

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## CENTRO DE POSGRADOS

### PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

#### COHORTE 2021

---

**Tema:** ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR ERNC PARA ALIMENTACIÓN DE AUXILIARES DE LA CENTRAL TÉRMICA ITT

---

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magister en Energías Renovables

**Modalidad del Trabajo de Titulación:** Proyecto De Titulación con Componente de Investigación Aplicada

**Autora:** Ingeniera Mayra Judith Basantes Erazo

**Directora:** Ingeniera Mayra Alejandra Paucar Samaniego Magister

Ambato – Ecuador

2023

## **A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados**

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por: Ingeniero Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD., e integrado por los señores: Ingeniero Danny Javier Trujillo Sandoval Magister e Ingeniero Darío Roberto Bolaños Guerrón PhD, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: *“Estudio de factibilidad para suministro de energía eléctrica por ERNC para alimentación de auxiliares de la central térmica ITT”*, elaborado y presentado por la señora *Ingeniera Mayra Judith Basantes Erazo*, para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Energías Renovables; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
*Ing. Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD.*  
**Presidente y Miembro del Tribunal**

-----  
*Ing. Darío Roberto Bolaños Guerrón. PhD .*  
**Miembro del Tribunal**

-----  
*Ing. Luis Antonio Flores Asimbaya Mg.*  
**Miembro del Tribunal**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Estudio de factibilidad para suministro de energía eléctrica por ERNC para alimentación de auxiliares de la central térmica ITT, le corresponde exclusivamente a: Ingeniera Mayra Judith Basantes Erazo, Autora bajo la Dirección de la señora Ingeniera Mayra Alejandra Paucar Samaniego Magister, Directora del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
*Ingeniera Mayra Judith Basantes Erazo*  
*c.c.:0603982208.*  
**AUTORA**

-----  
*Ingeniera Mayra Alejandra Paucar Samaniego, Magister*  
*c.c.:0604098194*  
**DIRECTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

-----  
*Ingeniera Mayra Judith Basantes Erazo*  
*c.c.:0603982208*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	I
A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	III
DERECHOS DE AUTOR .....	IV
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
AGRADECIMIENTO .....	X
DEDICATORIA .....	XI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XII
ABREVIATURAS Y SIGLAS EMPLEADAS.....	1
CAPÍTULO I.....	2
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1    Introducción.....	2
1.2    Justificación.....	2
1.3    Limitaciones .....	4
1.4    Objetivos .....	4
1.4.1    General .....	4
1.4.2    Específicos .....	4
1.5    Tareas .....	5
CAPITULO II .....	6
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.1    Antecedentes .....	6
2.2    Proyectos de generación ERNC .....	8
2.3    Fundamentos teóricos.....	10
2.3.1    Energía Renovable ER .....	10
2.3.2    Energía Hidráulica .....	10
2.3.3    Energía Solar.....	12
2.3.4    Energía Eólica .....	14

2.3.5	Biomasa.....	15
2.3.6	Otras energías renovables .....	17
CAPITULO III .....		18
MARCO METODOLÓGICO .....		18
3.1	Ubicación.....	18
3.2	Tipo de investigación .....	18
3.3	Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender .....	19
3.4	Población o muestra .....	19
3.5	Recolección de información.....	19
3.6	Procesamiento de la información y análisis estadístico .....	19
3.7	Variables respuesta o resultados alcanzados .....	19
3.8	Cálculo del consumo de auxiliares de central térmica ITT .....	20
3.9	Análisis de los recursos energéticos disponibles.....	20
3.9.1	Recurso eólico.....	21
3.9.2	Recurso solar.....	22
3.9.3	Recurso Biomasa.....	24
3.10	Propuesta para el aprovechamiento de las ERNC .....	25
3.10.1	Criterios técnicos.....	25
3.10.2	Criterios económicos.....	30
CAPITULO IV .....		31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		31
4.1	Análisis de Energías ERNC .....	31
4.2	Resultados en el incremento de energía solar fotovoltaica .....	35
4.3	Relación beneficio/costo (B/C) .....	39
4.3.1	Inversión.....	39
4.3.2	Ingresos y egresos .....	39
4.3.3	Factibilidad del proyecto PV.....	40
CAPITULO V .....		42
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS .....		42
5.1	Conclusiones .....	42
5.2	Recomendaciones.....	42

5.3	Referencias bibliográficas .....	43
5.4	Anexos.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Producción en la generación de energía eléctrica en 2019 .....	7
Tabla 3.1. Consumo diario promedio Central Térmica ITT. ....	20
Tabla 3.2. Velocidad del viento a diferentes alturas en la Central Térmica ITT. ....	21
Tabla 3.3. Velocidad del viento a 50 m de altura.....	22
Tabla 3.4. Datos de irradiancia global por mes del 2021 en el Bloque 43 - CPT.....	23
Tabla 3.5. Promedio de datos de irradiancia global diaria del Bloque 43 año 2021.....	23
Tabla 3.6. Datos de energía bruta en función de la superficie para la biomasa. Fuente: [24].....	25
Tabla 3.7. Criterio de evaluación en la velocidad del viento. ....	26
Tabla 3.8. Potencia en el sistema fotovoltaico.....	27
Tabla 3.9. Potencia del sistema de biomasa.....	29
Tabla 4.1. Cuadro porcentual comparativo de potencias máximas ERNC .....	35
Tabla 4.2. Recurso de energía eléctrica con PV1.....	36
Tabla 4.3. Recurso de energía eléctrica con PV2.....	36
Tabla 4.4. Recurso de energía eléctrica con PV3.....	37
Tabla 4.5. Recurso de energía eléctrica con PV4.....	37
Tabla 4.6. Demanda de energía eléctrica diaria con el sistema PV .....	38
Tabla 4.7. Mantenimiento del motor de generación .....	38
Tabla 4.8. Inversión para el sistema PV.....	39
Tabla 4.9. Ingresos CPT para el proyecto PV .....	40
Tabla 4.10. Egresos para el proyecto PV4 .....	40
Tabla 4.11. Flujo efectivo neto FEN.....	40
Tabla 4.12. Factibilidad económica del proyecto PV4 .....	41



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Producción energética en Ecuador 2020. Fuente [5] .....	7
Figura 2.2. Central hidroeléctrica. Fuente: [16] .....	11
Figura 2.3. Energía solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica. Fuente: Elaboración Propia .....	13
Figura 2.4. Energía solar térmica. Fuente: [19] .....	13
Figura 2.5. Energía eólica. Fuente: Fuente: [23], [24] .....	15
Figura 2.6. Central de biomasa. Fuente: [26] .....	17
Figura 3.1. Ubicación de la CPT en la provincia de Orellana. Fuente [2] .....	18
Figura 3.2. Plataforma CPT. Fuente: Elaboración Propia .....	26
Figura 3.3. Potencia del sistema fotovoltaico. Fuente: Elaboración Propia .....	28
Figura 3.4. Potencia del sistema de biomasa. Fuente: Elaboración Propia .....	29
Figura 4.1. Sistema 1 ERNC. Fuente: Elaboración Propia .....	32
Figura 4.2. Sistema 2 ERNC. Fuente: Elaboración Propia .....	32
Figura 4.3. Sistema 3 ERNC. Fuente: Elaboración Propia .....	33
Figura 4.4. Sistema 4 ERNC. Fuente: Elaboración Propia .....	34
Figura 4.5. Cuadro comparativo entre sistemas ERNC (fotovoltaico y biomasa). Fuente: Elaboración Propia .....	34
Figura 4.6. Flujo FEN del proyecto B. Fuente: Elaboración Propia .....	41

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato por haberme permitido ser parte de esta maestría y así poder alcanzar una meta más en mi vida.

A mi directora de tesis, gracias por su amabilidad al guiarme en este trabajo de titulación, por su tiempo, sus ideas, su orientación y atención a mis dudas.

## **DEDICATORIA**

A mi hermana March, la persona más fuerte, luchadora y con el corazón más grande que conozco. Por sus palabras de aliento al iniciar este proyecto. Siempre estás ahí cuando lo necesito.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**CENTRO DE POSGRADOS**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES**  
**COHORTE 2021**

**TEMA:**

*ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR ERNC PARA ALIMENTACIÓN DE AUXILIARES DE LA CENTRAL TÉRMICA ITT*

**MODALIDAD DE TITULACIÓN:** *Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada.*

**AUTOR:** *Ingeniera Mayra Judith Basantes Erazo*

**DIRECTOR:** *Ingeniera Mayra Alejandra Paucar Samaniego, Magister*

**FECHA:** *Tres de abril de dos mil veinte y tres*

**RESUMEN EJECUTIVO**

Se efectúa en el presente trabajo de investigación el análisis de implementación y factibilidad de los recursos renovables no convencionales solar fotovoltaico, eólico y de biomasa, para el abastecimiento de los equipos auxiliares de la Central Térmica ITT de propiedad de la empresa CELEC EP ubicada dentro de las instalaciones del Bloque 43 de EP PETROECUADOR. De los datos registrados de generación de la central desde el año 2019 se obtiene que la demanda promedio diaria es de 21.032,08 kWh (equivalente a 876,34 kW y una superficie de 92.140,00 m<sup>2</sup> de terreno), restándose a este valor un promedio de 876,34 kW/Día, correspondiente al funcionamiento de los equipos de servicios auxiliares. Se realiza un análisis comparativo entre la disponibilidad y dimensionamiento de estos recursos, así como la consideración de que el área disponible se encuentra ubicada dentro de una reserva ecológica y que a su vez presenta características técnicas favorables y desfavorables. La energía solar fotovoltaica puede abastecer y suministrar la carga demandante por un lapso de 7 horas, ocupando en este caso el 14% del área disponible de terreno; del sistema de biomasa se puede obtener potencias no mayores a los 670 W y requiere de un espacio del 92% de terreno para la implementación del proyecto; y con respecto a la energía eólica no se cuenta con el

recurso idóneo (Corriente de Aire) para su funcionamiento. Del análisis técnico y económico realizado, se concluye que la opción más viable es el sistema solar fotovoltaico debido a que ocupa una reducida área de terreno y abastece en un 53,19% de energía eléctrica diaria al sistema. Además, se estima que para un periodo de 10 años el proyecto se considera factible económicamente, presentando un beneficio superior al costo en 1,22 veces siempre y cuando el ingreso mensual sea de \$75.000,00 con una tasa de descuento del 12%.

**DESCRIPTORES:** *BLOQUE 43 ITT, DEMANDA ELÉCTRICA, EQUIPOS AUXILIARES, ENERGÍAS RENOVABLES, SISTEMA FOTOVOLTAICO.*

## ABREVIATURAS Y SIGLAS EMPLEADAS

<b>B43-ITT</b>	Bloque 43 Ishipango-Tiputini-Tambococha
<b>B/C</b>	Beneficio / Costo
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>EP</b>	Empresa Pública
<b>CELEC</b>	Corporación Eléctrica del Ecuador
<b>CPT</b>	Central de Procesos de Tiputini
<b>ECB</b>	Estación Central de Bombeo
<b>ER</b>	Energías renovables
<b>FEN</b>	Flujo efectivo neto
<b>ERNC</b>	Energías renovables no convencionales
<b>GE</b>	Marca General Electric
<b>HAWT</b>	Aerogeneradores de eje horizontal
<b>MLV</b>	Válvula de la línea principal
<b>PV</b>	Sistema fotovoltaico
<b>REN21</b>	Red de Política de Energía Renovable para el Siglo XXI
<b>SNI</b>	Sistema Nacional Interconectado
<b>TD</b>	Tasa de descuento expresada en porcentaje
<b>TIR</b>	Tasa de interna de retorno expresada en porcentaje
<b>VAN</b>	Valor actual neto
<b>VAWT</b>	Aerogeneradores de eje vertical
<b>WGS84</b>	Sistema geodésico de coordenadas 1984
<b>\$</b>	Símbolo monetario del dólar americano

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Introducción

El presente trabajo consiste en realizar el análisis de factibilidad técnica y económica de un sistema de alimentación eléctrica por medio de las energías renovables no convencionales (ERNC). De esta manera se obtienen grandes beneficios como la disminución del gasto económico de energía eléctrica, preservación del medio ambiente y una alta optimización de los recursos. Por ello, se analizan diferentes sistemas ERNC con la finalidad de realizar la alimentación de los sistemas auxiliares del termo generador en el bloque 43 ITT localizado en la provincia de Orellana.

Se emplea la metodología de investigación de carácter cuantitativo de tipo correlacional – no experimental. Dentro del documento se presenta información relevante sobre los diferentes sistemas de generación eléctrica a partir de las energías renovables tales como: conceptos básicos, características y trabajos documentados de otros autores que han aportado a la investigación en los ámbitos internacionales, nacionales y locales.

### 1.2 Justificación

Uno de los proyectos más importantes que se tienen en la actualidad en el país es el desarrollo del Bloque 43 ITT, situado en la provincia de Orellana en las inmediaciones de la reserva ecológica Yasuní. Las actividades de perforación en este bloque iniciaron el primer trimestre del año 2016 y en septiembre del mismo año se hizo el ingreso a la producción nacional [1]. Para el desarrollo del bloque se han incorporado facilidades que requieren de generación eléctrica constante. Esta energía es provista por empresas públicas, privadas y equipos propios de Petroamazonas EP<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Mediante **Decreto Ejecutivo No. 1221 del 07 de enero de 2021**, el Presidente Constitucional de la República dispuso:

*“Artículo 1.- Fusiónesse por absorción la Empresa Pública de Exploración y Explotación de Hidrocarburos Petroamazonas EP, a la Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador, EP PETROECUADOR.”*

Con estos antecedentes y a fin de satisfacer parte de la demanda energética del Bloque 43, la empresa pública Celec EP a través de su unidad de negocio Termopichincha inicia un vínculo de entrega de energía con Petroamazonas EP bajo la orden de servicio OS 144852 que trata sobre las prestaciones de servicio y uso de energía eléctrica en el campo Tiputini (ITT) Bloque 43, vínculo que da inicio el 22 de diciembre del 2018, con 20 unidades de generación eléctrica de marca Hyundai con potencia efectiva individual de 1,5 MW (precio \$500.000,00 dólares americanos) aproximadamente, es decir, presenta una potencia total nominal igual a 30 MW. La orden de servicio implementada establece el pago por energía neta entregada a las facilidades de Petroamazonas EP [2].

De acuerdo con los parámetros técnicos de las unidades de generación instaladas en el Bloque 43, la Central Térmica ITT trabaja con un factor de planta del 90 % de la capacidad instalada (30 MW) por lo que su capacidad máxima disponible es 27 MW y el despacho máximo en condiciones normales es 22,5 MW (75 % de la capacidad instalada). Bajo estas condiciones se mantiene una operación normal con 17 motores generando alrededor de 1,42 MW cada uno, un motor en mantenimiento y dos motores en reserva fría, resultando una energía bruta de 24,14 MW. Cabe mencionar que se realiza mantenimiento en los motores cada 2.000 horas de trabajo.

Sin embargo, para el normal y continuo funcionamiento de la planta de generación se requieren equipos auxiliares como compresores, calentadores, purificadoras de aceite y combustible, bombas de abastecimiento, calderas de recuperación de calor, entre otros, los cuales poseen un consumo energético propio, restando de la energía bruta proporcionada por la planta de la Corporación Eléctrica del Ecuador (Celec EP). Lo que implica para Celec EP pérdidas en ingresos económicos y para Petroamazonas EP que la energía faltante sea provista por otras empresas o recursos.

En tal sentido y a fin de maximizar la energía generada, se propone realizar un estudio de factibilidad aprovechando los recursos ERNC que se tienen en el sector, utilizando datos bibliográficos obtenidos de fuentes oficiales de los diferentes tipos de energías. Con este estudio se selecciona el recurso idóneo para obtener la energía suficiente que



alimentará los sistemas de auxiliares. La energía requerida para esta alimentación se calcula en base a datos históricos de funcionamiento de la central en el Bloque 43 considerando su operación normal y los valores máximos de carga de acuerdo con las condiciones de operación de las máquinas.

Dentro de este estudio se considera como factor importante la limitación de transporte y poca existencia de datos por tratarse de una reserva natural y un área restringida de acceso. Se considera también el área disponible dentro de la planta para este estudio.

### **1.3 Limitaciones**

Al proponerse como un estudio de factibilidad, el presente trabajo no incluye el diseño básico o de detalle de los sistemas propuestos. Solamente se evaluará de forma preliminar la ventaja económica y energética de emplear un sistema que aporte la energía necesaria para cubrir la demanda de los equipos auxiliares necesarios en la operación de los generadores de la red de la Central de Procesos de Tiputini CPT. También se valorará el mayor porcentaje permitido de tecnologías basadas en fuentes renovables de energía.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 General**

Proponer un estudio de factibilidad de Suministro de Energía Eléctrica por ERNC para alimentación de auxiliares de la Central Térmica ITT perteneciente a CELEC EP en el Bloque 43.

#### **1.4.2 Específicos**

- Análisis de la disponibilidad de tecnologías de generación energética basadas en energías renovables, en base a los recursos del sector.
- Determinación del valor de consumo energético del equipamiento auxiliar de la Central Térmica ITT.

- Definición de un sistema a base de tecnologías de generación energética basadas en energías renovables, que pueda suministrar la energía requerida para el funcionamiento del equipamiento auxiliar de la Central Térmica ITT, de manera íntegra o la mayor parte de esta posible de acuerdo a criterio técnicos y económicos.

## **1.5 Tareas**

Para llevar a cabo los objetivos propuestos se proponen las siguientes tareas:

- Analizar las diferentes tecnologías de generación energética basadas en fuentes renovables de energía.
- Analizar la disponibilidad de recursos energéticos aprovechables en la localización objeto de estudio.
- Determinar la demanda energética del equipamiento auxiliar empleado en la generación de electricidad en la Central Térmica ITT.
- Analizar y comparar las posibles configuraciones de tecnologías de generación que empleen fuentes renovables de energía que pueda suministrar la energía requerida para el funcionamiento del equipamiento auxiliar de la Central Térmica ITT.
- Seleccionar la variante de configuración que presente mayor ventaja técnica y económica en las condiciones de la localización.

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

#### 2.1 Antecedentes

Con el pasar de los años, la sociedad va en crecimiento por lo que existe un aumento en el consumo de energía a tal punto de no abastecer lo necesario; por ende, se requiere de un agente responsable a fin de obtener la máxima eficiencia energética en la vida diaria. Para ello, se hace necesario el uso de las fuentes de energías renovables, unidas al incremento de la concientización y la voluntad política de los países en temas relativos al cambio climático y las posibles estrategias para su mitigación; han elevado la popularidad y el empleo de estas tecnologías como la solar fotovoltaica, eólica y biomasa en la matriz energética a nivel mundial. Esto abre nuevas posibilidades de consumo debido principalmente a su flexibilidad, la cual permite el empleo en distintas configuraciones e incluso en conjunción con fuentes tradicionales basadas en combustibles fósiles.

En base al último Informe de Estado Global de Renovables 2017 (REN21), se tiene que la producción de energía primaria mundial corresponde al 78,4 % por fuentes fósiles, energía nuclear en un 2,3 % y energías renovables en un 19,3 % de las cuales el 9,1 % corresponde a biomasa y 10,2 % a energías como la hidroeléctrica, geotérmica, eólica, biogás y solar [3]. En cambio, en el año 2019 la electricidad se genera a través de los combustibles fósiles en un 63%, energía nuclear (10 %) y fuentes de energías renovables en un 27 %, siendo esta última distribuida en un 16 % para la hidroeléctrica, 3 % en biomasa, 8 % en la solar y eólica [4].

Países como Brasil que poseen una demanda energética de 626 TWh en el 2019, tiene como gran parte de la generación eléctrica las de tipo renovables en un 82 %, distribuida en hidroeléctrica 64 % y el 18 % en las demás energías renovables (ER). México ostenta una demanda de 324 TWh, cuyo 72 % corresponde al uso de combustibles fósiles y un 24 % al uso de la generación eólica, hidroeléctrica, solar, biogás y geotérmica. América Central tiene una demanda de 56 TWh, siendo mayoritaria la energía renovable en un 65

%, el cual se distribuye en un 38 % con la energía hidroeléctrica, 7,5 % de geotermia en Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua, eólica 7,8%, solar el 4% y el valor restante de biomasa. Por último, El Caribe posee una demanda de 58.611 GWh, de los cuales el 90 % corresponde a la generación térmica a partir del diésel y fuel oil, 10 % de energía renovable siendo un 5% de hidroeléctrica, 5 % de eólica, solar y biomasa, tal como se indica en la Tabla 2.1 [4].

Tabla 2.1. Producción en la generación de energía eléctrica en 2019

Energías	Brasil	México	América Central	El Caribe
Demanda energética	626 TWh	324 TWh	56 TWh	59 TWh
Nuclear	0%	4%	0%	0%
Combustibles fósiles	18%	72%	35%	90%
ER (Hidroeléctrica)	64%	-	38%	5%
ER (total)	82%	24%	65%	10%

En Ecuador la integración de las energías renovables cobra cada vez más importancia es así como acorde al informe Anual CENACE 2020, se tiene un 89,24 % de la generación hidráulica, 8,36 % de energía térmica, ER no convencional del 1,48 % (eólica, biomasa, fotovoltaica, geotérmica, etc) y el 0,92% por interconexión con Perú y Colombia, tal como se indica en la Figura 2.1 [5]. Para el año 2027 se prevé la integración de nuevos proyectos de generación con fuentes renovables según lo indicado en el Plan Maestro de Electricidad 2018 - 2027 [6].

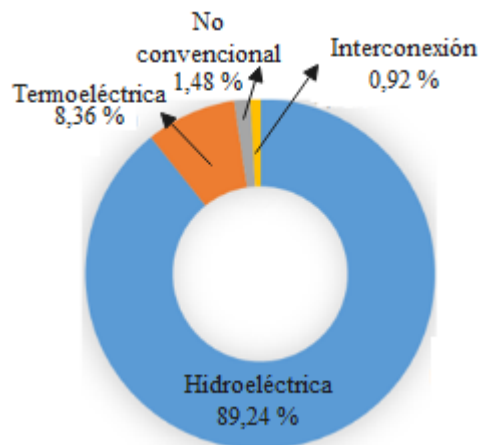


Figura 2.1. Producción energética en Ecuador 2020. Fuente [5]

## 2.2 Proyectos de generación ERNC

A nivel mundial la implantación de grandes y pequeños proyectos con fuentes renovables es cada vez más evidente, el aporte de nuevas tecnologías es de gran ayuda para la formación de energía eléctrica [6]. A continuación, se mencionan algunos proyectos a nivel internacional:

- El centro de energía eólico-alta o parque eólico de Mojave en California, EEUU es uno de los parques eólicos más grandes de este país. Este parque tiene una potencia instalada de 1500 MW y cuenta con un total de 585 turbinas marca General Electric GE de 1,5 MW SLE, Vestas V90 de 3 MW, GE 1,7 MW y GE 2,85 MW [7].
- La central de generación por Biomasa Ironbridge en Reino Unido es la más grande del mundo y genera 740 MW. Anteriormente la central constituía una central térmica de carbón, pero en el año 2013 fue adaptada para generar vapor en base a pellets de madera [6].
- En Guadix, España se encuentra la central termosolar Andasol distribuida en tres plantas que generan 150 MW con 600.000 espejos parabólicos. Posee tanques de sales fundidas para el almacenamiento de energía térmica en la noche [6].
- El aprovechamiento de energía mareomotriz en el parque de Sihwa Lake en Corea del Sur con 10 turbinas bulbo instaladas genera 254 MW [6].
- Los Géiseres, California con un total de 350 pozos, alimentan 22 plantas de energía geotérmica para una producción de 1517 MW con vapor de agua [6].

Con respecto a nivel nacional, se presentan algunos proyectos como:

- Ecuador posee tres proyectos de generación por Biomasa (recurso bagazo de caña de azúcar) son: Ecoelectric, San Carlos y Escudos A-G. La planta de auto generación eléctrica Ecoelectric S.A de la unidad de negocio Agroindustrial del grupo NOBIS, está ubicada dentro de las instalaciones del Ingenio Valdez en la ciudad de Milagro provincia del Guayas. Inicia la operación en junio del 2005 y mantiene una capacidad de 36,5 MW de potencia efectiva y factor de planta de 37,85 % en el año 2020, obteniendo en junio la autorización para el ingreso al Sistema Nacional Interconectado SNI [8].

- El proyecto de la Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A ubicado en el cantón Marcelino Maridueña de la provincia del Guayas. En el año 2020 mantiene una producción de 32 MW de potencia efectiva y un factor de planta del 39,67 %, donde en el mes de julio obtiene la autorización para el ingreso al SNI [9].
- La empresa de generación Escudos A-G del grupo Coazucar S.A ubicado en el cantón la Troncal provincia del Guayas. Inicia su operación en diciembre del 2014 y para el año 2020 mantiene una producción de 36,5 MW de potencia efectiva y un factor de planta del 15,08 % [10].
- Ecuador cuenta con dos centrales de Biogás (descomposición de la biomasa en dióxido de carbono y metano), El Inga y Pichacay [11]. La primera planta se encuentra a cargo de la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS EP) y la empresa GasGreen, las cuales presentan una generación al 2020 de 5 MW y un factor de planta de 85,02 % [12]. En cambio, la segunda planta se encuentra a cargo la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC), la cual mantiene al 2020 una producción de 1 MW de potencia efectiva y un factor de planta del 69,33 % [13].

En el año 2019 en el bloque petrolero B43 operador por EP Petroecuador ejecuta el proyecto denominado “Servicio técnico especializado de instalación de los cuartos de equipos del sistema de control y comunicaciones de las válvulas MLV’S en las plataformas del cruce subfluvial Tiputini norte y Tiputini sur, del bloque 43 de Petroamazonas EP” mismo que incluyó la instalación de 28 paneles solares (EverExceed ESM250) de 250W cada uno distribuidos en cinco arreglos fotovoltaicos que entregan 24 VAC – 120 VAC y 3000 W en cada punto de ubicación de una válvula. Los paneles solares satisfacen las necesidades de la actividad en las cuatro válvulas (MLV’S) de la línea principal de 24” (TPTN, TPTS, K17 y K33) para transporte de crudo desde la locación CPT en el bloque B43 hasta la locación ECB en el bloque B31.

Esta creciente implementación proyectos por ER en varios sectores del país ayuda al estudio de estas energías ya sean de tipo eólico, solar, biomasa, biogás, hídrico, entre otros; con el propósito de aliviar la demanda energética con fuentes sustentables y amigables para el ambiente en cualquier sector donde el recurso sea suficiente.

## **2.3 Fundamentos teóricos**

### **2.3.1 Energía Renovable ER**

Generalmente, las ER se encuentran en cualquier parte del planeta de manera constante e inagotable (viento, sol, agua, geotérmicas, biogás, etc). El principal beneficio es que tienen un impacto ambiental reducido, no como a las que se generan en base al carbón y petróleo. Las ER se dividen en convencionales ERC y no convencionales ERNC [14]:

- **ERC:** se genera a gran escala la energía como es el caso de las centrales hidráulicas (hidroeléctricas).
- **ERNC:** son fuentes de tipo eólica, biomasa, solar, geotermia, mareomotriz e hidroeléctrica (centrales pequeñas de hasta 50 MW).

### **2.3.2 Energía Hidráulica**

Las centrales hidráulicas utilizan la energía potencial del agua represada a cierta altura en el cauce de los ríos para generar energía mecánica por medio del movimiento de turbinas mismas que se acoplan mediante un eje un generador para producir electricidad. Además, están conformadas regularmente por una represa, embalse, tubería forzada, turbina, generador eléctrico, transformador y red eléctrica, tal como se indica en la Figura 2.2 [15].

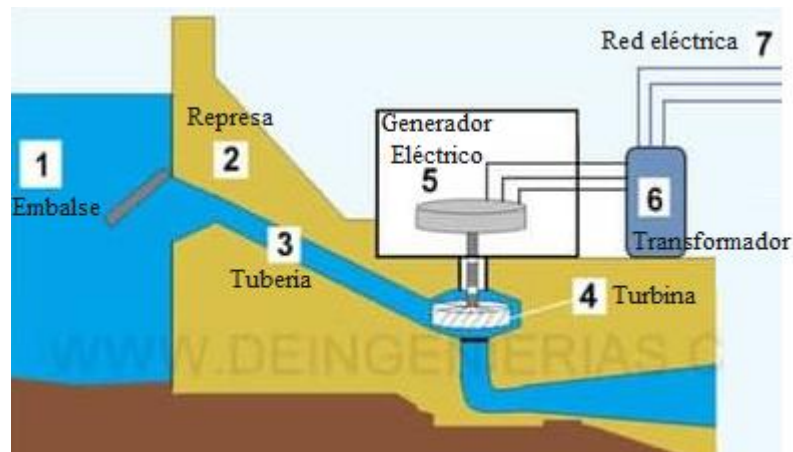


Figura 2.2. Central hidroeléctrica. Fuente: [16]

Existen tres tipos de centrales hidroeléctricas [15]:

- De pasada: estas requieren de un caudal constante ya que captan toda el agua del río para el movimiento de las turbinas.
- Con embalse: se utilizan presas para el embalsamiento de agua a fin de tomar la cantidad de agua necesaria para el movimiento de las turbinas. El embalsamiento de agua permite producir electricidad durante todo el año.
- De bombeo o reversibles: presentan 2 embalses contruidos a diferente nivel. Cuando la demanda energética aumenta el agua del embalse del nivel superior pasa por la turbina hacia el embalse inferior y el agua del embalse inferior retorna al embalse superior con el uso de bombas.

También se considera una clasificación de las centrales en base a la potencia instalada [15]:

- Alta potencia mayor a los 10 MW.
- Minicentrales en el rango entre 1 a 10 MW.
- Microcentrales cuya potencia es menor a 1 MW.

Entre las principales ventajas se tiene lo siguiente [15]:

- Fuente inagotable.
- No contaminante.



- No produce gases de efecto invernadero durante el funcionamiento; sin embargo, en el proceso constructivo se emite CO<sub>2</sub>.
- Es una de las ER de menor costo debido a la cantidad de agua existente en el planeta.
- Almacena una gran cantidad de energía potencial en los embalses, por lo que se puede aprovechar de ello ante un incremento de la demanda eléctrica.
- Se aprovechan los embalses para deportes acuáticos.

En cuanto se refiere a las desventajas, se tiene que [15]:

- Ocupan grandes áreas para formar sus embalses, afectando al ecosistema de los lugares aledaños (impacto en la vida marina, deforestación, desplazamiento de personas).
- El costo de construcción es alto y no siempre se encuentra el lugar adecuado.
- Los sedimentos que arrastra el río se quedan detrás de la presa y no pueden ser ocupados aguas abajo, lo que provoca que la tierra sea menos fértil.

### **2.3.3 Energía Solar**

Es uno de los recursos más abundantes en el planeta ya que nace de la fusión nuclear que se produce en el sol entre el hidrógeno y helio, el cual llega a la tierra en forma de luz, calor y radiación. Además, se puede generar electricidad ya sea de forma fotovoltaica, calefacción de manera térmica o se realiza el proceso térmico para generar electricidad denominada termoeléctrica [17]. El de tipo fotovoltaico PV, la recepción de la energía se realiza a través de los paneles solares, el cual realiza una conversión de la irradiancia a energía eléctrica por medio del efecto fotoeléctrico. Una de las principales ventajas es que se puede utilizar para alimentación eléctrica en las viviendas y edificios o de suministro hacia las redes eléctricas a través de grandes centrales eléctricas o parques fotovoltaicos, este último se forman por un gran número de paneles conectados en serie y paralelo, cuyo voltaje continuo se conecta al inversor para convertirlo en energía alterna y sea capaz de entregar energía a la red de distribución eléctrica, visto en la Figura 2.3 [18].

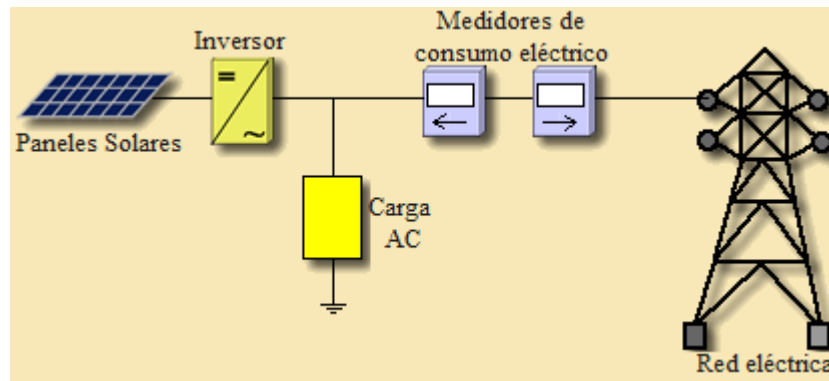


Figura 2.3. Energía solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica. Fuente: Elaboración Propia

En cambio, la energía solar térmica emplea paneles para la absorción del calor para el calentamiento de fluidos, como el agua utilizada en la vivienda residencial (ver Figura 2.4), comercial e industrial [17].

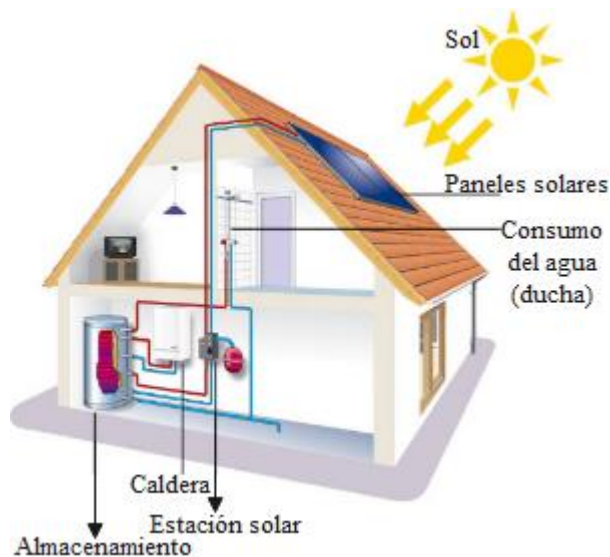


Figura 2.4. Energía solar térmica. Fuente: [19]

Por último, se tiene la energía de tipo solar termoeléctrica o también denominado campos de espejos o heliostatos, donde los rayos del sol se concentran en una superficie reducida, el cual posteriormente se convierte en vapor y acciona las turbinas con los generadores para producir electricidad. La energía solar presenta algunas ventajas, tales como [20]:

- Es la energía que menos contamina el medio ambiente.

- No es contaminante durante el funcionamiento de esta energía, ya que no crea gases de efecto invernadero.
- La materia prima no se extrae lo que conlleva un mayor ahorro.
- Se pueden instalar paneles solares en cualquier lugar donde llegue los rayos solares.
- Ayuda al ahorro económico al reducir el consumo energético cuando se instalan en viviendas y/o edificios.

Sin embargo, presenta algunas desventajas como [20]:

- El costo inicial de instalación es alto.
- Requiere de grandes extensiones de terreno para sus instalaciones.
- La energía varía durante las horas del día dependiendo de las condiciones climáticas y en la noche no se dispone de esta energía, por lo que se hace necesario el incremento de un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.
- Las condiciones climáticas como la humedad, calor, niebla y presencia de nubes afectan el rendimiento de la energía solar.

#### **2.3.4 Energía Eólica**

Es aquella que se obtiene del viento y se aprovecha para el movimiento de molinos o aerogeneradores, este último consiste en convertir la energía cinética del aire en mecánica al mover sus hélices, los cuales se forman por un sistema de transmisión mecánica (acoplamiento, rodamientos, engranes) y se acopla a un generador capaz de producir energía eléctrica [21]. Existen dos tipos de aerogeneradores, uno con eje horizontal denominado HAWT (ver Figura 2.5) y otro de eje vertical VAWT, este último se instala a nivel del suelo y en general es de baja potencia [22].

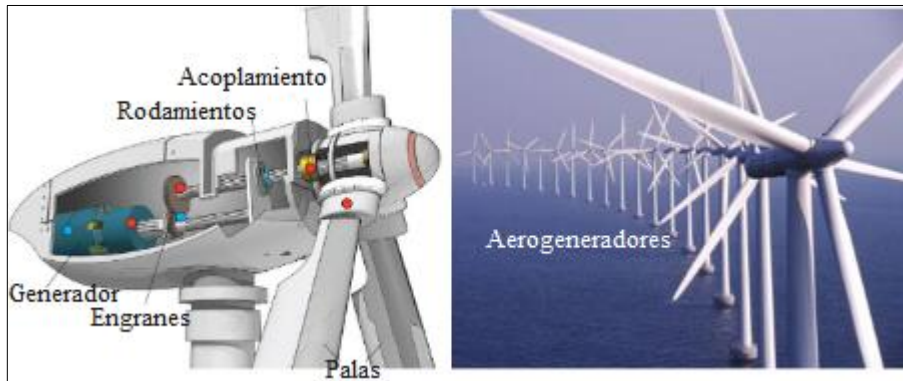


Figura 2.5. Energía eólica. Fuente: Fuente: [23], [24]

Las principales ventajas son [21]:

- Los costos de las turbinas no son elevados con relación a otras tecnologías.
- Las actividades cercanas a las instalaciones se desarrollan con normalidad.
- No produce contaminación ambiental.

En cambio, presenta algunas desventajas como [21]:

- No es una fuente constante de energía, ya que varía acorde a las temporadas del año.
- Para el funcionamiento, las ráfagas de viento deben estar entre 10 a 40 km/h, equivalente a 2,78 - 11,11 m/s.
- El impacto con el paisaje puede causar malestar en los pobladores de los sectores aledaños.
- Tienen un impacto en la avifauna ya que las aves no siempre reconocen el movimiento de las palas y se chocan con ellas.

### 2.3.5 Biomasa

La biomasa se define como a la materia biológica a excepción de los que han sido contenidos en formaciones geológicas y/o sufren de algún proceso de mineralización. Un punto importante a favor de esta fuente de energía es que la quema de la biomasa no aumenta el efecto invernadero ya que el carbón liberado es el que las plantas absorben y liberan en el crecimiento. El Atlas Bioenergético lista algunas ventajas que emplea a la biomasa como un recurso energético y económico [25]:

- Mejora de la economía local en áreas rurales.
- Reducción de emisiones: S,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ , ciclo de  $CO_2$  neutro, reducción de los riesgos de incendios forestales.
- Aprovechamiento de los residuos forestales, y posibilidad de emplear tierras ociosas o en barbecho con plantaciones energéticas.

Para el aprovechamiento suele emplear 2 procesos, tales como [25]:

- Procesos termoquímicos que generalmente emplean biomasa seca, los principales procesos suelen ser la combustión, gasificación y pirolisis. Los productos resultantes de dichos procesos son en su mayoría los elementos volátiles de la biomasa que se utilizan como combustible en forma de gas o en mezclas con combustibles fósiles (gas natural).
- Procesos químicos y biológicos como lo son la digestión anaerobia y la fermentación, los cuales emplean fundamentalmente biomasa húmeda.

Generalmente, una central de biomasa debe contener los siguientes componentes, tales como el cultivo (1), transporte (2), astillado (3), preparación (4), almacenamiento de combustible grueso (5) y fino (6), dosificador (7), entrada de aire (8), almacenamiento de combustible de apoyo (9), caldera (10), economizador (11), cenicero (12), electro filtro (13), tanque de agua de alimentación (14) y condensador (15), (16) Recuperación de calor, (17) Turbinas, (18) Generador, (19) Transformador, (20) Línea de transporte de energía eléctrica visto en la Figura 2.6 [26].



Figura 2.6. Central de biomasa. Fuente: [26]

### 2.3.6 Otras energías renovables

Existen otras fuentes renovables de energía como la geotermia y energías marinas que se encuentran en vías de desarrollo e implementación. La energía geotérmica se encuentra en forma de calor almacenada en el interior de la tierra. Puede utilizarse para calentamiento de agua y/o como electricidad [27]. En cambio, la energía marina se aprovecha de la fuerza del mar para generar electricidad [28].

## CAPITULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Ubicación

El estudio de factibilidad se lleva a cabo en la provincia de Orellana, cantón Aguarico en el Bloque 43 operado por EP Petroecuador, en la plataforma CPT en las instalaciones de la Central Térmica ITT operada por Celec EP. En la Figura 3.1 se muestra la localización de la CPT dentro de la provincia antes mencionada. Como se observa, la CPT se sitúa en las inmediaciones del Parque Nacional Yasuní (reserva natural). Por lo tanto, se justifica la necesidad de obtener energías sustentables y estén en armonía con el medio ambiente.

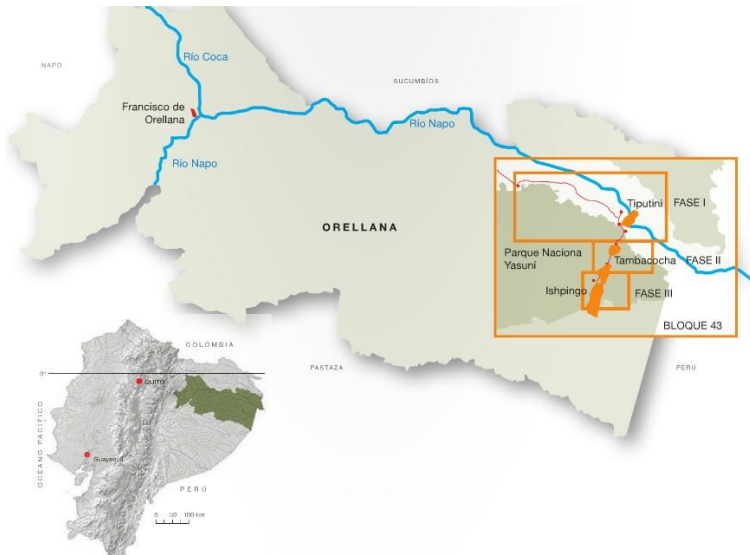


Figura 3.1. Ubicación de la CPT en la provincia de Orellana. Fuente [2]

#### 3.2 Tipo de investigación

Para el estudio planteado, se prevé un enfoque CUANTITATIVO de tipo CORRELACIONAL y diseño NO – EXPERIMENTAL. Los datos energéticos se obtienen de fuentes bibliográficas, así como de datos históricos de la central.

### **3.3 Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender**

La utilización de ERNC contribuye energía eléctrica para la alimentación de auxiliares de la central térmica ITT.

### **3.4 Población o muestra**

Para el estudio no se tomarán datos de población o muestra.

### **3.5 Recolección de información**

Los valores característicos de los recursos en el sector son obtenidos a través de fuentes como el Servicio Mundial de Geocodificación Larc Nasa, atlas (eólico, solar, bioenergético) y documentos académicos, los cuales son una base para la selección del recurso adecuado. El valor de consumo de auxiliares se calcula en función de los datos históricos de la central desde junio 2019, mes en el cual se concluye el montaje de los 20 motores de generación.

### **3.6 Procesamiento de la información y análisis estadístico**

Para el estudio de la información obtenida se realiza cálculos para la obtención de la potencia eléctrica en función de la superficie del sistema de generación ERNC.

### **3.7 Variables respuesta o resultados alcanzados**

**Variable Independiente:** ERNC (Energía Renovable No Convencional).

Los valores característicos de los recursos en el sector serán obtenidos de fuentes oficiales como el Larc Nasa, atlas (eólico, solar, biomasa) y documentos académicos.

**Variable Dependiente:** Auxiliares de la Central Térmica ITT.

El consumo de energía eléctrica de auxiliares se calcula en base a los datos históricos de la central.



### 3.8 Cálculo del consumo de auxiliares de central térmica ITT

A través de la Tabla 3.1 se detalla el consumo diario de energía eléctrica desde el mes de junio 2019 hasta diciembre del 2022, donde se obtiene un consumo promedio de 21.624,52, 20.447,61, 20.795,29 y 21.260,92 kWh/día para los años antes mencionados.

Tabla 3.1. Consumo diario promedio Central Térmica ITT.

<b>AÑO</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Enero		21.994,20	22.942,65	21.553,59
Febrero		22.096,78	22.373,18	18.861,97
Marzo		22.529,23	22.182,60	21.269,49
Abril		11.477,03	22.246,27	22.542,36
Mayo	19.419,58	17.084,41	22.216,51	21.675,28
Junio	21.073,28	20.780,35	21.725,43	20.957,02
Julio	22.906,86	20.127,30	21.994,93	22.125,56
Agosto	22.415,20	21.493,77	19.606,98	22.482,73
Septiembre	22.428,50	22.057,72	20.737,03	20.742,42
Octubre	20.672,91	22.001,37	19.443,95	21.699,78
Noviembre	21.902,48	21.701,84	21.328,22	19.914,91
Diciembre	22.177,31	22.027,27	12.745,71	21.305,91
<b>Promedio (kWh/día)</b>	21.624,52	20.447,61	20.795,29	21.260,92
<b>Promedio día (kWh/día)</b>	21.032,08			
<b>Potencia (kW)</b>	876,34			

Eso implica que el valor de energía eléctrica promedio al día es de 21032,08 kWh/día, es decir que posee una potencia de 876,34 kW equivalente a 0,87 MW. Los datos anteriores de potencia y demanda eléctrica se utilizan para definir el uso de las tecnologías ERNC.

### 3.9 Análisis de los recursos energéticos disponibles

Se analiza los recursos energéticos que se puede aprovechar en el lugar establecido ya sea de forma solar, eólica y de biomasa.

### 3.9.1 Recurso eólico

El recurso eólico se obtiene de forma directa a través del viento, con el cual realiza movimientos en las palas de los aerogeneradores a fin de obtener energía eléctrica. Se toma como referencia la latitud (-0,844213) y longitud (-75,564633) en el sistema WGS84 del Bloque 43 CPT para obtener los datos promedio mensual de la velocidad del viento a 10 y 50 metros de altura; donde se observa a través de la Tabla 3.2 como el valor de la velocidad es directamente proporcional a la altura [29].

Tabla 3.2. Velocidad del viento a diferentes alturas en la Central Térmica ITT.

Mes	Velocidad (m/s)		
	A 10 m	A 50 m	Diferencia
Enero	0,77	1,8	1,03
Febrero	0,7	1,68	0,98
Marzo	0,68	1,58	0,90
Abril	0,59	1,3	0,71
Mayo	0,64	1,34	0,70
Junio	0,64	1,39	0,75
Julio	0,7	1,53	0,83
Agosto	0,64	1,4	0,76
Septiembre	0,7	1,36	0,66
Octubre	0,69	1,47	0,78
Noviembre	0,72	1,49	0,77
Diciembre	0,72	1,62	0,90
<b>Promedio (m/s)</b>			<b>0,81</b>

a) Velocidad del viento a una altura de 10 m											
Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.

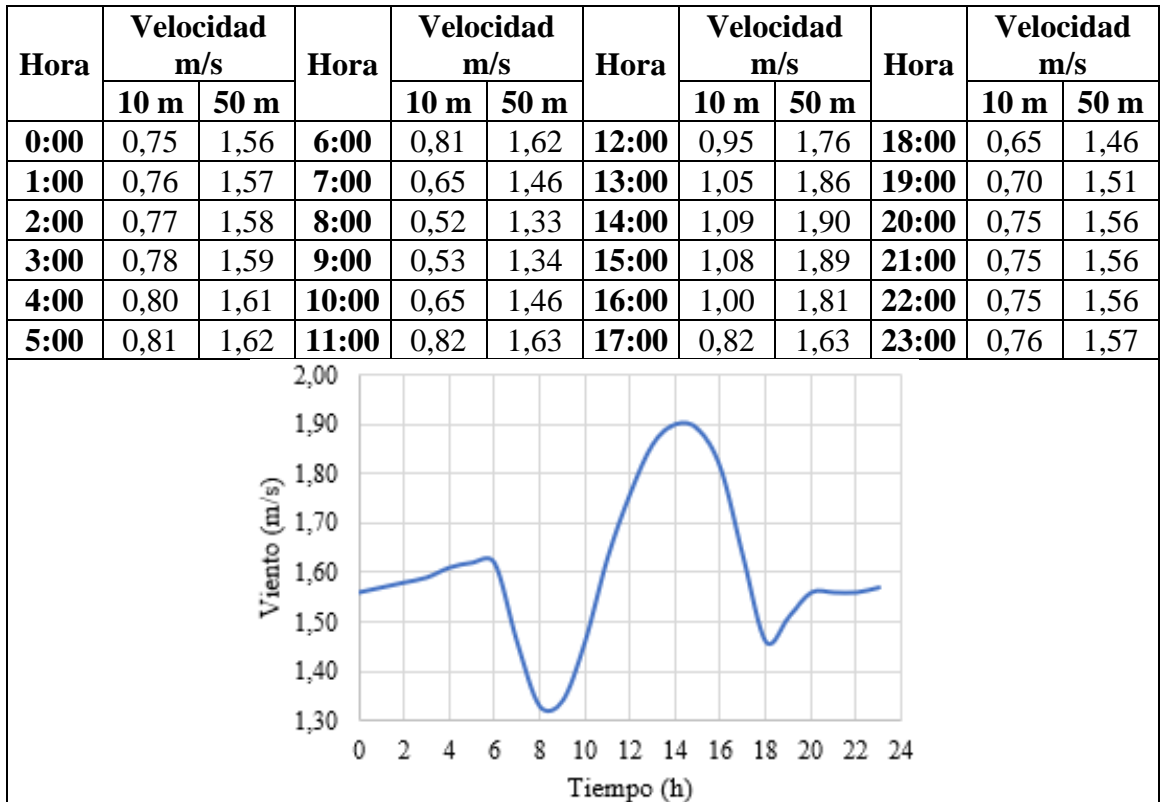
  

a) Velocidad del viento a una altura de 50 m											
Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.

Por ejemplo, en enero del 2021 se muestra como la velocidad aumenta de 0,77 a 1,8 m/s y así sucesivamente para el resto del año. De esta manera, se obtiene un incremento promedio de 0,81 m/s cuando la velocidad del viento pasa de 10 a 50 m de altura. Además, durante el día se tiene que la velocidad no es constante, tal como se indica en la

Tabla 3.3, la cual presenta valores entre 0,52 - 1,09 m/s (ver Anexo 1) y 1,33 – 1,90 m/s en 10 y 50 metros; respectivamente.

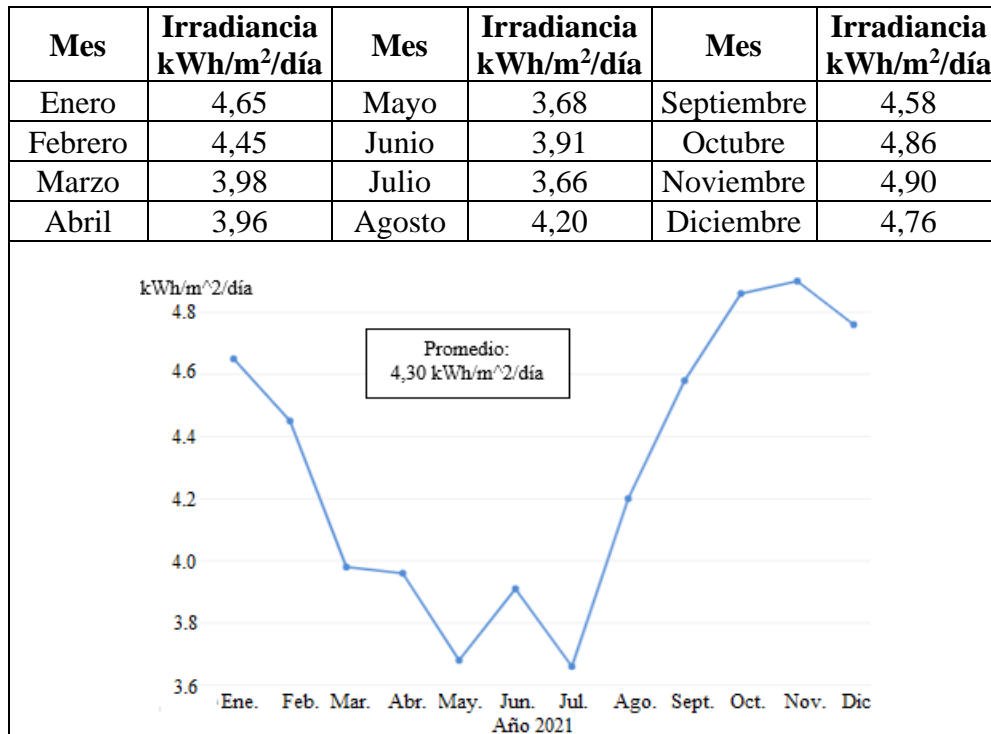
Tabla 3.3. Velocidad del viento a 50 m de altura.



### 3.9.2 Recurso solar

La radiación solar presenta un comportamiento altamente estocástico en escalas de tiempo pequeñas y en muchos casos se encuentra sujeta al efecto de las nubes, pero de manera general el comportamiento a lo largo del año varía de forma constante. Además, presenta tres componentes principales, difusa, directa y global, siendo esta última la resultante de la irradiancia directa y difusa [30]. Se toma como referencia la latitud (-0,844213) y longitud (-75,564633) en el sistema WGS84 del Bloque 43 CPT para obtener los datos de la irradiancia global promedio diaria del año 2021, tal como se indica en la Tabla 3.4 [29].

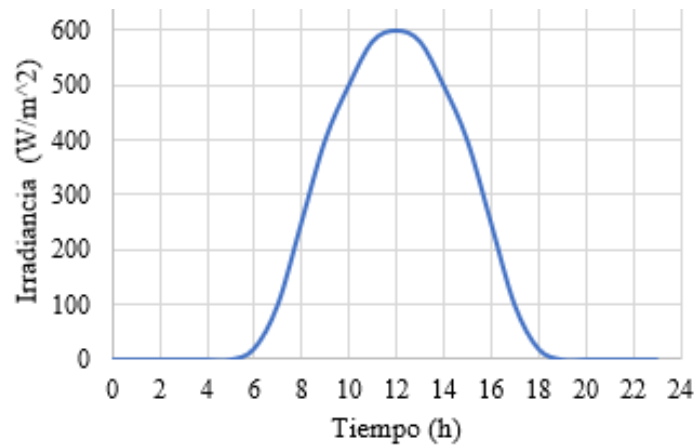
Tabla 3.4. Datos de irradiancia global por mes del 2021 en el Bloque 43 - CPT.



Además, en dicha tabla se aprecia la variabilidad del recurso a lo largo del año, siendo el mes de menor valor de irradiación julio, el de mayor noviembre y se determina un promedio de 4,30 kWh/m<sup>2</sup>/día. Si se tiene un día soleado, se dice que la irradiancia directa es mucho mayor que la difusa, siendo de un valor similar a la global y que alcanza los 1000 W/m<sup>2</sup> [31]. Sin embargo, esto no sucede a diario por lo que dicho parámetro máximo oscila de 580 a 600 W/m<sup>2</sup> entre las 11:00 a 13:00, tal como se observa en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Promedio de datos de irradiancia global diaria del Bloque 43 año 2021.

Hora	Irradiancia W/m <sup>2</sup>	Hora	Irradiancia W/m <sup>2</sup>	Hora	Irradiancia W/m <sup>2</sup>	Hora	Irradiancia W/m <sup>2</sup>
0:00	0	6:00	20	12:00	600	18:00	20
1:00	0	7:00	10	13:00	580	19:00	0
2:00	0	8:00	250	14:00	500	20:00	0
3:00	0	9:00	400	15:00	400	21:00	0
4:00	0	10:00	500	16:00	250	22:00	0
5:00	0	11:00	580	17:00	100	23:00	0



### 3.9.3 Recurso Biomasa

El empleo de la biomasa como recurso energético tiene la particularidad de ser neutra en su aporte de  $CO_2$  durante su ciclo de explotación como combustible. Al emplear los residuos orgánicos como fuente de energía, el uso de biomasa como combustible constituye un enfoque sostenible para la gestión de desecho además de una forma de brindarle valor económico a estos. La evaluación del potencial de biomasa en la localización emplea los datos reportados en el Atlas Bioenergética del Ecuador, el cual para la provincia de Orellana presenta una disponibilidad en residuos de 399.812,14 toneladas al año cuyos productos son la palma africana, palmito, cacao, maíz duro y café, visto en la Tabla 3.6. Esto implica que ante una superficie de 21.675,41 km<sup>2</sup> se tiene una energía bruta de 4.967,64 TJ/año [25], equivalente a 1,379 TWh/año y una potencia de 157,523 MW.

Tabla 3.6. Datos de energía bruta en función de la superficie para la biomasa. Fuente:

[25]

Superficie (km <sup>2</sup> )	Producto	Residuos (t/año)	Energía Bruta (TJ/año)
21.675,41	Palma africana	284.314,91	3.633,76
	Palmito	80.062,20	1.060,07
	Cacao	27.429,51	185,53
	Maíz duro	3.901,81	48,65
	Café	4.103,71	39,62
	<b>Total</b>	<b>399.812,14</b>	<b>4.967,64</b>

### 3.10 Propuesta para el aprovechamiento de las ERNC

Debido a que el objetivo principal del presente estudio es analizar la factibilidad de soluciones que permitan suplir la energía auxiliar empleada para la generación eléctrica en la CPT y teniendo en cuenta que la localización de dicha planta se encuentra dentro de una reserva natural, se proponen soluciones que empleen la mayor cantidad de recursos renovables posibles para reducir las emisiones de  $CO_2$  a la misma vez que se garantiza el suministro. Para llevar a cabo el análisis se deben considerar los criterios técnicos y económicos descritos a continuación.

#### 3.10.1 Criterios técnicos

Los criterios técnicos fundamentales a tener en cuenta están relacionados con las posibles tecnologías a evaluar.

Se toma como referencia la potencia de la carga disponible del sistema de generación de la CPT del Bloque 43 ITT, es decir, los 876,34 kW. Debido a que el sistema actual existente en la CPT cubre la demanda de la planta, las nuevas soluciones están encaminadas en la disminución de la carga sobre los generadores principales.

No se consideran sistemas de almacenamiento de energía debido a que el objetivo de las soluciones es cubrir la demanda auxiliar y reducir la carga sobre los generadores.

### Sistema de generación eólica

El sistema de generación eólica no se aplica ya que presenta una baja velocidad del viento y no cumple con las condiciones iniciales de operación ya sea con los aerogeneradores HAWT y VAWT, tal como se indica en la Tabla 3.7 y Anexo 2.

Tabla 3.7. Criterio de evaluación en la velocidad del viento.

Aerogenerador	Altura (m)	Velocidad viento medida (m/s)	Modelo del Aerogenerador (velocidad de trabajo del viento en m/s)		Criterio
HAWT	50	1,33 – 1,90	UHWT	3 – 25	No cumple
VAWT	10	0,52 – 1,09	Rose 2.0	2 – 25	No cumple

La plataforma CPT dispone de una superficie en terreno de 23,214 ha (hectáreas) y en construcción por un valor de 14 ha. Esto implica un espacio libre de 9,21 ha (ver Figura 3.2) equivalente a 92.140,00 m<sup>2</sup> para el uso de los sistemas ERNC solar fotovoltaico y de biomasa.



Figura 3.2. Plataforma CPT. Fuente: Elaboración Propia

Cada ERNC disponible ocupa cierto espacio en el terreno, por lo que se establece de manera independiente el espacio del CPT con el propósito de determinar la potencia máxima, descrita a continuación:

### Sistema solar Fotovoltaico

Para el sistema solar fotovoltaico se emplea paneles ESPSC de modelo 400M, el cual posee una eficiencia  $\eta = 20,17\%$ . Además, los valores de irradiancia global  $R_G$ , área  $A$  (se escoge el 2, 4, 6 y 8% del valor total del terreno libre) y potencia  $P_{mp}$  se definen a través de la Ecuación 3.1 y Tabla 3.8.

$$P_{mp} = \eta \times R_G \times A \text{ (kW)} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde la potencia máxima a las 12:00 es 892,06 kW (101,8 % superior al permitido de 876,34 kW) cuando el área ocupada por el sistema es 1842,8 m<sup>2</sup> (8%) del total (92140 m<sup>2</sup>).

$$P_{mp} = 20,17\% \times 600 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 1842,8 \text{ m}^2 = 892060 \text{ W} = 892,06 \text{ kW}$$

Tabla 3.8. Potencia en el sistema fotovoltaico

<b>Tiempo</b>	<b>R<sub>G</sub></b>	<b>2% A</b>	<b>4% A</b>	<b>6% A</b>	<b>8% A</b>
<b>(h)</b>	<b>(W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>P<sub>mp</sub> (kW)</b>	<b>P<sub>mp</sub> (kW)</b>	<b>P<sub>mp</sub> (kW)</b>	<b>P<sub>mp</sub> (kW)</b>
0:00 – 5:00	0	0	0	0	0
6:00 y 18:00	20	7,43	14,87	22,30	29,74
7:00 y 17:00	100	37,17	74,34	111,51	148,68
8:00 y 16:00	250	92,92	185,85	278,77	371,69
9:00 y 15:00	400	148,68	297,35	446,03	594,71
10:00 y 14:00	500	185,85	371,69	557,54	743,39
11:00 y 13:00	580	215,58	431,16	646,75	862,33
12:00	600	223,02	446,03	669,05	892,06
19:00 – 23:00	0	0	0	0	0

Sin embargo, se observa en la Figura 3.3 como el sistema fotovoltaico antes de las 6:00 y pasada las 18:00 presentan una potencia nula.



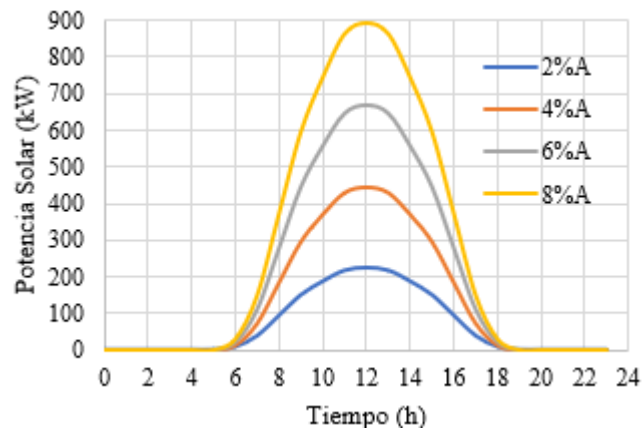


Figura 3.3. Potencia del sistema fotovoltaico. Fuente: Elaboración Propia

### Sistema de generación por biomasa

Para el sistema de biomasa se omite el área que ocupan los componentes mencionados en el Apartado 2.3.5 a excepción del producto de cultivo. La potencia de este sistema  $P_{biom}$  se calcula en base a la Ecuación 3.2.

$$P_{biom} = 7,267 \times 10^{-6} \times A \text{ (kW)} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Por ejemplo, se tiene un área de 84768,8 m<sup>2</sup> (92% del total) y se obtiene una potencia  $P_{biom}$  de 0,62 kW.

$$P_{biom} = 7,267 \times 10^{-6} \times 84768,8 \text{ (kW)} = 0,62 \text{ (kW)}$$

Cabe mencionar que se emplea potencias de valores aleatorios (ver Figura 3.4) ya que la muestra del cultivo no es constante.

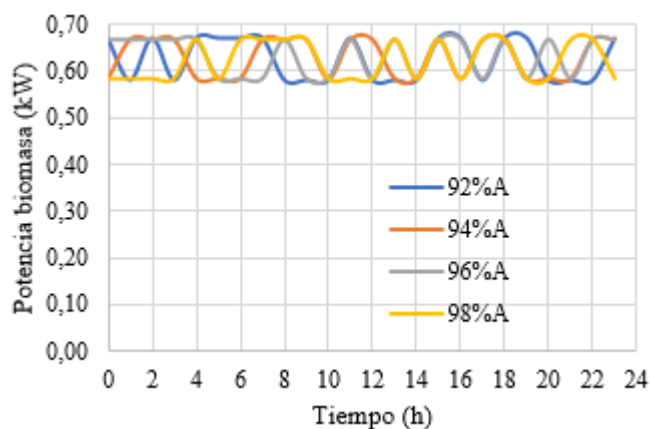


Figura 3.4. Potencia del sistema de biomasa. Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 3.9 se detallan las potencias en base al área (92, 94, 96 y 98% del valor total de terreno) disponible para el sistema de biomasa.

Tabla 3.9. Potencia del sistema de biomasa

Tiempo		P <sub>biom</sub> (kW)				Tiempo		P <sub>biom</sub> (kW)			
h		92%A	94%A	96%A	98%A	h	92%A	94%A	96%A	98%A	
0:00		0,67	0,58	0,67	0,58	12:00	0,58	0,67	0,58	0,58	
1:00		0,58	0,67	0,67	0,58	13:00	0,58	0,58	0,67	0,67	
2:00		0,67	0,67	0,67	0,58	14:00	0,58	0,58	0,58	0,58	
3:00		0,58	0,67	0,67	0,58	15:00	0,67	0,67	0,67	0,67	
4:00		0,67	0,58	0,67	0,67	16:00	0,67	0,58	0,67	0,58	
5:00		0,67	0,58	0,58	0,58	17:00	0,58	0,67	0,58	0,67	
6:00		0,67	0,58	0,58	0,67	18:00	0,67	0,67	0,67	0,67	
7:00		0,67	0,67	0,58	0,67	19:00	0,67	0,58	0,58	0,58	
8:00		0,58	0,67	0,67	0,67	20:00	0,58	0,58	0,67	0,58	
9:00		0,58	0,67	0,58	0,67	21:00	0,58	0,58	0,58	0,67	
10:00		0,58	0,58	0,58	0,58	22:00	0,58	0,67	0,67	0,67	
11:00		0,67	0,67	0,67	0,58	23:00	0,67	0,67	0,67	0,58	

### **3.10.2 Criterios económicos**

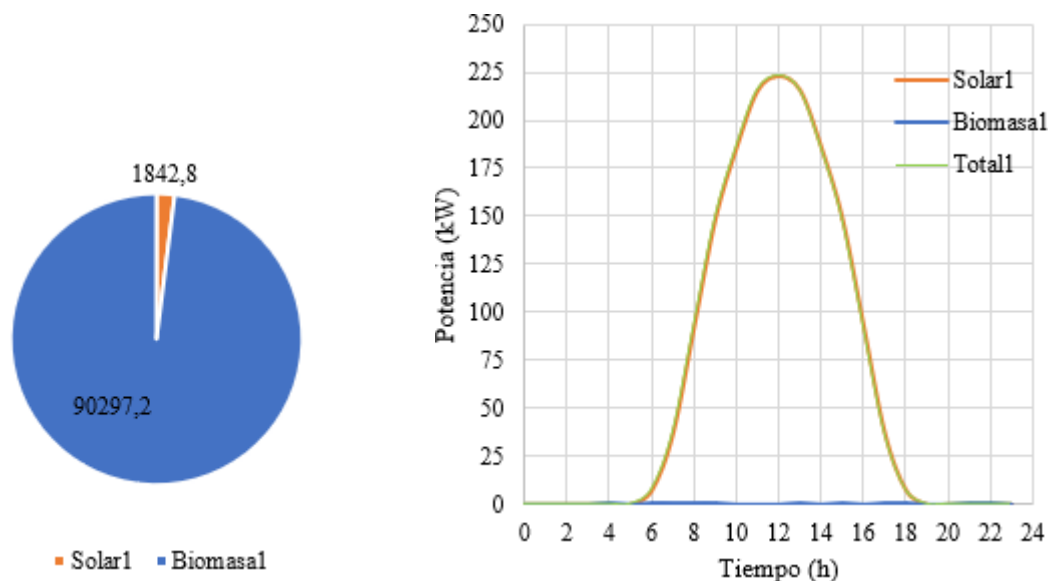
Los criterios económicos necesarios para llevar a cabo el análisis incluyen los costos de las tecnologías, ingresos, egresos e indicadores financieros como la tasa de descuento para determinar la relación beneficio/costo definido en el Apartado 4.3.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Análisis de Energías ERNC

De los 92.140 m<sup>2</sup> disponibles se emplean varias propuestas ante la combinación de los sistemas fotovoltaicos y de biomasa con el propósito de observar y analizar cuál sistema es factible a nivel técnico. Entre los componentes del sistema fotovoltaico se conoce que el elemento de mayor espacio es el panel solar, por tanto, se escoge el 2% del área total por un valor de 1.842,8 m<sup>2</sup> y lo restante (90.297,2 m<sup>2</sup>) es ocupado por el cultivo del sistema de biomasa, tal como se muestra en la Figura 4.1.a). Luego, se tiene presente la potencia por día de cada energía disponible, visto en la Figura 4.1.b), el cual existe una gran diferencia de valores entre el sistema solar fotovoltaico y el de biomasa. Por ejemplo, se tiene que la potencia es nula en el sistema fotovoltaico cuando está en horas pasadas las 18:00 hasta las 05:59 siendo superior el sistema de biomasa. Pese a ello, representa un valor insignificante ya que no supera el 1% de energía suministrada a la carga demandante, por lo refleja como el sistema total es similar al solar fotovoltaico.

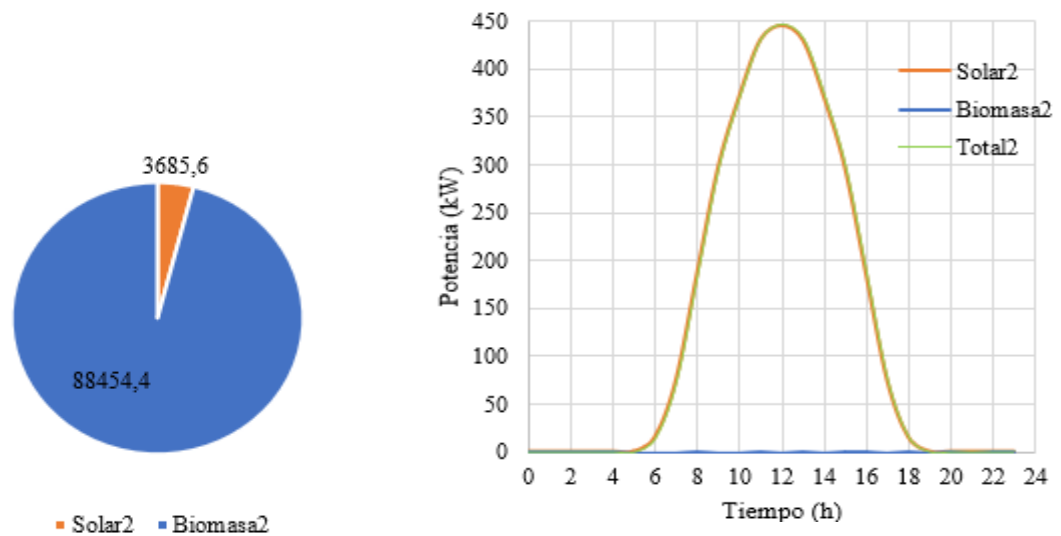


a) Área del sistema m<sup>2</sup>

b) Energía del sistema ERNC

Figura 4.1. Sistema 1 ERNC. Fuente: Elaboración Propia

Se procede al incremento de superficie en los paneles solares hasta el 4% (3.685,6 m<sup>2</sup>) del total y un 96% (88.454,4 m<sup>2</sup>) ocupado por el de biomasa, tal como se indica en la Figura 4.2.a). Así mismo se observa en la Figura 4.2.b) el aumento en la potencia a ciertas horas del día debido al uso de los paneles solares, mientras que el sistema de biomasa no presenta altos valores.

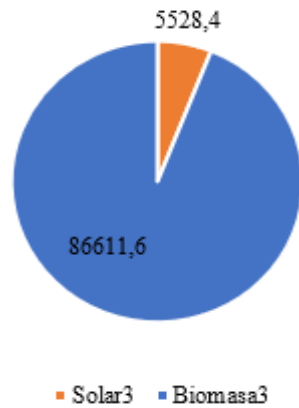


a) Área del sistema m<sup>2</sup>

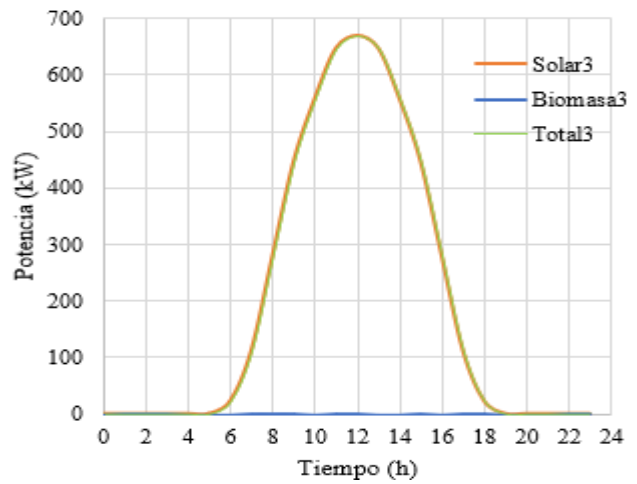
b) Energía del sistema ERNC

Figura 4.2. Sistema 2 ERNC. Fuente: Elaboración Propia

Cuando el área de los paneles solares es de 5.528,4 m<sup>2</sup> (6%) y 86.611,6 m<sup>2</sup> (94%) para el de biomasa, se obtiene una potencia máxima de 669,05 y 0,67 kW; respectivamente, tal como se indica en la Figura 4.3.



a) Área del sistema m<sup>2</sup>



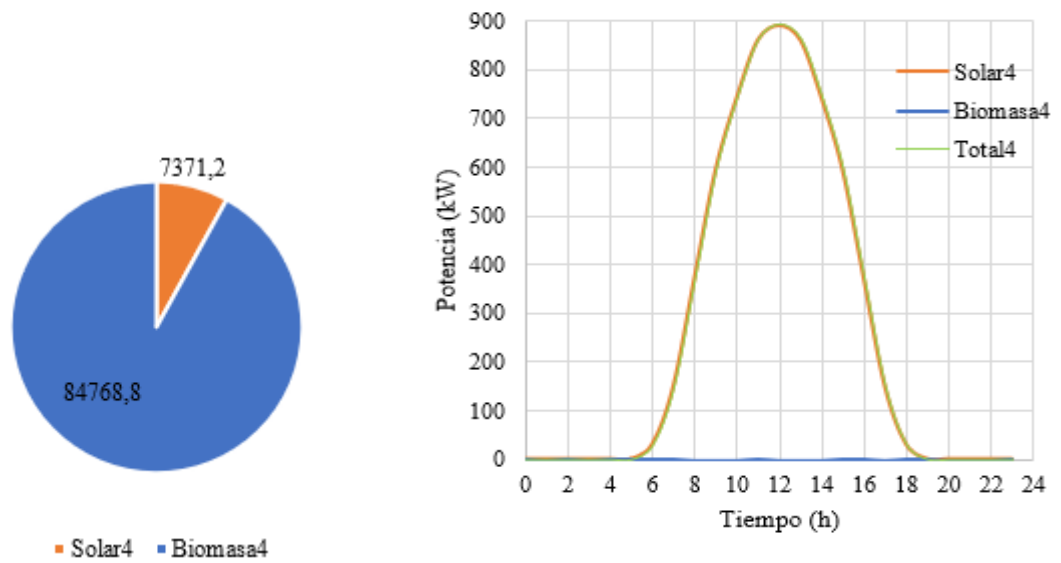
b) Energía del sistema ERNC

Figura 4.3. Sistema 3 ERNC. Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se incrementa el área de los paneles solares a 7.371,2 m<sup>2</sup> (8%) y lo restante es de biomasa, tal como se presenta en la Figura 4.4:

a). En este caso se tiene una potencia máxima solar de 892,06 kW y 0,67 kW para el de biomasa, cuyos valores se reflejan significativamente en la Figura 4.4.

b). Cabe mencionar que al medio día el sistema solar fotovoltaico es capaz de suministrar al 100% la energía consumida por la central ITT.



a) Área del sistema m<sup>2</sup>

b) Energía del sistema ERNC

Figura 4.4. Sistema 4 ERNC. Fuente: Elaboración Propia

Entre los sistemas antes mencionados se tiene que para cada caso el sistema solar fotovoltaico predomina (ver Figura 4.5), siendo el de mayor utilidad y de menor espacio físico en el terreno CPT. Además, se tiene que ante un incremento del 2% de espacio en los paneles solares, se tiene un aumento de 223,02 kW a las 12h00.

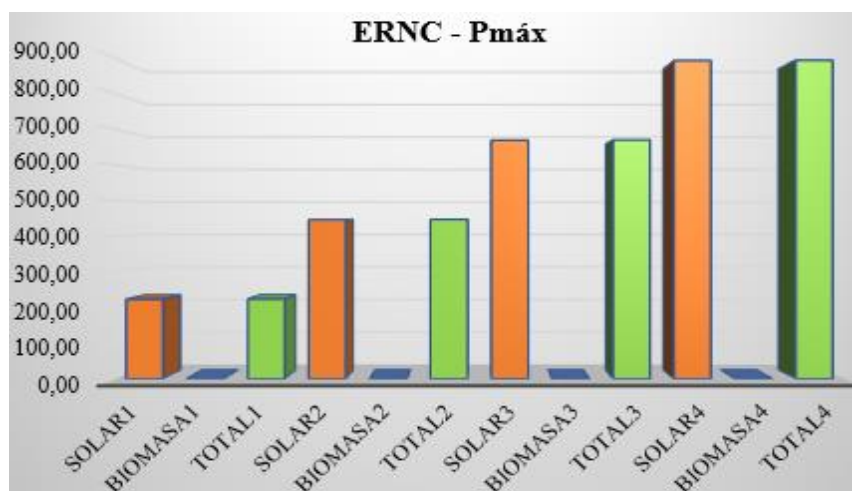


Figura 4.5. Cuadro comparativo entre sistemas ERNC (fotovoltaico y biomasa). Fuente: Elaboración Propia

A nivel porcentual se lo representa a través de la Tabla 4.1 a los sistemas propuestos.

Tabla 4.1. Cuadro porcentual comparativo de potencias máximas ERNC

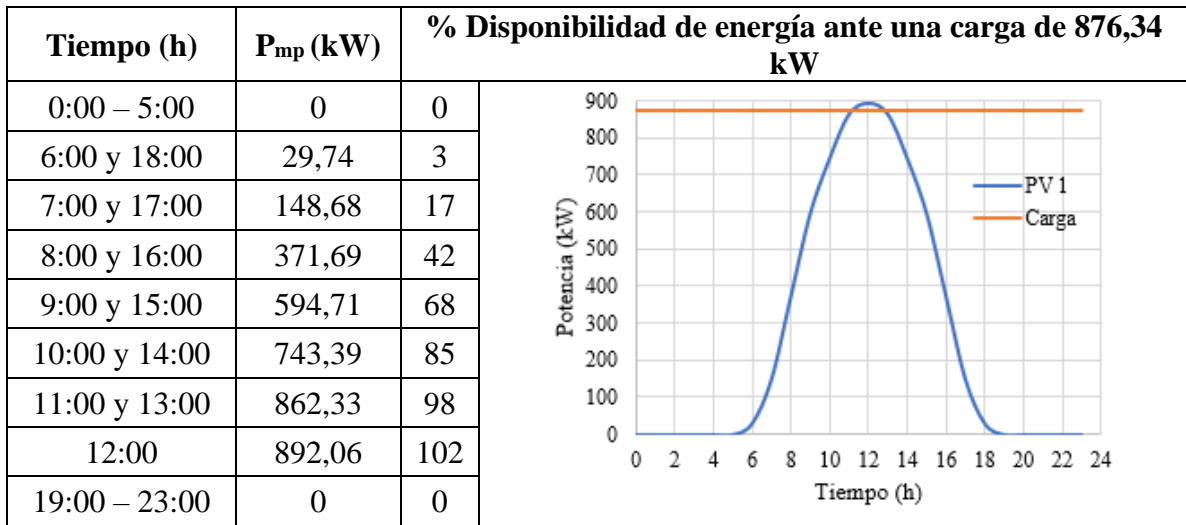
Sistemas ERNC	Espacio libre		Potencia máxima	
	m <sup>2</sup>	%	kW	%
Fotovoltaico 1	1.842,8	2	223,02	25,45
Biomasa 1	90.297,2	98	0,67	0,08
<b>Total 1</b>	<b>92.140</b>	<b>100</b>	<b>223,68</b>	<b>25,53</b>
Fotovoltaico 2	3.685,6	4	446,03	50,90
Biomasa 2	88.454,4	96	0,67	0,08
<b>Total 2</b>	<b>92.140</b>	<b>100</b>	<b>446,70</b>	<b>50,98</b>
Fotovoltaico 3	5.528,4	6	669,05	76,35
Biomasa 3	86.611,6	94	0,67	0,08
<b>Total 3</b>	<b>92.140</b>	<b>100</b>	<b>669,71</b>	<b>76,43</b>
Fotovoltaico 4	7.371,2	8	892,06	101,79
Biomasa 4	84.768,8	92	0,67	0,08
<b>Total 4</b>	<b>92.140</b>	<b>100</b>	<b>892,73</b>	<b>101,87</b>

#### 4.2 Resultados en el incremento de energía solar fotovoltaica

Como se ha mencionado anteriormente, la ERNC de biomasa puede ser un recurso disponible; sin embargo, requiere un área grande para producir potencias no superiores a 1 kW. Por lo tanto, se propone el incremento de superficie en los paneles solares a fin de abastecer la carga demandante durante el máximo de horas posibles en el día. En la Tabla 4.2 se observa como el sistema PV1 provee energía a la carga de 876,34 kW por el lapso de una hora y media aproximadamente, cuya superficie en los paneles solares abarca el 8 % de los 92.140 m<sup>2</sup>; mientras que para el resto de las horas va disminuyendo la disponibilidad de este tipo de energía.

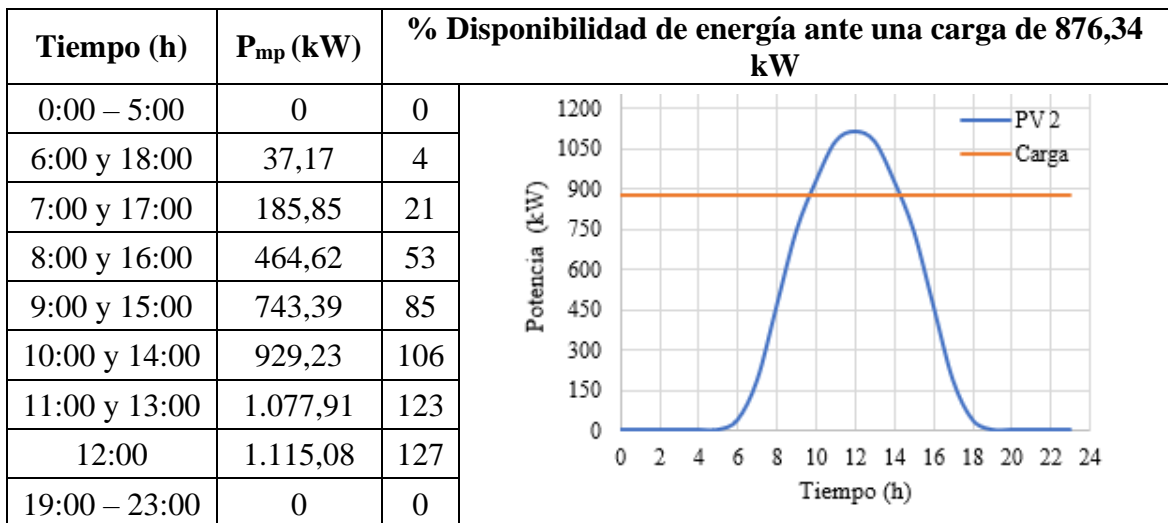


Tabla 4.2. Recurso de energía eléctrica con PV1



En la Tabla 4.3 se observa como el sistema PV2 provee energía a la carga por un período de 5 horas, cuya superficie en los paneles es del 10 % del total disponible con una potencia máxima a las 12:00 de 1,11 MW.

Tabla 4.3. Recurso de energía eléctrica con PV2



El sistema PV3 (ver Tabla 4.4) provee energía a la carga por 6 horas, cuya área en los paneles es del 12 % del total y posee una potencia máxima a las 12:00 de 1,34 MW.

Tabla 4.4. Recurso de energía eléctrica con PV3

Tiempo (h)	$P_{mp}$ (kW)	% Disponibilidad de energía ante una carga de 876,34 kW	
0:00 – 5:00	0	0	
6:00 y 18:00	44,60	5	
7:00 y 17:00	223,02	25	
8:00 y 16:00	557,54	64	
9:00 y 15:00	892,06	102	
10:00 y 14:00	1.115,08	127	
11:00 y 13:00	1.293,49	148	
12:00	1.338,09	153	
19:00 – 23:00	0	0	

El sistema PV4 (ver Tabla 4.5) abastece energía a la carga por 7 horas, cuya área en los paneles es 14 % del total, el cual conserva una potencia máxima a las 12:00 de 1,56 MW, este valor se diseña en base a la potencia del motor de generación de 1,5 MW.

Tabla 4.5. Recurso de energía eléctrica con PV4

Tiempo (h)	$P_{mp}$ (kW)	% Disponibilidad de energía ante una carga de 876,34 kW	
0:00 – 5:00	0	0	
6:00 y 18:00	52,04	6	
7:00 y 17:00	260,18	30	
8:00 y 16:00	650,46	74	
9:00 y 15:00	1.040,74	119	
10:00 y 14:00	1.300,92	148	
11:00 y 13:00	1.509,07	172	
12:00	1.561,11	178	
19:00 – 23:00	0	0	

Con las propuestas antes mencionadas es necesario la inclusión de un motor de generación para administrar la energía faltante a los auxiliares de la central térmica ITT, la cual posee una potencia promedio igual a 876,34 kW con un consumo diario de 21.032,08 kWh. Se visualiza en la Tabla 4.6 que el sistema fotovoltaico es capaz de suministrar como mínimo una energía del 30,40 % (PV1) y máximo del 53,19 % (PV4) al día.

Tabla 4.6. Demanda de energía eléctrica diaria con el sistema PV

<b>Sistema PV</b>	<b>PV (kWh)</b>	<b>Carga (kWh)</b>	<b>% Consumo</b>
PV 1	6.393,12	21.032,08	30,40
PV 2	7.991,39	21.032,08	38,00
PV 3	9.589,67	21.032,08	45,60
PV 4	11.187,95	21.032,08	53,19

Normalmente, el mantenimiento del motor de generación se realiza cada 2000 horas (ver Apartado 1.2); esto implica que para un mes completo de 30 días durante las 24 horas se realiza cada 2,8 meses. Con el aporte del sistema PV4 se puede extender el mantenimiento hasta 3,9 meses tal como se indica en la Tabla 4.7; mientras que con el PV1 no varía mucho con relación al motor de generación y no se tendría un ahorro económico de este.

Tabla 4.7. Mantenimiento del motor de generación

<b>Sistema de energía</b>	<b>Operación de trabajo del motor</b>		
	<b>(h)</b>	<b>(días)</b>	<b>(mes)</b>
Motor	24	83,3	2,8
Motor y PV1	22,5	88,9	3,0
Motor y PV2	19,0	105,3	3,5
Motor y PV3	18,0	111,1	3,7
Motor y PV4	17,0	117,6	3,9

### 4.3 Relación beneficio/costo (B/C)

La relación B/C se basa en algunos factores como el monto de inversión, ingresos y costos para determinar el valor actual neto VAN, la tasa interna de retorno TIR, tasa de descuento TD que son elementos necesarios para formar el flujo de caja para un período de 10 años.

#### 4.3.1 Inversión

El costo del sistema fotovoltaico se considera por un valor de 1360 \$/kW en base al análisis realizado por Aguilar e Illescas para instalaciones de hasta 1 MW [32]. Luego, se establece un 5% del sistema PV para accesorios (cables, conectores, herrajes, otros), 20% en la mano de obra y 5% en la administración, obteniendo una inversión total de \$2.786.580,62 tal como se menciona en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8. Inversión para el sistema PV

#	Descripción	Cantidad	P.U. (\$)	P.T (\$)
1	Sistema fotovoltaico	1	\$2.123.109,05	\$2.123.109,05
2	Accesorios	1	\$106.155,45	\$106.155,45
3	Mano de obra	1	\$445.852,90	\$445.852,90
4	Administración	1	\$111.462,22	\$111.462,22
<b>Total</b>				<b>\$2.786.580,62</b>

#### 4.3.2 Ingresos y egresos

El ingreso mensual CPT es de \$1.500.000,000 (datos suministrados por la planta) cuyo dinero se reparte en los salarios del personal, proyectos, entre otros; por tanto, se considera como ejemplo entre el 3 y 5% del total, tal como se indica en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9. Ingresos CPT para el proyecto PV

<b>Ingresos</b>	<b>Proyecto A (3 %)</b>		<b>Proyecto B (5 %)</b>	
	Mensual	\$45.000,00	\$45.100,00	\$75.000,00
Anual	\$540.000,00	\$541.200,00	\$900.000,00	\$901.200,00

En la Tabla 4.10 se observa los egresos provenientes del consumo diario eléctrico de los auxiliares de la central térmica ITT cuyo valor es de 21.032,08 kWh, equivalente a 630.962,46 kWh/mes. Además, el costo de la energía presenta un valor de 0,023050 \$/kWh (datos suministrados por la planta). Luego, se considera que los costos de operación y mantenimiento anual del sistema fotovoltaico es de 14,40 \$/kW [32] y se establece un PV4 para obtener un egreso anual de \$197.004,19.

Tabla 4.10. Egresos para el proyecto PV4

<b>Gastos</b>	<b>Detalle</b>	<b>\$ (dólares)</b>
Consumo eléctrico mensual	630.962,46 kWh	\$14.543,68
Potencia máxima PV4	1.561,11 kW	-
Operación y mantenimiento anual PV4	\$14,40 / kW	\$22.479,98
<b>Egresos anuales</b>		<b>\$197.004,19</b>

### 4.3.3 Factibilidad del proyecto PV

El flujo efectivo neto FEN (ver Tabla 4.11) se establece como la diferencia que existe entre los ingresos y egresos. En este caso se aplica para un lapso de 10 años y con una tasa TD del 12 % (tomado como referencia del impuesto al valor agregado IVA).

Tabla 4.11. Flujo efectivo neto FEN

<b>Años</b>	<b>Proyecto A</b>	<b>Proyecto B</b>	<b>Años</b>	<b>Proyecto A</b>	<b>Proyecto B</b>
0	\$ -2.786.580,62	\$ -2.786.580,62	6	\$ 343.992,00	\$ 653.618,00
1	\$ 343.462,00	\$ 653.564,00	7	\$ 343.987,00	\$ 653.347,00
2	\$ 343.142,00	\$ 653.265,00	8	\$ 343.574,00	\$ 653.988,00
3	\$ 343.858,00	\$ 653.525,00	9	\$ 343.053,00	\$ 653.001,00
4	\$ 343.765,00	\$ 653.082,00	10	\$ 343.090,00	\$ 653.209,00
5	\$ 343.898,00	\$ 653.710,00			

De igual manera en la Figura 4.6 se observa el FEN para el proyecto viable B.

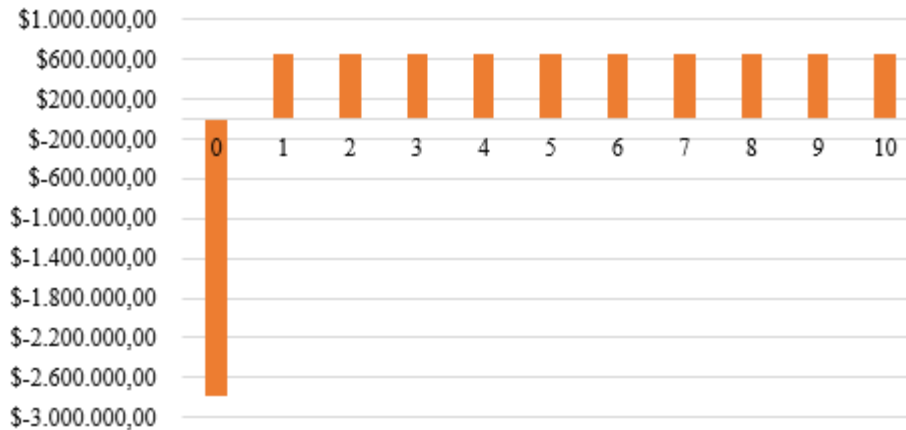


Figura 4.6. Flujo FEN del proyecto B. Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se realiza un resumen considerando los resultados de la relación B/C, VAN, tasas TD y TIR, visto en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12. Factibilidad económica del proyecto PV4

Descripción	Proyecto A	Proyecto B
Ingresos mensuales	\$45.000,00 - \$45.100,00	\$75.000,00 - \$75.100,00
Tasa de descuento	12%	12%
VAN Ingresos	\$ 3.054.531,99	\$ 5.088.007,33
VAN Egresos	\$ 1.113.144,39	\$ 1.395.931,44
VAN (Egresos + Inversión)	\$ 3.899.725,02	\$ 4.182.512,06
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>0,78</b>	<b>1,22</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ -845.193,03</b>	<b>\$ 905.495,27</b>
<b>TIR</b>	<b>4,00 %</b>	<b>19,50 %</b>

Se concluye que ante un ingreso mensual CPT del 3% para un periodo de 10 años y con un TD del 12%, no es factible la compra del sistema PV4. Sin embargo, si se establece un ingreso del 5% del total, con las mismas condiciones antes mencionadas se considera un proyecto B viable ya que el TIR (19,50 %) es superior al TD; además, su relación B/C (1,22) es mayor a la unidad.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

#### 5.1 Conclusiones

- La ubicación específica del sistema WGS84 permite la evaluación de los recursos solares y eólicos mediante el sitio web de la NASA; mientras que con la biomasa se emplea el atlas bioenergético del Ecuador.
- Se determina un promedio diario de 21.032,08 kWh del consumo energético del equipamiento auxiliar de la Central Térmica ITT, cuyo dato se obtiene por la empresa desde mayo/2019 hasta diciembre/2022.
- Se establece que el sistema solar fotovoltaico es adecuado para abastecer en un 53.19% la carga diaria de auxiliares de la Central Térmica ITT, de modo que el resto de energía eléctrica es cubierta por el motor de generación. Además, a nivel económico representa un proyecto viable para un periodo de 10 años con una tasa TD del 12% siempre y cuando los ingresos sean mayores o iguales a los \$75.000,00 mensuales.

#### 5.2 Recomendaciones

- En el caso de que se considere un incremento en el consumo de energía eléctrica de los auxiliares de la central térmica ITT, se debe prever el espacio disponible o llevar una mejor distribución de los paneles solares como, por ejemplo, el techo y fachada de los cuartos existentes.
- Para un estudio técnico más específico del lugar en cuestión, se recomienda implementar sistemas de monitoreo en tiempo real de la radiación y velocidad del viento en distintas partes del espacio disponible durante un mes. De esta manera, se tendrán datos reales con los que se puede verificar y constatar si el recurso eólico es apto o no y en el caso del solar observar si ha disminuido o aumentado el valor de irradiancia global.

### 5.3 Referencias bibliográficas

- [1] EP Petroecuador, «Desarrollo Responsable del Bloque 43 ITT,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=162>.
- [2] BNamericas, «Ecuador avanza con desarrollo del bloque 43 ITT,» 20 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.bnamericas.com/es/noticias/ecuador-avanza-con-desarrollo-de-bloque-43-itt>.
- [3] REN21, «Renewables 2017 - Global Status Report,» Paris, 2017 [online]. Available: <https://www.ren21.net/gsr-2017/>.
- [4] OLADE, «Panorama Energético de America Latina y el Caribe 2020,» OLADE, 2021 [en línea]. Disponible: <https://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2021/>.
- [5] CENACE, «Informe Anual 2020,» CENACE, 2021 [en línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.ec/informe-anual-2020/>.
- [6] MERNNR, «Plan Maestro de Electricidad,» 2018 [en línea]. Disponible: <https://www.rekursyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>.
- [7] D. Gómez, «Situación de las renovables en EEUU,» *Energética XXI*, vol. 139, pp. 68-70, 2016.
- [8] E. Lalvay y J. Vidal, «“ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A BASE DE BIOGÁS.,» Tesis de pregrado. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2013 [en línea]. Disponible: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4386/3/TESIS.pdf>.
- [9] S. Moreta, «El mecanismo de desarrollo limpio (MDL) en Ecuador. caso: Sociedad agrícola e industrial San Carlos S.A.,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2008.
- [10] Corporación Azucarera del Perú S.A., «COAZUCAR,» 2013. [En línea].



Available: [http://www.coazucar.com/esp/latroncal\\_historia.html](http://www.coazucar.com/esp/latroncal_historia.html). [Último acceso: 12 noviembre 2022].

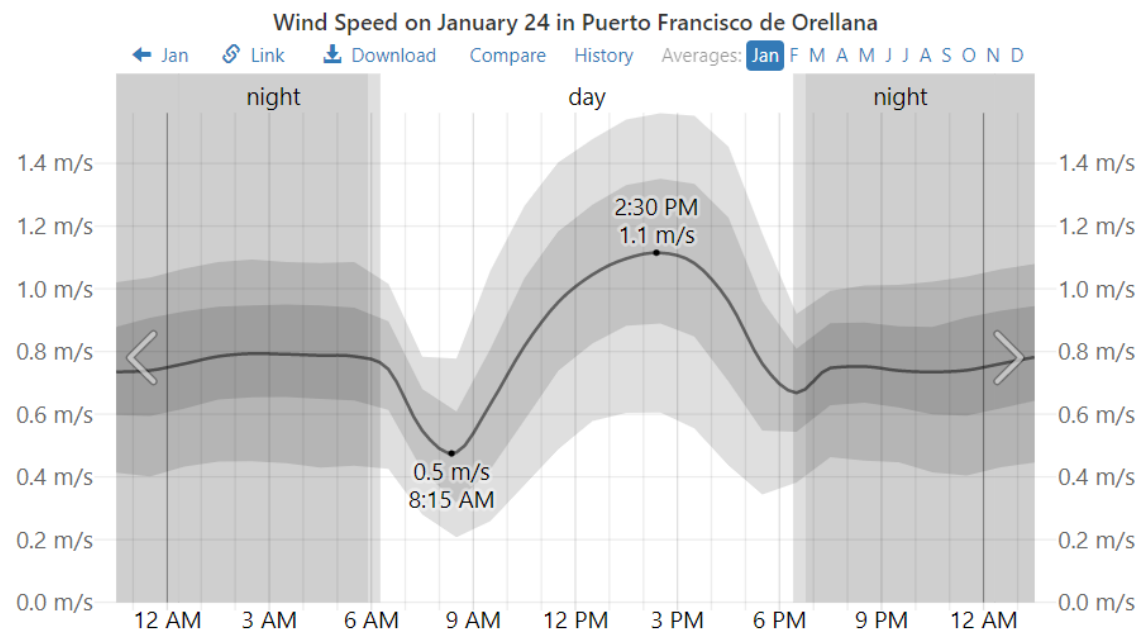
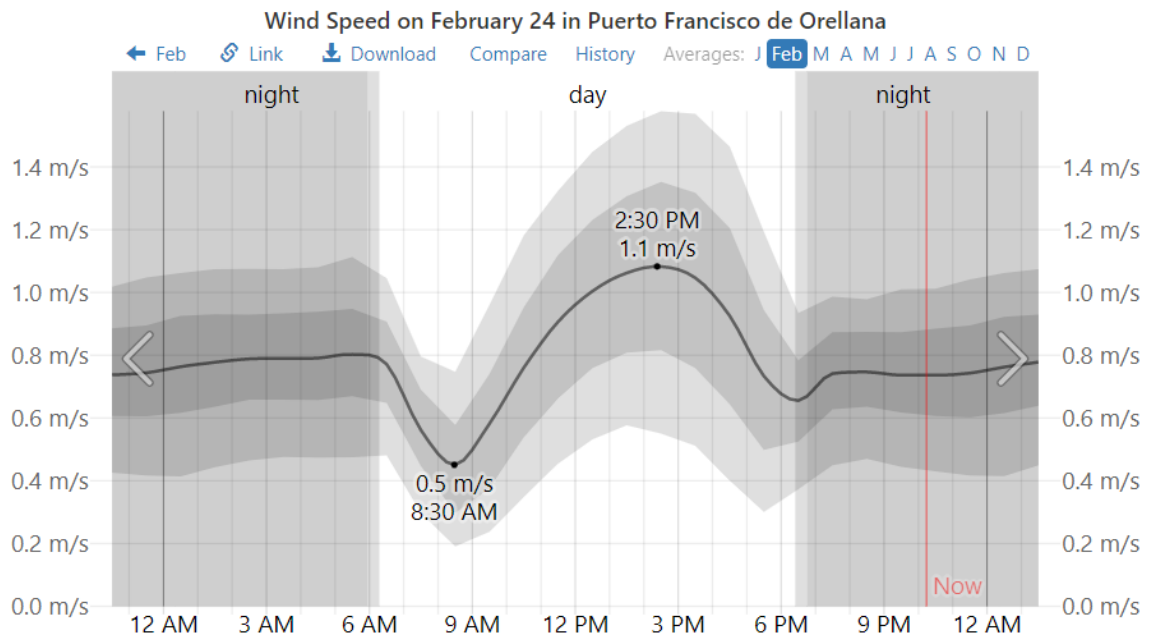
- [11] M. R. Peláez Samaniego y J. L. Espinoza Abad, *Energías renovables en el Ecuador. Situación actual, tendencias y perspectivas*, Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, 2015.
- [12] GasGreen, «Quito Informa,» 14 agosto 2019. [En línea]. Available: <http://www.quitoinforma.gob.ec/2019/08/14/el-inga-convierte-los-residuos-en-electricidad/#:~:text=Este%20proyecto%20es%20promovido%20por,163.000%20toneladas%20de%20CO2e%20al>. [Último acceso: 16 noviembre 2022].
- [13] E. Barragán, P. Arias y J. Terrados, «Fomento del metabolismo energético circular mediante generación eléctrica proveniente de rellenos sanitarios: Estudio de caso:, Cuenca, Ecuador,» *Ingenius*, n° 16, pp. 36-45, 2017.
- [14] ARCERNNR, «Regulación Nro. ARCERNNR-001/2021: Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica,» ARCERNNR, 2021 [en línea]. Disponible: [https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res\\_nro\\_\\_arcernnr-013-2021.pdf](https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res_nro__arcernnr-013-2021.pdf).
- [15] J. Torres, «Estudio de un sistema de generación de energía eléctrica en canal abierto mediante la rueda hidráulica en el río arenillas, El Oro, Ecuador,» Universidad Católica Santiago de Guayaquil, GUayaquil, 2018.
- [16] Deingenierias, «Partes y componentes de una central hidroeléctrica,» 2019. [En línea]. Available: <https://deingenierias.com/hidroelectricas/partes-de-una-central-hidroelectrica/>. [Último acceso: 20 marzo 2023].
- [17] N. Velázquez, «Naturaleza de E.S., geometría solar, análisis del clima y estudio de la disponibilidad del recurso solar,» Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, 2010.

- [18] T. Díaz y G. Carmona, *Instalaciones solares fotovoltaicas*, España: McGraw-Hill, 2010.
- [19] Canaltic. [En línea]. Available: [https://canaltic.com/blog/html/exe/energias/energia\\_solar\\_trmica.html](https://canaltic.com/blog/html/exe/energias/energia_solar_trmica.html). [Último acceso: 20 marzo 2023].
- [20] C. Robles y O. Rodríguez, «un panorama de las energías renovables en el mundo, Latinoamérica y Colombia,» *Espacios*, vol. 39, nº 34, pp. 10-26, 2018.
- [21] C. Brannstrom, A. Gorayeb, W. Farias, N. Santos, L. Oliveira, R. Guimaraes y D. Rodrigues, «Perspectivas geográficas Nas Transformacoes do litoral Brasileiro Pela Energía Eólica,» *Revista Brasileira de Geografia*, 2018.
- [22] J. Marulanda Rendón, *Sistemas alternativos de energía*, El Cid Editor, 2020.
- [23] Acciona, «Aerogeneradores,» 2020. [En línea]. Available: [https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores/?_adin=02021864894). [Último acceso: 20 marzo 2023].
- [24] Á. Ingenieros, «Sensores para Instalación permanente y Ensayo, en Aerogeneradores y Componentes de Turbina,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.grupoalava.com/ingenieros/actualidad/sensores-para-instalacion-permanente-y-ensayo-en-aerogeneradores-y-componentes-de-turbina/>. [Último acceso: 20 marzo 2023].
- [25] ESIN Consultora S.A., «Atlas Bioenergético del Ecuador,» Instituto Nacional de Preinversión, República del Ecuador, 2014 [en línea]. Disponible: <http://bioenergiaecuador.geoenergia.gob.ec/biomasa/download/atlas-bioenergetico-del-ecuador/>.
- [26] G. Aldoomá Peña, «Diseño de una central de biomasa de 1 MW ampliable a 2 MW,» Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2010. [En línea]: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1531pub.pdf>.

- [27] C. Aguirre y R. Ordoñez, «Estado del arte del aprovechamiento de energía geotérmica ara climatización de ambientes mediante la técnica de poo canadiense,» Universidad Científica de Perú, San Juan Bautista, 2019.
- [28] W. Dragani, C. Tedesco, N. Tomazin, G. Seisdodos, M. Veneziano, A. Lifschitz y F. Galia, «Energias Marinas,» *Energías Renovables Derivadas del Aprovechamiento de Aguas, Vientos y Biomasa*, pp. 25-36, 2016.
- [29] NASA, «Visor de acceso a datos de Potencia,» 2023. [En línea]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. [Último acceso: 02 marzo 2023].
- [30] Corporación para la Investigación Eléctrica, «Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica,» Consejo Nacional de Electricidad , 2008 [en línea]. Disponible: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>.
- [31] J. Cantos Serrano, Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas, Paraninfo S.A., 2016.
- [32] J. A. Aguilar Ramón y W. S. Illescas Barreto, «Análisis técnico y económico para la implementación de sistemas de generación solar fotovoltaica para autoabastecimiento en la planta industrial y granja porcícola de la Empresa Italimentos CIA. LTDA,» Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca., Cuenca, Ecuador, 2021. [en línea]. Disponible <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36044/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>.

## 5.4 Anexos

### Anexo 1. Velocidad del viento en la localización CPT



## Anexo 2. Aerogeneradores tipo HAWT y VAWT

- HAWT

**Product Description**

Company Info.

**Product Description**

**UHWT SERIES HORIZONTAL WIND TURBINE**

**PRODUCTION DESCRIPTION**

Rated power--(W)	600	1000	2000	
Max power--(W)	720	1200	3000	
Blade diameter--(m)	2.5	2.8	3.8	
Material of blades	FRP			
Quantity of blades	3			
Rated rotor speed--(RPM)	400	360	320	
Rated wind speed--(m/s)	8	8	8	
Start wind speed--(m/s)	2	2	2	
Working wind speed--(m/s)	3-25	3-25	3-25	
Safe working speed--(m/s)	50	50	50	

- VAWT

← → ↻ <https://qd-greef.en.made-in-china.com/product/zSnEmWPUvCpB/China-Low-Star>

Product Description		Company Info.					
Model	Rose 2.0	GV-300W	GV-500W	GV-1kW	GV-2kW	GV-3kW	GS-5kW
PICTURES							
Rated Power ( W )	200W	300W	500W	1000W	2000W	3000W	5000W
Max. Power ( W )	300W	400W	650W	1500W	2500W	3500W	5500W
Rated Rotor Speed	200rpm	200rpm		150rpm	160rpm	160rpm	100rpm
Start Torque ( N.M. )		< 0.1N.M		< 0.3N.M		< 0.5N.M	
Blades Length ( m )	1.28m	1.3m	1.5m	2.65m	3.65m	3.65m	5.2m
Blades Rotor Diameter	0.78m	1.4m	1.5m	1.4m	2.3m	2.6m	4m
Blades Material				FRP			
Blades Quantity				3PCS			
CP				35%			
Start Wind Speed ( m/s )	1m/s					2.8m/s	
Rated Wind Speed				10m/s			
Working Wind Speed				2-25m/s		3-25m/s	
Safety Wind Speed				50m/s			
Optional Voltage ( V )	12V	24V	24-220V	24-380V	48-380V	48-500V	
Generator Type	Three-phase AC outer rotor disc coreless permanent magnet direct drive generator						
Swept Area ( m <sup>2</sup> )	0.9	1.82	2.25	3.71	8.39	9.49	20.8
System Type	Off-Grid			Off/On Grid			
Insulation Grade				B			
Protection Grade				IP54			
Working Temperature				-40°C - 50°C			
Life time				20 Years			
Tower Height				6m		10m	
Controller Type	Off-Grid MPPT Controller			Off-Grid MPPT Controller /On grid controller (OPTIONAL)			
Inverter Type	Off-Grid Inverter			Off-Grid/ On- Grid MPPT Inverter (OPTIONAL)			

### Anexo 3. Panel solar monocristalina ESPSC 400M

CHARACTERISTICS	
Max. System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient $I_{sc}$	+0.02973%/°K
Temperature-Coefficient $V_{oc}$	-0.38038%/°K
Temperature-Coefficient $P_{max}$	-0.57402%/°K
NOCT***	45°C
CERTIFICATES	
IEC 61215 edition 2 (TUV Nord) (TUV Rheinland)	
IEC 61730 MCS INMETRO	
CE CEC SALT-MIST	
UL1703 CSA	
PID Resistant	

ESPSC TYPE	380M	385M	390M	395M	400M
Power Class	380Wp	385Wp	390Wp	395Wp	400Wp
Max. Power Voltage ( $V_{mp}$ )* at STC**	40.5V	40.8V	41.1V	41.4V	41.7V
Max. Power Current ( $I_{mp}$ ) at STC	9.39A	9.44A	9.49A	9.55A	9.60A
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) at STC	48.9V	49.1V	49.3V	49.5V	49.8V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) at STC	9.75A	9.92A	10.12A	10.23A	10.36A
Module Efficiency	19.16%	19.42%	19.67%	19.92%	20.17%

\* MPP: Maximum Power Point

\*\* STC (Standard Test Conditions): 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5

\*\*\* Normal Operating Cell Temperature

