera un puerto de múltiples usos. Sus instalaciones permiten que cualquier tipo de embarcación tenga acceso fácil, asegurando que los barcos puedan moverse con comodidad y realizar las operaciones de carga, descarga y abastecimiento sin problemas; además, ofrecen condiciones adecuadas de seguridad y movilidad para que los cruceros lleguen con facilidad. La Autoridad Portuaria de Manta fue establecida el 24 de octubre de 1966; esta institución se encargó de operar y controlar el puerto de Manta, incluyendo tanto el Terminal Internacional como el Terminal de Cabotaje. Como parte de un mecanismo de iniciativa privada, la operación del "Terminal Interno del Puerto de Manta, TIAM" fue asignada el 5 de diciembre de 2016 al Grupo AGUNSA. Con el objetivo de asumir la gestión del puerto, el mismo grupo creó el 12 de diciembre de 2016 la empresa ecuatoriana (Terminal Portuario de Manta S.A.)”.



**Ilustración 11:** Terminal Portuario de Manta

Fuente: [revistafactorverde.net](http://revistafactorverde.net)

### **3.2. Ubicación e infraestructura**

Este se encuentra en el País de Ecuador, Provincia Manabí, Cantón Manta.

Tiene un área total de 25.64 hectáreas, de las cuales se encuentran delegadas al gestor privado Terminal Portuario de Manta - TPM, un total de 18.68 hectáreas, correspondientes a la operación del Terminal Internacional, es decir, el 72,85% del Puerto. Las áreas no delegadas corresponden al Terminal Pesquero y de Cabotaje a cargo de Autoridad Portuaria de Manta (APM), donde opera la flota pesquera nacional. (Terminal Portuario de Manta S.A. )

El Puerto de Manta está dividido en dos terminales principales: el terminal internacional, el terminal pesquero y de cabotaje. Además, dentro de su jurisdicción hay dos terminales portuarios privados y tres facilidades pesqueras.

Su ubicación geoestratégica y privilegiada, a orillas del Océano Pacífico, lo convierte en el punto de enlace y de integración del comercio exterior de Sudamérica con el resto del mundo.

Opera los 365 días del año y los Buques tienen diferentes rutas de entrada, oeste, norte y sur. Se encuentra a 56 millas de la línea equinoccial y su privilegiada ubicación lo convierte en el puerto más cercano del Asia en la costa oeste de Sudamérica. Internamente, goza de una ubicación central respecto a otras terminales portuarias ecuatorianas y es equidistante a las fronteras norte y sur y a los centros de consumo del Ecuador.

Siendo un puerto multipropósito, las instalaciones facilitan el acceso de todo tipo de embarcaciones, garantizando una fácil maniobra de los buques y las operaciones de carga, descarga y avituallamiento, así como condiciones apropiadas de seguridad y movilidad para la llegada de cruceros y turistas (Terminal Portuario de Manta S.A. )



**Ilustración 12:** Foto satelital de Manta.

**Fuente:** GoogleEarth

**Realizado por:** Sacón C.

La estructura completa del Puerto de Manta está hecho para poder soportar hasta 2 millones de toneladas de carga, unos 50.000 TEU y alrededor de 60.000 vehículos al año. Sin embargo, carece de equipo moderno de manipulación de carga de nave a tierra y escasas instalaciones de almacenamiento cubiertas (Terminal Portuario de Manta S.A. ). Su dársena es de 110 hectáreas protegidas por un espigón que permite una rápida y cómoda operación de arribo, carga y descarga de las embarcaciones. Los principales productos que salen desde Manta en su mayoría provienen del Sector pesquero, productos como el atún y camarón, le sigue el plástico y la papelería.

**Tabla 1:** Datos del Terminal Portuario de Manta

**Fuente:** tpm.ec

<b>Puerto</b>	<b>Ubicación</b>
<b>País</b>	Ecuador
<b>Provincia o Distrito</b>	Manabí
<b>Ciudad</b>	Manta
<b>Nombre completo del puerto</b>	Puerto de Manta
<b>Latitud</b>	-9.959722
<b>Longitud</b>	-80.71722
<b>Empresa Administradora</b>	Autoridad portuaria de Manta

Realizada por: Sacón C.



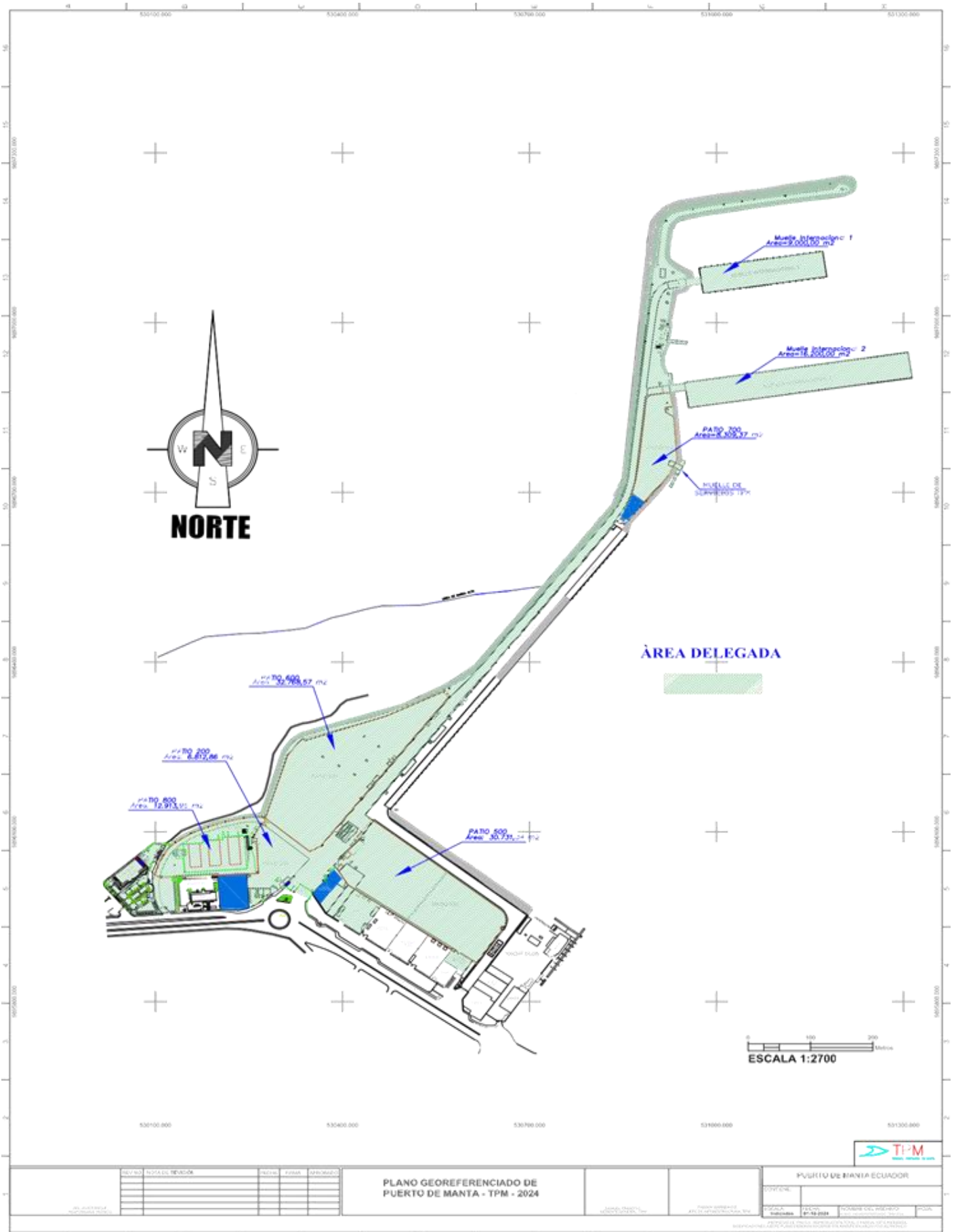
**Ilustración 13:** Foto satelital del Puerto de Manta.

Fuente: GoogleEarth

### **3.3. Instalaciones del Terminal Portuario**

Las instalaciones del terminal portuario representan el conjunto de infraestructuras físicas y sistemas operativos que permiten el desarrollo eficiente de las actividades logísticas relacionadas con el transporte marítimo. En este sentido, el Puerto de Manta dispone de diversas áreas funcionales como muelles de atraque, patios de contenedores, zonas de almacenamiento, sistemas de iluminación, equipos de carga y descarga, patios de vehículos, así como edificaciones administrativas que requieren un suministro energético constante para su correcto funcionamiento. La operación continua de estos sistemas implica una elevada demanda de energía eléctrica, especialmente en procesos que involucran maquinaria electromecánica y sistemas de soporte operativo. Por tal motivo, el análisis de las instalaciones existentes dentro del terminal portuario de Manta permite identificar los principales puntos de consumo energético y evaluar la factibilidad de implementar soluciones basadas en fuentes de energía renovable que contribuyan a mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental derivado de sus actividades operativas.

Tiene presente dos muelles, y pueden recibir al mismo tiempo 4 embarcaciones (Buques Portacontenedores, Graneleros, Pesqueros y Cruceros) (Terminal Portuario de Manta S.A. ).



**Ilustración 14:** Plano TPM

Fuente: Página oficial TPM

En relación a las actividades de bodega, este tiene una estructura de 12 hectáreas

comprendido por patios clasificados en 200, 300, 400, 500, 600, 700 y 800. Tiene capacidad para unos 5.000 o 4.000 vehículos.

Actualmente, la carga seca a granel sólido y la pesca internacional predominan en el total de carga movilizada en el Puerto de Manta con aproximadamente el 65% del total. Esta categoría incluye las exportaciones e importaciones de atún, trigo y otros cereales congelados. Por otro lado, la carga general como automóviles, maquinaria y equipo, vehículos, piezas de montaje, etc., representa el 11% del total; mientras que el 24% corresponde a graneles líquidos como aceites vegetales e hidrocarburos. (Terminal Portuario de Manta S.A. )

**Tabla 2: Cifras de operación del terminal Portuario de Manta en el año 2022**  
Fuente: Tpm.com

<b>Cifras de operaciones año 2022</b>	
	(2022) 700
<b>Atraque de embarcaciones</b>	(2021) 515
	(2022) 6,500
<b>Manejo de contenedores</b>	(2021) 8.019

Realizado por: Sacón C.

**Tabla 3: Cifras de carga a granel y carga suelta en el año 2022**  
Fuente: Tpm.com

<b>Cifras carga granel y carga suelta 2022</b>	
	Total, Granel y Carga Suelta
	1.096.317 TM 2022
<b>Granel (TM)</b>	(1,168,534 TM atendidas en 2021; 1,013,000 TM en 2020)

Realizado por: Sacón C.

### **3.4. Conformación y distribución de muelles**

En cuanto a la conformación y distribución de sus muelles, el Puerto de Manta se encuentra estructurado por dos muelles principales destinados a atender diferentes tipos de embarcaciones y operaciones portuarias. Estas infraestructuras constituyen elementos fundamentales dentro de la dinámica operativa del terminal, ya que permiten el atraque seguro de buques y facilitan las actividades de carga y descarga de mercancías mediante el uso de equipos especializados. La adecuada distribución de los muelles dentro del recinto portuario permite optimizar el flujo logístico, mejorar los tiempos de operación y garantizar la continuidad de los procesos asociados al comercio marítimo, lo cual a su vez implica la utilización de diversos sistemas electromecánicos que demandan un suministro energético constante para su funcionamiento eficiente.

#### **3.4.1 Muelle 1**

- Longitud: 200 mts
- Ancho: 45 mts
- Área: 9.000 metros cuadrados
- Atracadero 1:
- Profundidad: -11 metros
- Carga: Todo tipo de nave
- Atracadero 2:
- Profundidad: -13 metros
- Carga: Todo tipo de nave

#### **3.4.2 Muelle 2**

- Longitud: 360 mts
- Ancho: 45 mts
- Área: 16.200 metros cuadrados
- Atracadero 1:
- Profundidad: -14 metros
- Carga: Todo tipo de nave
- Atracadero 2:
- Profundidad: -12.70 metros
- Carga: Todo tipo de nave

### **3.4.3 *Muelle de servicios***

Plataforma de hormigón de 24 metros, más puntos de amarre exteriores, con capacidad de recepción de buques de 50 metros de eslora.

- Servicios
- Gráneles Sólidos
- Gráneles Líquidos
- Contenedores Refrigerados y Secos
- Vehículos, Maquinarias
- Carga General

### **3.4.4 *Equipo y Manejo de Carga en el Puerto de Manta***

Se cuenta con los siguientes equipos portuarios:

- 5 tracto camiones
- 5 plataformas
- 1 montacargas
- Portacontenedores Reach Stackers
- 1 máquina Portacontenedores Reach Stacker (Contenedores Vacíos)
- Básculas
- 60 tomas Reefers
- Grúas Móvil de Puertos (G HMK)
- Tolvas capacidad 50 metros cúbicos
- Cucharas Peiner SMAG Lifting Technologies capacidad 12 metros cúbicos

Para el almacenamiento de contenedores, vehículos y carga general se dispone de una superficie total de 110.500m<sup>2</sup>, dividida en 7 patios diferenciados. Dependiendo del tipo de carga, tiene capacidad para 5.010 TEU o 4.240 vehículos (turismos). TPM cuenta con dos patios para almacenamiento de diferentes tipos de carga como vehículos, contenedores, carga general, carga peligrosa, carga al granel. (APM, s.f.)

### **3.5 Patios Puerto de Manta**

Los patios del Puerto de Manta constituyen áreas fundamentales para el desarrollo de las operaciones portuarias. Su adecuada planificación y funcionamiento influyen directamente en la eficiencia operativa, la seguridad y la optimización de los procesos logísticos dentro del terminal portuario.

#### **3.5.1 *Patio 200***

El patio 200, tienen una superficie de 8.020,55m<sup>2</sup>, asfaltada y cercada por una malla metálica, tienen una capacidad de almacenamiento de 572 vehículos.



**Ilustración 15:** Patio 200 TPM.

Fuente: Red Social "X" web TPM

#### **3.5.2 *Patio 500***

El Patio 500 tiene una superficie de 30.731,34m<sup>2</sup> asfaltada y cercada por una pared de concreto, así mismo cuenta con cámaras de seguridad en puntos estratégicos. Su uso principal es el almacenamiento de vehículos, maquinarias y carga general. Puede almacenar 2.195 vehículos.



**Ilustración 16:** Patio 500 TPM.

Fuente: Red Social "X" web TPM

### 3.5.3 *Patio 600*

El Patio 600 tiene una superficie de 32.768,57 m<sup>2</sup> asfaltada y cercada por una pared de concreto, así mismo cuenta con cámaras de seguridad en puntos estratégicos. El patio 600 puede almacenar 2340 vehículos, el patio cuenta con 60 tomas eléctricas operativas, pero en caso de que haya un problema con el suministro de energía eléctrica pública, solo 20 tomas eléctricas usarían generador disponible, las demás tomas eléctricas estarán inoperativas y tiene 36 proyectores de 1500 W luz blanca.

. Contiguo al patio 600 existe un área que no se le da ningún uso y tiene un área aproximada de 2907,59 m<sup>2</sup>.



**Ilustración 17:** Patio 600 TPM.

Fuente: Red Social "X" web TPM

### 3.5.4 *Patio 700*

El Patio 700, tiene una superficie de 9.072,37 m<sup>2</sup> asfaltada, actualmente en este patio se está realizando el asfaltado y cerramiento, para posteriormente utilizarlo como un área más de almacenamiento. Tiene una capacidad de almacenamiento de 648 vehículos.



**Ilustración 18:** Patio 700 TPM.

Fuente: Red Social "X" web TPM

### 3.5.5 *Patio 800*

El patio 800 tiene un área de 5.915,82 m<sup>2</sup>, este patio se encuentra asfaltado con un cerramiento metálico, puede almacenar 422 vehículos.

El Patio 800 también alberga tres bodegas multipropósito que se están construyendo para aumentar la capacidad de almacenamiento de carga, específicamente para granel sólido



**Ilustración 19:** Patio 800 TPM.

Fuente: Red Social "X" web TPM

Tabla 4 Selección del Patio para la instalación de paneles.

Fuente: tpm.com

Patio	Superficie (m <sup>2</sup> )	Estado	Observaciones
200	8.020,55	Asfaltado, cercado	Capacidad: 572 vehículos.
500	30.731,34	Asfaltado, cercado con muros de concreto	Capacidad: 2.195 vehículos, cámaras de seguridad.
600	32.768,57	Asfaltado, muros de concreto	2.340 vehículos, 60 tomas eléctricas, 36 proyectores de 1.500 W, área libre contigua de 2.907,59 m <sup>2</sup> .
700	9.072,37	En construcción	Capacidad proyectada: 648 vehículos.
800	5.915,82	Asfaltado, cercado	422 vehículos, bodegas para granel sólido en construcción.

Realizado: Sacón C.

### **3.6 Selección del área para la implementación del sistema fotovoltaico.**

Considerando las características operativas y estructurales de los patios analizados dentro del Puerto de Manta, se determinó que el Patio 600 representa la alternativa más adecuada para la posible implementación de un sistema de generación de energía renovable. Esta selección se fundamenta en su mayor disponibilidad de infraestructura eléctrica instalada, evidenciada por la presencia de 60 tomas eléctricas operativas destinadas a la conexión de equipos y maquinaria, así como por su sistema de iluminación compuesto por 36 proyectores de 1500 W, los cuales generan una demanda energética significativa durante las jornadas operativas nocturnas. Estas condiciones permiten identificar un consumo energético constante asociado directamente a las actividades desarrolladas en este patio. Además, al tratarse de un área destinada al almacenamiento de vehículos, la implementación de un sistema fotovoltaico mediante estructuras tipo carport permitiría el aprovechamiento del espacio aéreo disponible sobre las zonas de estacionamiento sin afectar la funcionalidad del área ni interferir con las operaciones logísticas. En consecuencia, el Patio 600 presenta condiciones favorables tanto desde el punto de vista energético como estructural, permitiendo evaluar de manera más precisa la viabilidad técnica de integrar un sistema de generación fotovoltaica orientado a suplir parcialmente la demanda eléctrica existente dentro del terminal portuario.

## CAPÍTULO IV

### 4. DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE ENERGÍA, ALTERNATIVAS EN TPM

En este capítulo se analiza la disponibilidad de energía eléctrica en el Terminal Portuario de Manta (TPM) y la selección del tipo de energía a instalar, considerando los factores energéticos asociados a las operaciones portuarias y al funcionamiento de los distintos equipos y sistemas eléctricos. Asimismo, se busca el mejor espacio disponible para poder continuar con la viabilidad del proyecto.

La electricidad utilizada en el Terminal Portuario de Manta se destina principalmente a iluminar patios, operar grúas y equipos de carga, mantener cámaras frigoríficas, gestionar edificios administrativos, asegurar el sistema de seguridad y manejar la maquinaria del puerto, provocando una demanda energética elevada y constante durante las actividades diarias.

Frente a esta situación, resulta crucial explorar opciones energéticas que permitan diversificar las fuentes de energía, potenciar la eficiencia energética y disminuir la dependencia de redes eléctricas tradicionales. Entre las principales alternativas de energía renovable que se presentan se encuentra la solar fotovoltaica, ya que la localización del puerto ofrece altos índices de radiación solar gran parte del año.

#### 4.1 Análisis para la selección de la fuente de energía renovable a implementar

Dentro del análisis de viabilidad para la implementación de sistemas de generación eléctrica a partir de fuentes renovables en el Puerto de Manta, se consideró inicialmente la evaluación de diversas alternativas tecnológicas disponibles, tales como la energía eólica, energía proveniente de biomasa, energía hidráulica y energía solar fotovoltaica. No obstante, la selección de la fuente energética más adecuada depende directamente de factores técnicos, ambientales, geográficos y operativos propios del área de estudio, los cuales influyen de manera significativa en el rendimiento y factibilidad de cada tecnología.

En el caso de la energía eólica, si bien representa una de las principales fuentes de generación renovable a nivel mundial, su implementación requiere de estudios anemométricos actualizados que permitan determinar con precisión la velocidad y dirección del viento en periodos prolongados de tiempo. En el contexto ecuatoriano, la disponibilidad de mapas eólicos de alta resolución y datos actualizados específicos para la zona del puerto es limitada, lo cual dificulta la estimación confiable del potencial energético disponible. Asimismo, la instalación de aerogeneradores dentro del recinto portuario podría generar interferencias operativas debido a las restricciones de espacio, altura y seguridad relacionadas con el tránsito marítimo y la operación de grúas de gran tamaño, lo que comprometería la eficiencia y viabilidad de esta alternativa energética.

Por otro lado, la generación de energía a partir de biomasa implica la recolección, almacenamiento y procesamiento de residuos orgánicos que puedan ser utilizados como materia prima para la producción energética. Sin embargo, el terminal portuario de Manta no dispone de instalaciones adecuadas para el manejo, tratamiento y almacenamiento de este tipo de residuos en las cantidades necesarias para garantizar una generación energética constante. Adicionalmente, la logística requerida para el transporte y acondicionamiento de biomasa podría representar un incremento en los costos operativos, así como posibles impactos ambientales asociados a la descomposición de materia orgánica, emisiones y generación de lixiviados.

En cuanto a la energía hidráulica, su aprovechamiento depende de la disponibilidad de recursos hídricos con características específicas de caudal y desnivel que permitan la generación de energía mediante sistemas de turbinas. Debido a la ubicación geográfica del puerto y a la ausencia de corrientes de agua continentales cercanas con potencial hidroenergético significativo, esta alternativa no resulta técnicamente viable para su implementación dentro del área de estudio.

En contraste, la energía solar fotovoltaica se presenta como una alternativa altamente viable debido a la disponibilidad del recurso solar en la región costera del Ecuador, caracterizada por niveles elevados de radiación solar durante gran parte del año. La implementación de sistemas fotovoltaicos permite el aprovechamiento de superficies disponibles dentro del terminal, tales como cubiertas de edificaciones, zonas de estacionamiento o estructuras tipo carport, sin interferir con las actividades operativas del puerto. Además,

esta tecnología no requiere procesos complejos de almacenamiento de materia prima ni genera emisiones contaminantes durante su funcionamiento, lo cual contribuye a la reducción del impacto ambiental asociado al consumo energético convencional.

En este sentido, la energía solar fotovoltaica representa una solución técnica eficiente y sostenible para satisfacer parcialmente la demanda energética del terminal portuario, permitiendo optimizar el consumo eléctrico y promover la incorporación de fuentes de energía limpia dentro de sus operaciones. Por consiguiente, considerando las limitaciones técnicas y operativas asociadas a otras fuentes de energía renovable, se establece que la implementación de un sistema fotovoltaico constituye la alternativa más adecuada para el aprovechamiento de recursos energéticos renovables en el Puerto de Manta.

#### **4.2 Consumo de energía en el Terminal portuario de Manta**

En el análisis de la viabilidad para la implementación de sistemas de energía renovable en el Puerto de Manta, resulta fundamental conocer y evaluar el comportamiento del consumo eléctrico de la infraestructura portuaria. Para ello, se realizó una visita y análisis de la información correspondiente a los registros de consumo energético, los cuales se obtienen a partir de dos medidores eléctricos instalados en el puerto, los datos obtenidos son directamente de CNEL (MANABI).

Se obtuvo información de dos medidores principales, cada uno de estos medidores proporciona datos mensuales de consumo, permitiendo determinar el consumo anual total y analizar la distribución y variación de la demanda energética a lo largo del año. Esta información constituye la base técnica necesaria para dimensionar adecuadamente las alternativas de generación renovable y evaluar su factibilidad técnica y energética

En consecuencia, esta información resulta esencial para la posterior estimación del potencial de cobertura energética mediante fuentes renovables, especialmente en lo que respecta a la implementación de sistemas de generación fotovoltaica adaptados al perfil de consumo existente.

*Tabla 5 Consumo real energía eléctrica TPM*  
*Fuente: CNEL*

Datos recopilados de los promedios mensuales y anuales del consumo de electricidad del puerto de Manta.

<b>Medidor</b>	<b>Promedio mensual</b>	<b>Consumo anual</b>
# 1	13,004 kWh	154,989 kWh
# 2	13,801 kWh	166,672 kWh

Realizado por: Sacón C

### **4.3 Radiación Solar en Manta**

Manta se encuentra en la región costera del Ecuador, lo que implica un acceso privilegiado a la radiación solar debido a su ubicación geográfica cercana al ecuador. Las condiciones climáticas y la cantidad de días soleados son factores determinantes para la viabilidad de la energía solar.

La radiación solar es la cantidad de energía que llega a la superficie terrestre por unidad de área, y se mide generalmente en kilovatios hora por metro cuadrado por día (kWh/m<sup>2</sup>/día). Para una evaluación precisa del potencial solar en Manta, se utilizan los siguientes tipos de datos:

La zona de Manta tiene un valor promedio de radiación solar de 4.5 a 5.5 kWh/m<sup>2</sup>/día durante todo el año (Solar, 2020). Esta cifra es significativa, ya que la radiación solar en Ecuador se mantiene relativamente constante debido a su proximidad al ecuador.

Radiación anual promedio:

- Aproximadamente 5.5 kWh/m<sup>2</sup>/día.
- La unidad de medida de la radiación solar se expresa en W/m<sup>2</sup> (Wattios por metro cuadrado).
- Irradiación: Energía por unidad de área (Wh/m<sup>2</sup>).

#### 4.4 Energía Solar Fotovoltaica

El primer antecedente de la energía fotovoltaica se encuentra en un artículo publicado en 1839 por el físico francés Edmond Beequerel, quien describe como el voltaje de una batería húmeda aumenta al exponer sus placas de plata a la luz solar. Luego, en 1873, Willoughby Smith descubre las propiedades conductivas del selenio. Diez años más tarde Charles Fritts, utilizando estos conocimientos, construye la primera celda solar de selenio. Sin embargo, su invento presentaba solo 1% de eficiencia. Fuertes avances ocurren a comienzos del siglo XX. En 1905 Albert Einstein publicó un artículo sobre el efecto fotoeléctrico, que años más tarde le hará acreedor del premio Nobel. A su vez Robert Millikan provee las pruebas experimentales del mismo efecto en 1916, y Max Planck descubre nuevos fundamentos de la ciencia de los materiales que permitirían entender y mejorar la eficiencia de celdas. (Acebo, 2020)

En 1973 se crea el sistema “Solar One”, el primer hogar en entregar sus excedentes energéticos a la red. En 1977 debido a la crisis del petróleo, se inaugura el Instituto de Investigación de Energía Solar, conocido en la actualidad como NREL (Laboratorio de Energía Renovable). En 1978 se crea el primer sistema fotovoltaico para abastecer una comunidad, alimentado con 3500W una reserva india en Arizona. Solo 4 años más tarde una planta fotovoltaica conectada a red en California rompería la marca del MW. Los años 1990 son los años de empujar el desarrollo fotovoltaico con fuertes subsidios gubernamentales. Parte de esta apuesta estratégica son Alemania y Japón, entregando fuertes apoyos económicos para techos solares, seguido en 1998 también por California, Así, justo para el cambio de milenio, se cuenta con 1000MW (1 GW) de capacidad instalada. Este crecimiento seguiría siendo exponencial, pasando por 50 GW a principios de 2011 hasta los 200 GW en 2014 para seguir aumentando sostenidamente. Esta tendencia implica que cada dos a tres años se duplica la potencia instalada. (Acebo, 2020)

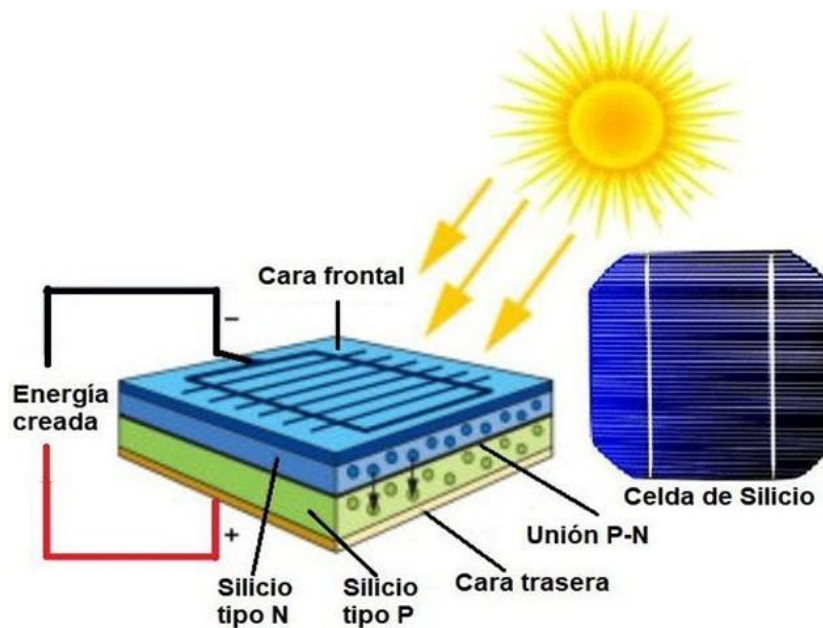
#### Semiconductores y Dopaje

Para que se logre generar corriente eléctrica a partir de una celda solar se necesitan dos cosas:

- Excitar un electrón
- Fuerza para moverlo

El primero se logra cuando la radiación solar incide sobre un semiconductor. El segundo,

la fuerza, puede originarse por la existencia de un potencial eléctrico, como el que se logra con una juntura constituyente principal de una celda. (Acebo, 2020)



**Ilustración 20:** Celda de silicio.

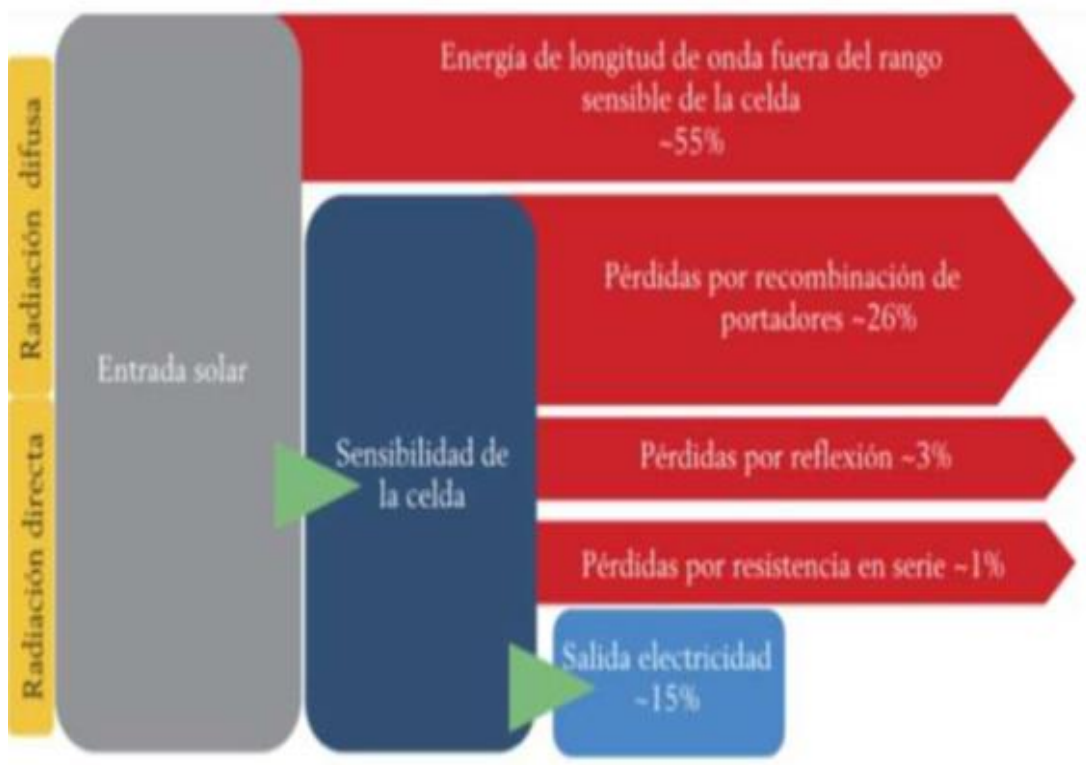
Fuente: Web fotovoltaica

#### **4.4.1 Eficiencia de una celda**

La eficiencia de las celdas más comunes es relativamente baja, entre 10 a 20%. Si bien desarrollos de laboratorios muestran que eficiencias mayores son posibles (25% para las cristalinas de silicio y 45% para las de multijuntura), existe un límite teórico que no puede superarse. Este es 33% para celdas de una única juntura.

Cada uno de los fenómenos del efecto fotovoltaico (absorción de fotones para generación de pares electrones-hueco, separación de cargas a través del campo eléctrico de la junta p-n y recolección de los portadores) es imperfecto en la práctica, lo cual implica pérdidas de energía.

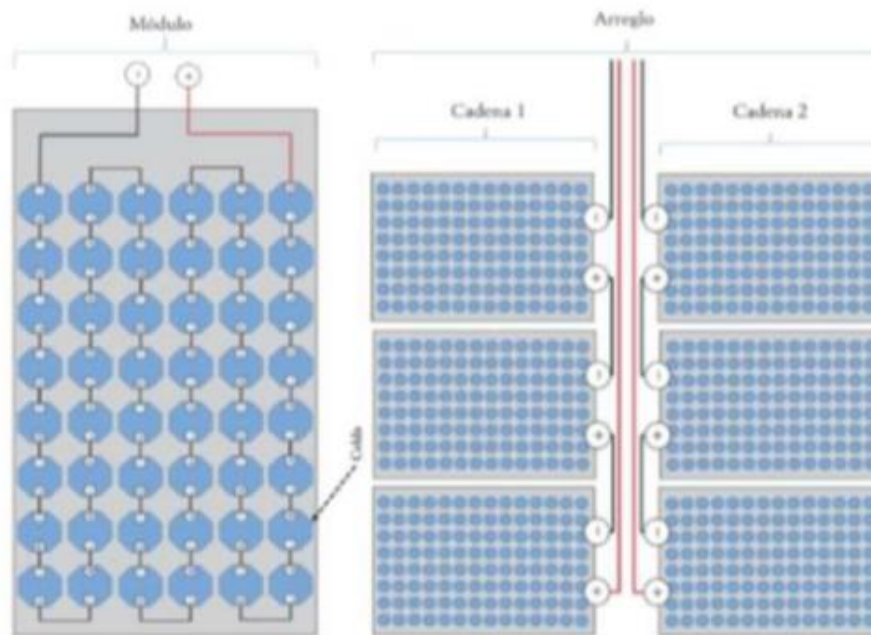
Existen diversas razones que inciden en la eficiencia de una celda fotovoltaica. La más importante, 55% corresponde a la energía de los fotones que se encuentra fuera del rango sensible de la celda; tanto la parte del espectro que no posee suficiente energía para promover un electrón, como también la parte del espectro, si logra generar los pares electrón-hueco, pero cuyo exceso energético acaba transformándose en calor. (POWER, s.f.).



**Ilustración 21:** Radiación directa/difusa

Fuente: Ing. Aleph Acebo

La radiación directa es aquella que proviene del sol sin haber sufrido desviaciones en su trayectoria, incidiendo de manera perpendicular sobre las superficies expuestas y constituyendo la principal fuente de aprovechamiento en sistemas fotovoltaicos. En contraste, la radiación difusa es el resultado de la dispersión de la radiación solar en la atmósfera debido a la presencia de nubes, partículas de polvo y gases, lo que provoca que llegue a la superficie desde múltiples direcciones. Ambas componentes son fundamentales para evaluar el potencial energético solar de una zona, especialmente en aplicaciones de generación fotovoltaica dentro de entornos portuarios donde las condiciones atmosféricas pueden influir en el rendimiento del sistema.

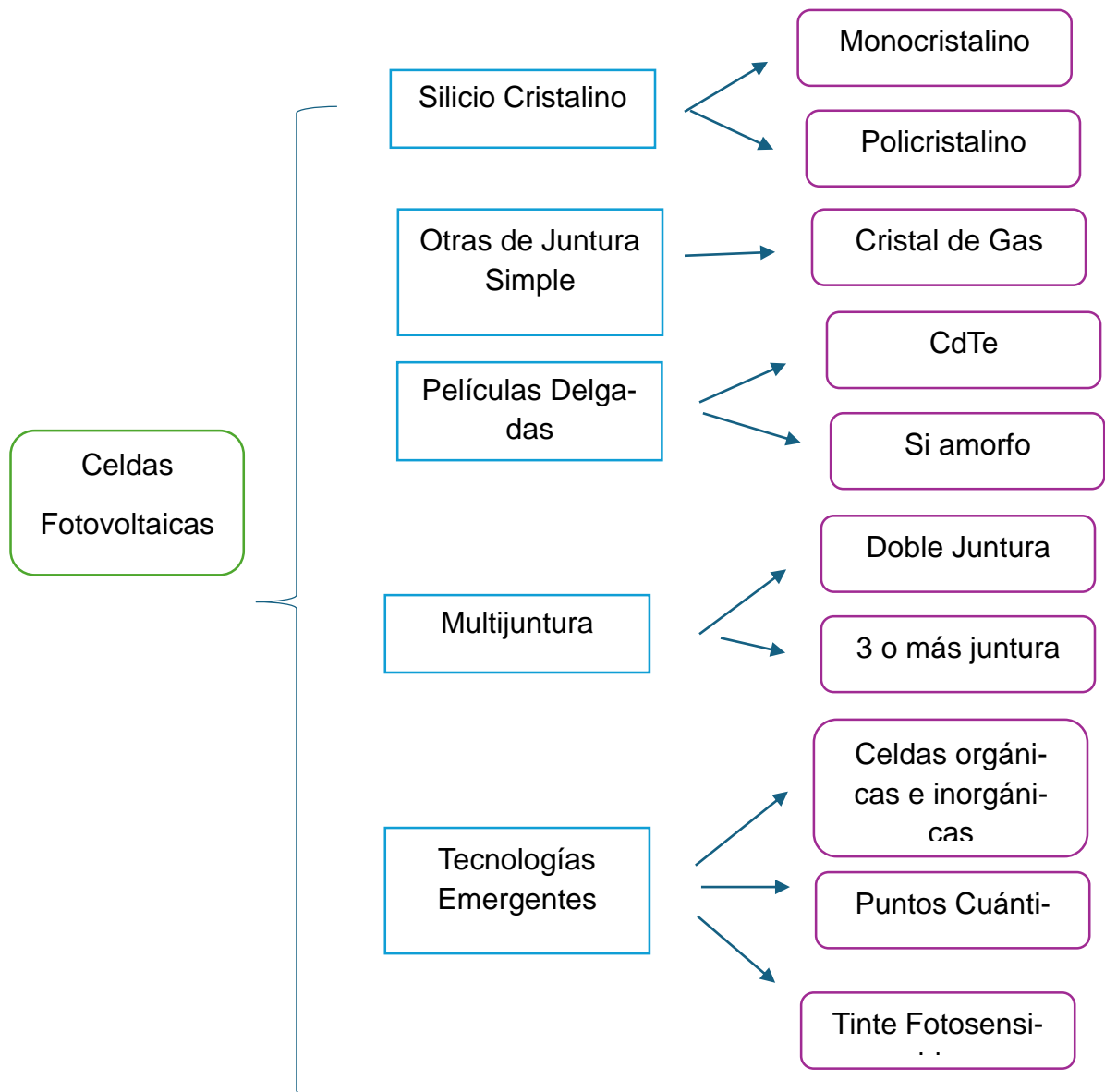


**Ilustración 22:** Configuración Celdas

Fuente: Web celdas fotovoltaicas.

La configuración de las celdas fotovoltaicas hace referencia a la forma en que estas unidades básicas se interconectan para conformar módulos capaces de generar niveles adecuados de tensión y corriente eléctrica. Generalmente, las celdas son conectadas en serie para incrementar el voltaje de salida y en paralelo para aumentar la corriente disponible, permitiendo así adaptar las características eléctricas del módulo a los requerimientos del sistema de generación. Esta disposición influye directamente en el rendimiento y eficiencia del sistema fotovoltaico, ya que una adecuada configuración permite optimizar la captación de la radiación solar y garantizar una producción energética estable en función de las condiciones de operación del entorno.

## 4.5 Tipos de Celdas fotovoltaicas



**Ilustración 23:** Celdas fotovoltaicas

**Fuente:** Diapositivas Energías renovables

**Realizado por:** Sacón C.

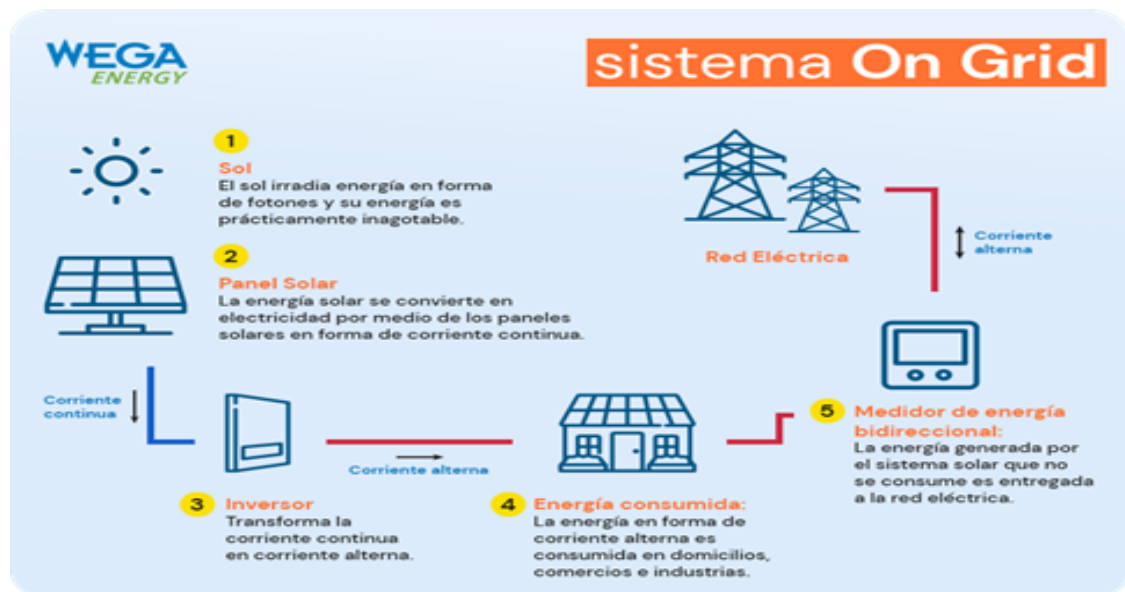
Existen 5 familias de celdas fotovoltaicas. La principal se basa en uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre que son las celdas de silicio cristalino y se caracteriza por eficiencias relativamente altas. La juntura simple, galio-arsénico se usan minerales menos abundantes, pero que alcanzan eficiencias mayores, estos conforman la segunda etapa. La cuarta familia, mediante la fracción sola se basa su funcionamiento y la constituyen las celdas de multijuntura.

### 4.5.1 Sistemas Fotovoltaicos

Conectados a la red  
Plantas FV (grandes)  
Sistemas distribuidos  
Aislados  
Tradicional  
Bombeo  
Hibrido

### 4.5.2 Sistema On grid

El funcionamiento es sencillo: el sistema fotovoltaico genera siempre cuando hay sol, lo cual alimenta al consumo. Si hay excedentes (ej: durante un día muy soleado), estos se inyectan a la red. Por el contrario, cuando falte energía para cubrir la demanda (ej.: durante un día lluvioso o en la noche), la red (igual que antes que se instalara el sistema) provee esta diferencia, actuando básicamente como gran batería. Justo por esta razón la gran mayoría de sistemas conectados a red prescinde de baterías. Los sistemas conectados a red, además del módulo, cuentan con un inversor que convierte la corriente continua de los módulos a la forma de corriente de la red (corriente alterna). También forman del sistema algunas protecciones, conductores y otro hardware para el montaje. (Acebo)

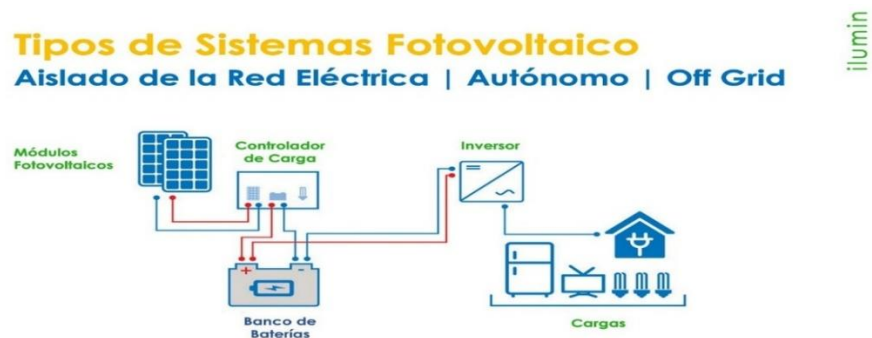


**Ilustración 24:** Sistema On Grid

Fuente: wegaenergy.com

### 4.5.3 Sistema Off Grid

El primer auge fotovoltaico fue precisamente para alimentar consumos remotos, ya sea en los satélites espaciales, señalética de tránsito, teléfonos de emergencia, estaciones de monitoreo o boyas marinas. Si bien estos usos persisten hasta el día de hoy, los sistemas fotovoltaicos para electrificar hogares rurales han ganado terreno fuertemente. Por el elevado costo eléctrico de zonas remotas, islas o países en vías de desarrollo con redes eléctricas rudimentarias, la tecnología fotovoltaica se torna sumamente competitiva. Un sistema autónomo puede ser tan sencillo como un módulo directamente conectado al consumo de corriente continua como una calculadora o tan sofisticado como un módulo directamente conectado al consumo de corriente continua como una calculadora o tan sofisticados como un sistema de potencia completo, abarcando generación, conversión, transmisión, protecciones y control. (Acebo, 2020)



**Ilustración 25:** Sistema Off Grid

Fuente: wegaenergy.com

**“La energía solar destaca como la más viable a corto plazo por su alto rendimiento y menor costo de implementación”**

## **CAPITULO V**

### **5. DISEÑO TÉCNICO Y ESTRUCTURAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SU INSTALACIÓN**

En el presente capítulo se va a desarrollar el cálculo y diseño del sistema fotovoltaico propuesto para la implementación en el área seleccionada del puerto, (patio 600).

Se va a examinar los elementos esenciales vinculados al dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, la disposición de los paneles solares, la elección de los componentes principales y la planificación de la estructura tipo carport que proporcionará el soporte físico necesario para los paneles, garantizando su correcta alineación, inclinación y solidez mecánica. De igual manera, se revisan los parámetros técnicos que garantizan una integración eficaz del sistema fotovoltaico con la infraestructura eléctrica del puerto, facilitando el uso máximo de la energía solar y promoviendo la producción de energía limpia.

Finalmente, se da a conocer el diseño completo del sistema sugerido, estableciendo las bases técnicas necesarias para su futura instalación y funcionamiento.

#### **5.1. Parámetros de diseño**

Los siguientes parámetros de diseño van a constituir el conjunto de variables técnicas necesarias para el dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico a instalar, ya que permitirá establecer las condiciones bajo las cuales operará el sistema en función de la demanda energética existente y de las características del entorno de instalación. Entre estos parámetros se va a considerar factores como el consumo energético requerido, los niveles de radiación solar disponibles en la zona de estudio, la eficiencia de los equipos a utilizar y las condiciones de operación del sistema. La correcta determinación de estos elementos resulta fundamental para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema fotovoltaico y asegurar que la energía generada sea suficiente para cubrir parcial o totalmente las necesidades energéticas del área seleccionada dentro del terminal portuario.

Los siguientes parámetros de diseño que se van a reflejar son datos reales recopilados directamente de CNEL MANABÍ gracias al apoyo de la institución se obtiene los siguientes datos:

### 5.1.1 Consumo de energía eléctrica en TPM

Tabla 6 Consumo energía eléctrica TPM  
Fuente: Cnel

	Medidor #1	Medidor #2
Código único	1108117871	1108810632
Numero de medidor	10713299	1108810632
Enero 2024	12476 KWh	14244 KWh
Febrero 2024	13932 KWh	14878 KWh
Marzo 2024	13450 KWh	14973 KWh
Abril 2024	14500 KWh	17014 KWh
Mayo 2024	13317 KWh	14668 KWh
Junio 2024	13167 KWh	14913 KWh
Julio 2024	12439 KWh	13208 KWh
Agosto 2024	13263 KWh	14133 KWh
Septiembre 2024	11943 KWh	12915 KWh
Octubre 2024	13360 KWh	12068 KWh
Noviembre 2024	10076 KWh	11497 KWh
Diciembre 2024	13066 KWh	12161 KWh
Enero 2025	12485 KWh	11316 KWh
Febrero 2025	15612 KWh	15129 KWh
Marzo 2025	14053 KWh	14568 KWh
Abril 2025	15049 KWh	16456 KWh
Mayo 2025	15101 KWh	15931 KWh
Junio 2025	14489 KWh	15950 KWh
Julio 2025	12222 KWh	13111 KWh

Fuente: CNEL

A partir de los datos de consumo energético mensual registrados por los medidores eléctricos instalados en el Puerto de Manta y proporcionados por la Corporación Nacional de Electricidad CNEL, se puede observar la variación en la demanda de energía eléctrica a lo largo del periodo analizado, evidenciando fluctuaciones asociadas a la intensidad de las actividades operativas dentro del terminal portuario. Esta información permite establecer un perfil de consumo energético que servirá como base para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico propuesto, facilitando la estimación de la energía requerida y la determinación de la capacidad de generación necesaria para suplir parcialmente la demanda eléctrica existente.

Tabla 7 Consumo anual de energía TPM

Medidor	Promedio mensual (kWh)	Consumo total periodo (kWh)
---------	------------------------	-----------------------------

Medidor #1	13004 kWh	154,989 kWh
Medidor #2	13801 kWh	166,672 kWh
TOTAL (estimado anual)	26,805 kWh/mes (combinado)	321,664 kWh/año (estimado)

Fuente: CNEL

## 5.2. Ubicación óptima para el área de instalación de paneles solares

### **Patio 600: 32 769 m<sup>2</sup>**

#### *5.2.1 Justificación Técnica*

La elección del Patio 600 como zona para establecer el sistema fotovoltaico, operativo y logístico en comparación con otras áreas dentro del puerto. Este patio tiene condiciones favorables que lo hacen la alternativa más adecuada para el proyecto.

En primer lugar, el Patio 600 tiene una superficie pavimentada y plana, lo que facilita la instalación de la estructura sin necesidad de grandes obras civiles, lo que a su vez reduce costos, tiempos de trabajo y riesgos de construcción. A diferencia de otros patios, que tienen superficies desiguales, estructuras existentes o restricciones de espacio, el Patio 600 ofrece un área suficientemente despejada para una distribución adecuada de los módulos fotovoltaicos.

Desde la perspectiva energética, el Patio 600 disfruta de una buena exposición al sol, con escasas sombras de edificios, grúas y otras estructuras, lo que asegura un mejor uso del recurso solar y mayor eficiencia del sistema.

En otros patios, las obstrucciones podrían perjudicar el desempeño de los paneles. Además, su proximidad a la red eléctrica del puerto facilita la conexión directa del sistema fotovoltaico, lo que reduce las pérdidas de transmisión y la necesidad de largas instalaciones eléctricas. Esto no ocurre en otros patios, donde la distancia a los puntos de conexión generaría costos de instalación más altos y una mayor complejidad técnica.

Por último, el Patio 600 permite un acceso adecuado para las tareas de operación y mantenimiento, lo que permite que el personal técnico y los equipos entren sin

interferir en las principales actividades del puerto.

Por estas razones, se determina que el Patio 600 es la opción más eficiente, segura y económicamente factible para la implementación del sistema fotovoltaico.

Debido a que los planos estructurales detallados del Patio 600 del Puerto de Manta no se encuentran disponibles en fuentes de acceso público por tratarse de infraestructura operativa restringida, se realizó un levantamiento técnico referencial mediante visita de campo, con el fin de identificar las dimensiones del área, la disposición de los sistemas de iluminación y la infraestructura eléctrica instalada. Esta información permitió establecer las condiciones físicas del patio necesarias para el análisis de viabilidad en la implementación del sistema fotovoltaico tipo carport, considerando el aprovechamiento del espacio destinado al estacionamiento de vehículos sin afectar la operatividad del terminal.

Con el propósito de garantizar la correcta integración del sistema fotovoltaico con la infraestructura eléctrica existente del Patio 600 del Terminal Portuario de Manta, se realizó la caracterización del tipo de cargas presentes en dicha área. Las demandas energéticas identificadas corresponden principalmente a sistemas de iluminación de alta potencia, tales como proyectores de 1500 W, así como a tomas eléctricas destinadas a la alimentación de equipos operativos utilizados en las actividades logísticas portuarias. Debido a la naturaleza industrial de estas cargas y a los niveles de potencia requeridos para su funcionamiento continuo, su suministro eléctrico se realiza mediante una red de distribución trifásica, configuración comúnmente empleada en instalaciones portuarias para asegurar una mayor eficiencia energética, estabilidad operativa y adecuada gestión de cargas de media y alta demanda. En este contexto, la selección de inversores trifásicos responde a criterios de compatibilidad técnica con el sistema de distribución existente, permitiendo una inyección de potencia equilibrada en las tres fases, minimizando desbalances eléctricos y garantizando condiciones óptimas de operación del sistema fotovoltaico propuesto.

### **Imagen satelital del Patio 600 del Puerto de Manta**



**Ilustración 26:** Imagen satelital del patio 600

Fuente: Google Earth

La presente imagen satelital corresponde al área del Patio 600 del Terminal Portuario de Manta y se emplea como referencia para la identificación de la distribución espacial del área de estudio. Esta representación permite visualizar las zonas destinadas al estacionamiento de vehículos y las vías internas de circulación, sirviendo como base para la posterior propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico mediante estructuras tipo carport.

### ***5.2.2 Selección de paneles solares del proyecto.***

Dentro del marco de la intención de instalar una potencia requerida en el Patio 600 del Puerto de Manta, se ha llevado a cabo una valoración comparativa de tres tipos de paneles solares para establecer cuál es el más aconsejable. La correcta selección del tipo de panel tiene un impacto directo en la eficiencia energética, el desempeño a largo plazo y el rendimiento de la inversión del plan.

Tabla 8 Comparación tipo de panel

Tipo de Panel	Monocristalino	Policristalino	PERC
Costo promedio (USD/Wp)	\$0,18 – \$0,25	\$0,15 – \$0,20	\$0,20 – \$0,28
Eficiencia (%)	20% – 22%	15% – 17%	21% – 23%
Temperatura	Buena resistencia al calor	Menor tolerancia al calor	Mejor rendimiento en altas temperaturas
Durabilidad estimada	25 – 30 años	20 – 25 años	25 – 30 años
Requiere mayor espacio	No	Sí	No
Desempeño en baja irradiación	Alto	Medio	Alto
Impacto visual	Estéticamente más oscuros y limpios	Azules, menos estéticos	Similar al monocristalino
Disponibilidad comercial	Alta	Media	Alta

Realizado por: Sacón C.

Después del análisis comparativo, se sugiere la implementación de paneles solares monocristalinos de tipo PERC para el proyecto en el Puerto de Manta. Estos paneles proporcionan una eficiencia energética superior (hasta el 23%), un rendimiento excepcional en climas cálidos como el de Manta, y una durabilidad extendida. Además, su presencia en el mercado simplifica la compra en cantidades masivas.

### 5.2.3 Panel solar monocristalino de tipo PERC

La selección del panel solar monocristalino de 550 W de la marca Tensite se fundamenta en criterios técnicos relacionados con eficiencia energética, el aprovechamiento del espacio disponible y condiciones operativas del área de implementación en el Patio 600 del Terminal Portuario de Manta. Este tipo de módulo fotovoltaico presenta una mayor eficiencia de conversión en comparación con tecnologías policristalinas, permitiendo generar una mayor cantidad de energía en superficies limitadas, lo cual resulta especialmente relevante en sistemas tipo carport donde el área de instalación se encuentra condicionada por la disposición de los estacionamientos vehiculares. Asimismo, los paneles monocris-

talinos ofrecen un mejor desempeño ante niveles variables de irradiación solar y una mayor durabilidad operativa, garantizando una producción energética más estable a lo largo del tiempo. La elección de módulos de 550 W contribuye a optimizar la capacidad de generación del sistema fotovoltaico proyectado sin requerir un incremento significativo en el número de estructuras, favoreciendo la viabilidad técnica y económica del proyecto.

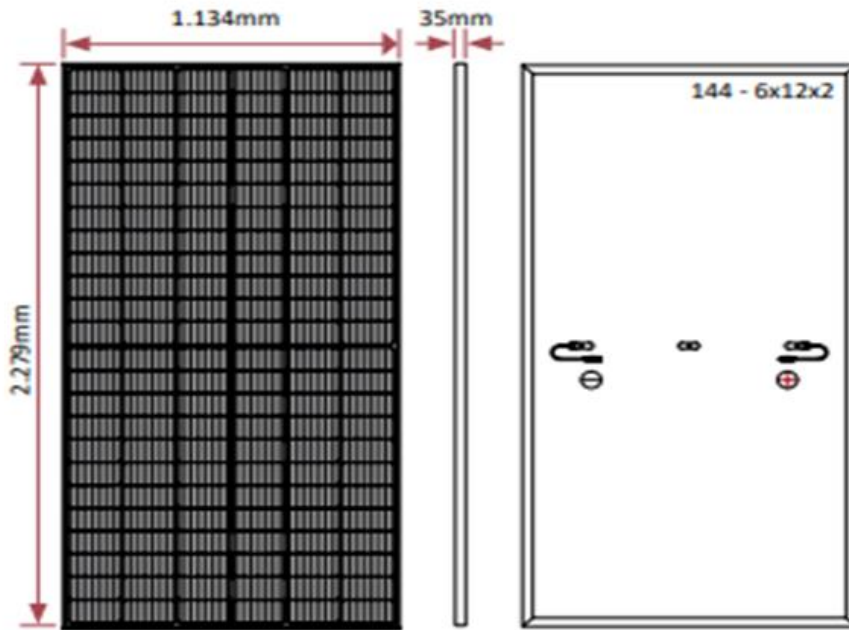
El Panel Solar 550W Monocristalino es un módulo solar de la marca Tensite, un fabricante puntero en el sector fotovoltaico. Las Placas Solares 550W cuentan con unas características técnicas excelentes puesto que las células de silicio con las que está creado le dotan de una máxima eficiencia de 21.3%. La tecnología PERC se basa en la adición de una capa pasivada en la parte trasera de la célula solar, que refleja la luz que no es absorbida inicialmente, permitiendo que sea capturada por la célula y convertida en electricidad.

Es un tipo de panel solar de alta potencia, preparado para trabajar en instalaciones de mediano y gran tamaño, presenta dimensiones de (2279x1134x35mm) y un peso de (27.2kg).



**Ilustración 27:** Panel solar PERC

Fuente: tensitewebpanel



**Ilustración 28:** Panel solar PERC

Fuente: tensitewebpanel

#### 5.2.4 Características Técnicas

Tabla 9 Tabla 9 Especificaciones Perc

Realizado: Sacón C.

Potencia máxima (P <sub>MAX</sub> )	550W
Voltaje a máxima potencia (V <sub>MPP</sub> )	41.95V
Intensidad a máxima potencia (I <sub>MPP</sub> )	13.12A
Voltaje en circuito abierto (V <sub>OC</sub> )	49.80V
Intensidad en cortocircuito (I <sub>SC</sub> )	13.98A
Eficiencia del módulo	21.3% (hasta 23%)
Protección	IP68

### 5.2.5 Características Mecánicas

Tabla 10 Especificaciones mecánicas

Cubierta frontal (material/espesor)	Vidrio templado / 3.2mm
Peso del módulo	27,2 kg
Dimensiones del módulo (L / W / H)	2.279 x 1.134 x 35mm
Lámina de protección posterior	TPT en blanco
Células (cantidad/material)	144 (6x12x2) / Silicio mono
Marco (material/color)	Aluminio anodizado / Plata
Cables y conectores	4mm <sup>2</sup> , long. 1.400mm
Clasificación de calidad	Clase A
Clase de protección eléctrica	Clase II
Clase de seguridad contra incendios	Clase C

Realizado: Sacón C.

### 5.3 Inversor

#### SUN2000-100KTL-M2

El inversor Huawei SUN2000-100KTL-M2 es un equipo trifásico de conexión a red diseñado para aplicaciones industriales y de gran potencia. Cuenta con una potencia nominal de 100 kW, una eficiencia máxima del 98,8 % y una corriente nominal de salida de 152 A a 380 V, lo que lo convierte en una opción adecuada para instalaciones fotovoltaicas con altos consumos energéticos, como infraestructuras portuarias.

Además, incorpora 10 seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) con un rango de tensión entre 200 V y 1000 V y 20 entradas DC, lo que proporciona una alta flexibilidad en la configuración de los strings, especialmente en sistemas instalados sobre estructuras tipo carport. Estas características permiten optimizar el rendimiento del sistema ante variaciones de orientación y posibles sombras parciales.



**Ilustración 29:** Inversor SUN2000

Fuente: inversorsweb

Tabla 11 Especificaciones Inversor

	Entradas
Eficiencia máxima	98.6% 400 V, 98.8% 480 V
Máximo Voltaje de entrada 1	1.100V
Máxima corriente de entrada 3	20 Amp
Voltaje de arranque	200V
	Salidas
Potencia activa de C.A nominal	100,000 W
Voltaje de salida	380 V/ 400 V/ 480 V
Frecuencia	50 Hz / 60 Hz

Realizado: Sacón C.

**Ventajas:**

- Tiene un grado de protección IP66
- Refrigeración natural (sin ventiladores)
- Está diseñado para ambientes:
  - Húmedos
  - Salinos
  - Polvorientos

#### **5.4 Determinación área del proyecto**

El Patio 600 y su zona contigua suman aproximadamente 32 768 m<sup>2</sup> de superficie disponible, sin embargo, debido a limitaciones de espacio operativo y logístico, solo se utilizará una parte del área para una instalación fotovoltaica que abastezca el 100% de la demanda energética del puerto.

Se va a utilizar aproximadamente 1.200 m<sup>2</sup>

Área = 2,6 m<sup>2</sup>/panel

##### **5.4.1 Datos técnicos**

- Superficie disponible: 32 768 m<sup>2</sup>
- Potencia instalada estimada: 321.664 kWh/año
- Irradiación solar promedio en Manta: 5,5 kWh/m<sup>2</sup>/día
- Tipo de panel sugerido: Monocristalino de 550 Wp (Tipo Perc)
- Eficiencia promedio: 21,3% (hasta el 23 %)
- Factor de pérdidas estimado: 20%
- Inversores SUN2000-100KTL-M2

##### **5.4.2 Estructura de soporte**

Los sistemas de estructuras tipo Carport son una aplicación especializada de los sistemas de montaje solar sobre suelo, diseñados para soportar paneles fotovoltaicos sobre zonas de aparcamiento, maximizando así la eficiencia del uso del suelo. Como forma estructural de las estructuras solares sobre suelo, las cocheras solares proporcionan tanto generación de energía como refugio para vehículos, lo que las convierte en una solución ideal para proyectos comerciales, industriales y de infraestructura pública



**Ilustración 30:** Estructura carport

Fuente: icarpotweb

**Doble Propósito:** Protegen del sol y la lluvia, y captan la radiación solar para convertirla en electricidad.

**Generación de Energía:** Los paneles fotovoltaicos en la cubierta transforman la luz solar en corriente continua, que un inversor convierte a corriente alterna para uso doméstico o comercial.

### 5.4.3 Tipos de estructuras:

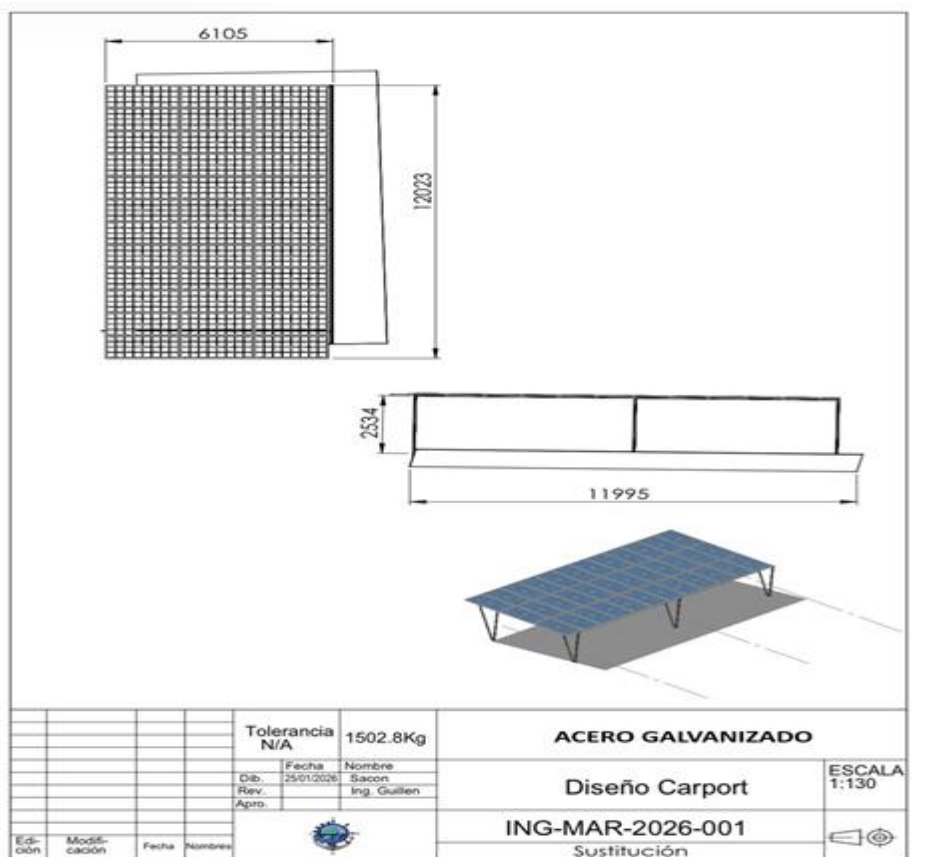


**Ilustración 31:** Tipos de estructuras

Fuente: icarpotweb

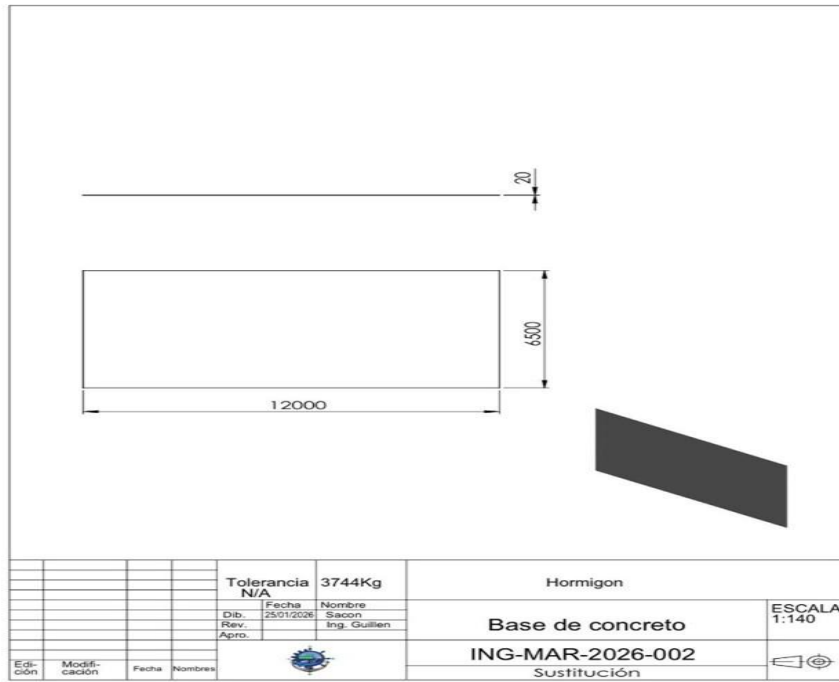
Para la implementación del sistema fotovoltaico mediante estructuras tipo carport en el Patio 600 del Terminal Portuario de Manta, se seleccionó la configuración de cobertura completa como solución estructural más adecuada. Este tipo de diseño permite maximizar el área útil disponible para la instalación de módulos fotovoltaicos, optimizando la captación de radiación solar y, por ende, el potencial de generación energética del sistema. A diferencia de otras configuraciones como una o doble pendiente, la cobertura completa ofrece una superficie continua de instalación que facilita la distribución uniforme de los paneles solares, reduciendo la presencia de espacios muertos y minimizando posibles pérdidas por sombreado entre estructuras. Adicionalmente, esta configuración proporciona protección integral a los vehículos almacenados en el patio frente a la radiación solar directa y condiciones climáticas adversas, sin interferir con las actividades operativas del terminal. Desde el punto de vista estructural y energético, la cobertura completa garantiza una mayor eficiencia en el aprovechamiento del espacio disponible, permitiendo una integración más efectiva del sistema fotovoltaico con la infraestructura existente.

#### 5.4.4 *Diseño de estructura de soporte*



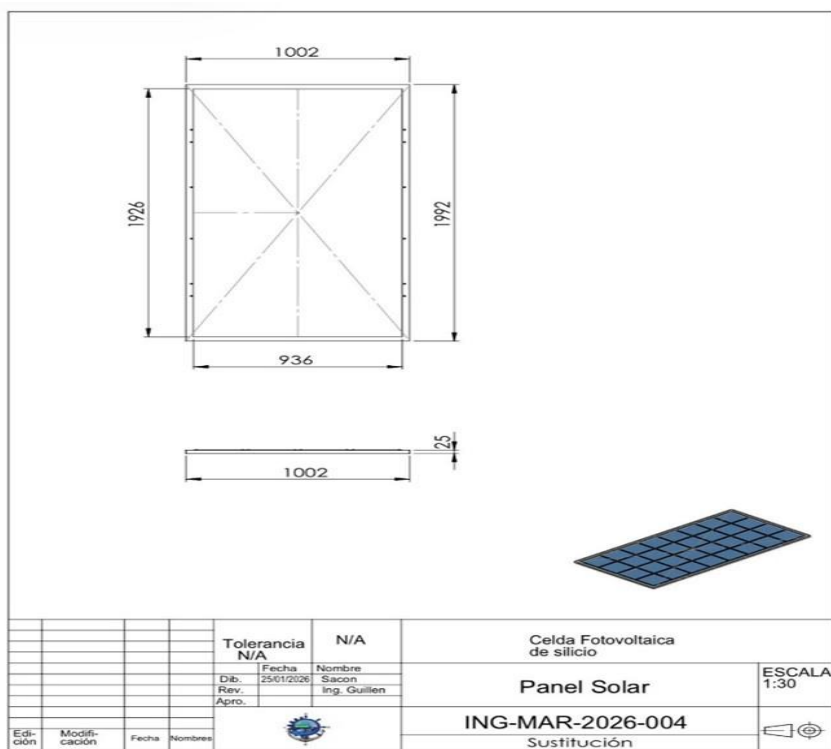
**Ilustración 32:** Diseño estructura carport

Realizado: Sacón C.



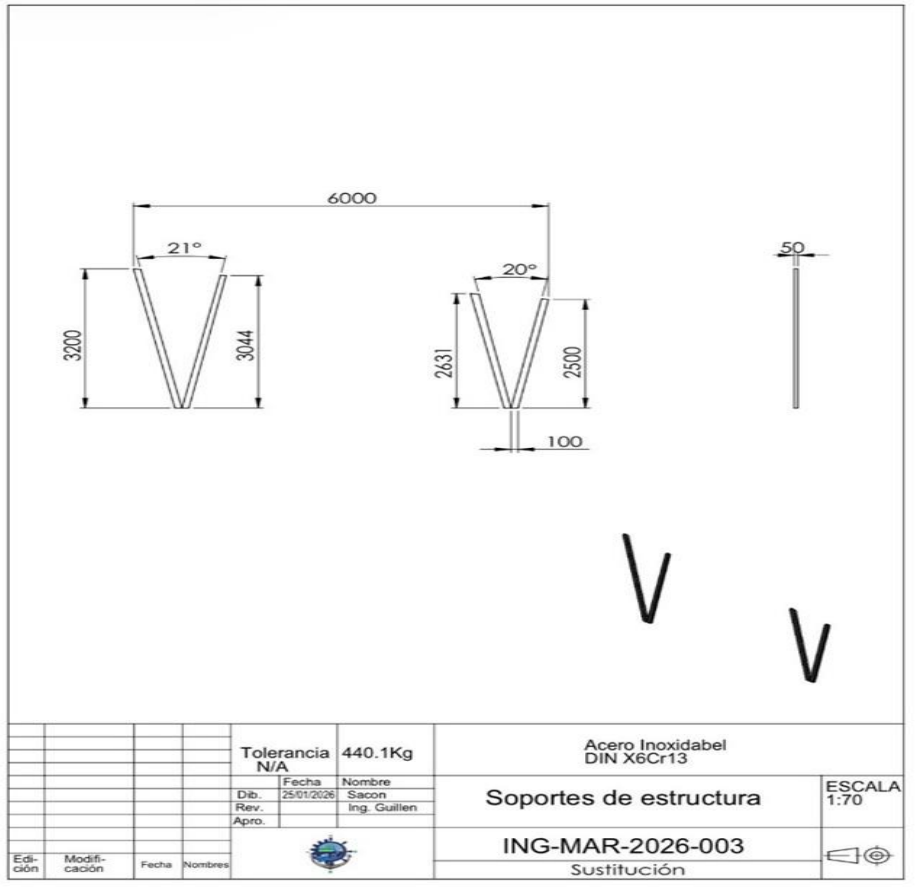
**Ilustración 33:** Diseño estructura carport base

Realizado: Sacón C.



**Ilustración 34:** Diseño Panel Solar

Realizado: Sacón C.



**Ilustración 35:** Soportes estructura

**Realizado:** Sacón C.



**Ilustración 36:** Estructura carport

**Realizado:** Sacón C.

### **Estructura metálica principal** (acero galvanizado)

- Columnas: 4 por estructura
- Material: Acero estructural galvanizado
- Tipo de perfil: HEB / IPE / Tubo estructural
- Cantidad aproximada: 1 columna cada m
- Función: Soportar cargas de: Paneles, Viento

### **Medidas:**

- Largo del carport: 11.4 m
- Ancho del carport: 6.0 m  
(Área = 68 m<sup>2</sup>)

### **Dimensiones del panel**

- Alto (largo): 2.279 m = 2.28 m
- Ancho: 1.134 m = 1.13 m
- Espesor: = 35 mm
- Área de un panel:  $2.28 \times 1.13 = 2.58 \text{ m}^2$

### **Distribución para paneles:**

- En el ancho (6m): Cada panel tiene 1.13 m
- $6\text{m} / 1.13\text{m} = 5.3$  (5 paneles)
- En el largo (11.4 m): Cada panel tiene 2.28m
- $11.4\text{m} / 2.28\text{m} = 5$  (5 paneles)  
Total por carport:  $5 \times 5 = 25$  paneles por carport
- $25 \times 550 = 13.750$  kwp por carpot

## **5.5 Potencia requerida**

Se va analizar la potencia eléctrica requerida para abastecer el consumo del Puerto de Manta, considerando las cargas asociadas a sus operaciones portuarias, tales como equipos eléctricos, sistemas de iluminación, maquinaria y servicios auxiliares. La determinación adecuada de la potencia demandada es fundamental para garantizar un suministro eléctrico confiable, seguro y eficiente, acorde a las necesidades operativas actuales y futuras del terminal portuario.

### 5.5.1 Energía eléctrica utilizada para el abastecimiento del puerto de manta.

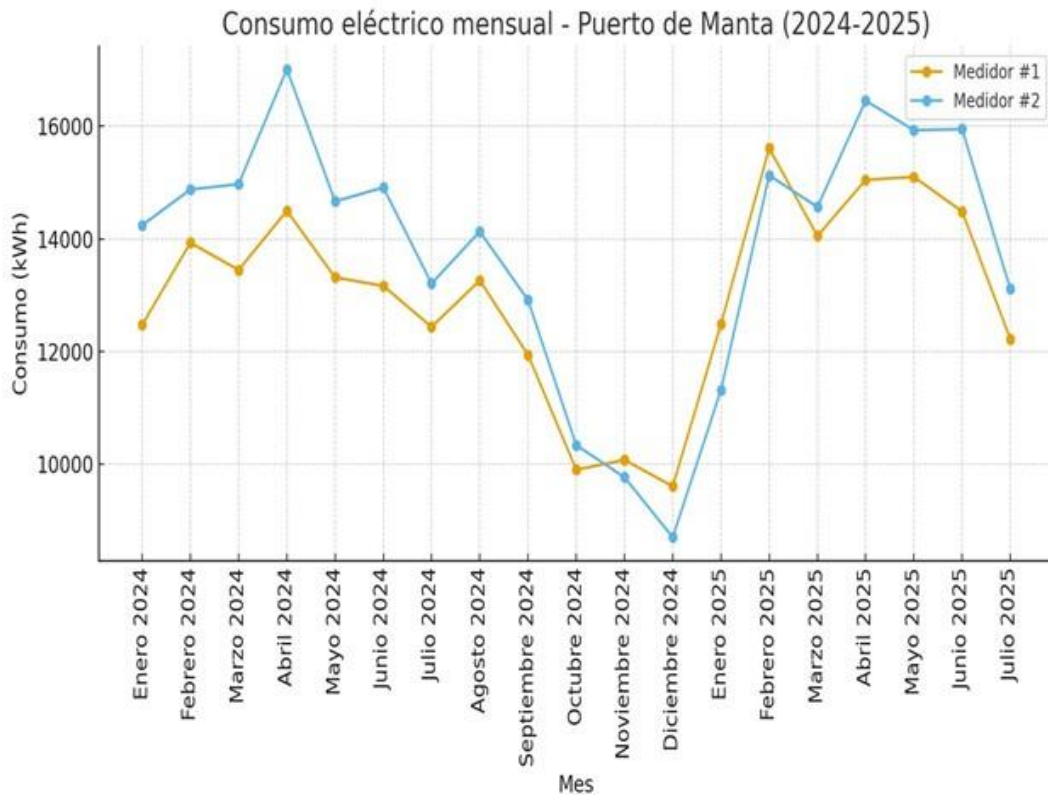
Consumo anual:

Se dispone de dos medidores:

Tabla 12 kWh TPM

Medidor	Promedio mensual	Consumo total
# 1	13,004 kWh	154,989 kWh
# 2	13,801 kWh	166,672 kWh

Realizado: Sacón C.



**Ilustración 37:** Consumo mensual de energía TPM

Realizado: Sacón C.

Total, consumo de ambos medidores:

- 26.805 kWh / mes
- 321,664 kWh / año
- 100 % = 321.664 kWh/año

Para cubrir el 100 % del consumo eléctrico anual, se requiere una potencia fotovoltaica aproximada de 200 kWp, considerando una producción específica 321,664 kWh/año y un

factor de pérdidas del 20-22 %.

- Energía anual: 321,664 kWh/año
- Irradiación promedio: 5,5 kWh/m<sup>2</sup>.

Horas solares pico anuales:

- 5,5 kWh/m<sup>2</sup> x 365 = 2.007,5 h/ año

Pérdidas consideradas: inversor, temperatura, suciedad, cableado, degradación.

Perdidas 20% = 0.80

Formula usada en el diseño fv:

$$P_{instalada} = \frac{E_{anual}}{HSP_{año} \times \text{perdidas}} \quad (1)$$

Remplazamos:

$$P_{instalada} = \frac{321\ 664}{2.007,5 \times 0.80} \quad (2)$$

*P<sub>instalada</sub>: 200kWp*

**Potencia requerida: 200 kWp**

Para un sistema de 200 kWp, se requieren aproximadamente de 2 a 3 inversores de 100 kW cada uno. También se incluirían tableros de distribución, protecciones, sistemas de monitoreo y estructuras metálicas inclinadas según la orientación solar óptima.

Los paneles serán agrupados en cadenas conectadas a los inversores. La energía generada será distribuida internamente para alimentar toma eléctrica del Patio 600 y equipos del puerto, se evaluará la posibilidad de conexión al sistema eléctrico nacional bajo un esquema de medición precisa o venta de excedentes según normativa vigente.

**Número de paneles:**

Cálculo número de paneles: (550 W PERC)

$$\frac{200.000W}{550W} = 363\text{paneles} \quad (3)$$

- Área requerida: 939.2 m<sup>2</sup>
- $939.3 / 0.80 = 1.174\text{m}^2$
- Factor 0.80% = 1.174 m<sup>2</sup>
- Considerando pasillos / separación (eficiencia 0.80 %):
- No toda el área física se puede cubrir con paneles.

Cómo funciona el cálculo:

Área neta de paneles: **939.3 m<sup>2</sup>**

$$\text{Area real necesaria} = \frac{\text{Area neta de paneles}}{\text{Factor de ocupacion}} \quad (4)$$

$$\frac{939.3}{0.80} = 1.174\text{m}^2 \quad (5)$$

Se estima un periodo de instalación de 2 meses, considerando una ejecución bien planificada de 1 mes por kWp y considerando los tiempos estándares para este tipo de infraestructura.

- Paneles: 363 paneles monocristalinos PERC de 550 W
- Inversores: 2 string de 100 kW
- Área utilizada: = 1.174m<sup>2</sup>
- Tipo de estructura: Carport metálico
- Paneles solares: 363 unidades

- 15 estructuras Carport

### **25 paneles por estructura carport**

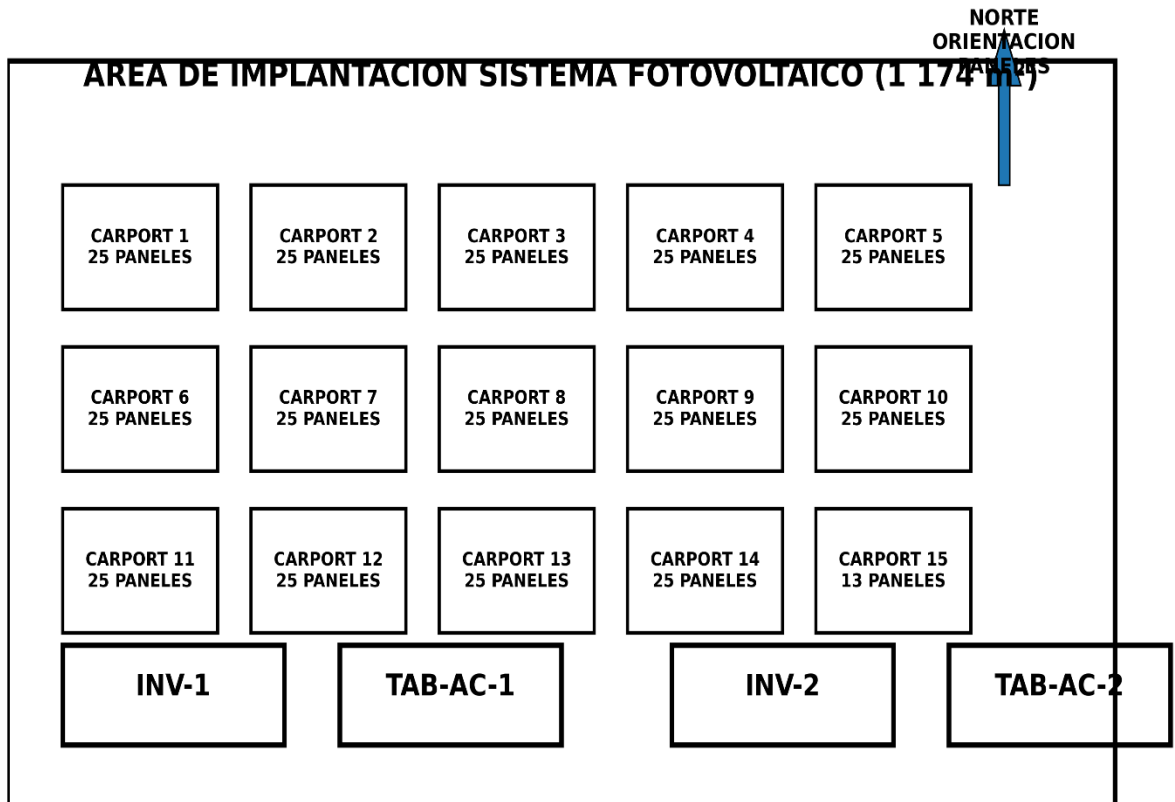
- $25 \times 550 = 13.750$  kWp por carport
- $14 \times 25 = 350$  paneles (192,5 kWp)
- 1 de 13 paneles = (7.150 kWp)
- 363 paneles en 15 estructuras carpot =  $192,5 + 7.150 =$

$$\mathbf{199,65 = 200.000 \text{ kWp} //}$$

Con el análisis del consumo eléctrico anual del Puerto de Manta, estimado en 321.664 kWh/año, y considerando las condiciones de irradiación solar promedio de 5,5 kWh/m<sup>2</sup>·día, se concluye que la implementación de un sistema fotovoltaico con una potencia instalada aproximada de 200 kWp es técnicamente viable y suficiente para cubrir prácticamente el 100 % de la demanda energética anual del puerto.

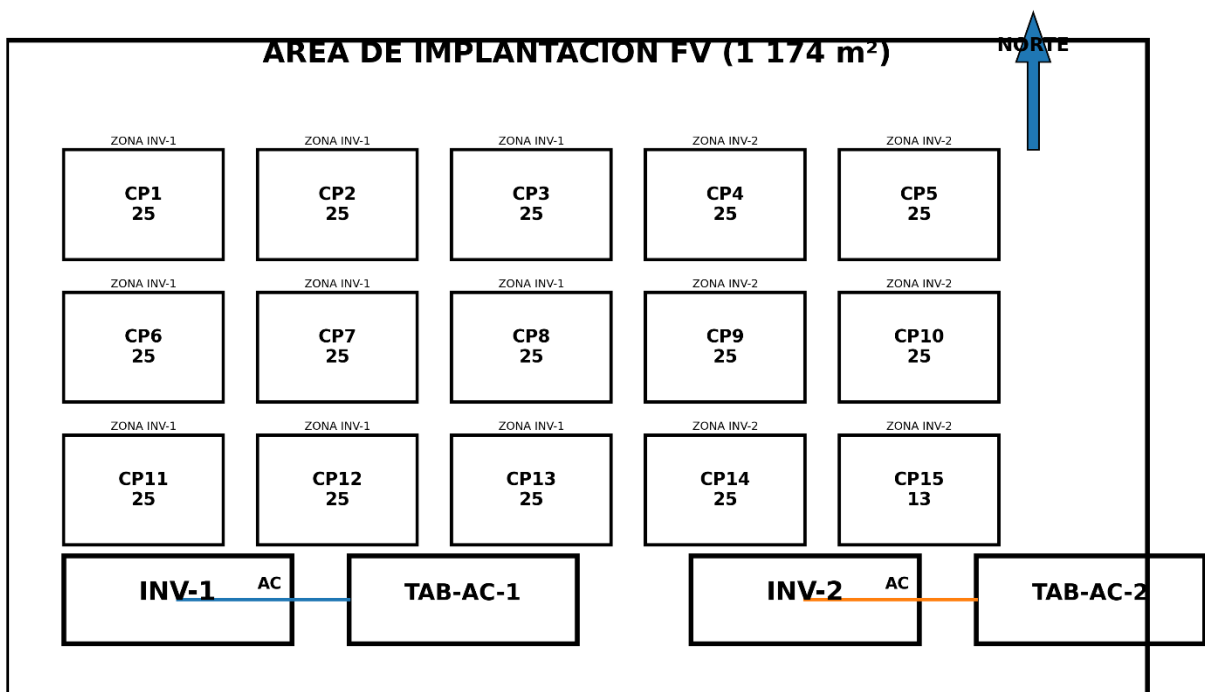
#### **5.6 Distribución referencial del sistema fotovoltaico, estructuras tipo carport.**

Con el fin de representar la disposición espacial del sistema fotovoltaico dentro del área de implantación seleccionada, se elaboró un esquema de distribución referencial que permite visualizar la ubicación de las estructuras tipo carport, así como la disposición de los inversores y tableros de corriente alterna asociados al sistema. Esta distribución se realizó considerando el área real requerida para la instalación de los módulos fotovoltaicos, el factor de ocupación del sistema y criterios técnicos relacionados con la accesibilidad operativa, reducción de longitudes de canalización eléctrica y compatibilidad con la infraestructura existente. El presente layout permite establecer de manera gráfica la organización de los componentes principales del sistema y facilita la comprensión de su integración dentro del espacio disponible para su futura implementación.



**Ilustración 38:** Plano referencial de instalación

Realizado: Sacón C.



**Ilustración 39:** Distribución de inversores y tableros AC del sistema fotovoltaico

Realizado: Sacón C.

## 5.7 Análisis de precio unitario

Con el objetivo de estimar de manera detallada los costos asociados a la implementación de la infraestructura requerida para el sistema fotovoltaico tipo carport en el Patio 600 del Terminal Portuario de Manta, se desarrolló el presente análisis de precios unitarios (APU). Este análisis permite descomponer cada uno de los rubros constructivos involucrados en la ejecución de la obra, tales como la losa de cimentación y la estructura de soporte, considerando los materiales, mano de obra, equipos y transporte necesarios para su correcta instalación. La elaboración de los APU constituye una herramienta fundamental para la determinación del presupuesto total del proyecto, permitiendo evaluar la viabilidad económica de la propuesta mediante una estimación realista de los costos directos asociados a la implementación del sistema fotovoltaico.

Tabla 13 Análisis de precios unitarios

Realizado: Sacón C.

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>				
<b>Rubro</b>				<b>Fecha: 26/1/2026</b>
<b>Presupuesto: Losa de Cimentación</b>				
<b>Contraste: Puerto marítimo de Manta</b>				
<b>Obra: Estructura de soporte Carport</b>				
<b>Ubicación: Patio 600</b>				
<b>Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Canti- dad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Uni</b>	<b>Precio final</b>
Cemento	45	Sacos	8.00	<b>360.00</b>
Arena	675	libras	0.75	<b>506.25</b>
Grava	600	libras	1.00	<b>600.00</b>
Agua	400	litros	0,002	<b>8.00</b>
Acero corrugado	100	kg	10.00	<b>1.000</b>
Alambre de amarre	200	kg	3.00	<b>600.00</b>

Pernos de anclaje	100	unidad	1.75	<b>175.00</b>
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>				
Transporte	2	und	100	<b>200.00</b>
<b>Presupuesto: Acero estructural de soporte</b>				<b>Fecha: 2026/01/2026</b>
<b>Contraste: Puerto marítimo de Manta</b>				<b>Costo unitario: \$\$</b>
<b>Obra: Estructura de soporte Carport</b>				
<b>Ubicación: Patio 600</b>				
<b>Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Canti- dad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Uni</b>	<b>Precio final</b>
Columnas metálicas (soportes verticales)	60	und	18.00	<b>1.080</b>
Vigas principales	120	und	13.00	<b>1.560</b>
Correas	100	und	2.50	<b>250.00</b>
Placas base	60	und	10.00	<b>600.00</b>
Pernos estructurales	600	und	0.50	<b>300.00</b>
Electrodos de soldadura	100	kg	0.25	<b>25.00</b>
Pintura anticorrosiva	10	litros	10.00	<b>100.00</b>
Transporte	2	und	100	<b>200.00</b>
<b>Costo unitario: \$\$</b>				<b>\$ 4.115</b>

Tabla 14 Análisis de precios unitarios

**Realizado:** Sacón C.

Tabla 15 Análisis de precios unitarios

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>
--------------------------------------

**Realizado:** Sacón C.

<b>Rubro</b>				<b>Fecha: 26/1/2026</b>
<b>Presupuesto: Acero estructural de soporte (arriba)</b>				
<b>Contraste: Puerto marítimo de Manta</b>				
<b>Obra: Estructura de soporte Carport</b>				
<b>Ubicación: Patio 600</b>				
<b>Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Canti- dad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Uni</b>	<b>Precio final</b>
Vigas principales	45	und	30.00	1.350
Vigas secundarias	165	und	15.00	2.475
Correas	200	und	2.50	500.00
Diagonales de refuerzo	60	und	7.50	450.00
Placas de unión	500	und	3.00	1500
Tornillería	600	kg	0.25	150.00
Electrodos	100	kg	0.25	25.00
Pintura anticorrosiva	20	litros	10.00	200.00
Transporte	2	und	100	200.00
			<b>Costo unitario: \$\$</b>	<b>\$ 6.850</b>

Tabla 16 Análisis de precios unitarios

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>
--------------------------------------

**Realizado:** Sacón C.

<b>Rubro</b>				<b>Fecha: 26/1/2026</b>
<b>Presupuesto: Equipo eléctrico</b>				
<b>Contraste: Puerto marítimo de Manta</b>				
<b>Obra: Estructura de soporte Carport</b>				
<b>Ubicación: Patio 600</b>				
<b>Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Can-tidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Uni</b>	<b>Precio final</b>
Módulos fotovoltaicos	363	und	150.00	54.450
Inversores	2	und	8.000	16.000
Tablero principal y secundario	2	und	1000	2.000
Conectores	726	und	3.00	2.178
Fusibles	70	und	25.00	1.750
Seccionadores	3	und	150.00	450.00
Protección sobretensión	2	und	300.00	600.00
Señalización	50	und	1.00	50.00
			<b>Costo unitario: \$\$</b>	<b>\$ 77.478</b>

Tabla 17 Análisis de precios unitarios

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>	
<b>Rubro</b>	
<b>Fecha: 26/1/2026</b>	
<b>Presupuesto: Equipo eléctrico (cableado)</b>	
<b>Contraste: Puerto marítimo de Manta</b>	
<b>Obra: Estructura de soporte Carport</b>	
<b>Ubicación: Patio 600</b>	

Realizado: Sacón C

<b>Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Canti- dad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Uni</b>	<b>Precio final</b>
Cables DC	2000	m	2.00	4.000
Cables AC	800	m	1.50	1.200
Cable a tierra	500	m	1.00	500.00
			<b>Costo unitario: \$\$</b>	<b>\$ 5.700</b>

Tabla 18 Presupuesto total estimado del proyecto.

<b>Presupuesto Referencial del Proyecto</b>		
<b>Rubro</b>	<b>Costo</b>	<b>%</b>
Losa de Cementación	\$ 3.449,25	2.60 %
Estructura metálica	\$ 10.965	8.27 %
Módulos FV	\$ 77.478	58.45 %
Sistema eléctrico	\$ 5.700	4.30 %
Mano de obra	\$ 30.000	22.64 %
Costos indirectos	\$ 5.000	3.77 %
<b>\$ 132.592</b>		<b>100 %</b>

Realizado: Sacón C.

## 5.8 Periodo de retorno de inversión

### Payback:

El periodo de retorno de la inversión es un indicador económico que permite evaluar la factibilidad financiera de la implementación de un sistema de generación fotovoltaica dentro de la infraestructura portuaria. Este parámetro establece el tiempo requerido para recuperar el capital invertido en el proyecto, en función de los ahorros generados por la disminución del consumo de energía eléctrica proveniente de la red convencional. Su determinación se basa en la relación existente entre la inversión inicial del sistema y el ahorro económico anual estimado durante su operación, constituyendo así una

herramienta clave para analizar la rentabilidad del proyecto y su viabilidad económica a lo largo de su vida útil.

$$PRI = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Ahorro anual}}$$

- Ahorro anual = Energía anual x Precio del kWh
- **Ahorro anual:** 321.664 x 0.10 = 32.166 USD/AÑO
- **Periodo Retorno:** 132.592 x 32.166 = 4.2 años.

Tabla 19 Payback

Tarifa	Ahorro anual	Payback
0.9	28.949 usd	3.8 años
0.10	32.166 usd	4.1 años
0.12	38.599 usd	4.4 años

Realizado: Sacón C.

- Vida útil: 25–30 años
- Retorno en 4 años → Luego hay 20 años de ganancia neta
- Tasa de retorno interna (TIR) alta

0

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- En fin, después de realizar el siguiente proyecto de investigación, se pudo comprobar que, al implementar un sistema de energía solar fotovoltaica en el Puerto Marítimo de Manta, específicamente basándonos en el Patio 600, es una alternativa muy viable y beneficiosa para cubrir la demanda energética actual del Terminal Portuario. Aunque se pudo concluir que se puede cubrir el 100% de la

demanda energética. Se demostró que esta tecnología es apta y tiene un gran potencial eléctrico. Se tomaron en cuenta varios factores como el nivel de radiación solar en la zona, el tipo de panel más eficiente para este entorno y la demanda energética actual del puerto.

- La evaluación de las distintas fuentes de energía renovable evidenció que la tecnología fotovoltaica representa la opción más adecuada para su implementación, debido a la disponibilidad del recurso solar en la zona de estudio, la facilidad de integración con las instalaciones existentes y la mínima interferencia con las actividades operativas del terminal.
- El análisis de viabilidad técnica realizado permitió determinar que la implementación de un sistema de generación fotovoltaica mediante estructuras tipo carport constituye una alternativa energéticamente eficiente para reducir el consumo de energía eléctrica proveniente de la red convencional dentro de la infraestructura portuaria.
- El análisis económico realizado demuestra que el sistema propuesto presenta un periodo de retorno de inversión viable, evidenciando que la inversión inicial puede ser recuperada en un tiempo razonable mediante los ahorros generados por la disminución del consumo energético de la red pública


## **6.2 Recomendaciones**

- Implementar programas de mantenimiento preventivo para los módulos fotovoltaicos y equipos asociados, asegurando el correcto funcionamiento del sistema y prolongando su vida útil operativa.
- Realizar estudios complementarios relacionados con el análisis estructural de las cubiertas tipo carport, con el objetivo de garantizar su adecuado comportamiento frente a cargas de viento, peso propio y condiciones ambientales propias del entorno costero.

- Evaluar en futuras etapas la integración de sistemas de almacenamiento energético, con el propósito de mejorar la gestión de la energía generada y aumentar la independencia energética frente a la red convencional.
- Promover el desarrollo de proyectos similares en otras instalaciones portuarias del país, contribuyendo a la reducción de emisiones contaminantes y al fortalecimiento del uso de energías renovables en el sector logístico y de transporte.

## BIBLIOGRAFÍA

1. SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación). (2024). Plan Nacional de Desarrollo Energético. <https://www.planificacion.gob.ec>
2. CELEC EP. (2023). Rendición de cuentas del sector eléctrico ecuatoriano. <https://www.celec.gob.ec>
3. Ministerio de Energía y Minas. (2024). Informe de Rendición de Cuentas 2023. Quito, Ecuador.
4. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). (s.f.). Fuentes primarias y secundarias de energía. [https://portal.uned.es/biblioteca/energiarenoble3/usos.htm?utm\\_source](https://portal.uned.es/biblioteca/energiarenoble3/usos.htm?utm_source)
5. CELEC EP. (2024). Informe de Rendición de Cuentas 2023. Quito, Ecuador.
6. EEASA. (2024). Informe de Rendición de Cuentas 2023. Ecuador.
7. Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). (2024). Informe 2023. Quito, Ecuador.
8. ARCONEL. (2024). Regulación ARCONEL-001/24: Código de Conexión. Agencia de Regulación y Control de Electricidad.
9. Sitio oficial del Terminal Portuario de Manta (TPM): <https://www.tpm.ec>
10. Informe de Gestión Ambiental Fase 1A-1B (TPM): <https://es.scribd.com/document/568100420/PUERTO-DE-MANTA>
11. Informe de Pasivos Ambientales TPM (PDF): <https://tpm.ec/wp-content/uploads/2021/08/Informe-de-Pasivos-Ambientales.pdf>
12. Certificación Huella de Carbono Neutro (TPM): <https://www.tpm.ec/2021/02/11/huella-de-carbono/>
13. Paneles solares tipo PERC
14. ENERGY, D. S. (2023). Obtenido de [ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Chapter-3-Direct-Solar-Energy-1.pdf](https://ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Chapter-3-Direct-Solar-Energy-1.pdf)
15. <https://www.tensite-energy.com/paneles-solares/>
16. AQUAE. (24 de 11 de 2021). *AQUAE*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/energia-solar-ventajas-desventajas/>
17. REPSOL. (s.f.). Obtenido de <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-geotermica/index.cshtml>

18. MINERALS, E. A. (2012). Obtenido de <https://earthsci.org/mineral/energy/wavpwr/wavepwr.html#:~:text=captura%20de%20ondas->  
,Tecnolog%C3%ADas%20de%20conversi%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20t%C3%A9rmica%20oce%C3%A1nica%20OTEC,cerrado%2C%20ciclo%20abierto%20e%20h%C3%ADbrido.
19. Bin, Y. Z. (2025). Optimización de la sostenibilidad económica y medioambiental en cadenas de suministro energéticas basadas en biomasa: un enfoque de toma de decisiones multicriterio. *Energy*.
20. Fei Chen a, Z. Z. (2025). Mejorar la seguridad de los sistemas de generación hidroeléctrica: una identificación inteligente de órbitas de ejes basada en un método de dinámica no lineal. *Energía*.
21. ELSEVIER. (2022). Un estudio exhaustivo de las fuentes de energía renovable: clasificaciones, desafíos y sugerencias. *Revisiones de la Estrategia Energética*.
22. UNESE. (2022). <https://unece.org/sustainable-energy/renewable-energy/unece-renewable-energy-status-report>
23. GENIABIOENERGY (2025). <https://geniabioenergy.com/que-es-la-digestion-anaerobica-y-sus-beneficios/>
24. Ministerio de Energía y Minas del Ecuador. (2023). Balance Energético Nacional.  
 <https://www.rekursyenergia.gob.ec/balance-energetico-nacional/>
25. Operador Nacional de Electricidad – CENACE  
<https://www.cenace.gob.ec/>

### **Videos (YouTube)**

26. YouTube. (2025). \*La energía solar gana terreno en Ecuador y se prevé ...\*  
[Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=h2B1AasC0Bs>
27. YouTube. (2025). \*El futuro de la energía solar en Ecuador\* [Video].  
<https://www.youtube.com/watch?v=awfJxmoxkw4>