

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**Incremento del potencial de generación eólico-solar en la  
transición energética RER peruana a corto plazo al 2027**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGÍA**

**AUTORES :**

Bach. Fernandez Moreno, Johana Miluska  
Bach. Izaguirre Leon, Kevin Jhon

**ASESOR :**

Dr. Lujan Guevara, Gilmer Juan.  
DNI 32823443  
Código ORCID: 0000-0003-4619-3795

**Nuevo Chimbote, Perú**

**2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN  
ENERGÍA**

**INCREMENTO DEL POTENCIAL DE GENERACION EOLICO-SOLAR EN LA  
TRANSICION ENERGETICA RER PERUANA A CORTO PLAZO AL 2027**

**AUTORES :**

Bach. Johana Miluska Fernández Moreno  
Bach. Kevin Jhon Izaguirre León

-----  
Dr. Gilmer Juan Lujan Guevara.  
Asesor  
DNI 32823443  
Código ORCID: 0000-0003-4619-3795

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR**

El presente Jurado Evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en cumplimiento del objetivo propuesto y presentado con forme al Reglamento General para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, titulado:

**“Incremento del potencial de generación eólico-solar en la transición energética  
RER peruana a corto plazo al 2027”**

**AUTORES:**

Bach. Johana Miluska Fernández Moreno  
Bach. Kevin Jhon Izaguirre León

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador:

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán  
**PRESIDENTE**  
DNI: 32788460  
CÓD. ORCID: 0000-0002-3579-3771

---

Dr. Denis Javier Aránguri Cayetano  
**SECRETARIO**  
DNI: 42009679  
CÓD. ORCID: 0000-0002-6119-2072

---

Dr. Gilmer Juan Luján Guevara  
**INTEGRANTE**  
DNI: 32823443  
CÓD. ORCID: 0000-0003-4619-3795



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Dirección E.P. de Ingeniería en Energía

## ACTA DE INSTALACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El día lunes 18 del mes de diciembre del año dos mil veintitrés, siendo las 09:00 a.m. en el Aula E3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 66 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°580-2022-CU-R-UNS de fecha 22.08.22, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 784-2023-UNS-CFI de fecha 11.12.23, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán : Presidente
- Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano : Secretario
- Dr. Gilmer Juan Luján Guevara : Integrante

Y según la Resolución Decanal N°860-2023-UNS-FI de fecha 13.12.23 se DECLARA EXPEDITO a los bachilleres para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: **“INCREMENTO DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN EÓLICO-SOLAR EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA RER PERUANA A CORTO PLAZO AL 2027”**, perteneciente a los bachilleres:

- **JOHANA MILUSKA FERNANDEZ MORENO** Cód. N° 0201711055
- **KEVIN JHON IZAGUIRRE LEON** Cód. N° 0201711013

De la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, teniendo como asesor al docente Dr. Gilmer Juan Luján Guevara, según Resolución Decanal N° 611-2022-UNS-FI de fecha 04.010.2022.

Siendo las 09:05 a.m. del mismo día, se da por iniciado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

  
Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán  
PRESIDENTE

  
Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano  
SECRETARIO

  
Dr. Gilmer Juan Luján Guevara  
INTEGRANTE



## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

El día lunes 18 del mes de diciembre del año dos mil veintitrés, siendo las 09:00 a.m. en el Aula E3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 66 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°580-2022-CU-R-UNS de fecha 22.08.22, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 784-2023-UNS-CFI de fecha 11.12.23, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán : Presidente
- Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano : Secretario
- Dr. Gilmer Juan Luján Guevara : Integrante

Y según la Resolución Decanal N°860-2023-UNS-FI de fecha 13.12.23 se DECLARA EXPEDITO a los bachilleres para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: **"INCREMENTO DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN EÓLICO-SOLAR EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA RER PERUANA A CORTO PLAZO AL 2027"**, perteneciente a los bachilleres: **JOHANA MILUSKA FERNANDEZ MORENO** con código de matrícula N° 0201711055 y **KEVIN JHON IZAGUIRRE LEON** con código de matrícula N° 0201711013, teniendo como asesor al docente **Dr. Gilmer Juan Luján Guevara**, según Resolución Decanal N° 611-2022-UNS-FI de fecha 04.010.2022.

Terminada la sustentación de la Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 71° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
JOHANA MILUSKA FERNANDEZ MORENO	01810000(18)	BUENO

Siendo las 10:00 a.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán  
PRESIDENTE

Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano  
SECRETARIO

Dr. Gilmer Juan Luján Guevara  
INTEGRANTE



## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

El día lunes 18 del mes de diciembre del año dos mil veintitrés, siendo las 09:00 a.m. en el Aula E3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 66 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°580-2022-CU-R-UNS de fecha 22.08.22, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 784-2023-UNS-CFI de fecha 11.12.23, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán : Presidente
- Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano : Secretario
- Dr. Gilmer Juan Luján Guevara : Integrante

Y según la Resolución Decanal N°860-2023-UNS-FI de fecha 13.12.23 se DECLARA EXPEDITO a los bachilleres para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: "INCREMENTO DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN EÓLICO-SOLAR EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA RER PERUANA A CORTO PLAZO AL 2027", perteneciente a los bachilleres: **JOHANA MILUSKA FERNANDEZ MORENO** con código de matrícula N° 0201711055 y **KEVIN JHON IZAGUIRRE LEON** con código de matrícula N° 0201711013, teniendo como asesor al docente **Dr. Gilmer Juan Luján Guevara**, según Resolución Decanal N° 611-2022-UNS-FI de fecha 04.010.2022.

Terminada la sustentación del Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 71° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
KEVIN JHON IZAGUIRRE LEON	81.810040 (12)	BUELO

Siendo las 10:00 a.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán  
PRESIDENTE

Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano  
SECRETARIO

Dr. Gilmer Juan Luján Guevara  
INTEGRANTE



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Johana Miluska Fernández Moreno
Título del ejercicio:	Tesis pregrado Fernandez e Izaguirre 2023
Título de la entrega:	Incremento del potencial de generación eólico-solar en la tr...
Nombre del archivo:	n_la_transición_energética_RER_peruana_a_corto_plazo_al_20...
Tamaño del archivo:	2.55M
Total páginas:	102
Total de palabras:	28,292
Total de caracteres:	131,917
Fecha de entrega:	30-nov.-2023 10:47a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2243139561



## Incremento del potencial de generación eólico-solar en la transición energética RER peruana a corto plazo al 2027

### INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.uns.edu.pe](https://repositorio.uns.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

2

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

2%

3

[www.cambioenergetico.com](http://www.cambioenergetico.com)

Fuente de Internet

1%

4

[cdn.www.gob.pe](https://cdn.www.gob.pe)

Fuente de Internet

1%

5

[repositorio.flacsoandes.edu.ec](https://repositorio.flacsoandes.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

6

[repositorio.puce.edu.ec](https://repositorio.puce.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

7

[www2.osinergmin.gob.pe](http://www2.osinergmin.gob.pe)

Fuente de Internet

1%

8

[repositorio.uasf.edu.pe](https://repositorio.uasf.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

9

[1library.co](https://1library.co)

Fuente de Internet

## DEDICATORIA

Agradecer en primer lugar a Dios por la fuerza y la guía  
en todas las acciones de mi vida.

Para mi madre Elizabeth Moreno Salinas  
por su infinita ternura y gran ejemplo para formar  
en mi persona valores y fortaleza para conseguir mis metas.

A mis hermanas Jaquelin Elizabeth y Gaby Massiel  
por su ejemplo y apoyo invaluable.

J.M.F.M

## DEDICATORIA

Agradecer en primer lugar a Dios  
por su infinita ternura y su bondad.

Con mucho aprecio para mi padre el Sr. Wilfredo Izaguirre Lavado y  
para mi madre la Sra. Esther Mariela León Vásquez  
por su amor y ejemplo de vida.

Para mis hermanos Gian, Carlos, Richard, Alejandro, Juliana, Liz  
y Nicole  
por su apoyo y cariño.

Para mi tía la Sra. Diana Ibáñez Lavado y  
mi abuela la Sra. Pánfila Lavado Príncipe  
por sus sabios consejos.

K. J.I.L

## RECONOCIMIENTO

Un agradecimiento especial a mi asesor  
el Dr. Gilmer Lujan Guevara por sus consejos  
y decidido apoyo para poder ver realizada  
la presente tesis.

Para mis compañeros de promoción 2017  
por los días y largas jornadas  
de esfuerzo y dedicación,

Atentamente,

J.M.F.M

## RECONOCIMIENTO

Agradecer a mi asesor Dr. Gilmer Lujan Guevara por su apoyo invaluable y por los conocimientos y guía en todo momento de la elaboración y culminación de la presente tesis.

Para mis compañeros de promoción 2017 por todo el esfuerzo y camaradería durante nuestros años de estudio en la Escuela profesional de Ingeniería en Energía.

Un agradecimiento a los docentes de nuestra querida Escuela.

Atentamente,

K.J.I.L

## INDICE GENERAL

### INDICE

### RESUMEN

I.	INTRODUCCION	1
1.1	Realidad Problemática	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación	6
1.4	Hipótesis	7
1.5	Objetivos	7
II.	MARCO TEÓRICO	8
2.1	Transición energética	8
2.2	Matriz energética	25
2.3	Recursos energéticos renovables	28
2.4	Proyecciones	44
III.	MATERIAL Y MÉTODO	48
3.1	Material	48
3.2	Método	66
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
4.1	Evolución de la información histórica	69
4.2	Indicadores de las centrales de generación	82
4.3	Proyecciones	88
4.4	Metas alcanzadas	97
4.5	Discusión de resultados	99
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
5.1	Conclusiones	102
5.2	Recomendaciones	103
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
VII.	ANEXOS	115

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo Presión – Estado – Respuesta	10
Figura 2 Informe de Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN 2023 -2032	13
Figura 3 Comportamiento de la máxima demanda y potencia efectiva según fuente SEIN 2020-2021	14
Figura 4 Comportamiento de la máxima demanda y potencia efectiva SEIN 2020-2021.	15
Figura 5 Despacho en el día de máxima potencia coincidente en MW	16
Figura 6 Opciones de Generación Eficiente en el SEIN	17
Figura 7 Objetivos estratégicos del sector eléctrico	19
Figura 8 Energía total requerida e intensidad de las emisiones de CO <sub>2</sub>	23
Figura 9 Índice de transición energética por país de América latina	24
Figura 10 Facilidades para la transición energético vs rendimiento del sistema	25
Figura 11 Esquema de liquidación RER	30
Figura 12 Esquema de generación de energía con central solar fotovoltaica	34
Figura 13 Tipos de paneles solares	36
Figura 14 Panel solar bifacial	37
Figura 15 Diagrama de carga de Central Solar Rubi-04.12.2021	38
Figura 16 Precios medios mensuales de los módulos solares fotovoltaicos por tecnología y país de fabricación vendidos en Europa, de 2010 a 2020	39
Figura 18 Componentes de un aerogenerador	42
Figura 19 Diagrama de carga de Central Eólica Wayra I-17.12.2021	45
Figura 19 Ejemplo de graficación con medias móviles	46
Figura 20 Ejemplo de graficación de suavizamiento exponencial	46
Figura 21 Ejemplo de graficación de la regresión lineal	47
Figura 22 Diseño de investigación	66
Figura 23 Comportamiento histórico de la Potencia efectiva	69
Figura 24 Comportamiento histórico de la máxima demanda	70
Figura 25 Comportamiento histórico de la oferta y reserva de generación	71
Figura 26 Comportamiento histórico del porcentaje de reserva de generación	72
Figura 27 Comportamiento histórico de las tasas de crecimiento de la máxima demanda	73
Figura 28 Comportamiento histórico de las tasas de crecimiento de la potencia efectiva	74
Figura 29 Comportamiento histórico del consumo de energía en el SEIN 2001-2022	75
Figura 30 Comportamiento histórico de la tasa de consumo de energía en el SEIN 2001-2022	76

Figura 31 Participación porcentual en la generación de energía según recurso energético	77
Figura 32 Participación porcentual en la generación de energía según recurso energético periodo 2011-2022	78
Figura 33 Participación de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2001-2022	79
Figura 34 Participación porcentual de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2011-2022	80
Figura 35 Participación de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2001-2022 en la cobertura de la máxima demanda	81
Figura 36 Participación porcentual de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2001-2022 en la cobertura de la máxima demanda	82
Figura 37 Previsión del factor de presencia de las Centrales Hidroeléctricas periodo 2001-2022 en la cobertura de la máxima demanda	84
Figura 38 Factor de planta de las Centrales eólicas periodo 2015-2022	85
Figura 39 Factor de planta de las Centrales solares fotovoltaicas periodo 2015-2022	91
Figura 39 Previsión de la generación de energía hacia el año 2027	92
Figura 40 Previsión de la generación de energía según recursos energéticos año 2023-2027	92
Figura 41 Participación porcentual en la Generación de energía según recursos energéticos años 2027	93
Figura 42 Participación porcentual de la Máxima demanda y la reserva de generación con respecto a la potencia efectiva hacia el año 2027	94
Figura 43 Participación porcentual de las potencias efectivas eólica y solar fotovoltaica con respecto a la potencia efectiva total hacia el año 2027	95
Figura 44 Participación porcentual de las potencias efectivas según recurso energético al año 2027	96
Figura 45 Participación porcentual de la generación eólica en horas de máxima demanda hacia el año 2027	97

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Centrales de Generación RER conformantes del SEIN	48
Tabla 2 Centrales Hidroeléctricas conformantes del SEIN	49
Tabla 3 Centrales Termoeléctricas conformantes del SEIN	51
Tabla 4 Centrales de Generación RER Eólicas con EPOs aprobados y concesión Definitiva	52
Tabla 5 Centrales de Generación RER Fotovoltaicas con EPOs aprobados y concesión definitiva	52
Tabla 6 Centrales de Generación RER Eólicas con EPOs aprobados y sin concesión definitiva	53
Tabla 7 Centrales de Generación RER Fotovoltaicas con EPOs aprobados y sin concesión definitiva	54
Tabla 8 Centrales de Generación Hidroeléctrica aprobados	55
Tabla 9 Centrales de Generación Termoeléctrica aprobados	57
Tabla 10 Evolución de la máxima demanda 2001-2022 SEIN (MW)	57
Tabla 11 Evolución de la producción de energía 2001-2022 SEIN (GWh)	59
Tabla 12 Evolución anual de la producción de energía 2001-2022 SEIN (GWh) según Recursos	61
Tabla 13 Evolución mensual de la producción de energía RER 2009-2022 SEIN (GWh) según recursos	62
Tabla 14 Producción solar 2022 por empresa y central (GWh)	62
Tabla 15 Producción eólica 2022 por empresa y central (GWh)	64
Tabla 16 Análisis estadístico descriptivo para el factor de planta de las centrales Hidroeléctricas	83
Tabla 17 Análisis estadístico descriptivo para el factor de presencia de las centrales Eólicas	86
Tabla 18 Potencia efectiva en MW prevista, incluye según las de EPOs y con concesión	87
Tabla 19 Potencia efectiva en MW prevista, incluye las de EPOs y con/sin concesión	87
Tabla 20 Generación de energía prevista sin Centrales termoeléctricas 2023-2027 (GWh/año)	90
Tabla 21 Generación de energía prevista de Centrales termoeléctricas 2023-2027 (GWh/año)	90
Tabla 22 Generación de energía prevista de Centrales termoeléctricas 2023-2027	

(GWh/año)	93
Tabla 23 Generación de energía prevista de Centrales termoeléctricas 2023-2027	
(GWh/año)	98

## RESUMEN

La transición energética es un proceso planificado que incluye la sustitución progresiva de las centrales de generación que operan con recursos fósiles por centrales de energía limpias, en este caso las centrales eólicas y las centrales solares fotovoltaicas. El desarrollo del estudio tiene como finalidad de evaluar el incremento del potencial de generación Eólico-Solar en la transición energética RER peruana en el corto plazo al 2027

El trabajo de investigación es del tipo pre -experimental, de naturaleza descriptiva. La metodología para este trabajo ha sido descriptiva, buscando información de diversas fuentes reconocidas en temas de energías renovables El diseño de la investigación es no experimental, no se realizó una manipulación deliberada de las variables.

Se concluyó que, en base de proyectos con concesión definitiva y con estudio de preoperatividad aprobada a corto plazo al 2027, se prevé el ingreso de 959,30 MW de un total de 05 Centrales Solares Fotovoltaicas y 458,7 MW de 03 centrales eólicas. Con lo cual la potencia efectiva de las centrales eólicas se incrementa a 1 130,90 MW con un porcentaje de incremento de 106,9% y las centrales solares fotovoltaicas incrementa su potencia efectiva a 1 245,61 MW con un porcentaje de incremento de 335,05%., así mismo en el periodo de análisis, se encuentra una reducción del 48,21% de la energía producida con petróleo BD5 lo que equivale a 7'334 005 Ton. CO<sub>2</sub>.

**PALABRA CLAVE:** Transición energética, Energías renovables, planeamiento energético.

## **ABSTRACT**

The energy transition is a planned process that includes the progressive replacement of generation plants that operate with fossil resources by clean energy plants, in this case wind plants and photovoltaic solar plants. The purpose of the development of the study is to evaluate the increase in the potential for Wind-Solar generation in the Peruvian RER energy transition in the short term to 2027.

The research work is of the pre-experimental type, descriptive in nature. The methodology for this work has been descriptive, seeking information from various recognized sources on renewable energy issues. The research design is non-experimental, no deliberate manipulation of the variables was carried out.

It was concluded that, based on projects with definitive concession and with a pre-operability study approved in the short term by 2027, the entry of 959.30 MW from a total of 05 Photovoltaic Solar Power Plants and 458.7 MW from 03 wind power plants is expected. With which the effective power of the wind plants increases to 1,130.90 MW with a percentage increase of 106.9% and the solar photovoltaic plants increase their effective power to 1,245.61 MW with a percentage increase of 335.05%. Likewise, in the period of analysis, there is a reduction of 48.21% of the energy produced with BD5 oil, which is equivalent to 7,334,005 tons. CO<sub>2</sub>.

**KEYWORD:** Energy transition, Renewable energies, energy planning.

## **I. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 Realidad problemática**

El último informe sobre el cambio climático emitido por el Grupo I del IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático) ha supuesto una importante llamada de atención sobre lo avanzados que están ya los efectos del calentamiento global. En resumen, se puede decir que la temperatura ha aumentado 1° respecto a la media entre 1890 y 1990 y que se multiplican los fenómenos extremos como inundaciones e incendios provocados por olas de calor. Asimismo, se observa cómo se derrite el permafrost, se alcanzan temperaturas récord en el Ártico o aumenta la acidificación de los mares. Todos estos fenómenos correlacionan totalmente con las altas concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera emitidos. Esta situación resulta alarmante, pero no ha sido suficiente para que los estados asumen las medidas necesarias, puesto que las políticas comprometidas por los países miembros de las COP garantizan que la temperatura ascenderá 2,7° a finales del siglo XXI. En este sentido el IPCC recomienda no aumentar la temperatura más de 1,5° a finales de siglo, límite que se aceptó en el acuerdo de París. Pues bien, el aumento de la temperatura puede superar los 1, 5° antes de 2030, y si no se adoptan medidas adecuadas, este aumento superará con creces los 3° a final de siglo.

La transición energética, es necesaria y se puede hacerse desde dos flancos. Por una parte, ha de ser impulsada por este sector eléctrico, y por otra parte por el impulso de pequeños inversores que pongan en marcha proyectos de autoconsumo o de generación a pequeña escala. Por cierto, la regulación es muy importante para facilitar el impulso de los pequeños inversores y también para poner en curso mecanismos legales de control que puedan introducir algo de racionalidad en el despliegue masivo de renovables.

El PNIEC (Plan nacional integrado de energía y clima) en España, establece que en 2030 el 40% de toda la energía consumida sea de origen renovable y que la neutralidad en carbono se alcance en 2050. Este plan avanza, por tanto, en la transformación del sector energético, con lo cual es necesario prescindir de cuatro de las cinco grandes fuentes de energía que se consumían en los 80, petróleo, carbón, gas y nuclear, y sustituirlas por renovables al ritmo necesario

para cumplir con el Acuerdo de París. El despliegue de renovables requiere, además, de una energía de respaldo lo suficientemente flexible para entrar en la red cuando no hay suficiente potencia renovable disponible, o bien de un sistema de almacenamiento energético suficiente.

En Perú el año 2009 se promulgo la ley de Promoción de Recursos Renovables, habiéndose implementado a la fecha 4 subastas RER on grid y 1 subasta RER off grid, con la finalidad de cubrir por lo menos el 5% de la demanda de energía con sistemas RER: Eólicos y solares, así como pequeñas centrales hidroeléctricas con potencias de hasta 20 MW y biomasa. Lo cual a la fecha resulta aún insuficiente para poder cumplir con los compromisos asumidos con los ODS (Objetivos de desarrollo sostenible) para el año 2030.

En 12 años de vigencia del Decreto Legislativo N° 1002, Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energía Renovables, y 8 años del Decreto Supremo N° 064-2010-EM, que aprueba la Política Energética Nacional del Perú, se realizaron 4 subastas para generar energía a través de las RER. Se adjudicaron 64 proyectos equivalentes a 1 274 MW. Al 2018 tiene en operación comercial en el SEIN 35 centrales RER en operación que incluyen 18 centrales hidráulicas, 3 centrales de biogás (San Jacinto de 21,7 MW, Huaycoloro de 3.4 MW y La Gringa de 3,2 MW), 7 centrales solares (280,5 MW), 5 parques eólicos (371,15 MW) y una planta de biomasa (21,71 MW, San Jacinto). Además, se cuenta con otras 2 centrales RER que no perciben ingresos por la prima RER: la Central de Biomasa Maple Etanol y la Central Hidroeléctrica Pías. (Zanabria, 2019)

Por otra parte, las renovables compiten bien con las energías tradicionales y permiten abaratar el precio del kWh. La transición energética favorecerá el control del precio de la electricidad. Si bien la energía es un bien escaso y no habría que esperar una bajada de precios en el futuro. En este contexto, se formula el siguiente problema:

¿Cómo se evalúa el incremento del potencial de generación Eólico-Solar en la transición energética RER peruana en el corto plazo al 2027?

## 1.2 Antecedentes:

Gutiérrez & Palacios (2022) en su tesis, Sustitución de una Central Termoeléctrica por una Central RER. en el Sistema de Generación de Energía del Perú, plantea como objetivo reemplazar la generación termoeléctrica tomando como modelos centrales de energía RER existentes. El sistema de generación peruano cuenta con un conjunto de unidades de Generación dentro de las cuales tenemos: centrales solares fotovoltaicas, eólicas, biomasa, residuos sólidos urbanos y centrales hidroeléctricas con potencia efectiva menores o igual a 20 MW. Concluyen que las centrales térmicas que operan con ciclo simple y ciclo combinado con gas natural son las únicas unidades de generación que despachan empleando fuentes convencionales de energía. Los indicadores de desempeño de las centrales RER en estudio, para la central solar fotovoltaica un factor de planta diaria igual a 38,21%, para la central eólica un factor de planta diario de 46,25%.

Ledesma & Solorzano (2019) en su tesis, Dinámica del Comportamiento de la Oferta de Generación y su Efecto en la Reserva de Energía en el Perú, evaluaron el comportamiento de la oferta y reserva de generación en el mercado mayorista peruano para una información de 15 años (2004-2019), concluyen que la oferta de generación de energía actualmente es 12 626,3 MW como potencia efectiva, con una máxima demanda de 6 990 MW y una reserva total de generación de 5 636,6 MW, con un valor de reserva de 44,64 % y reserva firme igual a 27,67% , el cual es mayor al valor normado de reserva firme objetivo, que es 23,45% .Se estimó la tasa de crecimiento de demanda de 5,77%, se proyectó 03 escenarios de crecimiento para un horizonte de estudio de 10 años, determinándose la confiabilidad del sistema eléctrico en función a la reserva firme.

Muñoz (2020) en su tesis, Las Centrales con Recursos Energéticos Renovables y la Oferta de Energía del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, concluye que las centrales RER tienen una cierta influencia sobre la oferta de generación, máxima demanda y reserva efectiva y firme la cual se analizó en función a un análisis estadístico descriptivo para identificar el inicio de la transición energética. Se identificó las características de los proyectos de generación RER implementados, costos de inversión y costos variables de operación, teniendo en

cuenta 4 subastas on grid realizada. Se determinó para un corto plazo que las centrales RER operaran en forma parcial o total en la cobertura de la demanda diaria en función de la disponibilidad del recurso energético. Del mismo modo urge un plan por parte de las autoridades para ir incrementando progresivamente un mayor número de centrales eólicas y solares.

Orellana (2019) en su tesis, *Transición Energética Sostenible y Régimen Energético de Argentina y Bolivia*, concluye lo siguiente: la transición energética debe ser sostenible, por medio de un proceso controlado y planificado, lo cual permitirá reemplazar el consumo de energía primaria derivado de los hidrocarburos o combustibles convencionales por tecnologías que empleen recursos renovables con menor impacto sobre el medio ambiente. También se plantea, que la transición energética disponible debe incluir aspectos de carácter social orientadas a la disminución de la pobreza, la búsqueda de la igualdad y el desarrollo integral de las sociedades, garantizándose la máxima cobertura de la energía a todos los seres humanos, con un suministro de energía de calidad que permita la sostenibilidad del mundo, el cual debe ir apoyado por políticas macroeconómicas, sociales y ambientales.

Roa (2018) en su tesis, *Cambio climático y Transición Energética*, concluye que los recursos energéticos renovables, desempeñan un rol trascendental en la transición energética, ya que es parte de ello la sustitución de las fuentes tradicionales de energía derivados de los hidrocarburos como el petróleo y carbón, grandes causantes de las emisiones de dióxido de carbono que han desequilibrado el planeta, por fuentes de energías renovables como las centrales solares y centrales eólicas, siendo el gas natural el combustible de la transición energética, hasta que los costos de las tecnologías de generación con fuentes de energía limpia sean más económicas. La decisión de optar por gas natural como combustible de transición, se debe a que presenta un menor factor de emisiones contaminantes y residuos sólidos por unidad de energía con respecto al carbón y al petróleo. Por otro lado, el cambio climático ha afectado notablemente los ciclos hidrológicos actuales y el volumen de los embalses de agua, con lo cual el factor de planta de las centrales hidroeléctricas ha disminuido

considerablemente, por lo cual no se le puede considera como una alternativa viable para el sostenimiento del proceso de transición energética.

Salamunovic (2021) en su tesis *Transiciones Energéticas en el Marco del G20 Análisis de las presidencias de Alemania, Argentina y Japón y del Impacto en sus Matrices Energéticas y Escenarios*, concluye que Japón planifica como estrategias de corto plazo el desarrollo del hidrógeno y la captura, utilización y almacenamiento de carbono, con lo cual tiene como meta la diversificación de su matriz energética orientada a una mayor contribución de la generación con fuentes renovables. Descarta así mismo el empleo de la energía nuclear, procurando implementar estrategias en la disposición final de desechos radiactivos. La planificación macroenergética del Japón está orientada a un proceso de transición energética basada en las 3 E+S (por sus siglas en inglés), en este caso la seguridad energética, eficiencia energética y cuidado del medio ambiente, orientado a una conservación del planeta y la vida.

Velásquez (2017) en su tesis, *Esquema para la Transición Energética en el Sector Eléctrico de Colombia*. concluye que el mercado eléctrico de Colombia, las empresas de generación ejercen un dominio sobre la administración, operación y planificación del sistema. Por lo cual, el costo de generación con recursos energéticos renovables puede ser alcanzable a las economías de los consumidores, mientras que no se implementen medidas confiables de implementación de nuevas centrales solares o eólicas, y además la implementación de los servicios complementarios a ellos tal como la capacidad de almacenamiento de la energía solar producida, o normativas que promuevan el empleo de las RER.

Zanabria (2019), en su tesis, *Hacia una Transición Energética, Perfeccionamiento a la Regulación de Energías Renovables No Convencionales*, concluye que el porcentaje de participación de las RER detallado en el D.L. N° 1002, *Ley para Promover la Generación de Electricidad con Energías Renovables*, establece que el Ministerio de Energía y Minas deberá cada cinco años establecer un porcentaje objetivo de participación, siendo actualmente el valor de 5 % para los primeros 5 años, habiendo transcurrido a la fecha más

de 10 años sin haberse modificado, lo cual lleva a un letargo en las políticas de expansión de generación de energía con fuentes de energía limpias.

### **1.3 Justificación:**

La transición energética surge de la necesidad de contrarrestar los fuertes cambios climáticos tal como el calentamiento global y la ruptura de la capa de ozono. Se ha propuesto mantenerse con un máximo de incremento de temperatura de 1.5°C según lo acordado por el acuerdo de París, con la finalidad de detener el volumen de emisiones de gases de efecto invernadero vertidos al ambiente hacia los años 2040 o 2050. La descarbonización consiste en sustituir progresivamente el consumo de combustibles fósiles como el petróleo, el gas natural y el carbón, reemplazándolos por fuentes de energía limpias.

La investigación desarrolla un estudio que permite determinar una implementación de la transición energética, la cual no existe en el país a través de determinar el efecto de la implementación de centrales solares fotovoltaicas y centrales eólicas sobre la oferta de generación, con lo cual se determina en el corto plazo la sustitución de combustibles convencionales y su efecto en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Del mismo modo permitirá identificar el grado de contribución de las RER a la generación de energía en el SEIN.

La presente investigación tiene una metodología de cálculo que va desde el análisis detallado de la información histórica (año 2021) para identificar parámetros relevantes como el factor de planta y el factor de presencia los cuales son de vital utilidad para proyectar un escenario futuro, en el cual se visualice el proceso de transición energética.

Por el aspecto social, se justifica debido a que se plantea soluciones a un escenario futuro en el cual se encuentre un equilibrio entre la generación de energía y la conservación del medio ambiente, que es uno de los pilares de la transición energética.

Por otro lado, el proceso de transición energética conlleva a soluciones futuras que de alguna manera solucionen los grandes efectos sobre el clima y la supervivencia de sociedad y su entorno, el éxito de la implementación oportuna

de las energías renovables permitirá mejorar la calidad vida de la sociedad, debe producirse un cambio urgente de los sectores o países que son renuentes a los cambios que deben realizarse de forma urgente como parte de la transición energética.

### **1.5 Hipótesis:**

El incremento del potencial de generación Eólico-Solar con la transición energética RER peruana a corto plazo al 2027, se evalúa conociendo los parámetros energéticos de potencia y energía y la reducción del consumo de energía generada por recursos fósiles en 10%

### **1.6 Objetivos:**

#### **Objetivo general**

Evaluar el incremento del potencial de generación Eólico-Solar en la transición energética RER peruana en el corto plazo al 2027.

#### **Objetivos específicos:**

- Determinar tasa de crecimiento de la generación de energía, potencia efectiva y máxima demanda, tasa de crecimiento de la oferta y demanda, crecimiento de la reserva en el periodo 2001-2022
- Describir el porcentaje de incremento de la tecnología de generación eólico-solar en el Perú a corto plazo al 2027
- Estimar los efectos en la oferta y reserva de generación el incremento de generación eólico solar a corto plazo al 2027.

## **II. MARCO TEORICO.**

### **2.1 Transición energética.**

#### **2.1.1 Impacto del consumo de energía.**

La energía tiene el importante rol de responder a los requerimientos energéticos propios de las actividades productivas. Es por esto que varios autores la consideran como el motor del desarrollo socioeconómico, ya que ante la falta de un correcto abastecimiento energético no sería posible la ejecución de las diversas actividades económicas (Recalde 2016). Además, también se encuentra una relación fundamental entre la energía y las necesidades básicas humanas, ya que para la satisfacción de estas últimas se requiere de insumos energéticos. En otras palabras, si bien la energía en sí misma no es reconocida como una necesidad básica, es esencial para la satisfacción de todas estas necesidades (Glave 2020)

El consumo energético promedio del ser humano sigue, junto con el de su población, una trayectoria exponencial. Hasta antes de la revolución industrial, el consumo energético de la humanidad se basó en el uso de biomasa tradicional, limitado en última instancia por la capacidad de conversión de energía solar por los productores primarios (las plantas). Con la agricultura y la aparición de las primeras ciudades alrededor del año 5000 A.C. se duplicó el consumo de energía, desde un nivel de subsistencia (unas 2,000 kilocalorías diarias o 3 Gigajoules el año) hasta unos 6 Gigajoules (GJ) al año. A su vez, la utilización de animales de tiro, entre 3000 y 3500 A.C. habría permitido aumentar el consumo energético humano hasta unos 13 GJ para el año 1000 A.C. La población humana en el planeta no pasaba, en esos momentos, de unos 50 millones de personas. (Aguayo, 2012)

La revolución industrial produjo un conjunto de nuevas tecnologías y patrones de consumo que permitieron el acceso, la transformación y la utilización de reservas energéticas de producción orgánica acumulada a lo largo de millones de años en combustibles fósiles. A su vez, el orden económico y social de la moderna sociedad capitalista, produjo el marco institucional y los incentivos necesarios para la explotación masiva y creciente de esas reservas. Por un lado, la dinámica de crecimiento económico basada en la acumulación de capital, que no puede ser otra

que la de un incesante crecimiento, quedó anclada a la dependencia de un suministro creciente de energía barata en forma de combustibles de muy alta densidad energética, volviéndose muy vulnerable a la cantidad y costos de los recursos energéticos. (Aguayo, 2012)

Por el otro, las emisiones y desechos tóxicos de la combustión masiva de energía fósil se elevaron en varios órdenes de magnitud, generando enormes daños a la salud de personas y ecosistemas. Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y otros gases de efecto invernadero derivados del uso de energía comenzaron a alterar el ciclo global del carbono, cuyos efectos acumulados sólo se comenzaron a apreciar a finales del siglo XX (Aguayo 2012)

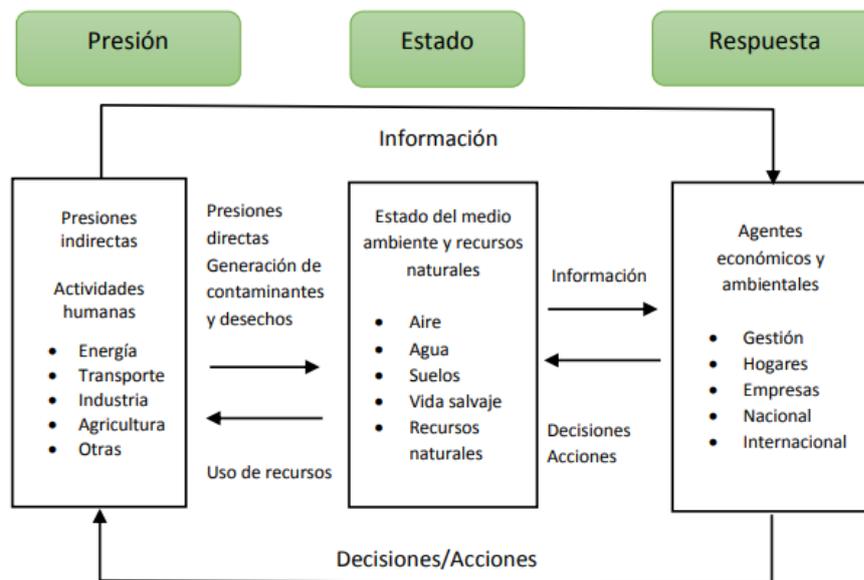
En la Cumbre de la Tierra en Rio 1992, específicamente con el documento denominado Agenda 21, cuando las naciones adquieren compromisos relacionados con el desarrollo sustentable, se comienza a plantear la creación de indicadores para la toma de decisiones y la autorregulación de la sustentabilidad desde los aspectos sociales, ambientales y económicos, para que constituyan una referencia en la evaluación del bienestar y la sustentabilidad de una nación, zona o comunidad. Han participado desde entonces instituciones como la UNSDC<sup>12</sup>, OECD<sup>13</sup>, PNUMA<sup>14</sup>, WB<sup>15</sup>, UNESCO<sup>16</sup>, WHO<sup>17</sup>, así como los institutos de estadística y ministerios de energía y recursos naturales de las naciones con un único fin de prevenir al mundo las posibles consecuencias del uso desmedido de los recursos energéticos convencionales. (Pérez, 2017)

Se considera que las actividades humanas, tales como la exploración, explotación y consumo de los recursos energéticos, ejercen presión (P) sobre el medio ambiente con lo que se disminuye la cantidad y calidad de los recursos naturales (OECD, 1993). El estado (E) describe las condiciones de los recursos naturales, los ecosistemas y la salud humana, que han sido derivadas de las actividades humanas. La respuesta (R) se refiere a las acciones preventivas, correctivas y de sensibilización que se llevan a cabo en los aspectos sociales, ambientales y económicos, como resultado de las actividades humanas realizadas, el manejo de

los recursos y el efecto del cambio climático en los ecosistemas y la salud humana. Para ello es indispensable una adecuada planificación del sector energético por parte de las entidades de gobierno, de tal forma que le den sostenibilidad al entorno de un país y el compromiso de organismos nacionales e internacionales etc. (Pérez, 2017)

Figura 1

Modelo Presión – Estado – Respuesta



Fuente. Imagen obtenida de Pérez (2017)

A nivel mundial se ha planificado implementar el proceso de transición energética con la finalidad de reducir las emisiones de GEI que afectan la estabilidad climática y que han puesto en peligro la existencia global en el largo plazo al incrementarse la temperatura media del planeta en más de 1,5°C. Esto último es un tema de relevante importancia en la actualidad, el cual se dejó de lado a fines del siglo pasado cuando se advirtió su advenimiento. En el Acuerdo de París, firmado en diciembre del 2015, un total de 195 países tomaron el acuerdo de aunar esfuerzos para mitigar el calentamiento global en dos grados centígrados para ello se han planteado los compromisos NDC de cada país. (Glave, 2020)

El Perú hace frente al cambio climático formulando metas de adaptación y mitigación expresadas en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por siglas en inglés). En ellas se involucra a todos los sectores y actores de la sociedad en torno a objetivos comunes para la sostenibilidad del país. Nuestras Contribuciones Nacionalmente Determinadas se enmarcan en el Acuerdo de París sobre cambio climático, ratificado por el Perú el 22 de julio de 2016 y que entró en vigor el 4 de noviembre del mismo año. De este modo, son la respuesta peruana al cambio climático y se constituyen como el compromiso de la comunidad internacional para enfrentar sus impactos y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero limitando así el incremento de la temperatura media del planeta muy por debajo de los 2 °C. (Ministerio del ambiente, 2023)

El Estado Peruano se ha comprometido a que sus emisiones netas de gases de efecto invernadero no excedan las 208,8 MtCO<sub>2</sub>eq en el año 2030 (meta no condicionada). Adicionalmente, el Estado Peruano considera que las emisiones de gases de efecto invernadero podrían alcanzar un nivel máximo de 179,0 MtCO<sub>2</sub>eq en función a la disponibilidad de financiamiento externo internacional y a la existencia de condiciones favorables (meta condicionada). (Ministerio del ambiente, 2021)

### 2.1.2 Panorama energético peruano.

El desarrollo de los recursos energéticos renovables alternativos del país se impulsó desde el año 2008 con el establecimiento de un marco regulador y la Ley de Fomento de las Energías Renovables no Convencionales para la Generación Eléctrica, con el fin de abastecer el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional - SEIN. Esta ley propone un mecanismo de subastas para atraer la inversión privada a cambio de un compromiso de compra de energía a largo plazo, por veinte años. El decreto legislativo 1002 fue pionero en la región. Consiste en el establecimiento de un mecanismo de concurso por medio del cual se escogen los mejores proyectos en cada tecnología y se estableció un techo temporal de 5% para la participación de los Recursos Energéticos Renovables no Convencionales (RER). Cabe precisar que este porcentaje debió ser incrementado a partir del año 2013. (Gamio & Vásquez, 2018)

En el año 2010, mediante la resolución OSINERGMIN 206-2010-OS/CD, modificada con la resolución OSINERGMIN 243-2010-OS/CD, se fijó la tarifa eléctrica rural aplicable a suministros de energía eléctrica atendidos con sistemas fotovoltaicos. Por su parte, el Fondo de Compensación Social Eléctrica - FOSE se orientó a favorecer el acceso y permanencia del servicio eléctrico a todos los usuarios residenciales del servicio público de electricidad cuyos consumos mensuales fuesen menores a 100 kilovatios hora por mes, comprendidos dentro de la opción tarifaria BT5, residencial o aquella que posteriormente la sustituya. (Gamio & Vásquez, 2018)

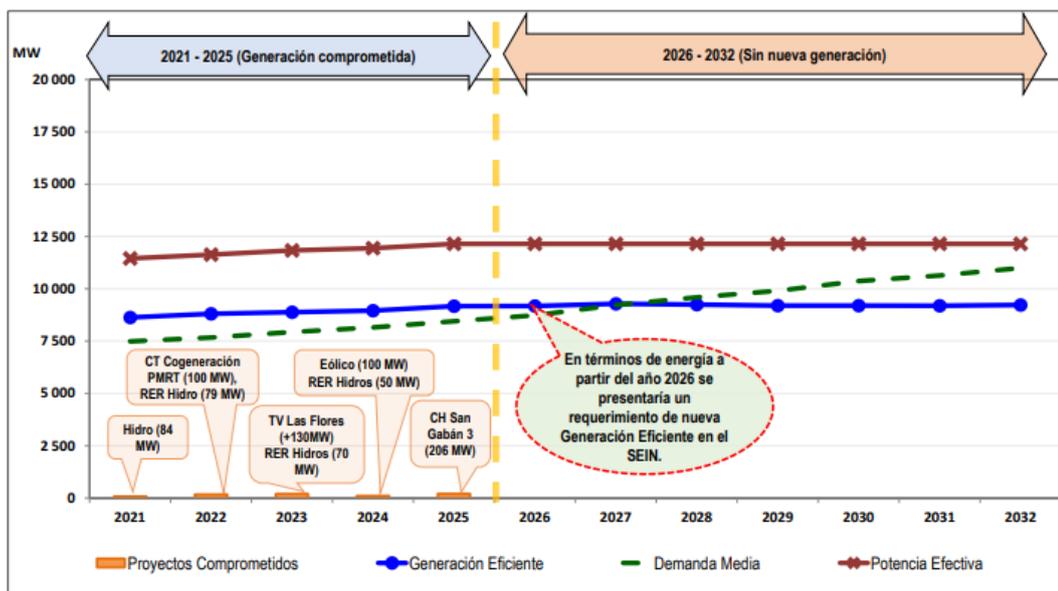
El Perú marcó un hito en la región con la norma legal 1002, cuyo principal objetivo es avanzar en la transición energética buscando una matriz diversificada con energías renovables no convencionales (solar, eólica, biomasa, geotermia). En la actualidad, la matriz energética nacional es hidrotérmica (a partir de fuentes hidráulicas, gas natural, carbón, petróleo). El gas natural es un recurso no renovable que genera gases de efecto invernadero; sin embargo, es menos contaminante que el petróleo, diésel y otros combustibles líquidos. Actualmente se viene utilizando el gas natural para la generación en el mercado eléctrico. Sin embargo, el gas natural viene a ser un sustituto más eficiente en el sector transporte y el suministro directo a los hogares (generación de calor para cocción y confort térmico). Aparte de un desarrollo importante de la petroquímica. El gas natural avanzó en el sector eléctrico hasta llegar casi al 50%. (Gamio & Vásquez, 2018)

A partir de la norma legal 1002, desde el año 2010 en adelante el Ministerio de Energía y Minas viene ejecutando licitaciones de tecnologías de energías renovables. Los resultados, luego de cuatro ediciones de subasta, son 64 proyectos adjudicados que añaden 1 274 MW de capacidad instalada para la generación de energía eléctrica. Representa un avance de 4,8% respecto de 2008. (Gamio & Vásquez, 2018)

La Generación Eficiente (GE) en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), según las proyecciones realizadas por el Comité de Operación Económica del Sistema (COES), en el contexto actual, está delimitada con un alto grado de certidumbre para el año 2025, estas proyecciones incluyen proyectos que tienen autorización o concesión definitiva, estudios de operatividad aprobada e incluso un cierto grado de ejecución en su construcción para una próxima puesta en operación comercial. En la siguiente figura se presentan las proyecciones de generación de energía hacia el 2032 en un escenario normal de comportamiento. (Marchena et al., 2021)

Figura 2

Informe de Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN 2023 -2032

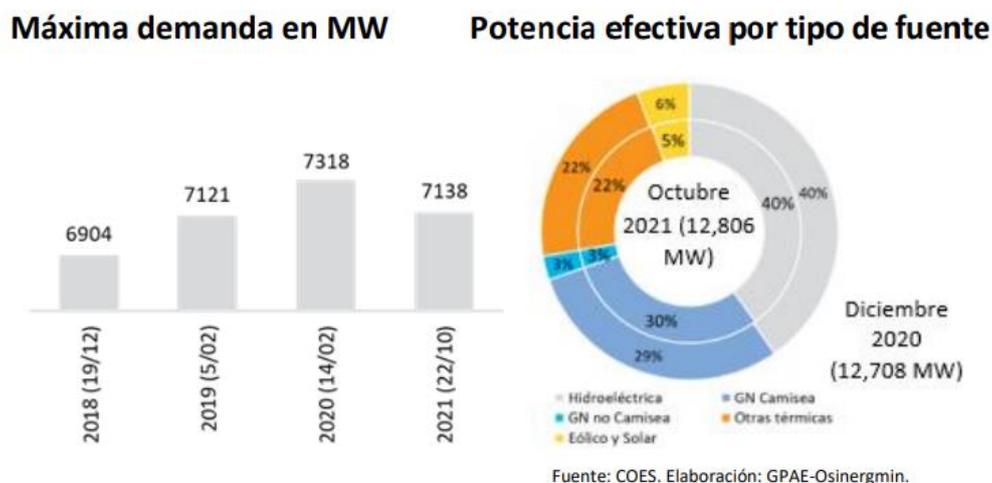


Fuente. Imagen obtenida por Marchena, Mayta e Narrea. (2021)

Según la figura, a partir del año 2026, se muestra una probabilidad de falta de producción de energía, para lo cual deberá planificarse futuras obras de generación de energía con recursos energéticos renovables que se adelanten a la posibilidad de escasas. Por otro lado, se evidencia la necesidad de contar con un segundo ducto de gas natural de Camisea para incrementar la oferta de generación confiable. (Marchena et al., 2021)

Para noviembre del 2021, la máxima demanda histórica fue de 7 138 MW registrada el 22 de octubre. Este valor significó la recuperación del consumo de energía en el Perú, el cual cayó por efectos de la pandemia, este valor de máxima demanda es un indicador del crecimiento económico e industrial del país. La oferta de generación o potencia efectiva, hasta octubre del 2021, experimentó un crecimiento en 68 MW, debido a la entrada en operación comercial de 6 centrales de generación (98 MW), destacando la Central Hidroeléctrica La Virgen compuesta por tres unidades de generación, con una máxima potencia de 94 MW. Asimismo, fue retirado de servicio la Central Termoeléctrica de Tumbes (17 MW) y la Central Hidroeléctrica de Zaña (13 MW). (Chávez et al.,2021)

Figura 3  
Comportamiento de la máxima demanda y potencia efectiva según fuente SEIN  
2020-2021



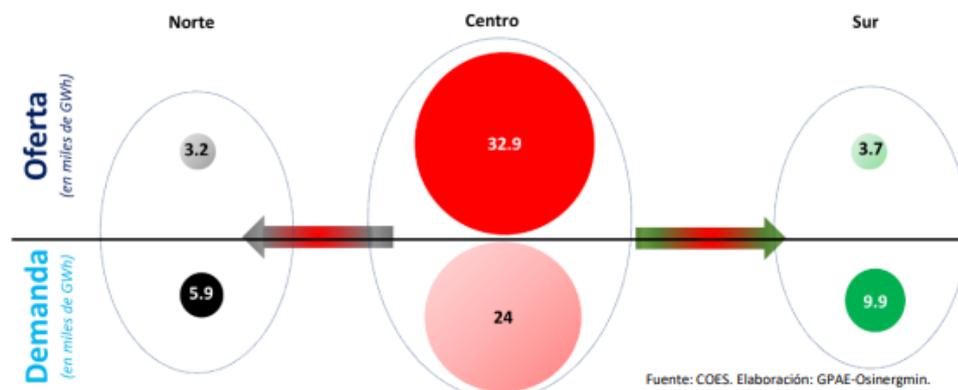
Fuente: Chávez, De la Cruz, Guevara y Suclupe (2021)

Según la división del SEIN en tres regiones, la zona sur y la norte son deficitarias en generación de energía, esto debido a que no se cuenta con suficientes unidades de generación, de tal forma que las unidades de generación instaladas en esas zonas resultan insuficientes para atender las demandas zonales, por lo cual las líneas de transmisión juegan un papel preponderante para cubrir la demanda. En la zona sur la generación de energía con centrales hidroeléctricas es predominante, la cual está sometida a los periodos estacionales hídricos y en algunos casos a periodos de

sequía, la cual está siendo amortiguada por la presencia de las centrales solares fotovoltaicas que se incrementaran en el corto plazo en más de 900 MW, con el inconveniente de que están indisponibles en las horas de máxima demanda nocturna. Mientras que en la zona centro se tiene un superávit de generación, tanto hidráulica como termoeléctrica, sobre todo por el alto grado de concentración de las centrales de ciclo combinado en Chilca. (Chávez et al.,2021)

Figura 4

Comportamiento de la máxima demanda y potencia efectiva SEIN 2020-2021.



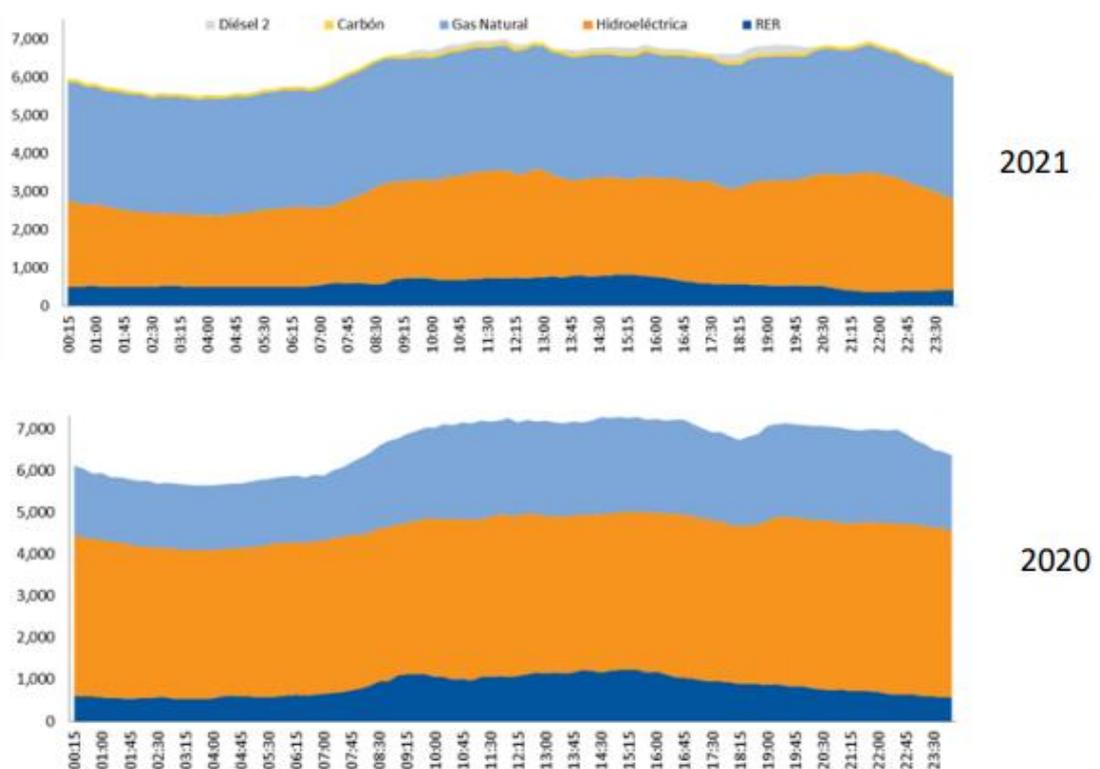
Fuente. Información De la Cruz, Guevara y Suclupe (2021)

El sistema de generación opera con un modelo de despacho hidrotérmico, el cual es dependiente de la generación hidráulica como base del sistema con sus particularidades de operación de las centrales de pasada y las restricciones en la producción para las centrales hidroeléctricas de embalse, y la generación termoeléctrica de alta disponibilidad en el cual el gas natural es el combustible que mayor aporta a la generación de energía, limitado por la concentración de la mayor parte de centrales termoeléctricas en la localidad de Chilca. Para contrarrestar la dependencia del agua y del gas natural, se presenta como una tercera vía de generación de energía, la implementación de las centrales RER (principalmente solares fotovoltaicas y eólicas) ; las cuales normativamente tienen prioridad para lo operación y pueden despachar preferentemente en vez de las centrales termoeléctricas. En promedio, las centrales RER han aportado hasta la décima parte

de la demanda requerida en los periodos de mayor requerimiento de energía. En el 2021, y a diferencia de lo registrado el 2019 y 2020, la generación de energía con centrales termoeléctricas con diésel y carbón tuvieron presencia en los días de máxima demanda, con una participación conjunta de 2.1%, a pesar de que la máxima demanda del 2021 fue inferior a la del año 2020. (Chávez et al.,2021)

Figura 5

Despacho en el día de máxima potencia coincidente en MW



Fuente. Información obtenida de Chávez, De la Cruz, Guevara y Suclupe (2021)

La Generación Eficiente (G.E) está definida como la disponibilidad de energía eléctrica a partir de fuentes de generación renovables y no renovables de bajo costo operativo, en este caso el gas natural, excluyéndose a los combustibles líquidos como el, petróleo BD5 y el residual 500 y el carbón. Actualmente se tiene una oferta futura de G.E hasta el año 2025, el cual está formada por proyectos comprometidos y de alta certidumbre para su ejecución, muchos de ellos están encaminados, pero tienen retrasos debido a los tediosos procedimientos trámites administrativos tal

como la autorización o concesión definitiva de generación. Esta cartera de proyectos comprometidos cuantificada es cercana a 819 MW de Generación Eficiente hasta el año 2025. (COES, 2021)

A partir del 2026 se presenta una probable falta de G.E en el SEIN, se ha evaluado y estimado su requerimiento para cubrir demanda del SEIN en el periodo 2026-2032. Esta demanda de nueva oferta de G.E podría provenir de fuentes de generación RER y no renovable de bajo costo operativo, y complementariamente las interconexiones internacionales. En la siguiente figura se muestra las opciones de nueva oferta de generación. (COES, 2021)

Figura 6

Opciones de Generación Eficiente en el SEIN



Fuente. Información obtenida del COES (2021)

### 2.1.3 Marco normativo.

Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica Esta ley fue promulgada en julio de 2006 (Ley N° 28832, 2006) y tuvo por finalidad perfeccionar la Ley de concesiones eléctricas, destacando: asegurar la suficiencia de generación eficiente que reduzca la exposición del sistema eléctrico peruano a

la volatilidad de precios y a los riesgos de racionamiento prolongado por falta de energía; asegurando al consumidor final una tarifa eléctrica más competitiva; adoptar las medidas necesarias para propiciar la efectiva competencia en el mercado de generación. (Gobierno del Perú, 2006)

El 02 de mayo de 2008 se publicó el Decreto Legislativo N° 1002, Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables, que promueve la inversión a partir de Recursos Energéticos Renovables (en adelante RER), entre los cuales está comprendido el recurso solar. (Gobierno del Perú, 2008)

El 27 de junio de 2013 mediante el D.S N° 020-2013-EM, incentivarse aprobó el “Reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a Red”, para incentivar la generación RER. (Gobierno del Perú, 2013)

El 07 de noviembre del 2014 se adjudicó la Buena Pro de la 1ra Subasta de Suministro de Electricidad con Recursos Energéticos Renovables en Áreas No Conectadas a Red, la Subasta se realizó según lo establecido por el “Reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a Red”, reglamento específico para RER del D.L N° 1002 “Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables”.

Política Energética Nacional del Perú 2010 - 2040 (D.S. N°064-2010-EM), la cual establece que un sistema energético satisface la demanda nacional de energía con un alto grado de confiabilidad, de manera continua y de forma eficiente; promoviendo el desarrollo sostenible y se sostiene en la planificación y en la investigación e innovación tecnológica permanente. (Ramírez, 2019)

Figura 7

### Objetivos estratégicos del sector eléctrico



Fuente. Información obtenida de Ramírez (2019)

Plan de Acceso Universal a la Energía 2023 – 2027. RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 053-2023-MINEM/DM. Promover desde el ámbito energético un desarrollo económico de alta eficiencia, comprometido con el cuidado del medio ambiente y de acceso universal de la energía, implementándose proyectos que amplíen la accesibilidad universal al uso de energía de todos los pobladores del Perú e implementación de tecnologías emergentes. (Gobierno del Perú, 2023)

#### 2.1.4 Transición energética.

La transición energética (T.E) es un cambio en la forma que tiene una economía de aprovisionarse de la energía primaria que requiere para su funcionamiento; haciendo hincapié en que dicho cambio es gradual. Las distintas formas de aprovisionamiento de energía hacen referencia tanto a los combustibles como a las máquinas motoras capaces de extraer la energía de esos combustibles. En general, se acepta por transición energética a la serie de cambios consistentes en la incorporación de nuevas técnicas de generación y aprovechamiento de la energía; cambiando con ellas los vectores energéticos en los que se sustenta el desarrollo de una sociedad y teniendo muy presente las ideas manifestadas por Smil, J Nordensvärd y F Urban de cambio gradual y extensión en el tiempo; despojando a la concepción de transición energética de cualquier connotación de cambio radical y revolucionario.(Roa, 2018)

La transición energética surge como la principal responsable para solucionar, o al menos frenar esa situación, considerando que el sector energético es el mayor responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). De esta manera,

considerando la relación entre medio ambiente, economía y sociedad, la propuesta del desarrollo sostenible parece ser más que necesaria para lograr una relación de equilibrio entre estos principales agentes, satisfaciendo las necesidades actuales sin comprometer a la de las generaciones futuras. En esta línea, los principales órganos mundiales han implementado medidas que convergen hacia esta búsqueda, y aunque se haya notado un avance, el mundo está muy lejos de alcanzar la situación ideal. (Da Silva, 2022)

En el que respecta a la energía y la transición energética, el acuerdo de París es el principal acuerdo a nivel global legalmente vinculante sobre el cambio climático, en el que los países se comprometen a reducir sus emisiones de GEI, basándose principalmente en estimular el uso responsable y de fuentes renovables de energía. Pero ese proceso de transición hacia las energías limpias ha resultado ser difícil, igual que la cantidad de energía utilizada, que sigue creciendo cada vez más. (Da Silva, 2022)

La transición a una reestructuración energética en un país implica realizar un conjunto de cambio o transformación en la economía y la vida social. Según lo establecido en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) o Nationally Determined Contributions (NDC), la T.E desde fuentes de energía derivado de los hidrocarburos a fuentes de energías renovables implica, la implementación de dispositivos tecnológicos, la construcción de infraestructura nueva y la reconfiguración de las empresas públicas o privadas que administran económica y técnicamente las nuevas tecnologías. Estos procesos van acompañados, en la línea de las NDC, de procesos de innovación para la generación, transporte y distribución de la energía, hasta su consumo final. (Orellana, 2021)

La Transición Energética Sostenible (T.E.S) se entiende como el proceso controlado que realiza una sociedad técnica avanzada para sustituir los insumos de energía primaria de combustibles fósiles empleados en todas sus actividades por recursos energéticos renovables sostenibles, sin reducir el nivel del servicio de energía final suficiente per cápita. Una T.E.S implica una transformación

coordinada del suministro de energía y de la demanda de energía, siempre y cuando que los niveles de servicio de energía per cápita (equidad) no afectan las actividades económicas y principalmente contribuyen a cumplir con las restricciones ambientales (que afectan al medio ambiente). (Orellana, 2021)

Los principios básicos para una gestión sostenible de los recursos energéticos son, la sostenibilidad social, ambiental y económica. La adaptación al proceso de transformación implicará una consiguiente relación interactuante y sinérgica entre las actividades económicas, las funciones sociales y la disponibilidad de energía. Para ello se plantea cinco proposiciones:

- La tasa de emisiones de gases contaminantes es inferior a la capacidad de asimilación del ecosistema.
- La generación de energía con recursos renovables no excede a la capacidad de carga del ecosistema en un largo plazo y tampoco la compromete irreparablemente. (Orellana, 2021)
- La energía disponible per cápita deberá estar sobre el valor del nivel mínimo requerido de tal forma que satisfaga las necesidades de la sociedad en cualquier momento y sin discontinuidad disruptiva en su tasa de cambio.
- El ratio de inversión para la instalación de capital de centrales de energía con recursos renovables y de capital de consumo es lo suficientemente sostenible a largo plazo antes del agotamiento del recurso no renovable.
- El compromiso de consumo futuro está unido y limitado por la disponibilidad futura de energía. (Orellana, 2021)

En los últimos 200 años, la T.E presenta cinco rasgos principales, que caracterizan a los urgentes cambios cualitativos y cuantitativos relacionados entre sí, y son los siguientes:

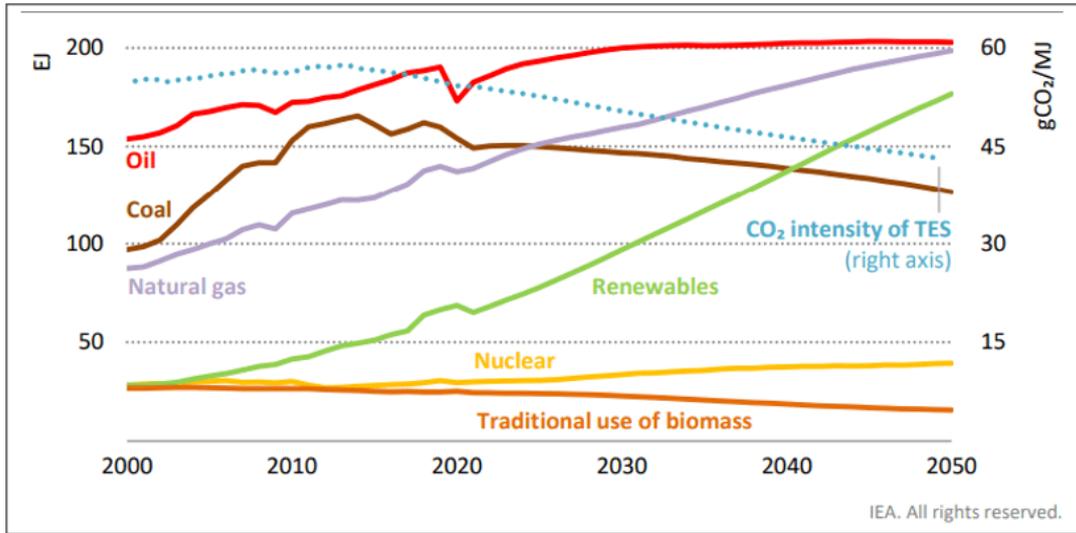
- Un crecimiento exponencial en los niveles de uso global de la energía, según los países. Este crecimiento se concentra principalmente en los países industrializados, donde la población y los sectores industrializados son más avanzados, a diferencia en aquellos países de menor capacidad económica, en el cual su crecimiento en el uso de energía a sido menor. (Aguayo, 2012)

- Existe un proceso de sustitución de los combustibles convencionales derivados de los hidrocarburos tal como combustibles sólidos (biomasa y carbón) por combustibles gaseosos (gas natural) y distribuidos en redes físicas o virtuales.
- Existe una importante sustitución entre combustibles fósiles, de petróleo y carbón por gas principalmente, básicamente por el menor efecto al medio ambiente del gas natural con respecto a los primeros y su bajo costo. (Aguayo, 2012).
- Existe un incremento en el mejoramiento en los procesos de conversión energética, debido a la importancia de la electricidad como insumo energético.
- Existe una reverberación del proceso de transición de los países más desarrollados. En efecto, la “occidentalización” del consumo de energía es clave en países que han optado por un proceso de T.E, tal como ocurre en los países nórdicos, mientras que en las grandes potencias (caso China y Estados Unidos) aún son renuentes a este proceso de cambio. (Aguayo, 2012)

La T.E implementada en Alemania se basa en el concepto de “Energiewende”, es una estrategia energética de largo plazo y se sustenta en el desarrollo de energías renovables. Su finalidad es alcanzar una transformación profunda del sistema energético, sustituyendo el uso del carbón y de la energía nuclear, por las energías renovables. (Glave, 2020)

Figura 8

Energía total requerida e intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub>



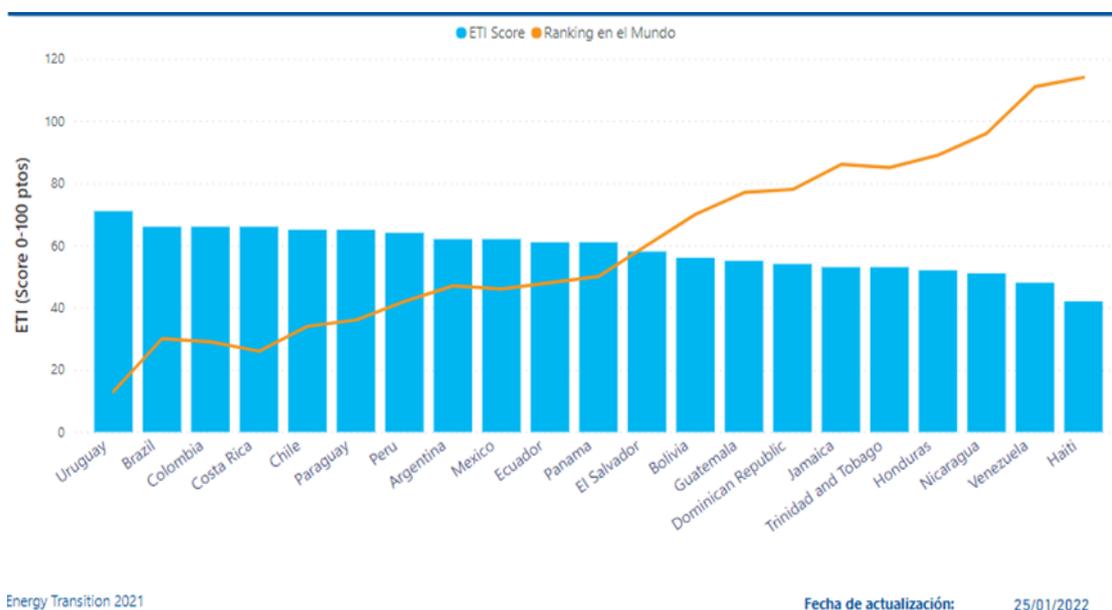
Fuente: Información obtenida de Barbosa (2022)

La generación de energía se encuentra en un proceso de transición, así tenemos que las RER presentan a la fecha costos competitivos, así tenemos, en México el 2017 se adjudicó un proyecto eólico a un precio de 17 U\$/MWh. En el Perú, en las primeras subastas RER se tuvieron precios de hasta 221,1 U\$/MWh; lo cual ha cambiado significativamente llegando a adjudicarse proyectos RER con centrales eólicas de hasta 38 U\$/MWh en las últimas subastas. Para el año 2025, Chile y Colombia se proyectan a tener la generación de energía mediante centrales de energía RER con una meta de 25 % en su matriz energética. (Zanabria, 2019)

El Índice de Transición Energética (ETI) compara el desempeño de los sistemas energéticos de los países considerando dos áreas: rendimiento del sistema y preparación para la transición. En el área de rendimiento se consideran las variables: desarrollo y crecimiento económico, sostenibilidad medioambiental, seguridad energética y acceso a la energía. El Perú tiene un ITE score con puntuación de 64, en donde el crecimiento y desarrollo económico son sus puntos débiles. Mientras que a nivel mundial se ubica en el puesto 34. (Osinergmin, 2023)

Figura 9

Índice de transición energética por país de América latina



Energy Transition 2021

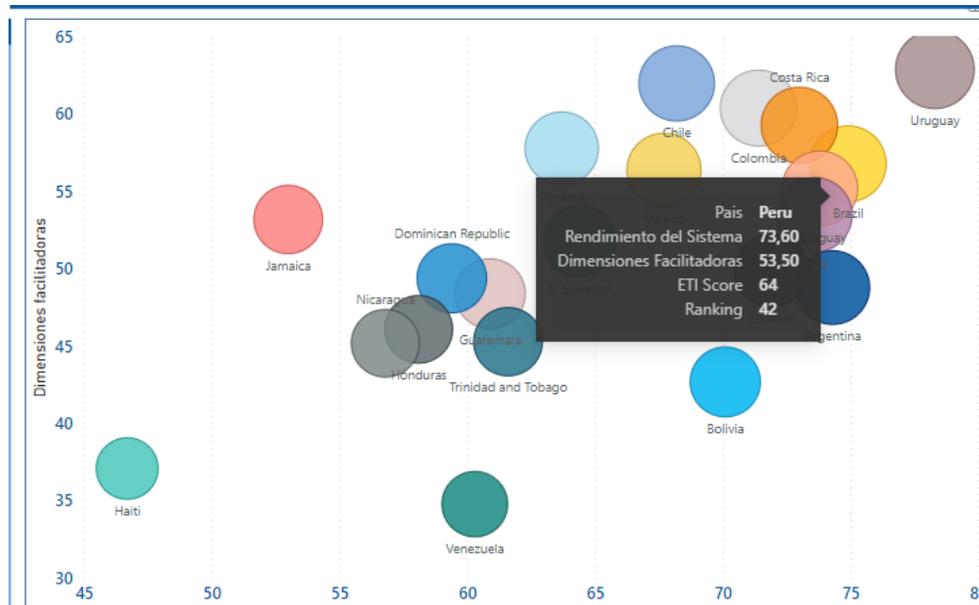
Fecha de actualización: 25/01/2022

Fuente. Información obtenida del Observatorio energético-Osinermin (2023)

En la figura se presenta las facilidades para la transición energética vs rendimiento del sistema, el rendimiento del sistema es la capacidad de apoyar el crecimiento económico, acceso universal seguro y confiable y sostenible desde un punto de vista medioambiental el Perú tiene una puntuación de 73,6, mientras que en dimensiones facilitadoras para la transición energética que incluye capital e inversiones, regulación y compromiso político, gobierno e instituciones, infraestructura e innovación en el negocio energético, capital humano y participación del consumidor el Perú tiene un puntaje de 53,4. (Osinermin, 2023)

Figura 10

Facilidades para la transición energético vs rendimiento del sistema



Fuente. Información obtenida del Observatorio energético-Osinergmin (2023)

## 2.2 Matriz energética.

### 2.2.1 Generalidades.

La matriz energética se define como la combinación de las distintas fuentes de energía primaria disponible y usada para satisfacer la demanda energética de una zona geográfica determinada. Para entender el alcance de la definición de matriz energética, conviene detenerse en el concepto de energía primaria. La energía primaria, hace referencia a aquella energía que se encuentra disponible en la naturaleza y que puede ser empleada para su uso energético directo, es decir, sin sufrir modificación física o química alguna, o bien ser transformada en energía secundaria. Así pues, la energía secundaria engloba al conjunto de recursos energéticos que resultan de la transformación física o química de las fuentes de energía primaria, de forma que, tras los procesos pertinentes, los productos finales obtenidos resultan más aptos para el aprovechamiento energético. (Roa, 2018)

La demanda energética a la que se hace mención en la definición de matriz energética incluye tanto la generación de electricidad como el aprovisionamiento de combustibles para el transporte, para el desarrollo de procesos industriales o para

usos térmicos en la industria y en los hogares. Conviene, por tanto, no confundir el concepto de matriz energética con el de matriz eléctrica, ya que el segundo hace referencia a la combinación de las distintas fuentes de energía, (combustibles fósiles, energía nuclear, hidroeléctrica u otras fuentes de energías renovables no convencionales) que se consumen para generar electricidad, la cual, como ya se ha comentado anteriormente, no es más que uno de los varios vectores energéticos que la matriz energética engloba (Roa,2018)

La matriz energética eléctrica hace referencia a la composición de fuentes de energía primaria y secundaria utilizadas para generar electricidad en un espacio geográfico determinado. Es decir, que expresa de forma cualitativa (tipo de generación eléctrica) y cuantitativa (en qué cantidad y proporción) el conjunto de recursos naturales y modificados afectados de forma directa en la obtención de la energía eléctrica, independientemente del origen (nacional o importado) de esos bienes y del destino del uso y consumo de la electricidad generada. (Furlan, 2015)

La definición de la matriz energética eléctrica está atravesada por la relación entre el uso real y el uso potencial de las fuentes de energía. Ello la convierte en una plataforma sintética y eficaz de valoración de las acciones y resultados en la óptica del manejo integral de la energía, dado que permite identificar e inferir mediante el contraste entre lo existente y lo utilizado (y sus modos diferenciales de aprovechamiento) diversas situaciones de desarrollo signadas por grados de sub- o sobre explotación, dependencia o autonomía, atraso o avance tecnológico, entre otras formas de polarización. (Furlan, 2015)

### 2.2.2 Características.

La seguridad en la generación y el suministro de energía es un aspecto fundamental para el desarrollo económico y social de los países, por lo que debe ser considerado estratégico para la economía nacional. El conocimiento y análisis de la matriz energética es un elemento básico para la planificación y aseguramiento del abastecimiento energético. La demanda de energía también procede de la producción de bienes y está determinada por la composición del sector productivo

la cual evoluciona conforme una economía pasa por distintas etapas de desarrollo. En la primera fase de crecimiento económico cuando la industria pasa a jugar un rol más importante sustituyendo a los sectores primarios (agricultura, pesquerías y silvicultura), crece la demanda de energía al requerirse mayores cantidades para la industrialización y producción de bienes y servicios. Si la economía continúa su crecimiento, eventualmente la industria perderá protagonismo en el consumo de energía y la participación creciente se ubicará en el sector servicios. (Vinueza, 2015)

El Estado es uno de los actores más importantes en la conducción del vínculo entre la energía y el desarrollo sostenible en el país y desde su visión, para el sector energético en particular, el desarrollo sostenible tiene como objetivos de política contar con una matriz energética diversificada que se sustente en el uso de las energías renovables y la eficiencia energética en toda la cadena productiva y de consumo; que tenga un mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono; que contribuya al fortalecimiento de la institucionalidad así como a la seguridad energética (autosuficiencia productiva de los energéticos, desarrollo de la industria del gas e integración a los mercados de la región), cada uno complementado con diversos lineamientos. (Machicao & Olazábal, 2013)

Se entiende por energía primaria aquella obtenida de fuentes en su estado natural, es decir, que no han sufrido ningún tipo de transformación física o química mediante la intervención humana. Se pueden obtener, por lo tanto, desde la naturaleza, ya sea; en forma directa, como la energía hidráulica, solar, leña y otros combustibles vegetales; o después de un proceso de extracción, como el petróleo, carbón mineral y geo-energía, entre otras. Una matriz energética primaria, por tanto, muestra la participación que tienen los energéticos capturados directamente de recursos naturales en el consumo total, dando cuenta de cómo se comporta la demanda por energía en un instante determinado. (García, 2021)

Por otra parte, la energía secundaria corresponde a los productos energéticos que se obtienen mediante la transformación de energía de origen primario o de otras

fuentes secundarias. Así, el Ministerio de Energía clasifica las fuentes de energía secundaria consideradas para el balance energético según su fuente primaria de origen, siendo las siguientes: electricidad, productos petroleros secundarios, derivados de carbón, derivados de biomasa o bio-combustibles. La matriz secundaria, por tanto, da cuenta de la participación que tienen los energéticos en el consumo final de energía, incluyendo tanto los energéticos producidos a partir de la transformación de los primarios, como también aquellos que pueden ser objeto de consumo final, como es el caso del gas natural y la biomasa. (García, 2021)

### 2.3 Recursos energéticos renovables.

#### 2.3.1 Definiciones.

Se denomina Energía Renovable al recurso natural que, a partir de fuentes de energía primaria considerada inagotable, debido a inmensa reserva disponible de energía que contiene o por la capacidad de poder regenerarse por medio natural. Teniendo en cuenta su nivel de desarrollo tecnológico y al nivel de penetración en la matriz energética de los países. Las Energías Renovables se clasifican en Renovables No Convencionales y Renovables Convencionales. En la primera clasificación están consideradas las grandes centrales hidroeléctrica con una potencia superior a 20 MW; mientras que en la segunda clasificación se ubican las centras eólicas, solares fotovoltaicos, solares Fototérmicas, geotérmicas, undimotrices, mareomotrices, de biomasa y las centrales hidroeléctricas de hasta una potencia de 20 MW. (Muñoz, 2020)

Desde el inicio de la promoción a las RER, más aún en el proceso de subasta, se estaba en incertidumbre si este tipo de tecnología iban a remunerar potencia firme, hasta que por Decreto Supremo N°012-2011-EM que modificó el Artículo 110 del RLCE; estableciendo que: Para las centrales RER que utilizan tecnología eólica, solar o mareomotriz, la Potencia Firme es igual a cero (0). Hasta ese momento, el Reglamento RER al establecer las condiciones para la adjudicación de la prima se refiere solo una vez a los “no adjudicatarios” y señala que estos “pueden vender parte o la totalidad de su producción de energía eléctrica a precio libremente contratado con terceros o en el Mercado de Corto Plazo”. Con el Reglamento

vigente, hasta ese momento, se eliminó toda posibilidad de reconocimiento de algún ingreso por potencia a la generación eólica, por cuanto se estableció que se aplicaría lo establecido en el Reglamento de la LCE que ha sido expresamente modificado para establecer que en el caso de la generación eólica se asume cero (0) como potencia firme. (Meza, 2021)

El marco institucional de las RER en el Perú tiene la siguiente estructura:

El Ministerio de energía y minas tiene las siguientes actividades:

- Promover los proyectos que empleen recursos energéticos renovables.
- Elaborar el Plan Nacional para el uso de Energías Renovables.
- Definir los requerimientos de energía para las subastas, elaborando y aprobando las bases de la subasta y firma de los contratos resultantes de la subasta. (Vásquez et al., 2017)

Osinermin: Tiene la actividad de conducir la subasta, fijar los precios máximos, supervisar los contratos resultantes de la subasta, liquidar los ingresos de los generadores RER y fijar el valor de la prima de energía.

COES: Coordinar la operación del SEIN al mínimo costo, preservando la seguridad del sistema, coordinando el mejor uso de los recursos energéticos y administrando el mercado a corto plazo.

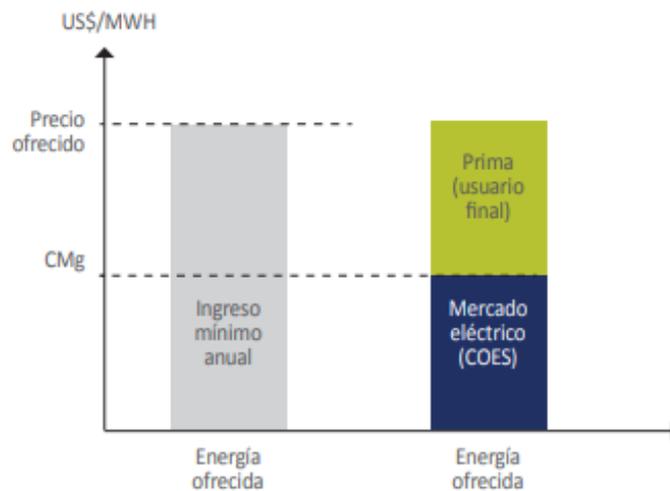
Concytec: Implementar mecanismos y elaborar acciones que implique el desarrollo de proyectos de investigación referente a energías renovables. (Vásquez et al., 2017)

El Artículo 5° del DL 1002 y el 19° del Reglamento RER establecen que al Generador RER Adjudicatario de un proceso de licitación, se le deberá remunerar por dos conceptos: i) según la valorización de sus inyecciones netas realizadas de energía a Costo Marginal de Corto Plazo, y ii) adjudicarle un monto por concepto de Prima, determinándose a través de la diferencia entre la valorización de sus inyecciones netas de energía a la correspondiente. Tarifa de Adjudicación de la licitación y la valorización referida en i). Así mismo el Artículo 7° del DL 1002 y el Artículo 21° del Reglamento RER disponen que OSINERGMIN establece que

cada año un Cargo por Prima que pagarán los usuarios a través del Peaje por Conexión, el cual se calculara sobre la base de la Prima de Energía normado por el Artículo 19°. (Acosta & Palacios, 2022)

Figura 11

Esquema de liquidación RER



Fuente. Información obtenida de Vásquez, Tamayo y Salvador (2017)

### 2.3.2 Subastas RER.

En el sector eléctrico, los términos licitación y subasta suelen utilizarse indistintamente para llevar a cabo procesos que permitan adquirir determinados productos dentro de los cuales se cuentan el suministro de energía o potencia. En ese contexto, cabe realizar una revisión de los diferentes tipos de subastas a efectos de identificar aquellos que son utilizados en las licitaciones de suministro de energía. Existen diferentes tipos de subastas que se diferencian en su diseño y metodología para obtener el precio de cierre o despeje. En el mercado eléctrico a nivel internacional, se utilizan todos los tipos de subastas que se describen a continuación; la más usada es la subasta inglesa. (Olivares, 2020)

**Subasta inglesa:** Los compradores van emitiendo ofertas en orden ascendente de precios, la subasta termina cuando ningún comprador puede superar el precio del último ofertante, y este adquiere el bien. En este tipo de subasta existe asimetría de

información, porque cada participante conoce cuánto valora el bien, pero desconoce la valoración de sus rivales; por su lado, el vendedor desconoce cuánto están dispuestos a ofrecer los compradores, pero puede especificar un precio de reserva, debajo del cual el bien no será vendido. (Olivares, 2020)

Subasta holandesa: El vendedor va anunciando diferentes precios en orden descendente, parte de un precio elevado y va reduciendo hasta que el precio es lo suficientemente bajo para que alguno de los compradores lo acepte, gane la subasta y compre el bien. Al igual que la subasta inglesa, existe asimetría de información, pero se diferencia en que los agentes no pueden ir obteniendo información a medida que la subasta avanza. En este tipo de subasta, el vendedor especifica un precio de reserva, el cual determina el precio mínimo al que está dispuesto a vender. Subasta de primer precio: Es uno de los mecanismos más usados. Se le conoce como la subasta a sobre cerrado. Cada comprador puede realizar solamente una oferta que formula al mismo tiempo que los demás, sin saber qué han ofertado estos. El bien se adjudica a la oferta más alta, siendo el precio de venta el precio de la oferta. (Olivares, 2020)

Subasta del reloj descendente: Este tipo de subasta establece un procedimiento en el cual los vendedores tienen la oportunidad de reflejar mejores precios entre rondas y ajustar sus estrategias con la información obtenida de las rondas previas. La subasta comienza con un precio  $P_1$ , al cual todos los vendedores están dispuestos a ofrecer determinada cantidad. Si los vendedores ofrecen una cantidad tal que al totalizar la oferta excede la demanda, el precio es reducido a un precio  $P_2$  ante el cual los vendedores ofrecen sus cantidades deseadas ante esta nueva expectativa de precio. El proceso continúa bajando los precios hasta que la oferta sea igual a la demanda. En este tipo de subastas es importante modular adecuadamente los decrementos de precios, pues pasos grandes conlleva a que la subasta concluya en pocas rondas generando potencialmente ineficiencias. (Olivares, 2020)

### 2.3.3 Centrales solares fotovoltaicas.

En el Perú, en las regiones del sur y zonas andinas, se tiene un gran potencial solar que permite ser viable y confiable la operación de centrales solares fotovoltaicas, las plantas solares de generación de energía se encuentran concentrados en los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna. En el Atlas de Energía Solar del Perú del 2003 indica un potencial de energía solar promedio diario de  $5,2 \text{ kW.h/m}^2$ , además la radiación solar anual en la sierra y costa sur varía entre  $5,0$  a  $7.5 \text{ kW.h/m}^2$ , en la costa y selva de entre  $4,5$  a  $5,0 \text{ kW.h/m}^2$ . (Zanabria, 2019)

La generación de energía a través del sol tiene un valor equivalente a  $1 \text{ kW/m}^2$ . Así en un día cualquiera del año, en una región determinada, se ha medido un valor de  $5 \text{ kW.h/m}^2$ , se puede afirmar que se ha recibido 5 horas pico, es decir,  $5 \text{ h} \times 1 \text{ kW} = 5 \text{ kW.h/m}^2$ . En el Atlas de Energía Solar se presenta el mapa de radiación para el departamento de Moquegua, sobre la base de colores, se determina la radiación solar incidente en diferentes meses del año. Para el mes de noviembre la radiación o energía solar media diaria es  $7,5 \text{ kW.h/m}^2$ , esto corresponde a 7,5 horas pico. Esta información ha sido de vital importancia para las empresas concesionarias que han puesto en operación las centrales solares fotovoltaicas en el país. (Zanabria, 2019)

En invierno (mayo-agosto), las horas de sol promedio es de 6 horas (horas pico), entre las 10:00 hasta las 16:00 horas, mientras que, en las estaciones de primavera y verano, esta región recibe 7 a 8 horas pico, lo cual permite a los paneles solares excelentes condiciones para la generación de energía eléctrica. Esta información ha permitido en el Perú la convocatoria y adjudicación de subastas internacionales de un total de  $220,5 \text{ MW}$  de potencia; siendo la central solar fotovoltaica de mayor capacidad el proyecto RUBI, adjudicado en la cuarta subasta con una potencia de  $180 \text{ MWp}$ , para obtener esta potencia, los paneles deben recibir una radiación solar de un número determinado de horas pico (dependiendo de la estación y la zona geográfica) y las células fotovoltaicas deberá encontrarse a un temperatura promedio de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  y con un valor de  $AM=1,5$  (transparencia de la atmósfera). (Zanabria, 2019)

La tecnología que se utiliza para el empleo del recurso solar son los sistemas fotovoltaicos el componente principal es el panel fotovoltaico); los sistemas tecnológicos foto-térmicos (colectores y concentradores solares) representan otro tipo de tecnología de aprovechamiento, el cual se emplea en el calentamiento de agua, cocción de alimentos, proceso de deshidratación, confort térmico, generación de vapor para usos productivos, generación de energía eléctrica, etc., todo ello, según las características geográficas del lugar y los requerimientos energéticos de los usuarios, y las tecnologías híbridas que pueden usar una combinación de fuentes renovables (solar y eólica) o renovable con combustibles fósiles para asegurar la continuidad de la provisión de la energía eléctrica o térmica. (Gamio & Vásquez, 2018)

La energía solar es una de las tecnologías que más se ha desarrollado en los últimos años con los nuevos materiales y además ha presentado una reducción muy significativa en sus costos de adquisición (80%). En lugares con poblaciones de bajos recursos económicos, las micro-redes de generación compuesta por un conjunto de paneles solares con mayor capacidad de generación instalada, reduciendo el costo por potencia consumida en economías de escala, y del mismo modo puede abastecer a toda una pequeña zona aislada, la cual por sistemas convencionales es costoso el suministro de energía eléctrica. (Gamio & Vásquez, 2018)

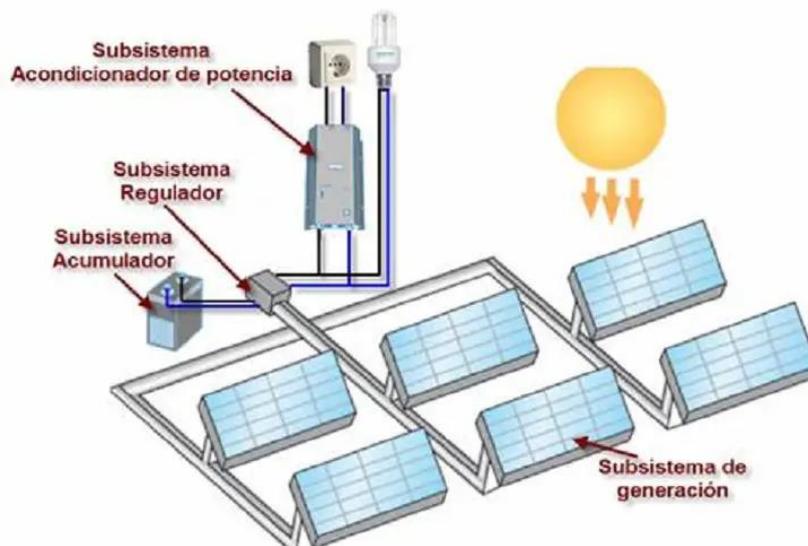
La energía solar es una tecnología de generación del tipo modular, el cual está formado por un conjunto de paneles fotovoltaicos que puede incrementarse para aumentar su nivel potencia de generación. Debido a la creciente demanda del mercado se proyecta el requerimiento de personal capacitado en montaje de sistemas electromecánicos con conocimientos de energía solar; por lo tanto, se prevé el requerimiento de personal capacitado para poder satisfacer la decreciente demanda de instalación de paneles solares, a largo plazo, por cada 20 GW instalados se crearían un millón de empleos. (Muñoz, 2020)

Tecnología solar fotovoltaica: Se basa en la transformación de la radiación solar en energía eléctrica, utiliza materiales semiconductores como las células fotovoltaicas fabricadas de silicio. Las partículas de la luz del Sol, llamadas fotones, impactan sobre las caras de la célula fotovoltaica generando el movimiento de electrones. Este fenómeno se conoce como efecto fotoeléctrico. Los paneles solares están conformados por un conjunto de células fotovoltaicas iguales, conectados en serie o en paralelo, que producen electricidad en corriente continua. (Garay, 2022)

La electricidad producida por un sistema fotovoltaico es función del número de horas sol que incide sobre el panel solar, también depende del número de módulos instalados en la central de generación, la orientación, inclinación, la radiación solar incidente, la tecnología de la instalación y la potencia de diseño de la instalación. Las celdas fotovoltaicas son dispositivos que aprovecha la radiación solar y son elementos capaces de generar energía eléctrica. Las celdas deben estar confeccionadas con materiales semiconductores, siendo el principal el silicio, también germanio, entre otros materiales en menor proporción. (Menna, 2019)

Figura 12

Esquema de generación de energía con central solar fotovoltaica



Fuente. Información obtenida de Menna (2019)

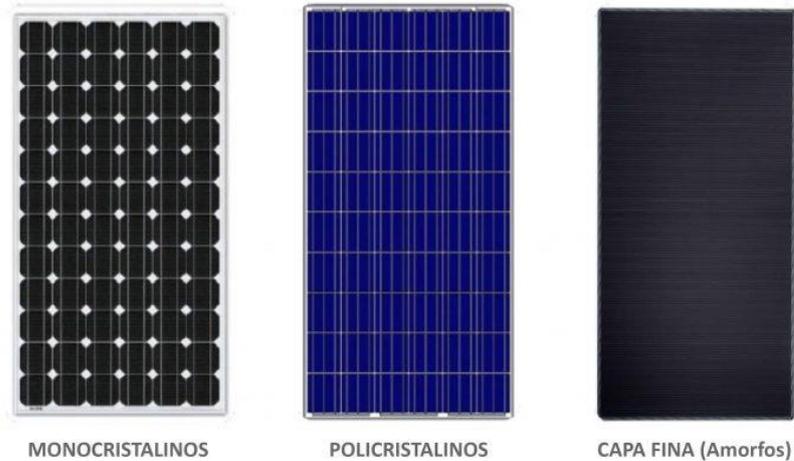
Los paneles solares están formados por un conjunto de células fotovoltaicas de dimensiones específicas y ubicadas en un área determinada. Estas células son dispositivos electrónicos que permiten transformar la energía luminosa en energía eléctrica. De acuerdo a sus propiedades, los materiales que se utilizan en la fabricación de las células son principalmente el silicio o el germanio, que a la exposición de la luz solar generan una tensión entre sus contactos. Cada célula genera una tensión, cuando están conectadas en serie elevan la tensión total generada por el panel a 12 o 24 v. (Ismael, 2021)

Tipos de células fotovoltaicas:

- Células monocristalinas: Tiene una estructura compuesta por un monocristal, ordenada, cuyo comportamiento uniforme lo convierte en óptimo semiconductor. Son más eficientes que las células policristalinas o amorfas. Son reconocibles por su gran color azulado. Originalmente el proceso de producción requería de mucha energía, lo que los hacía costosos. En la actualidad se han reducido notablemente los costos de producción, haciéndolas más competitivas. (Ismael, 2021)
- Células policristalinas: Tienen una estructura compuesta por granos cristalinos, esto permite que tengan una estructura ordenada por regiones, debido a las irregulares en las fronteras cristalinas disminuyen su rendimiento. Son reconocibles por sus diferentes tonos de azules.
- Células de Silicio Amorfo: Tiene una estructura cristalina mixta, con alto grado de desorden de átomos, contiene un gran número de defectos, lo que disminuye la eficiencia de conversión. Tienen valores más bajos de eficiencia entre los diferentes tipos. (Ismael, 2021)

Figura 13

Tipos de paneles solares



Fuente. Información obtenida de Tritec (2022)

La eficiencia de los paneles solares ha mejorado en los últimos años, la conversión de luz solar a energía utilizable, de un promedio del 15 % ha pasado al 20 %. Los de alta eficiencia pueden alcanzar casi un 23 %. La potencia nominal de un panel de tamaño estándar se ha incrementado de 250 W a 370 W. La eficiencia del panel solar está determinada por la eficiencia de la célula fotovoltaica y por la eficiencia total del panel que considera el tipo, la disposición y el tamaño de la célula. Una manera de conocer la eficiencia en los paneles solares es conociendo el índice de eficiencia del fabricante, que está basado en condiciones de prueba estándar y proporciona una indicación confiable del rendimiento. (Enel X, 2023)

Células PERC (Passivated Emitter Rear Cell): Esta tecnología ha logrado aumentar la eficiencia de los paneles solares (17-21%). Para su funcionamiento se utiliza tres capas con propiedades eléctricas diferentes: una capa exterior de silicio en contacto directo con la radiación solar, una capa intermedia o capa base de silicio, y una capa interior de aluminio BSF (Back Surface Field) que absorbe la radiación infrarroja que atraviesa las capas anteriores. (Cambio Energético, 2022)

La tecnología PERC, en sus células fotovoltaicas tiene una lámina entre capa intermedia y la capa inferior, tiene la propiedad de ser reflectante y tiene la función

de evitar que los electrones de luz infrarroja penetren hasta la capa inferior de aluminio, donde se absorberían. Así, la capa PERC los rebota hacia las capas superiores, generando mayor cantidad de electricidad y, a la vez, mayor potencia (llegando a superar los 300W en algunos modelos de 60 células), lo que es útil durante las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde o en días de cielo nublado. (Cambio Energético, 2022)

Los módulos fotovoltaicos bifaciales, se diseñan para de producir energía utilizando las dos caras del panel. Los paneles bifaciales, aprovechan la radiación solar directa y también a la reflejada, esto produce un incremento del uso de la energía solar y genera un aumento en la producción energética. Se debe considerar ciertos factores como la instalación de los módulos, superficies reflectantes o de colores claros, el ángulo de inclinación o la altura de la instalación, entre otros. (Cambio Energético, 2022)

Figura 14

Panel solar bifacial



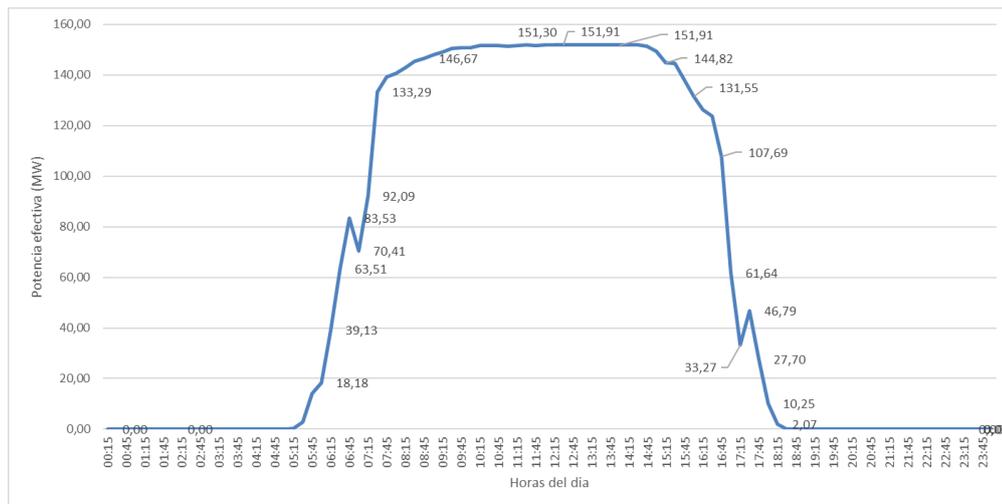
Fuente. Información obtenida de Ecoinventos (2022)

La generación de módulos fotovoltaicos LG, como los NeON R o los NeON 2 (que incluyen un modelo bifacial) tienen un alto rendimiento energético. El módulo NeON R (60 células), tiene placas solares de 60 células que carecen de electrodos en su parte frontal, aumentando así la superficie útil de cada panel y ofreciendo un porcentaje de rendimiento que llega al 21.4% (370W). Los NeON 2 y NeON 2

Black tienen un 19.6% de eficiencia (330W) en sus módulos estándar de 60 células, merced a que incorporan la tecnología Cello, el cual sustituye las barras colectoras de energía convencionales por 12 alambres circulares que permiten dispersar más fácilmente la luz solar a todo el módulo y reducir las fugas de electricidad. (Cambio Energético, 2022)

Figura 15

Diagrama de carga de Central Solar Rubi-04.12.2021



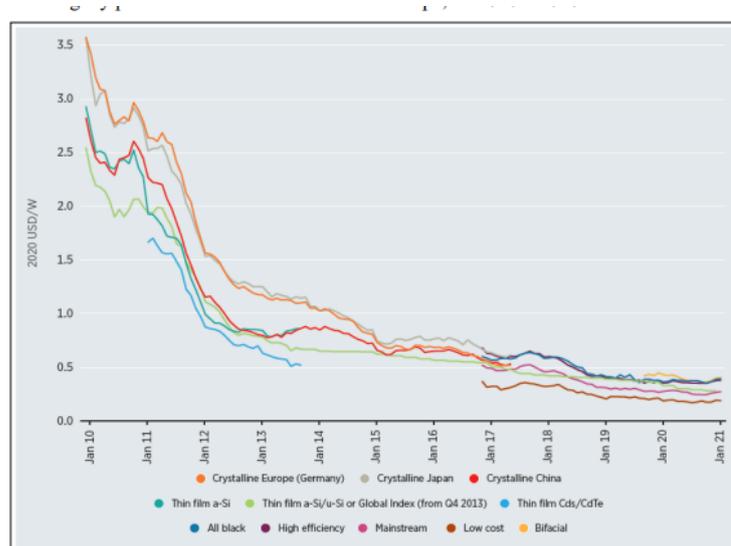
Fuente: Información obtenida de Gutiérrez y Palacios (2022)

El costo de generación de energía eléctrica utilizando energía solar ha ido disminuyendo, debido al avance de la tecnología de producción de las celdas, el aumento de la demanda, y el número de empresas manufactureras y ensambladoras de paneles solares (Muñoz, 2020). En Europa los módulos de silicio cristalino, del año 2009 al 2020, los precios disminuyeron entre un 89 % y un 85 %, en este periodo la reducción del costo promedio ponderado fue del orden del 93%. Para los años 2019 y 2020, el precio promedio anual de los módulos disminuyó entre un 5% y un 15% para los módulos cristalinos. (Banquerizo et al., 2022)

En cuanto al precio por vatio, en diciembre del 2020 los módulos convencionales tuvieron un costo de 0,27 USD / vatio (W), sin embargo, existe una variabilidad de precios que se relacionan con la tecnología del módulo. Se tiene costos desde USD 0,19 / W hasta de USD 0,38 a USD 0,40 / W para los módulos de alta eficiencia, todos negros y bifaciales. (Banquerizo et al., 2022)

Figura 16

Precios medios mensuales de los módulos solares fotovoltaicos por tecnología y país de fabricación vendidos en Europa, de 2010 a 2020



Fuente. Información obtenida de Baquerizo, Canchari, Polo y Poma (2022)

En lo respecta a los Objetivos de Desarrollo Sostenible por la Organización de las Naciones Unidas, el objetivo Energía Asequible y No contaminante y Acción por el Clima se relaciona con los RER, una planta solar tiene impacto al medio ambiente, mejora la calidad del aire, contribuye a la reducción de la huella de carbono y disminuye las emisiones de GEI. Las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de potencia generada es menor que los emitidos por los recursos energéticos no renovables. Y no solo la energía solar fotovoltaica, sino todas aquellas fuentes de energía renovable presentan emisiones que llegan a ser cerca de 10 a 15 kg CO<sub>2</sub> /GJ. El uso de este tipo de energía para diversos proyectos permite ser responsables con el cuidado de la calidad de aire y la reducción de la huella de carbono generada actualmente, logrando cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. (Muñoz, 2020)

#### 2.3.4 Centrales eólicas.

El Perú cuenta con gran potencial de recurso eólico: en promedio se obtiene entre 8 a 11 m/s de velocidad de viento. Hay zonas costeras que presentan velocidades por encima de los 10 m/s. Los parques eólicos ubicados en la costa norte del país

tienen grandes aerogeneradores que transforman la energía eólica en energía eléctrica y cuentan con una capacidad total que alimentan al SEIN. Por otro parte, también existen instalaciones de aerogeneradores de mediana y pequeña escala con aplicaciones productivas para el bombeo de agua, o para electrificación para usos productivos o domiciliarios. Además, también se cuentan con la tecnología de las aerobombas o «molinos de viento» para generación de energía mecánica para bombeo de agua o usos productivos. (Gamio & Vásquez, 2018)

Un aerogenerador es un dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Las palas de un aerogenerador giran entre 13 y 20 revoluciones por minuto, según su tecnología, a una velocidad constante o bien a velocidad variable, donde la velocidad del rotor varía en función de la velocidad del viento para alcanzar una mayor eficiencia. El viento hace girar las palas, que comienzan a moverse con velocidades de viento de unos 3,5 m/s y proporcionan la máxima potencia con unos 11 m/s. Con vientos muy fuertes (25 m/s) las palas se colocan en bandera y el aerogenerador se frena para evitar tensiones excesivas. Los aerogeneradores tienen una duración promedio de 25 años. El creciente avance de la tecnología del viento ha propiciado el aumento de la durabilidad de los aerogeneradores. (Acciona, 2022)

La capacidad de los aerogeneradores varía depende del modelo. Las potencias nominales: alcanzan los 1 500 kW y 4 000 kW. La potencia nominal es la que genera la máquina cuando opera a máxima potencia. Un aerogenerador AW3000 que funcione durante unas 2 500 horas al año producirá 7 500 MWh de electricidad, En la actualidad, la energía eólica suministra casi el 3% del consumo mundial de electricidad (2,9%). Las expectativas del sector estiman que la capacidad irá en aumento y esta energía renovable es indispensable para la generación de electricidad e impactará en el desarrollo de la sociedad. (Acciona, 2022)

Los parques eólicos se clasifican en tres tipos:

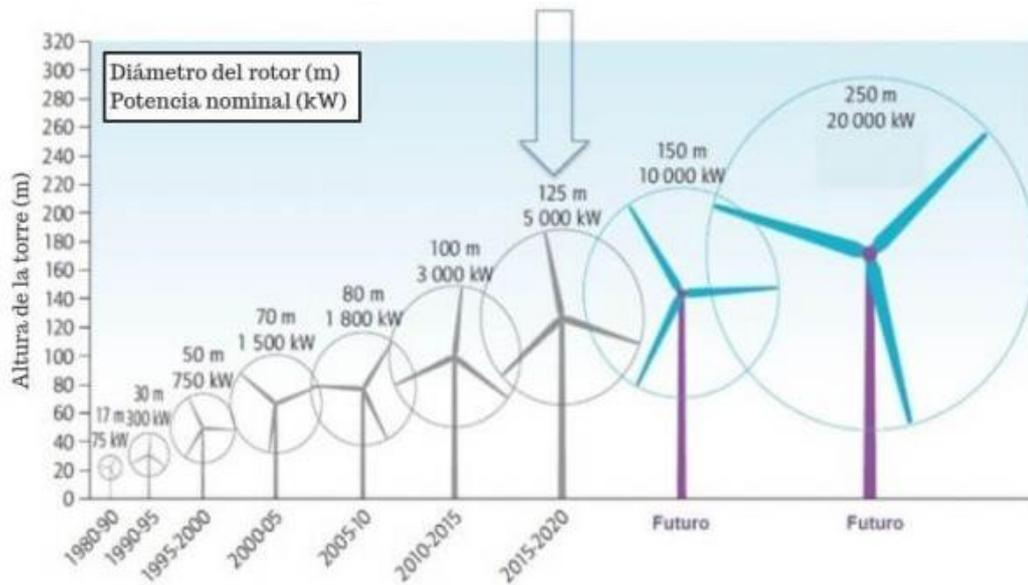
- Parques eólicos on-shore: En la actualidad son los de mayor uso. Se localizan en tierra alrededor de 3 kilómetros de la costa y utilizan las corrientes de aire

terrestre. Tiene la ventaja que su emplazamiento es accesible y se ubican cerca a la red eléctrica.

- Parques eólicos near-shore: Se localizan en tierra, están a menos de 3 kilómetros de la costa. Esta ubicación le permiten aprovechar los vientos terrestres como los vientos del mar para producir energía.
- Parques eólicos off-shore: Se sitúan en el mar a una distancia cercana de la costa. El principal beneficio está en la fuerza del viento que es superior, a menor altura y más regular que los que ubican en la tierra (Repsol, 2023)

Figura 17

Diámetros medio de rotores convencionales



Fuente. Información obtenida de Actitud ecológica (2023)

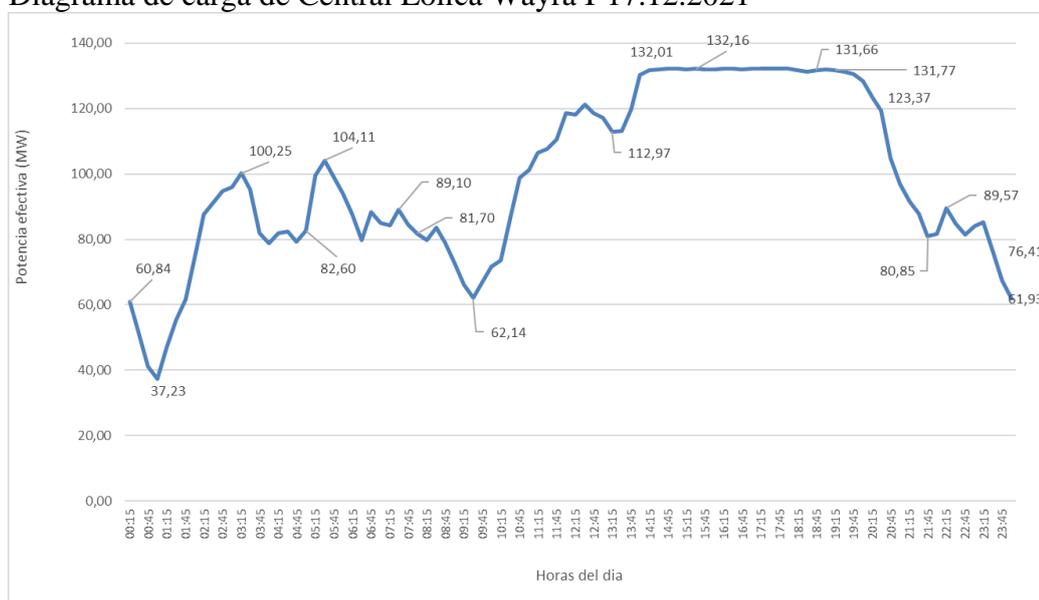
El factor de carga o factor de planta (FC) está relacionado con la capacidad real de un aerogenerador o un parque eólico para generar energía eléctrica. Este definido como la relación entre la energía generada por un aerogenerador, o parque eólico, durante un periodo de tiempo dado y la energía producida en el mismo periodo funcionando continuamente a potencia nominal. (Zanabria, 2019)

El factor de planta para una central eólica se determina según la siguiente ecuación:

$$FP_{CE} = \frac{\text{Energía media anual generada}}{\text{Potencia efectiva} * 8760} * 100 \% \dots (1)$$

Para que un sistema de generación de electricidad (aerogenerador o parque eólico) sea inicialmente económicamente factible, el FC debe ser mayor que el 20 %. Cuando el factor de capacidad de una turbina es de 50 %, es equivalente a decir que un aerogenerador de 1 MW trabajará el 50 % de las 8 760 horas del año, la mitad de horas anuales no genera ninguna potencia como consecuencia de la intermitencia o variabilidad del viento. También se dice que, un aerogenerador de potencia nominal de 1 MW, en las horas de un año, funcionara a un 50% de su potencia nominal. En el Perú, el FC de los aerogeneradores de los parques eólicos es aproximadamente a 50 % (es decir un factor de capacidad de 4.380 horas equivalentes). Con este criterio las empresas diseñan y construyen los parques eólicos. (Zanabria, 2019)

Figura 18  
Diagrama de carga de Central Eólica Wayra I-17.12.2021



Fuente. Información obtenida de Gutiérrez y Palacios (2022)

### 2.3.5 Promoción de las RER.

El desarrollo y uso de las fuentes renovables para la generación de energía eléctrica,

implica una fuerte inversión económica, asociado al uso de tecnología y materiales de última generación, técnicos altamente capacitados, esto repercute en los costos por kW/h generado. Las dificultades técnicas, económicas y los riesgos asociados a su implementación, conlleva a la escasa inversión económica de empresas en la generación de la electricidad utilizando fuentes de energía renovable. Para lograr un desarrollo sostenible de las RER, el gobierno tiene que participar estableciendo las políticas adecuadas para propiciar una mejor inversión en este rubro de generación de electricidad. (Pérez, 2017)

Una de las políticas de incentivo para la generación de energía eléctrica mediante el uso de las RER, ha sido los incentivos fiscales, esto es el crédito fiscal a la inversión y a la producción. Menz & Vachon (2006) afirma que la integración y la aplicación de políticas fiscales posibilitan el desarrollo de las energías renovables, y estas políticas es diferente en cada nación, estado. (Pérez, 2017)

Las políticas públicas relacionadas al sector energético han contribuido al desarrollo de las RER. Así mismo, los diferentes instrumentos establecidos han tenido éxito, sin embargo, es necesario tener en cuenta otras variables como la estabilidad del país, apoyo gubernamental, aceptación social y educación ambiental. También se debe considerar las características geográficas de la zona, debido a que es importante la ubicación, si no se cuenta con el recurso renovable adecuado las posibilidades de desarrollo energético es mínima. (Pérez, 2017)

Desde el aspecto ambiental, la implementación de los RER es importante debido a las implicancias económicas y sociales. El cambio de la producción de energía eléctrica basada en combustibles fósiles a una producción en base a una combinación fósil-RER, proporciona beneficios ambientales, debido a la reducción de las emisiones de GEI, de esta manera la descarbonización tiene consecuencias económicas favorables en el desarrollo de la industria manufacturera y de servicios. (Pérez, 2017)

En Alemania, el año 2000, se da un incentivo a las energías renovables con la aprobación de la Ley de las Energías Renovables (EEG), la cual promovía la electricidad generada por plantas eólicas, fotovoltaicas, de biomasa, por geotermia o en centrales hidroeléctricas garantizando un mejor precio. La característica del sistema de precios estaba basada en: i) fijar administrativamente el valor de las tarifas, ii) realizar una diferenciación según el tipo de energía renovable a la que se lo aplica, la localización del proyecto, y su tamaño de capacidad. También estableció la compra de la energía que se ingrese a la red, además, garantizo que la tasa del precio a la electricidad sería decreciente de manera anual. La combinación de la implementación de una tarifa mínima garantizada, pero con un decrecimiento anual, fue un factor determinante para el desarrollo y el impulso de las energías renovables. (Glave, 2020).

Incorporar la modalidad de licitaciones a largo plazo para la contratación de energía, permitirá el ingreso de centrales RER, centrales fotovoltaicas y eólicas. Para un uso eficiente, se propone establecer tres bloques de horarios. Así de acuerdo al recurso energético, en el segundo bloque el despacho de energía estaría a cargo de las centrales fotovoltaicas, las centrales fotovoltaicas entregarían energía en cualquiera de los bloques considerando su curva de producción y en bloque de horario de punta las otras tecnologías contribuirán para cumplir con la exigencia de potencia firme. (Olivares, 2020)

#### 2.4 Proyecciones.

Las proyecciones se consideran como valorizaciones del desempeño a futuro de variables que se utilizaran en una predicción, se aplican en la selección de un problema y su decisión estará influido por diversos factores. Existen diversas metodologías de proyección para evaluar algunas de las variables de un proyecto, por lo cual en cada método se debe considerar un conjunto de elementos. (Castillo, 2014). En este sentido, Echevarría (2017) refiere que en economía, una proyección es una aseveración sobre el futuro condicionado de determinadas premisas que tienen una probabilidad limitada.

Las características de una proyección son: a) Validez de los resultados: se relaciona con los datos de entrada, b) Elección del método: dependerá de la cantidad y calidad de los antecedentes y de los resultados, c) Precisión: se considera al margen de error en la proyección y está asociado a los costos, d) Sensibilidad: se refiere a la estabilidad del medio para afrontar los posibles cambios, e) Objetividad: La información debe ser válida y oportuna debido a que es el fundamento de la proyección. (Castillo, 2014)

Entre los métodos de proyección, se pueden considerar:

Modelos causales:

Se fundamentan en la suposición de la permanencia de condiciones que intervinieron en el pasado, en el comportamiento de una o más de las variables que se han de proyectar. Tienen como base los antecedentes históricos y el comportamiento estable de las variables de un sistema a evaluar; las más usadas son: El modelo Econométrico, el método de insumo producto o método de los coeficientes técnicos, el modelo de regresión. (Castillo, 2014)

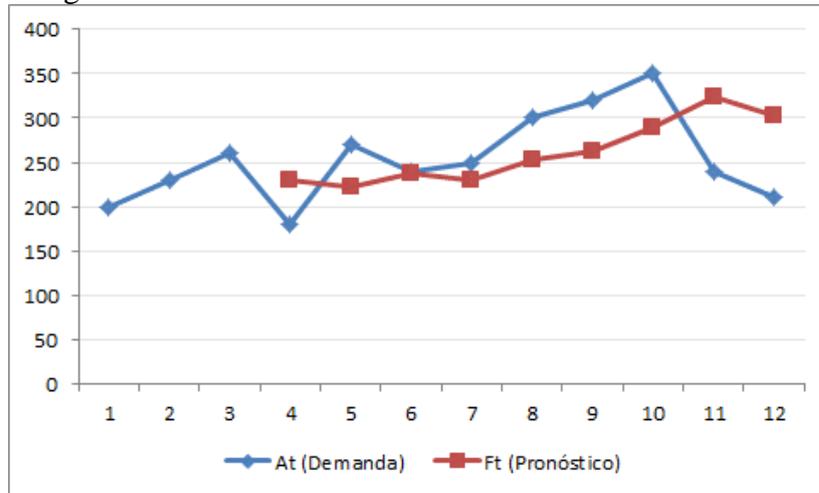
Modelo de serie de tiempo:

Serie de Tiempo se denomina a un conjunto de datos estadísticos que adopta una variable cuantitativa en diferentes etapas del tiempo. El comportamiento de los datos en el tiempo se puede presentar como un ciclo, una tendencia, aleatoria, variaciones estacionales. Las variables se denotan en función del tiempo. Los modelos que se utilizan tienen un enfoque predictivo y las proyecciones se elaboran considerando el desempeño pasado de la variable de interés. (Hurtado y Ríos, 2008)

Media móvil:

Es un indicador técnico que considera los precios de un activo en un período de tiempo dado y los divide entre el número de datos recogidos para proporcionar una línea de tendencia. Contribuye a establecer la dirección de una tendencia y reduce el impacto de la alteración de las variables en estudio. En una serie de tiempo, esta técnica tiene la finalidad de eliminar los componentes accidentales y estacionales. Usa como proyección para el periodo siguiente, el promedio de los “n” valores de los datos más recientes de la serie de tiempo. (Palomino & Pumay, 2014)

Figura 19  
Ejemplo de graficacion con medias móviles



Fuente. Información obtenida de Gestión de operaciones (2022)

Suavizamiento exponencial:

Es un método de promedio móvil ponderado, determina el promedio de una serie de tiempo estableciendo a las demandas recientes mayor ponderación que a las demandas anteriores. Es un método que se caracteriza por ser simple y requiere tres tipos de datos: la demanda del último periodo, el pronóstico del periodo y un parámetro suavizador, alfa, cuyo valor esta entre 0 y 1,0. (Palomino & Pumay, 2014)

Figura 20  
Ejemplo de graficacion de suavizamiento exponencial

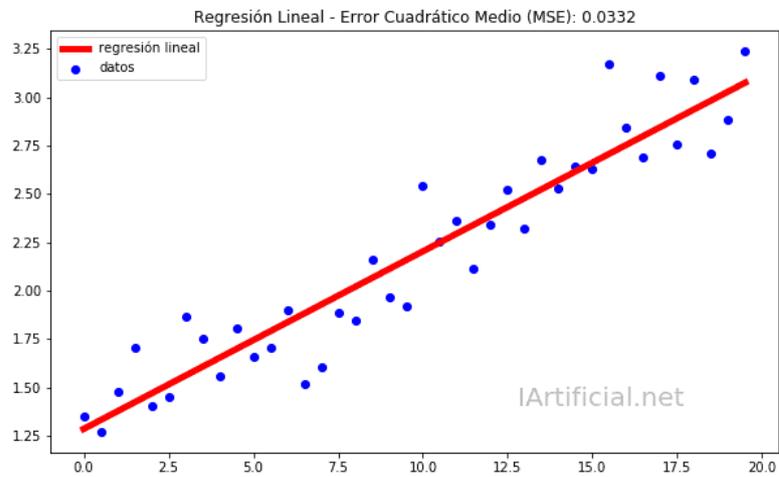


Fuente. Información obtenida de García (2018)

Regresión lineal.

Es una técnica estadística que se utiliza para conocer el efecto que una o varias variables pueden causar sobre otra, e incluso predecir en mayor o menor grado valores en una variable a partir de otra. Los métodos de regresión permiten establecer un modelo lineal, la construcción de estos modelos describen la dependencia entre una variable respuesta o variable dependiente Y y una variable o variables independientes  $X_i$  (Mathworks, 2023)

Figura 21  
Ejemplo de graficación de la regresión lineal



Fuente. Información obtenida por Martínez (2020)

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \varepsilon_i \dots \dots \dots (2)$$

Donde:  $\beta$  representa las estimaciones de parámetros lineales que se deben calcular y  $\varepsilon$  representa los términos del error.

### III. MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 Material:

##### 3.1.1 Inventario de centrales de energía SEIN-Perú.

Tabla 1

Centrales de Generación RER conformantes del SEIN

CENTRAL	PROPIETARIO	POT. EFECTIVO A (MW)	RER	ENERGIA ANUAL GWh
<b>CT Cogeneración Paramonga</b>	AIPSA	13,53	Bagazo	97,75
<b>CT Maple</b>	Agroaurora S.A.C	20,38	Bagazo	
<b>CT San Jacinto</b>	Agroindustrias San Jacinto S. A	8,15	Bagazo	
<b>CT Caña Brava</b>	Bioenergía del Chira S.A.	11,63	Bagazo	
<b>CT Huaycoloro</b>	Petramas S.A.C	4,28	RSU-Metano	28,30
<b>CT La Gringa V</b>	Petramas S.A.C	2,93	RSU-Metano	14,02
<b>CT Doña Catalina</b>	Petramas S.A.C	2,38	RSU-Metano	14,50
<b>CT Callao</b>	Petramas S.A.C	2,35	RSU-Metano	14,50
<b>CS Repartición 20T</b>	Grupo T-Solar Global S.A.	20	Solar	37,44
<b>CS Tacna 20T</b>	Consortio Tacna Solar 20TS	20	Solar	47,2
<b>CS Majes 20T</b>	Grupo T-Solar Global S.A.	20	Solar	37,63
<b>CS Panamericana 20T</b>	Consortio Panamericana	20	Solar	50,68
<b>CS Moquegua FV</b>	Solarparck Corporación Tecnológica S.L.	16	Solar	43
<b>CS Rubí</b>	Enel Green Power	144,48	Solar	415
<b>CS Intipampa</b>	Engie	44,54	Solar	108,40
<b>CS Yarucaya</b>	Colca Solar S.A.C	1,29	Solar	1,1
<b>CE Talara</b>	Energía Eólica S.A	30,86	Viento	119,67
<b>CE Cupisnique</b>	Energía Eólica S. A	83,15	Viento	302,95
<b>CE Marcona</b>	Consortio Cobra Perú	32	Viento	148,38
<b>CE Tres Hermanas</b>	Parque Eólico Tres Hermanas SAC	97,15	Viento	415,76
<b>CE Wayra I</b>	Enel Green Power	132,3	Viento	573,0
<b>CE Dunas</b>	G.R Taruca S.A.C	18,37	Viento	81,0
<b>CE Huambos</b>	G.R Painos S.A.C	18,37	Viento	84,6
<b>CE Punta Lomitas</b>	Engie	260	Viento	
<b>TOTAL</b>		1 024,14		

Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN

Tabla 2

## Centrales Hidroeléctricas conformantes del SEIN

CENTRAL	PROPIETARIO	POTENCIA EFECTIVA(MW)	ENERGIA MEDIA (GWh)	CAUDAL (m3/sg)	
1	Mantaro	ELECTROPERU	678,7	4,598,30	106,00
2	Restitución	ELECTROPERU	219,4	1,493,40	105,11
3	Callahuanca	Enel Generación	84,4	543,7	24,70
4	Huampani	Enel Generación	30,9	213,3	21,19
5	Huinco	Enel Generación	277,9	1,027,30	27,17
6	Matucana	Enel Generación	137	715,7	15,84
7	Moyopampa	Enel Generación	69,2	483,7	19,22
8	Cañón del Pato	Orazul Energy	265,6	1,454,90	75,58
9	Carhuaquero	Orazul Energy	94,5	404,5	21,06
10	Carhuaquero IV	Orazul Energy	10	67,2	2,56
11	Caña Brava	Orazul Energy	5,7	25,5	19,39
12	Cahua	Statkraft	45,4	246,6	24,21
13	Malpaso	Statkraft	48,5	185,2	80,20
14	Oroya	Statkraft	9,1	43,4	6,56
15	Pachachaca	Statkraft	9,7	29,1	6,61
16	Yaupi	Statkraft	113,7	687,7	28,05
17	Gallito Ciego	Statkraft	35,3	84,2	41,11
18	Pariac	Statkraft	4,8	24,8	2,70
19	Misapuquio	Statkraft	3,9	20,1	2,16
20	Cheves	Statkraft	176,4	659,7	33,38
21	San Antonio	Statkraft	0,6	3	2,39
22	San Ignacio	Statkraft	0,4	1,4	2,52
23	Huayllacho	Statkraft	0,2	0,8	0,16
24	Yuncan	Engie	136,7	722,5	29,91
25	Quitaracsá	Engie	117,8	467,7	15,61
26	Platanal	CELEPSA	227,1	864,60	40,70
27	Marañón	CELEPSA	19,9	139,90	26,41
28	Yanango	Chinango	43,1	173,7	20,03
29	Chimay	Chinango	152,3	733,6	80,20
30	Cerro del Águila	Kallpa Generación	564,8	2993,8	234,83
31	MCH Cerro del Águila	Kallpa Generación	10,4	54,9	19,19
32	Santa Teresa	Inland Energy	89,9	648,5	53,07
33	Charcani I	Egasa	1,6	12,3	10,24
34	Charcani II	Egasa	0,6	4,3	6,16
35	Charcani III	Egasa	4,7	35,9	10,10
36	Charcani IV	Egasa	15,4	83,5	15,04
37	Charcani V	Egasa	146,6	506,8	26,20
38	Charcani VI	Egasa	8,9	48,4	14,97
39	Machupichu	Egamsa	168,8	1216,8	55,83
40	San Gabán	San Gaban	115,7	685,4	19,88
41	Curumuy	Sinersa	12,5	53,6	36,00
42	Chancay	Sinersa	20,3	124,2	3,48
43	Poechos I	Sinersa	14,6	61,2	45,00
44	Poechos II	Sinersa	9,6	57	60,91
45	Chaglla	Emp. Generación Huallaga	470,4	1830,5	148,37

46	PCH Chaglla	Emp. Generación Huallaga	6,4	49,7	3,68
47	Huanchor	Hidroeléctrica Huanchor	19,8	127,8	10,93
48	Aricota I	Egesur	22,1	57,3	4,54
49	Aricota II	Egesur	12,2	39	4,58
50	Her I	Enel Generación	0,7	4,7	18,27
51	Patapo	Hydro Patapo	0,9	3,3	6,06
52	Carhuac	Andean Power	20,4	122,3	14,19
53	Zaña	Electro Zaña	13,2	73	6,50
54	El Carmen	Generación Andina	8,6	24,3	4,35
55	8 de agosto	Generación Andina	20,6	94,1	17,55
56	Manta	Peruana de Inversiones en Energías Renovables	20,8	76,4	6,00
57	La Virgen	La Virgen	93,8	379,2	30,45
58	Renovandes H1	Santa Ana	20,9	152	7,57
59	Ángel I	GEPSA	20,1	86,8	8,15
60	Ángel II	GEPSA	20	97,1	8,12
61	Ángel III	GEPSA	20,1	92,4	8,19
62	La Joya	GEPSA	9,1	45,6	8,95
63	Yanapampa	Eléctrica Yanapampa	3,9	17,5	19,87
64	Nueva Imperial	Hidrocañete	4	24,6	7,46
65	Rucuy	Generación Eléctrica Rio Baños	20,3	99,2	3,48
66	Yarucaya	Huaura Power	18,1	112,9	13,48
67	Potrero	Agua azul	20,2	116,3	18,40
68	Pías	Aguas y energía	12	59,3	5,94
69	Purmacana	Atria Energía	1,8	2,7	2,14
70	Canchayllo	Emp. Generación Canchayllo	5,2	27,4	6,96
71	Huanza	Emp. Generación Huanza	98,3	403,3	16,32
72	Runatullo III	Emp. Generación Junin	20	103,5	5,51
73	Runatullo II	Emp. Generación Junin	20	86,9	7,17
74	Pizarras	Eléctrica Rio Doble	19,2	92,1	22,97
75	Santa Rosa I	Eléctrica Santa Rosa	1,2	5,9	5,50
76	Huasahuasi	Hidroeléctrica Santa Cruz	9,9	45,1	6,49
77	Huasahuasi II	Hidroeléctrica Santa Cruz	10	47	6,54
78	Santa Rosa II	Eléctrica Santa Rosa	1,7	10,4	5,00
79	Santa Cruz I	Hidroeléctrica Santa Cruz	6,6	33,8	6,54
80	Santa Cruz II	Hidroeléctrica Santa Cruz	6,5	35,8	6,27
81	Roncador	Maja Energía	3,3	18,1	8,45
TOTAL			5 284,90	27 399,40	

Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN

Tabla 3

Centrales Termoeléctricas conformantes del SEIN

N°	CENTRAL	PROPIETARIO	POT. EFECTIVA (MW)	COMBUSTIBLE	HEAT RATE (Unid/kWh)
1	Turbo Gas Natural Malacas TG6	Enel generación Piura	50,8	Gas Natural	10,330
2	Turbo Gas Natural Malacas 4A	Enel generación Piura	85,1	Gas Natural	12,248
3	Turbo Gas Natural Malacas 4B	Enel generación Piura	29,3	Gas Natural y Agua	12,248
4	Turbo Gas Natural Oquendo	SDF Energía	28,0	Gas Natural	11,048
5	Turbo Gas Natural Santa Rosa UTI 6	Enel generación Perú	55,0	Gas Natural	12,606
6	Turbo Gas Natural Santa Rosa UTI 5	Enel generación Perú	51,2	Gas Natural	12,637
7	Turbo Gas Natural Santa Rosa TG7	Enel generación Perú	110,7	Gas Natural	11,525
8	Turbo Vapor de Shougesa	SHOUGESA	61,2	Residual 500	0,332
9	Grupo Diesel Shougesa	SHOUGESA	1,2	Diesel B5	0,218
10	Turbo Gas Natural Aguaytía TG1	Termoselva	90,1	Gas Natural	11,486
11	Turbo Gas Natural Aguaytía TG2	Termoselva	90,0	Gas Natural	11,497
12	GN CC TG3 Ventanilla (S/f/a)	Enel generación Perú	212,2	Gas Natural	7,076
	GN CC TG3 Ventanilla (c/f/a)	Enel generación Perú	13,3	Gas Natural	7,114
13	GN CC TG4 Ventanilla (S/f/a)	Enel generación Perú	213,4	Gas Natural	7,148
	GN CC TG3 Ventanilla (c/f/a)	Enel generación Perú	14,4	Gas Natural	7,177
14	Turbo Gas Natural santa Rosa TG8	Enel generación Perú	184,9	Gas Natural	10,469
15	GN CC Las Flores	Kallpa generación	324	Gas Natural	6,684
16	Chilina GD N° 1 al 2	Egasa	9,8	Diesel B5	0,223
17	Chilina Turbo gas	Egasa	11,9	Diesel B5-S50	0,374
18	Mollendo 1 GD	Egasa	23,9	Diesel B5-S50	0,202
19	Independencia GD (Ex Calana)	Egesur	23,2	Gas Natural	8,828
20	GN CC Santo Domingo	Termochilca	296,3	Gas Natural	6,835
21	GN CC Kallpa	Kallpa generación	843,3	Gas Natural	6,910
22	GN CC Fénix	FENIX POWER	575,3	Gas Natural	6,617
23	GN CC Chilca 1	Engie	785,6	Gas Natural	6,947
24	GN CC Chilca 2	Engie	114	Gas Natural	6,975
25	Reserva Fría Talara	Enel generación Piura	127,8	Gas Natural	11,486
26	Reserva Fría Ilo	Engie	460,0	Diesel B5-S50	0,231
27	Reserva Fría Puerto Eten	COBRA	223,9	Diesel B5-S50	0,237
28	Nodo Energético Pto. Ilo	Engie	625,3	Diesel B5-S50	0,220
29	Reserva Fría Pucallpa	I&E del Perú	40,2	Diesel B5-S50	0,256

<b>30</b>	Reserva Fría Puerto Maldonado	I&E del Perú	17,7	Diesel B5-S50	0,254
<b>31</b>	Nodo Energético del Sur Puerto Bravo	SAMAY	723,6	Diesel B5-S50	0,235
<b>32</b>	RECKA TG1	Minera Cerro Verde	178,0	Diesel B5-S50	0,238
<b>TOTAL</b>			<b>6 694,6</b>		

Fuente: Información tomada de OSINERGMIN

3.1.2 Cartera de Proyectos de Centrales de Generación de Energía Eléctrica RER con EPOs aprobados por el COES (EPOs = Estudios de preoperatividad aprobados, en proceso de construcción) y con concesión definitiva de construcción.

Tabla 4

Centrales de Generación RER Eólicas con EPOs aprobados y concesión definitiva

<b>CENTRAL</b>	<b>PROPIETARIO</b>	<b>POT. EFECTIVA (MW)</b>	<b>UBICACION</b>	<b>POC Puesta de operación comercial</b>
<b>C.E Wayra Extension</b>	Enel Green Power Perú S.A.	108	Ica	2024
<b>C.E San Juan</b>	Energía Renovable del Sur S.A.	131,1	Ica	2025
<b>C.E Caraveli</b>	Ibereólica Caraveli S.A.C.	219,6	Arequipa	2027
<b>TOTAL</b>			<b>718,7</b>	

Fuente: Información tomada de OSINERGMIN

Tabla 5

Centrales de Generación RER Fotovoltaicas con EPOs aprobados y concesión definitiva

<b>CENTRAL</b>	<b>PROPIETARIO</b>	<b>POT. EFECTIVA (MW)</b>	<b>UBICACION</b>	<b>POC Puesta de operación comercial</b>
<b>C.S Continua Pichu Pichu</b>	CSF Continua Pichu S.A.C	60	Arequipa	2025
<b>C.S Continua Chachani</b>	CSF Continua Chachani S.A.C	100	Arequipa	2025
<b>C.S Continua Misti</b>	CSF Continua Misti S.A.C	300	Arequipa	2025
<b>C.S Clemesi</b>	Enel Green Power Perú S.A.	114,3	Moquegua	2024
<b>C.S Illa</b>	Energía Renovable La Joya S.A.	385	Arequipa	2026
<b>TOTAL</b>			<b>959,3</b>	

Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN

3.1.3 Cartera de Proyectos de Centrales de Generación de Energía Eléctrica RER con EPOs aprobados por el COES (EPOs = Estudios de preoperatividad aprobados, en proceso de construcción) y sin concesión definitiva de construcción.

Tabla 6

Centrales de Generación RER Eólicas con EPOs aprobados y sin concesión definitiva

<b>CENTRAL</b>	<b>PROPIETARIO</b>	<b>POT. EFECTIVA (MW)</b>	<b>UBICACION</b>	<b>POC Puesta de operación comercial</b>
<b>C.E Bayobar</b>	Fenix Power	250	Piura	2026
<b>C.E Jose Quiñóñez</b>	Invenergy Peru Wind S.R.L.	151,4	Lambayeque	2027
<b>C.E La Espinoza</b>	Sechin Empresa De Generación Eléctrica S.A.	474,6	Piura	2027
<b>C.E Cerro Chocan</b>	Norwind S.A.C.	422,4	Piura	2027
<b>C.E Huascar</b>	Zeus Energía S.A.C.	300	Piura	2028
<b>C.E Gurango</b>	SL Energy S.A.C.	330	Ica	2027
<b>C.E Samaca</b>	Empresa De Generación Eléctrica Las Salinas S.A.	168	Ica	2028
<b>C.E Ampliación Punta Lomitas</b>	Engie Energía Perú S.A.	192,2	Ica	2027
<b>C.E Caraveli</b>	Ibereolica Caraveli S.A.C.	219,6	Arequipa	2029
<b>C.E Pacifico</b>	Ibereólica Caraveli S.A.C.	214,8	Arequipa	2026
<b>C.E Colorado</b>	Grenergy Perú S.A.C.	180	Ancash	2028
<b>C.E Ciclon</b>	IGNIS Partners S.L.	401,5	Lambayeque	2029
<b>C.E Naira I</b>	Gr Huambos S.A.C.	19,8	Cajamarca	2028
<b>C.E Vientos Negritos</b>	Lader Energy Chile SPA	150	Piura	2027
<b>C.E Rosa</b>	IGNIS Partners S.L.	400	Lambayeque	2029
<b>C.E Quercus</b>	IGNIS Partners S.L.	452	Lambayeque	2030
<b>C.E Vientos de Mochica</b>	Blaud Energy Perú S.A.C.	220	Lambayeque	2029
<b>C.E Muyu</b>	Enel Green Power Perú S.A.	217	Arequipa	2027
<b>C.E Uma</b>	Engie	36,4	Ica	2027
<b>TOTAL</b>		<b>4 569,7</b>		

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

Tabla 7

Centrales de Generación RER Fotovoltaicas con EPOs aprobados y sin concesión definitiva

<b>CENTRAL</b>	<b>PROPIETARIO</b>	<b>POT. EFECTIVA (MW)</b>	<b>UBICACION</b>	<b>POC Puesta de operación comercial</b>
<b>C.S Matarani</b>	GR Cortarrama S.A.C.	80	Arequipa	2026
<b>C.S San José</b>	Seguridad Tecnológicas S.A.C.	179,5	Arequipa	2026
<b>C.S Lupi</b>	GR Vale S.A.C.	150	Moquegua	2026
<b>C.S Alto del Alianza I</b>	Atria Energía S.A.C.	300	Tacna	2027
<b>C.S Alto del Alianza II</b>	Atria Energía S.A.C.	300	Moquegua	2027
<b>C.S San Martin</b>	Joya Solar S.A.C.	252,4	Arequipa	2026
<b>C.S Yuramayo</b>	Empresa de Generación Eléctrica Yuramayo	245	Arequipa	2026
<b>C.S Sunilo</b>	Enel Green Power Perú S.A.C.	120	Moquegua	2027
<b>C.S Huarajone</b>	Continua Energía Positivas S.A.C.	200	Puno	2026
<b>C.S Santa Isabel II</b>	Prodiel Perú S.A.	100	Tacna	2026
<b>C.S Illari Sur</b>	Enel Green Power Peru S.A.	311,6	Arequipa	2027
<b>C.S Illari Norte</b>	Enel Green Power Peru S.A.	112,2	Arequipa	2026
<b>C.S Solimana</b>	Celepsa	250	Arequipa	2027
<b>C.S Sunny</b>	Kallpa Generación	204	Arequipa	2027
<b>C.S Sol de Verano I</b>	Majes Sol de Verano S.A.C.	45,3	Arequipa	2027
<b>C.S Andino Piura</b>	Inarco Perú	200	Piura	2027
<b>C.S Ruta del Sol</b>	Enel Green Power S.A.	307,7	Moquegua	2027
<b>C.S Ruphay</b>	Engie	118,7	Arequipa	2027
<b>C.S Hanagpampa</b>	Engie	300,1	Moquegua	2027
<b>TOTAL</b>		<b>3 776,5</b>		

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

3.1.4 Cartera de Proyectos aprobados con centrales hidroeléctricas.

Tabla 8

Centrales de Generación Hidroeléctrica aprobados

<b>CENTRAL</b>	<b>PROPIETARIO</b>	<b>POT. EFECTIVA (MW)</b>	<b>UBICACION</b>	<b>POC Puesta de operación comercial</b>
<b>CH Santa Lorenza</b>	Corporación minera Perú S.A.	18,7	Ancash	2026
<b>CH Cola I</b>	Hidroeléctrica Cola I S.A.	13,1		2026
<b>CH Centauro I-III</b>	Corporación minera Perú S.A.	25	Ancash	2025
<b>CH Shima</b>	Energía Hidro S.A.C.	5	San Martin	2025
<b>C.H. Huatziroki</b>	Empresa Generación Hidráulica Selva S. A	11,1	Junin	2024
<b>CH Pucara</b>	Empresa de generación hidroeléctrica del Cusco S.A.	178	Cuzco	2026
<b>CH Velo</b>	Compañía energética del centro S.A.C.	180	Huánuco	2025
<b>CH Viroc</b>	Amazonas Generación S.A.	13	Lima	2024
<b>CH Huallin</b>	Asociación Santa Lucía de Chacas	6	Ancash	2027
<b>CH Cola I</b>	Hidroeléctrica Cola I S.A.	13,1	La libertad	2025
<b>CH Nueva Esperanza</b>	Nueva Esperanza Energy S.A.C.	9	Huánuco	2025
<b>CH Cativen I-II</b>	Compañía minera Poderosa S.A.	30	La libertad	2024
<b>CH Tarucani</b>	Tarucani Generating Company S.A.	9	Arequipa	2026
<b>CH Molloco</b>	Generadora eléctrica Molloco S.A.C. - GEMSAC	280	Arequipa	2027
<b>CH Olmos</b>	SINERSA	51	Lambayeque	2026
<b>CH Laguna Azul</b>	CH Mamacochoa S.R.L	20	Arequipa	2025
<b>CH Karpa</b>	Hidroeléctrica Karpa S.A.C	19	Huánuco	2025
<b>C.H. Hydrika 1</b>	Hydrika 1 S.A.C.	6,6	Ancash	2024
<b>C.H. Hydrika 2</b>	Hydrika 1 S.A.C.	4,0	Ancash	2026
<b>C.H. Hydrika 4</b>	Hydrika 1 S.A.C.	8,0	Ancash	2026
<b>C.H. Hydrika 6</b>	Hydrika 1 S.A.C.	8,9	Ancash	2027
<b>CH San Gaban III</b>	Hydro global Perú S.A.C.	205,8	Puno	2025

<b>CH Curibamba</b>	ENEL GENERACIÓN PERÚ S.A.	195	Junin	2027
<b>CH Chadin II</b>	AC ENERGÍA S.A.	600	Amazonas	2029
<b>CH Veracruz</b>	COMPAÑÍA ENERGÉTICA VERACRUZ S.A.C.	635	Amazonas	2027
<b>CH Campanayoc</b>	MPJ CONSULTING S.A.C.	4,6	Ayacucho	2027
<b>CH Pallca</b>	CARBON LATAM PERU S.A.C.	10,1	Lima	2027
<b>CH Tulumayo IV</b>	EGEJUNÍN TULUMAYO IV S.A.C.	56,2	Junin	2027
<b>CH Tulumayo V</b>	EGEJUNÍN TULUMAYO IV S.A.C.	83,2	Junin	2028
<b>CH Alcaparosa</b>	ACQUA ENERGIA S.A.C	9,5	Junin	2024
<b>CH Casca</b>	ACQUA ENERGIA S.A.C	8,4	Junin	2025
<b>CH Marca</b>	ACQUA ENERGIA S.A.C	9	Junin	2026
<b>CH Miraflores</b>	ACQUA ENERGIA S.A.C	9,9	Junin	2026
<b>CH Aricota III</b>	EGESUR S.A.	9,6	Tacna	2024
<b>CH Tingo I</b>	ENERGORET S.A.C.	210	Amazonas	2024
<b>CH Tingo II</b>	ENERGORET S.A.C.	148	Amazonas	2026
<b>CH Tingo III</b>	ENERGORET S.A.C.	48	Amazonas	2026
<b>Ampliación Santa Teresa</b>	<b>CH</b> INLAND ENERGY S.A.C	40,4	Cuzco	2026
<b>CH Lluclla</b>	INLAND ENERGY S.A.C	288	Arequipa	2027
<b>CH Charcani 7</b>	EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE AREQUIPA S.A.	20,9	Arequipa	2026
<b>Total</b>		3 500,1		

*Nota.* Información obtenida OSINERGMIN

### 3.1.5 Cartera de Proyectos aprobados con centrales termoeléctricas.

Tabla 9

Centrales de Generación Termoeléctrica aprobados

CENTRAL	PROPIETARIO	POT. EFECTIVA (MW)	UBICACION	POC Puesta de operación comercial
<b>C.T Refinería de Talara (c/cd)</b>	Petroperú	102,4	Talara	2024
<b>C.T C.C Humay (s/cd)</b>	Gaz Energie	521	Ica	2026
<b>C.T CS Sulpay (s/cd)</b>	Sulpay Energía S. A	337	Ica	2026
<b>Total</b>		960,4		

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

3.1.6 Estadísticas de Potencia, energía y reservas en el SEIN.

Tabla 10

Evolución de la máxima demanda 2001-2022 SEIN (MW)

MESES	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ENE	2,606,78	2,762,37	2,851,24	2,959,28	3,044,07	3,278,63	3,589,20	3,983,05
FEB	2,623,60	2,767,95	2,907,06	2,974,29	3,044,68	3,281,75	3,646,83	4,009,44
MAR	2,641,80	2,822,54	2,927,93	3,007,63	3,106,94	3,351,47	3,727,63	4,071,99
ABR	2,694,14	2,846,87	2,915,22	3,024,80	3,157,30	3,338,09	3,744,50	4,043,21
MAY	2,673,18	2,823,21	2,914,75	2,978,56	3,193,29	3,320,73	3,758,51	4,018,91
JUN	2,676,65	2,777,77	2,895,80	2,974,26	3,092,16	3,314,43	3,714,31	4,090,83
JUL	2,685,49	2,778,10	2,884,98	2,904,26	3,138,35	3,321,89	3,721,89	4,039,74
AGO	2,669,78	2,775,75	2,882,24	2,972,65	3,127,00	3,353,13	3,730,09	4,073,14
SET	2,694,10	2,838,20	2,887,16	2,973,90	3,175,48	3,395,55	3,758,87	4,108,22
OCT	2,740,84	2,839,17	2,935,81	3,012,41	3,233,82	3,452,15	3,810,78	4,088,15
NOV	2,768,85	2,870,76	2,942,36	3,045,47	3,244,55	3,514,46	3,939,69	4,155,90
DIC	2,792,22	2,908,25	2,964,76	3,130,85	3,305,01	3,580,28	3,965,60	4,198,66

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

<b>MESES</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
ENE	4,091,14	4,290,45	4,586,43	4,863,19	5,297,84	5,564,75	5,793,56
FEB	4,105,32	4,349,73	4,670,04	4,899,91	5,324,08	5,637,94	5,827,68
MAR	4,155,07	4,452,64	4,714,76	5,099,19	5,354,75	5,677,41	6,036,16
ABR	4,179,98	4,403,60	4,744,04	5,049,44	5,362,62	5,628,51	5,939,29
MAY	4,124,93	4,381,18	4,718,30	5,071,21	5,388,70	5,660,74	5,944,09
JUN	4,033,75	4,435,53	4,764,23	5,029,53	5,366,39	5,630,74	5,886,08
JUL	3,973,37	4,384,59	4,690,79	5,030,59	5,263,93	5,577,72	5,883,05
AGO	4,025,29	4,344,07	4,676,50	4,992,89	5,255,46	5,523,76	5,848,67
SET	4,056,56	4,387,23	4,791,40	5,026,75	5,321,52	5,592,44	5,900,37
OCT	4,088,42	4,461,05	4,787,86	5,079,27	5,362,45	5,641,04	6,018,07
NOV	4,255,59	4,522,30	4,900,49	5,212,14	5,504,83	5,737,27	6,274,56
DIC	4,322,37	4,578,94	4,961,19	5,290,89	5,575,24	5,717,73	6,244,29

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

<b>MESES</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
ENE	6,246,97	6,573,25	6,489,04	6,876,29	7,070,63	6,909,64	7,070,28
FEB	6,392,63	6,529,49	6,576,97	6,950,00	7,125,30	6,778,38	7,146,76
MAR	6,444,91	6,595,58	6,639,69	6,990,67	7,116,79	6,832,66	7,065,42
ABR	6,392,84	6,449,99	6,710,67	6,917,74	5,173,49	6,808,85	7,024,30
MAY	6,268,29	6,427,46	6,616,68	6,884,75	5,682,04	6,869,71	6,961,37
JUN	6,241,94	6,400,77	6,542,24	6,793,77	6,101,78	6,903,84	7,069,91
JUL	6,191,07	6,312,86	6,421,01	6,739,28	6,383,09	6,855,78	7,113,76
AGO	6,189,62	6,303,86	6,519,27	6,728,48	6,550,73	6,927,99	7,073,72
SET	6,278,06	6,341,49	6,554,19	6,672,28	6,607,53	6,904,85	7,315,80
OCT	6,311,48	6,341,24	6,657,62	6,840,57	6,835,64	6,973,07	7,309,36
NOV	6,483,68	6,425,46	6,785,79	6,928,23	6,836,60	7,078,52	7,426,57
DIC	6,492,41	6,462,40	6,884,59	7,017,57	6,960,10	7,173,03	7,467,45

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

Tabla 11

Evolución de la producción de energía 2001-2022 SEIN (GWh)

<b>MESES</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
ENE	1,515,53	1,642,36	1,726,44	1,799,41	1,896,56	2,041,94	2,234,02	2,435,60
FEB	1,397,37	1,496,59	1,602,12	1,719,87	1,748,49	1,886,38	2,061,69	2,356,58
MAR	1,549,30	1,675,18	1,766,77	1,862,85	1,929,43	2,103,26	2,322,94	2,510,51
ABR	1,480,23	1,644,55	1,690,10	1,795,18	1,888,45	1,971,09	2,192,63	2,432,08
MAY	1,551,24	1,663,63	1,737,34	1,843,70	1,958,82	2,061,23	2,291,42	2,466,40
JUN	1,503,64	1,565,07	1,690,79	1,778,58	1,858,04	1,995,14	2,222,15	2,438,68
JUL	1,556,10	1,615,42	1,730,41	1,804,41	1,877,74	2,050,68	2,296,69	2,460,58
AGO	1,562,97	1,635,38	1,743,74	1,847,15	1,939,12	2,093,29	2,291,14	2,503,70
SET	1,541,30	1,642,68	1,697,80	1,816,75	1,907,28	2,061,30	2,228,84	2,470,08
OCT	1,615,64	1,709,03	1,785,12	1,864,17	1,989,23	2,154,35	2,359,66	2,553,61
NOV	1,569,35	1,651,64	1,737,23	1,844,84	1,971,26	2,137,99	2,334,09	2,441,53
DIC	1,620,15	1,716,34	1,780,71	1,926,17	2,037,07	2,206,12	2,419,67	2,489,35
<b>MESES</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	
ENE	2,516,70	2,666,27	2,908,03	3,069,96	3,295,98	3,488,99	3,659,73	
FEB	2,317,11	2,467,98	2,698,84	2,909,03	3,049,56	3,261,01	3,383,12	
MAR	2,551,70	2,768,43	2,996,68	3,186,84	3,340,82	3,571,56	3,774,42	
ABR	2,438,87	2,643,44	2,857,89	3,017,55	3,242,21	3,406,68	3,592,47	
MAY	2,512,94	2,713,54	2,967,99	3,139,50	3,361,17	3,538,70	3,729,72	
JUN	2,369,26	2,664,57	2,892,27	3,040,82	3,263,56	3,425,04	3,620,31	
JUL	2,394,81	2,702,84	2,926,97	3,122,97	3,343,63	3,509,18	3,698,06	
AGO	2,492,81	2,721,53	2,980,13	3,168,35	3,337,90	3,490,49	3,725,57	
SET	2,476,24	2,668,31	2,903,30	3,051,92	3,250,28	3,419,47	3,658,33	
OCT	2,541,60	2,785,19	3,015,38	3,159,14	3,398,81	3,574,41	3,862,55	
NOV	2,536,03	2,764,28	2,977,19	3,180,53	3,340,44	3,503,40	3,780,34	
DIC	2,659,17	2,860,46	3,092,75	3,274,57	3,445,08	3,606,96	4,000,70	

<b>MESES</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
ENE	4,008,47	4,271,93	4,255,25	4,497,08	4,603,82	4,557,44	4,683,97
FEB	3,913,42	3,851,71	3,919,54	4,140,24	4,397,79	4,154,35	4,321,24
MAR	4,127,21	4,164,51	4,315,87	4,589,86	3,999,06	4,619,30	4,718,93
ABR	3,979,85	3,963,74	4,207,90	4,346,36	3,041,61	4,326,83	4,430,66
MAY	4,029,54	4,164,07	4,287,98	4,485,25	3,344,72	4,528,81	4,594,95
JUN	3,862,17	3,999,39	4,134,92	4,289,36	3,756,71	4,438,20	4,544,47
JUL	3,995,30	4,042,55	4,200,01	4,397,94	4,139,42	4,483,17	4,697,05
AGO	4,037,57	4,116,77	4,221,87	4,401,60	4,279,35	4,571,39	4,714,24
SET	3,950,54	4,013,13	4,143,36	4,269,94	4,190,85	4,468,15	4,686,59
OCT	4,101,38	4,141,86	4,354,59	4,482,57	4,464,68	4,618,90	4,847,26
NOV	4,047,21	4,052,90	4,279,41	4,397,73	4,385,37	4,536,55	4,832,06
DIC	4,235,87	4,210,71	4,496,08	4,591,22	4,583,26	4,687,26	5,012,26

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

Tabla 12

Evolución anual de la producción de energía 2001-2022 SEIN (GWh) según recursos

AÑO	G.N. MALACAS G.N. AGUAYTIA G.N. LA ISLA	CAMISEA	HIDRO	CARBÓN	D2-R6-R500	OTROS	TOTAL
2001	744,15	-	16,807,05	338,78			<b>17,889,98</b>
2002	1,006,39	-	17,224,47	845,93	581,07	-	<b>19,657,86</b>
2003	1,229,89	-	17,731,94	859,44	867,29	-	<b>20,688,56</b>
2004	1,683,82	486,31	16,692,62	993,56	2,046,37	-	<b>21,902,68</b>
2005	1,806,89	2,264,88	17,100,84	830,88	997,99	-	<b>23,001,48</b>
2006	1,739,90	2,556,41	18,670,71	880,98	914,79	-	<b>24,762,78</b>
2007	1,742,55	5,573,51	18,588,46	840,14	510,29	-	<b>27,254,93</b>
2008	1,908,82	7,409,85	18,010,23	909,28	1,320,53	-	<b>29,558,71</b>
2009	2,819,76	6,447,03	18,751,67	930,17	858,93	-	<b>29,807,55</b>
2010	1,448,60	9,997,93	18,964,56	1,066,92	871,34	77,48	<b>32,426,83</b>
2011	1,192,29	12,269,89	20,404,12	732,36	531,45	87,31	<b>35,217,43</b>
2012	1,484,36	13,856,11	20,848,60	555,51	354,10	222,50	<b>37,321,18</b>
2013	716,35	16,310,98	21,128,56	836,59	254,24	422,72	<b>39,669,43</b>
2014	897,09	19,012,94	21,002,91	163,21	87,70	632,05	<b>41,795,89</b>
2015	1,149,62	19,523,06	22,456,21	248,09	214,13	948,94	<b>44,540,04</b>
2016	1,132,63	21,321,43	23,009,64	772,89	656,21	1,433,62	<b>48,326,42</b>
2017	687,25	17,533,65	27,741,42	673,70	880,21	1,477,02	<b>48,993,25</b>
2018	977,01	17,920,16	29,357,91	43,12	135,35	2,383,24	<b>50,816,79</b>
2019	987,83	18,962,87	30,168,43	36,15	74,04	2,659,83	<b>52,889,14</b>
2020	696,35	16,221,76	29,317,56	13,02	52,44	2,885,49	<b>49,186,64</b>
2021	943,29	19,366,86	30,664,41	28,60	28,94	2,958,25	<b>53,990,35</b>
2022	989,80	23,117,92	28,486,35	89,69	295,13	3,105,30	<b>56,084,20</b>

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

Tabla 13

Evolución mensual de la producción de energía RER 2009-2022 SEIN (GWh) según recursos

<b>AÑOS</b>	<b>HIDRO</b>	<b>SOLAR</b>	<b>EÓLICA</b>	<b>BAGAZO</b>	<b>BIOGÁS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2009</b>	128,33	-	-	1,81	-	130,15
<b>2010</b>	203,04	-	-	77,48	-	280,51
<b>2011</b>	281,10	-	-	84,31	3,00	368,41
<b>2012</b>	458,86	59,70	-	133,45	29,36	681,36
<b>2013</b>	576,60	196,93	-	194,62	31,17	999,31
<b>2014</b>	672,97	199,30	256,31	146,11	30,32	1,305,01
<b>2015</b>	898,22	230,95	590,72	90,54	36,72	1,847,16
<b>2016</b>	853,76	241,82	1,054,11	86,51	51,18	2,287,37
<b>2017</b>	1,001,88	288,17	1,065,23	81,69	41,94	2,478,90
<b>2018</b>	1,290,90	745,19	1,493,63	93,81	50,60	3,674,13
<b>2016</b>	1,845,11	761,73	1,646,16	186,32	65,62	4,504,94
<b>2020</b>	2,085,05	777,86	1,803,20	244,06	60,37	4,970,55
<b>2021</b>	2,319,20	801,92	1,800,64	276,82	78,87	5,277,45
<b>2022</b>	2,009,05	821,19	1,930,10	275,32	78,69	5,114,35

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

Tabla 14

Producción solar 2022 por empresa y central (GWh)

<b>EMPRESA</b>	<b>CENTRAL</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>
COLCA SOLAR	C.S. YARUCAYA	0,19	0,18	0,18
ENEL GREEN POWER PERÚ	C.S. RUBI	39,63	34,43	34,16
ENGIE	C.S. INTIPAMPA	9,86	8,21	7,70
MAJES	C.S. MAJES SOLAR	3,85	3,60	3,85
MOQUEGUA FV	C.S. MOQUEGUA FV	4,19	3,91	4,03
PANAMERICANA SOLAR	C.S. PANAMERICANA SOLAR	5,05	4,74	4,93

REPARTICIÓN	C.S. REPARTICIÓN			
		3,72	3,20	3,52
TACNA SOLAR	C.S. TACNA SOLAR			
		5,30	4,88	5,22
EMPRESA	CENTRAL	ABR	MAY	JUN
COLCA SOLAR	C.S. YARUCAYA			
		0,22	0,25	0,24
ENEL GREEN POWER PERÚ	C.S. RUBI	34,96	34,00	30,23
ENGIE	C.S. INTIPAMPA	8,87	8,52	7,65
MAJES	C.S. MAJES SOLAR	3,86	3,82	3,44
MOQUEGUA FV	C.S. MOQUEGUA FV	3,58	3,69	3,16
PANAMERICANA SOLAR	C.S. PANAMERICANA SOLAR	4,44	4,40	3,71
REPARTICIÓN	C.S. REPARTICIÓN	3,74	3,69	3,27
TACNA SOLAR	C.S. TACNA SOLAR	4,41	3,85	3,33
EMPRESA	CENTRAL	JUL	AGO	SET
COLCA SOLAR	C.S. YARUCAYA			
		0,25	0,27	0,26
ENEL GREEN POWER PERÚ	C.S. RUBI	32,25	37,30	42,13
ENGIE	C.S. INTIPAMPA	8,09	9,23	10,43
MAJES	C.S. MAJES SOLAR	3,55	3,64	4,04
MOQUEGUA FV	C.S. MOQUEGUA FV	3,57	4,14	4,46
PANAMERICANA SOLAR	C.S. PANAMERICANA SOLAR	4,22	4,93	5,35
REPARTICIÓN	C.S. REPARTICIÓN	3,40	3,59	3,98
TACNA SOLAR	C.S. TACNA SOLAR	3,61	4,32	4,39
EMPRESA	CENTRAL	OCT	NOV	DIC
COLCA SOLAR	C.S. YARUCAYA			
		0,28	0,24	0,21
ENEL GREEN POWER PERÚ	C.S. RUBI	47,42	45,89	40,26
ENGIE	C.S. INTIPAMPA	11,98	11,67	9,88
MAJES	C.S. MAJES SOLAR	4,26	4,00	3,91
MOQUEGUA FV	C.S. MOQUEGUA FV	5,14	4,75	4,18
PANAMERICANA SOLAR	C.S. PANAMERICANA SOLAR	6,18	5,81	5,19
REPARTICIÓN	C.S. REPARTICIÓN	4,18	4,00	3,80

TACNA SOLAR	C.S. TACNA SOLAR			
		5,86	5,52	5,32

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

Tabla 15

Producción eólica 2022 por empresa y central (GWh)

EMPRESA	CENTRAL	ENE	FEB	MAR
ENEL GREEN POWER PERÚ	C.E. WAYRA I	49,34	39,17	46,15
ENERGÍA EÓLICA	C.E. CUPISNIQUE	29,80	19,75	16,07
	C.E. TALARA	9,22	6,57	4,68
GR PAINO	C.E. HUAMBOS	3,87	2,39	2,40
GR TARUCA	C.E. DUNA	4,59	3,18	2,84
P.E. MARCONA	C.E. MARCONA	13,70	14,51	16,78
P.E. TRES HERMANAS	C.E. TRES HERMANAS	39,85	40,59	47,35
EMPRESA	CENTRAL	ABR	MAY	JUN
ENEL GREEN POWER PERÚ	C.E. WAYRA I	60,70	51,55	46,37
ENERGÍA EÓLICA	C.E. CUPISNIQUE	30,78	38,59	33,16
	C.E. TALARA	11,44	14,13	16,05
GR PAINO	C.E. HUAMBOS	4,56	4,83	3,78
GR TARUCA	C.E. DUNA	6,26	7,30	5,29
P.E. MARCONA	C.E. MARCONA	17,96	14,89	12,81
P.E. TRES HERMANAS	C.E. TRES HERMANAS	51,18	40,47	38,33
EMPRESA	CENTRAL	JUL	AGO	SET
ENEL GREEN POWER PERÚ	C.E. WAYRA I	57,06	55,22	66,66
ENERGÍA EÓLICA	C.E. CUPISNIQUE	27,35	26,39	33,27
	C.E. TALARA	12,08	12,62	15,68
GR PAINO	C.E. HUAMBOS	5,90	6,09	4,87
GR TARUCA	C.E. DUNA	7,74	8,47	6,03
P.E. MARCONA	C.E. MARCONA	15,39	17,18	19,26
P.E. TRES HERMANAS	C.E. TRES HERMANAS	47,10	49,79	56,68

EMPRESA	CENTRAL	OCT	NOV	DIC
ENEL GREEN POWER PERÚ	C.E. WAYRA I	61,62	42,64	43,26
ENERGÍA EÓLICA	C.E. CUPISNIQUE	34,59	24,30	27,60
	C.E. TALARA	13,85	11,02	11,92
GR PAINO	C.E. HUAMBOS	4,35	4,18	4,04
GR TARUCA	C.E. DUNA	4,83	4,62	4,57
P.E. MARCONA	C.E. MARCONA	16,43	10,70	11,28
P.E. TRES HERMANAS	C.E. TRES HERMANAS	52,68	33,71	33,83

Fuente: Información obtenida OSINERGMIN

### 3.1.7 SPSS.

SPSS es un formato que ofrece IBM para un análisis completo. Es el acrónimo de Producto de Estadística y Solución de Servicio. Existen otros productos diferentes en la suite, cada uno de ellos ofrecen sus propias características únicas. SPSS es un software popular entre los usuarios de Windows, es utilizado para realizar la captura y análisis de datos para crear tablas y gráficas con data compleja. El SPSS es conocido por su capacidad de gestionar grandes volúmenes de datos y es capaz de llevar a cabo análisis de texto entre otros formatos más.

SPSS se utiliza para una amplia gama de análisis estadísticos, como las estadísticas descriptivas (por ejemplo, medias, frecuencias), las estadísticas bivariadas (por ejemplo, análisis de la varianza, prueba t), regresión, el análisis de factores, y la representación gráfica de los datos. Originalmente fue diseñado y nombrado para las ciencias sociales, puede ser utilizado para muchos tipos de conjuntos de datos experimentales o de observación, incluyendo las ciencias ambientales y ecológicas.

La herramienta SOLVER de Excel os permite obtener la solución óptima para distintos problemas de decisión, tomando en cuenta una medida de desempeño (función objetivo), parámetros, variables de decisión y restricciones. El complemento Solver trabaja con un grupo de celdas denominadas celdas de variables que se utilizan para calcular fórmulas en las celdas objetivo o de

restricción. Por lo tanto, puedes determinar el valor mínimo o máximo de una celda haciendo modificaciones en otras. Solver es una herramienta que te ayuda a resolver y optimizar ecuaciones mediante el uso de métodos matemáticos.

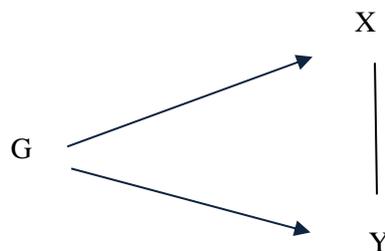
La herramienta ANALISIS DE DATOS de Excel, es una hoja de cálculo que permite organizar información en filas y columnas, realizar cálculos, crear gráficos y aplicar fórmulas para obtener resultados. Excel es ideal para tareas básicas de análisis de datos, crear informes y realizar análisis estadísticos básicos.

### 3.2 Método.

**3.2.1** El presente trabajo de investigación es del tipo pre-experimental, de naturaleza descriptiva.

**3.2.2** Diseño de la investigación: Según Escudero & Cortez (2018), un diseño de investigación es un conjunto de componentes que interactúan para la realización de una determinada meta, así mismo es interactivo, flexible y reflexivo. El diseño de la investigación es no experimental, es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos. Y de tipo longitudinal, porque se emplea cuando el interés del investigador es analizar cambios a través del tiempo en determinadas variables o en las relaciones entre estas. Se recolectan datos a través del tiempo en períodos especificados, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias.

Figura 22  
Diseño de investigación



Fuente: Información obtenida de Albert (2020)

Donde:

G: Oferta de Generación en el Perú

X: Potencial de generación eólico solar.

Y: Transición Energética RER

### 3.2.3 Metodología de cálculo:

Se realiza secuencia del cálculo para la obtención de resultados

- a. Tratamiento de la información histórica para determinar la evolución de:
  - Potencia efectiva: Comportamiento histórico de la potencia efectiva, máxima demanda, oferta y reserva de generación, porcentaje de reserva de generación y tasa de crecimiento de la máxima demanda y de la potencia efectiva.
  - Energía: Comportamiento histórico del consumo de energía, participación porcentual en la generación de energía según recurso energético y participación porcentual en la generación de energía según recurso energético periodo 2011-2022.
  - Participación de los recursos energéticos en la Potencia: Participación de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2001-2022, participación porcentual de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2011-2022, participación de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2001-2022 en la cobertura de la máxima demanda y participación porcentual de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2001-2022 en la cobertura de la máxima demanda
- b. Determinación de los indicadores de las centrales de generación.
  - Determinación del Factor de planta y de presencia de centrales hidroeléctricas.
  - Determinación del Factor de planta y de presencia de centrales eólicas.
  - Determinación del Factor de planta de centrales solares.
  - Determinación del Factor de planta de las centrales termoeléctricas con biogás, biomasa y combustibles tradicionales.

c. Proyecciones al año 2027.

- Determinación de la proyección de energía en el SEIN teniendo en cuenta los ingresos de centrales de energía en función a sus factores de planta al SEIN en el periodo 2023-2027.
- Determinación de la participación en la generación según recursos energéticos.
- Determinación de la proyección de la potencia y máxima demanda en el SEIN teniendo en cuenta los ingresos de centrales de energía en función a sus factores de planta al SEIN en el periodo 2023-2027.
- Determinación de la cobertura de las horas de máxima demanda para el periodo 2023-2027.

d. Determinación de metas alcanzadas.

- Se determina los efectos en la transición energética por la sustitución de combustible convencional por centrales solares y eólicas.
- Se cuantifica el potencial de CO<sub>2</sub> dejado de emitir.

#### IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

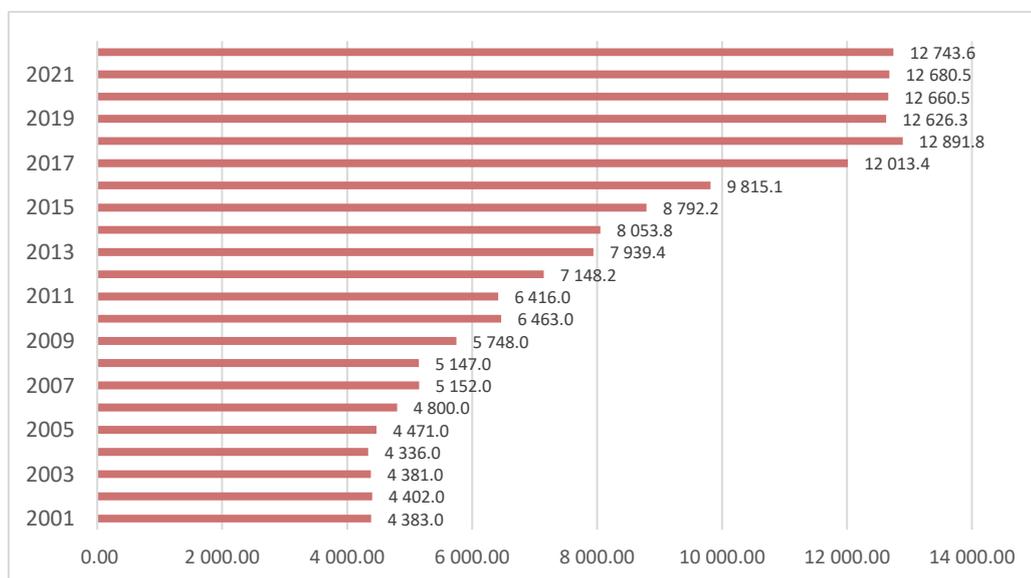
##### 4.1 Evolución de la información histórica.

- **Referente a la potencia efectiva o oferta.**

Según la figura 23 se tiene la información de la potencia efectiva en el SEIN 2001-2022, donde se puede identificar 3 periodos. Entre el año 2001-2005, se tiene un valor casi constante de la potencia efectiva entre 4 383 MW a 4 471 MW , tan solo 88 MW en 5 años (17,3 MW/año), con una tasa de crecimiento menor al 1%, posteriormente existe un crecimiento progresivo y constante de la potencia instalada desde el año 2006 al año 2017 desde 4 800 MW a 12 013 MW, incrementándose un total de 7 213 MW en 12 años (601 MW/año), este periodo coincide que el ingreso de las centrales termoeléctricas con gas natural ciclo simple y ciclo combinado, y del mismo modo coincide con la ejecución de las 4 subastas RER. Desde el año 2017 a la fecha, se ha registrado un incremento de 730,2 MW en 5 años (146 MW/año)

Figura 23

Comportamiento histórico de la Potencia efectiva



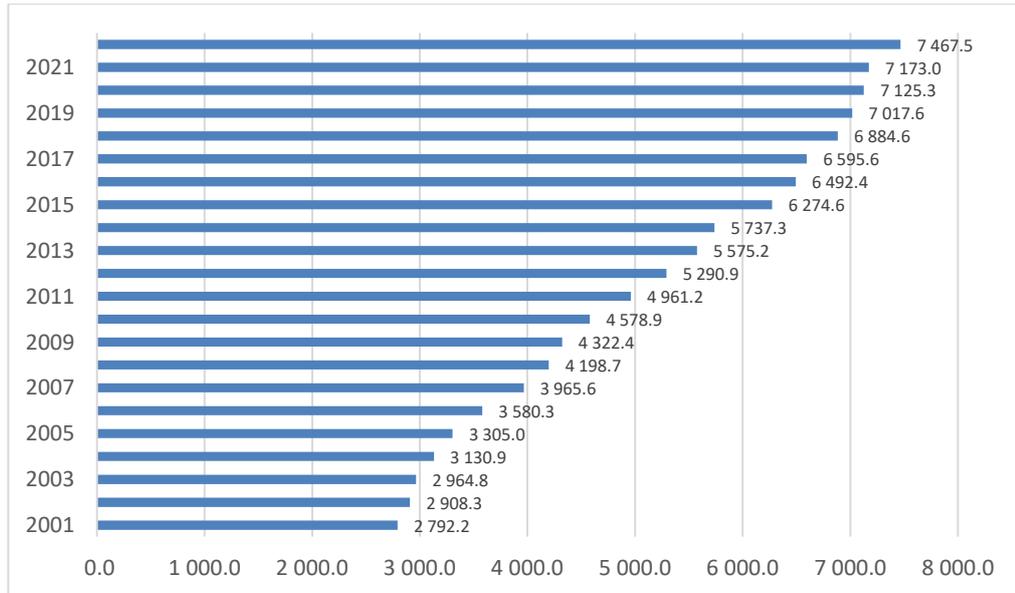
Fuente. Elaboración propia.

Según la figura 24 se tiene la información de la máxima demanda en el SEIN 2001-2022, donde se puede visualizar el comportamiento de la máxima demanda

la cual en 20 años se ha incrementado desde 2792,2 MW a 7 467,5 MW (en un promedio de crecimiento de 233.76 MW/año, presentándose entre los años 2006-2007 y 2014-2015 los mayores incrementos de máxima demanda anual.

Figura 24

Comportamiento histórico de la máxima demanda

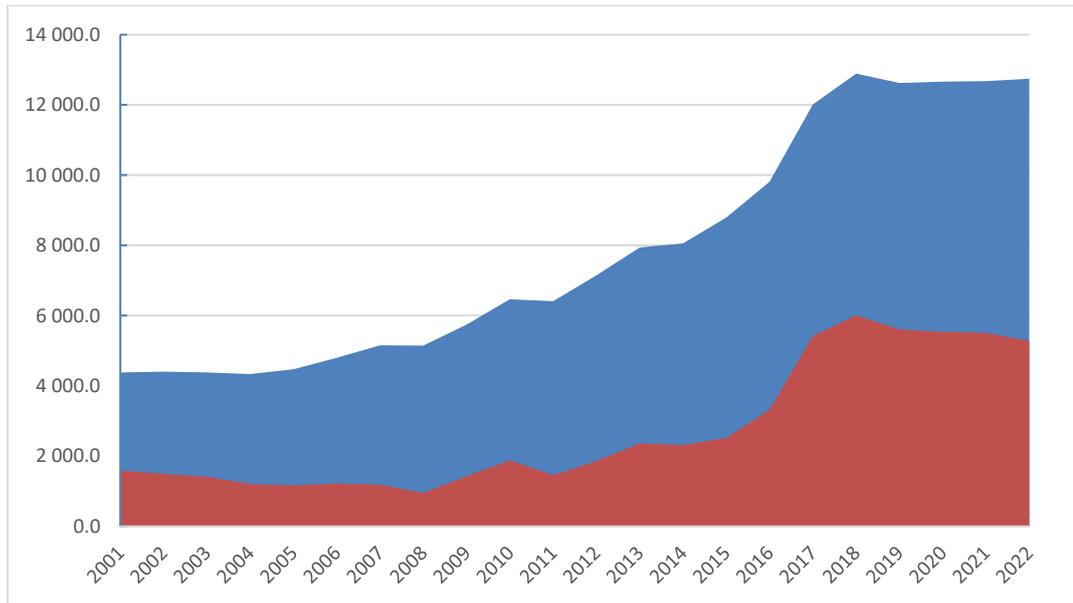


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 25 se presenta tiene la información del comportamiento histórico de la oferta y reserva de la generación de energía eléctrica en el SEIN 2001-2022, donde se puede visualizar que el incremento de la potencia instalada se inicia con mayor énfasis desde el año 2015 al año 2019, lo cual incrementa la capacidad de la reserva de generación. Posterior al año 2019 el incremento de potencia instalada u oferta es mínima, el cual al subir la máxima demanda ha provocado la reducción de la reserva de generación.

Figura 25

Comportamiento histórico de la oferta y reserva de generación

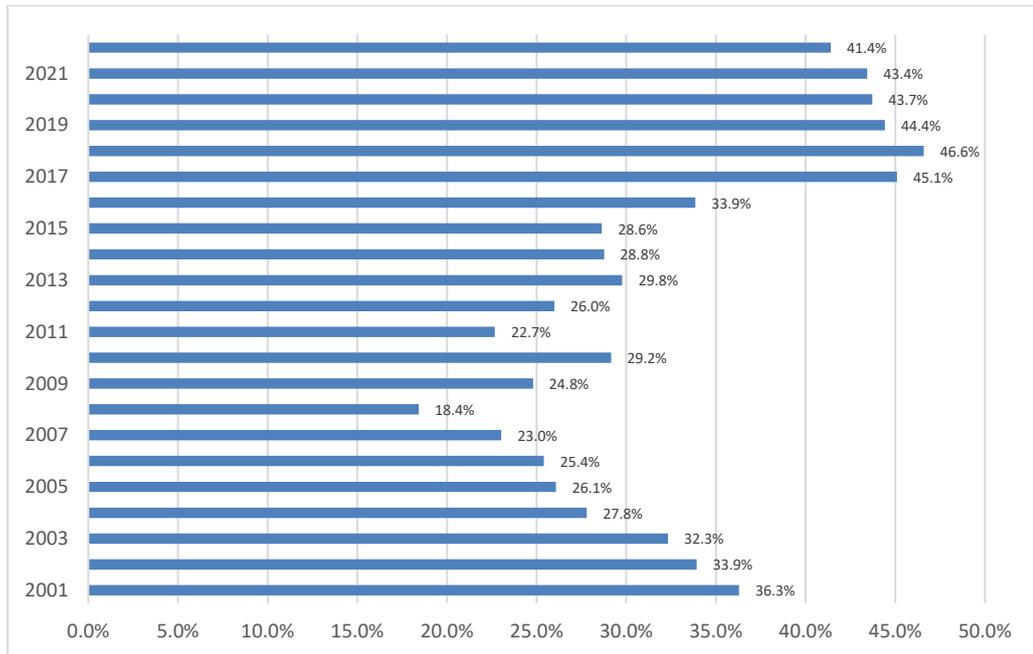


Fuente. Elaboración propia.

En la figura 26 se presenta tiene la información del comportamiento histórico del porcentaje de reserva de generación, con Resolución Osinergmin N° 199-2020-OS/CD, del 26 de noviembre de 2020, se fijó el Margen de Reserva Firme Objetivo MRFO en 21,41% para el periodo 01 de mayo de 2021 hasta el 30 de abril de 2025. Tan solo el año 2008 se tuvo un valor de 18,4% inferior al MRFO. Se puede observar que entre los años 2017-2022 existe una reserva con un valor superior al doble normado (como valor de mínimo para evitar desabastecimiento de energía eléctrica). Se ha alcanzado un valor máximo el año 2018 con un valor de 46,6%, desde esa fecha se ha reducido hasta tener un valor actual de 41,4%, lo que representa 193% del valor meta normado.

Figura 26

Comportamiento histórico del porcentaje de reserva de generación

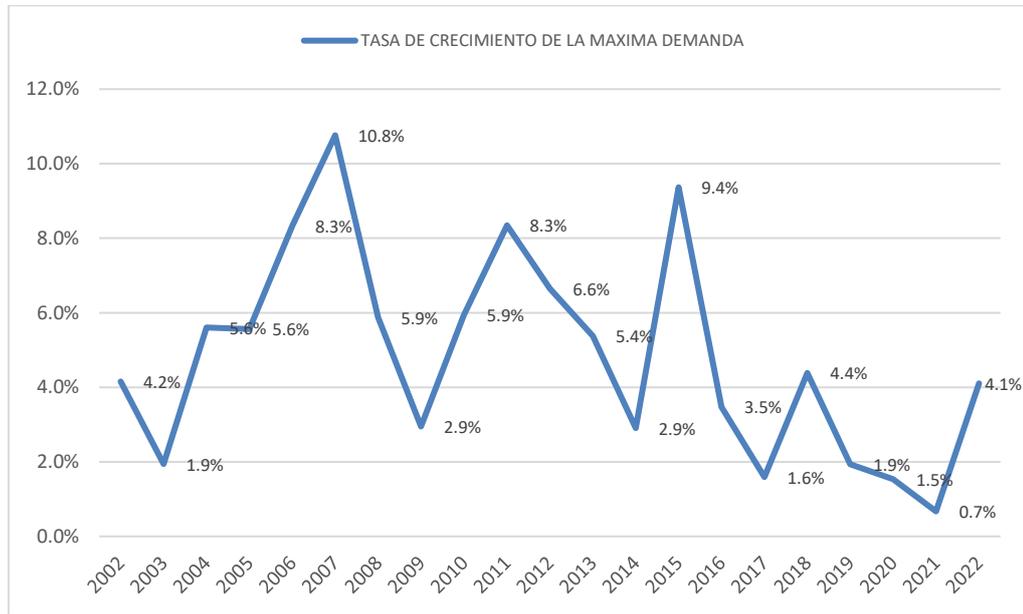


Fuente. Elaboración propia.

En la figura 27 se presenta el comportamiento histórico del porcentaje de incremento de la máxima demanda y de la potencia instalada. La tasa de crecimiento promedio de la máxima demanda es de 4,8% para toda la serie de datos, siendo en los últimos 5 años un valor de 2,5%, el cual fue afectado por el periodo de pandemia 2020 y recesión económica del año 2021. Entre los años 2021-2022 la tasa de crecimiento de la máxima demanda ha sido de 4,1%.

Figura 27

Comportamiento histórico de las tasas de crecimiento de la máxima demanda

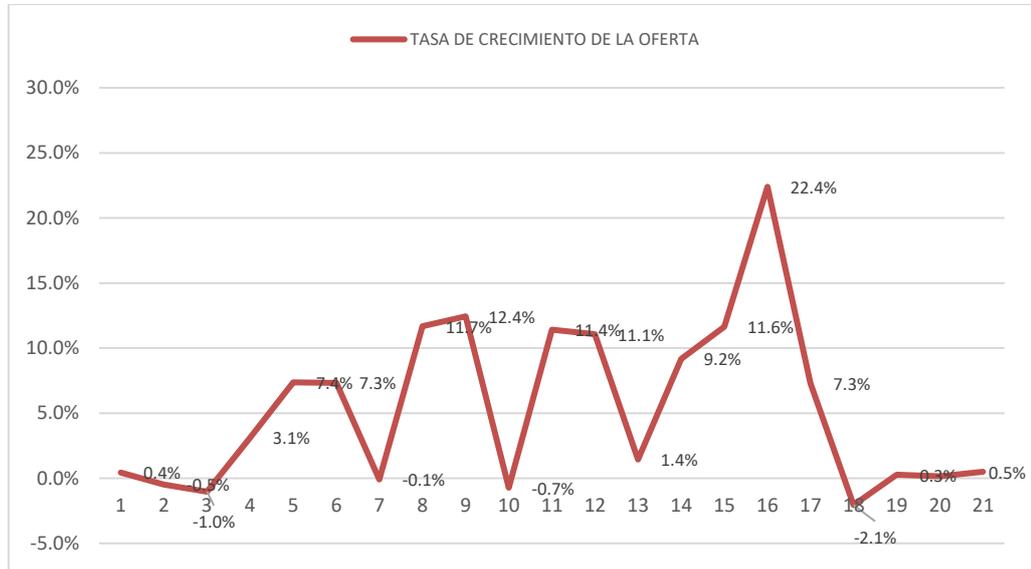


Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la tasa de crecimiento de la potencia instalada ha sido 5,4% en el periodo de tiempo de análisis, un valor superior a la máxima demanda en un valor de 0,7%. Este último valor es un buen indicador debido a que, al margen del tipo de tecnología de generación y retiro de algunas unidades de generación por antigüedad, se ha mantenido en promedio una mayor disponibilidad de oferta con respecto a la demanda. Además, en los últimos 5 años solo se ha tenido una tasa de crecimiento de la potencia efectiva de 1,24%, básicamente ante la falta del ingreso de nuevas centrales de generación de energía, muchas de ellas en retraso por tramites de gestión administrativa (permisos, pruebas, etc.). Mas aun en el año 2019 hubo evidencia de reducción de potencia efectiva debido al retiro de servicio de centrales termoeléctricas que operaban con combustible BD5.

Figura 28

Comportamiento histórico de las tasas de crecimiento de la potencia efectiva



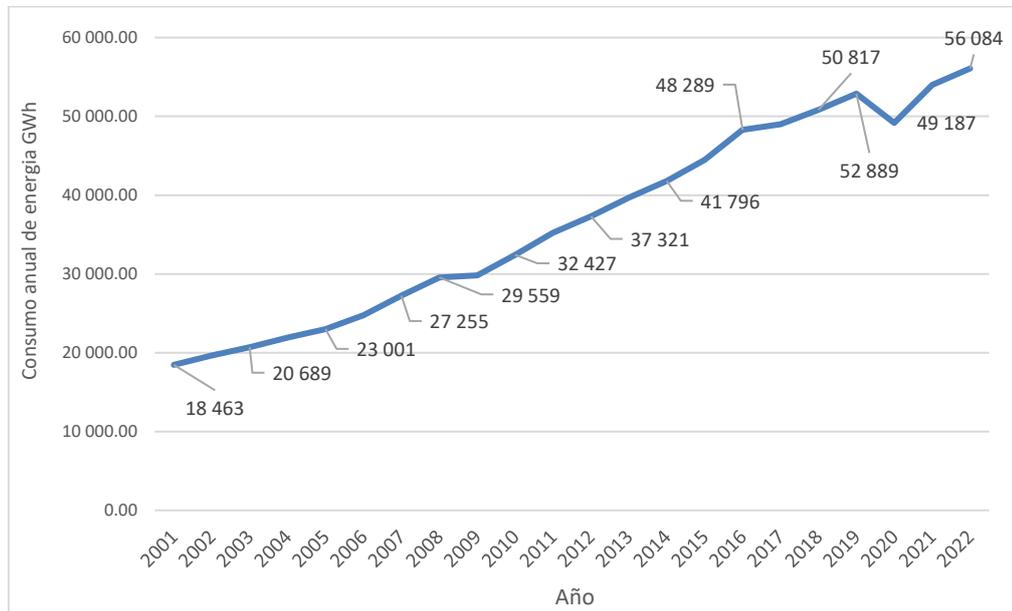
Fuente: Elaboración propia.

- **Referente al comportamiento de la energía.**

Se presenta el comportamiento del consumo de energía en el SEIN desde el periodo 2001-2022, encontrándose que ha tenido un crecimiento ascendente, salvo en el año 2020 por efectos del COVID-19 disminuyó 3 702 GWh, habiéndose recuperado en los siguientes años.

Figura 29

Comportamiento histórico del consumo de energía en el SEIN 2001-2022

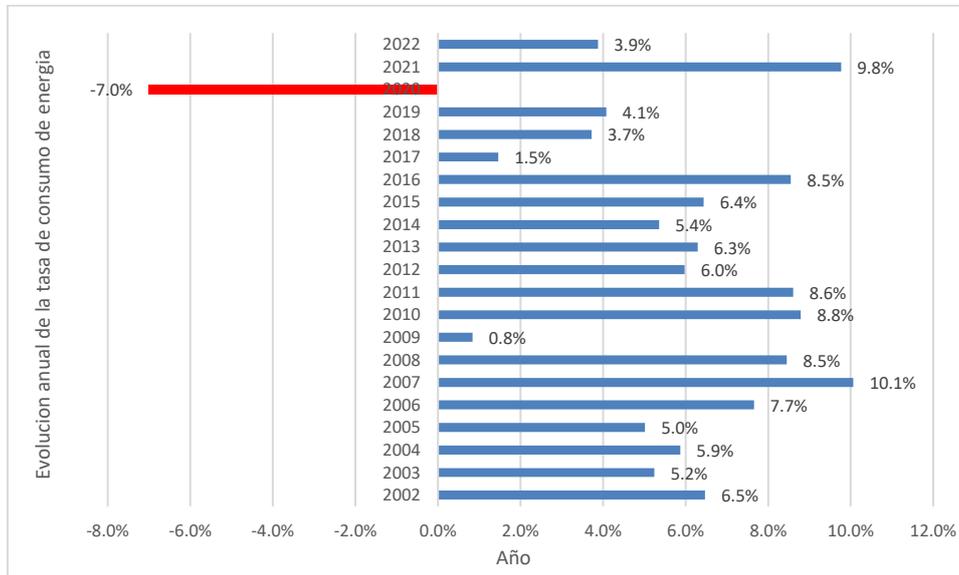


Fuente: Elaboración propia

Se presenta el comportamiento histórico de la tasa de consumo de energía en el SEIN desde el periodo 2001-2022, encontrándose que solo el año 2020 hubo una tasa de crecimiento negativa de 7% debido al COVID-19. Del mismo han existido periodos de crecimiento altos como ha ocurrido el año 2021 y el año 2007 (uno por la recuperación del sector económico luego de la pandemia y el otro el 2007 la cifra del PIB fue de 74.554 M€, con lo que Perú alcanza ser la economía número 56 en el ranking de los 195 países del mundo). El crecimiento promedio ha sido de 5,5% en toda la data histórica analizada.

Figura 30

Comportamiento histórico de la tasa de consumo de energía en el SEIN 2001-2022

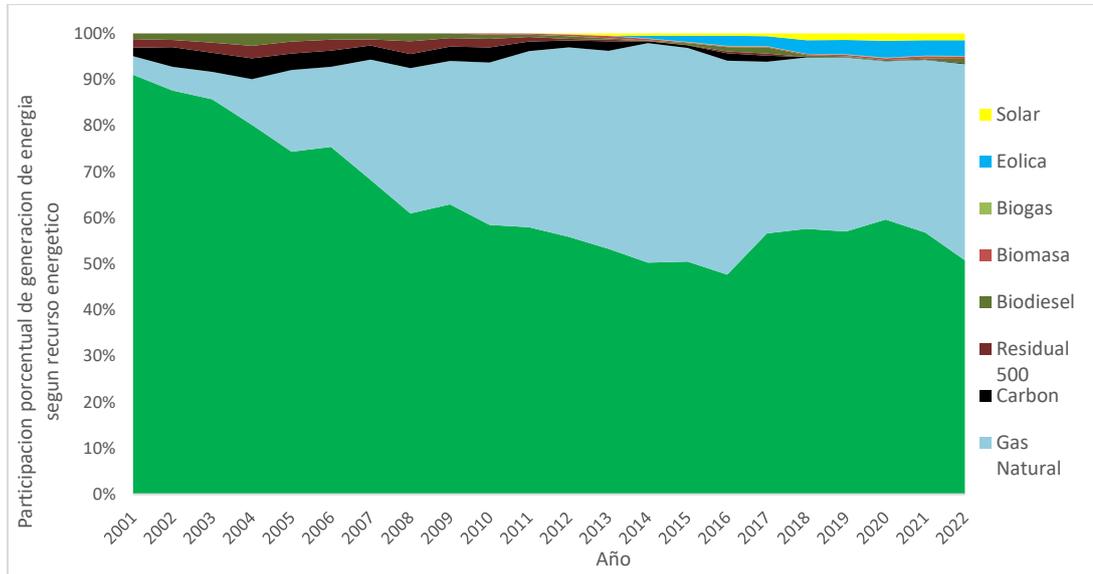


Fuente: Elaboración propia

Se presenta el comportamiento porcentual de participación según recurso energético en la generación de energía en el periodo 2001-2022, iniciándose la información en el año 2001, en el cual el aporte de las centrales hidroeléctricas significó el 91%, seguido del gas natural con 4%, Petróleo R500 con 1,9%, Carbón con 1,8% y Petróleo BD5 con 1,2%. Habiéndose incrementado progresivamente el aporte del gas natural desde el año 2005 con 17,7% y reduciéndose el aporte de la generación hidroeléctrica a 74,3%, el cual se ha ido reduciendo progresivamente hasta un valor actual de 50,8 %.

Figura 31

Participación porcentual en la generación de energía según recurso energético

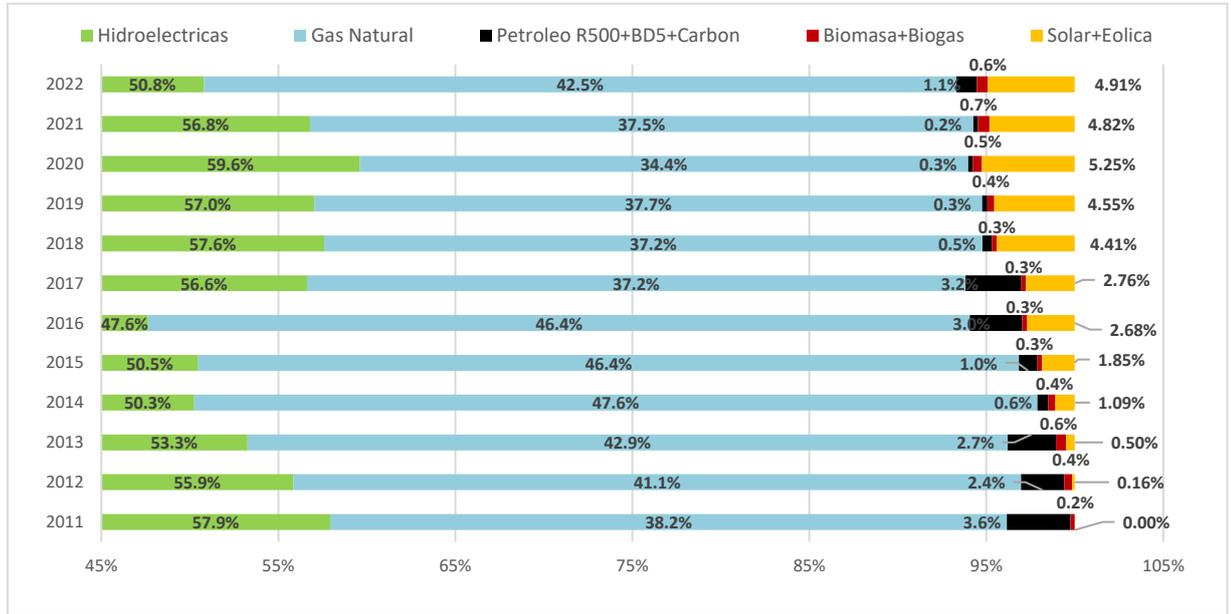


Fuente: Elaboración propia

El aporte para la generación de energía por parte de las centrales solares fotovoltaicas se inicia desde el año 2012, aportando solo el 0,2% para ese año. Mientras que el aporte de las centrales eólicas se inicia el año 2014 con el 0,6% del total generando, generándose para ese año entre ambas tecnologías un total de 1,09%. El aporte de ambas tecnologías fue significativo durante el periodo del COVID-19 el año 2020 aportando 5,25% (superando el valor normado por el DL N°1002-2008). Para el año 2022 el aporte ha sido de 4,91%. A inicios del año 2023 ha sido puesta fuera de servicio la Central Termoeléctrica Ilo2 con carbón. Entre los 3 combustibles: Carbón, Petróleo R500 y Petróleo BD5 el aporte para la generación de energía desde el año 2018 al 2021 a sido menor al 0,5% , pero en el año 2022 ha crecido a 1,19% , básicamente con el incremento de la generación de energía empleando el petróleo BD5 representando el 1% del total generado, básicamente esto a ocurrido por la reducción de la generación de energía con centrales hidroeléctricas debido a la problemática de escasas de agua que viene presentando el país y todos los países a nivel mundial.

Figura 32

Participación porcentual en la generación de energía según recurso energético periodo 2011-2022



Fuente: Elaboración propia

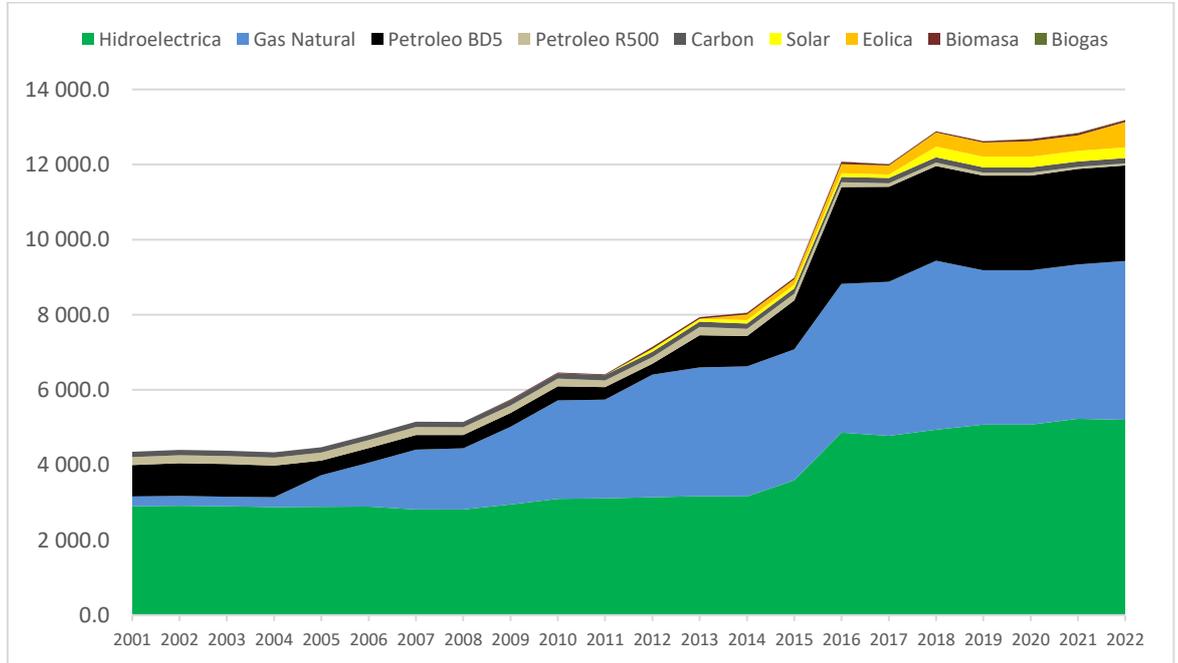
• **Participación de los recursos energéticos en la Potencia.**

El aporte según recursos energéticos en la potencia efectiva total en el SEIN se inicia para el año 2001 con 2 897 MW entre centrales hidroeléctricas las cuales representan 66,1 % del total de la Potencia de las centrales de generación, seguido por la generación con Petróleo BD5 con un total de 840 MW lo cual representaba el 19,2%. El año 2015 y 2016 fue el crecimiento de la potencia efectiva con centrales hidroeléctricas.

El Petróleo BD5 representa aun un porcentaje significativo entre las centrales de generación a la fecha con una potencia efectiva de 2 524 MW habiéndose incrementado el valor de la potencia efectiva entre los años 2015-2016 con las centrales de reserva fría y el nodo energético del sur, mientras que el gas natural inicia su despegue el año 2005 y a la fecha tiene una potencia efectiva de 4 228,4 MW.

Figura 33

Participación de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2001-2022



Fuente: Elaboración propia

El aporte de la potencia efectiva de las centrales solares fotovoltaicas se inicia desde el año 2012, aportando 80 MW lo que representó el 1,1% para ese año. Mientras que el aporte de las centrales eólicas se inicia el año 2014 con 146 MW con el 1,8% del total de la potencia efectiva, contribuyendo entre ambas tecnologías con un total de 3,0%.

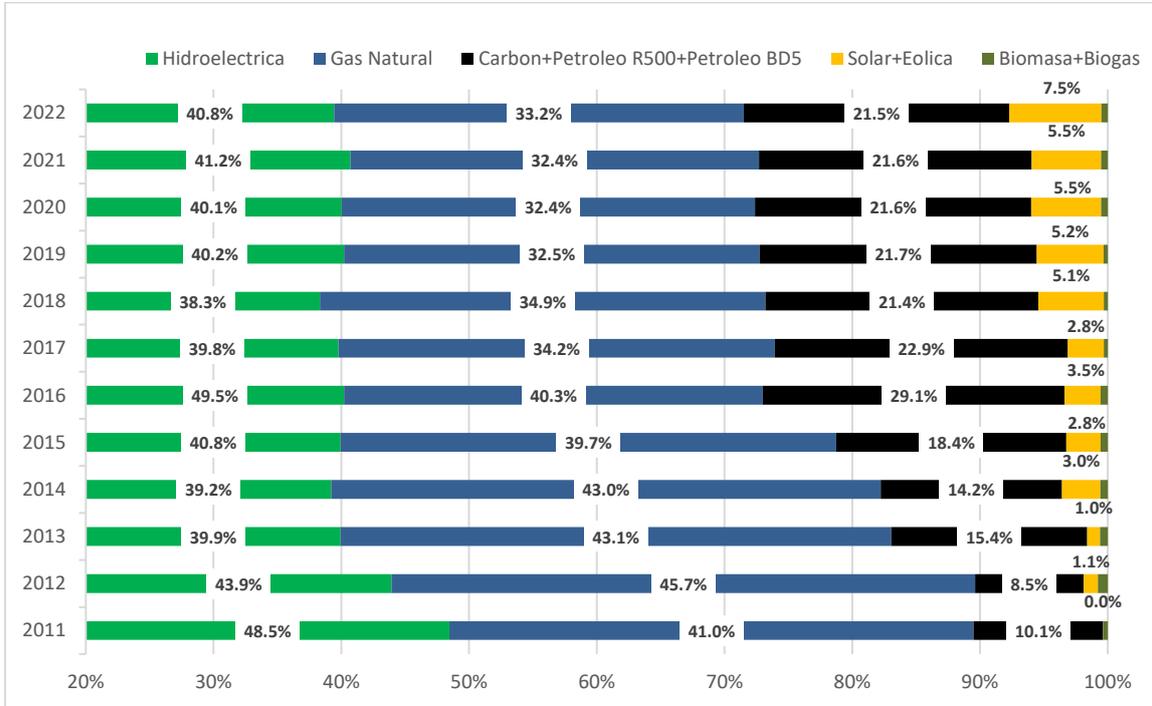
El 2018 incrementaron ambas tecnologías limpias de generación alcanzando una potencia efectiva de 661 MW con un aporte del 5,1% al total de la potencia efectiva del SEIN.

El aporte de ambas tecnologías fue significativo durante el periodo del COVID-19 el año 2020 aportando 5,5% de la potencia efectiva del SEIN que es igual a 697,2 MW.

Para el año 2022 el aporte es de 7,5% con un total de 954 MW, superando a las potencias efectiva de las centrales con Petróleo R500 igual a 56,5 MW y a la de Carbón que fue de 139,8 MW.

Figura 34

Participación porcentual de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2011-2022



Fuente: Elaboración propia

Se presente la contribución a la máxima demanda anual según la potencia efectiva disponible por recursos energéticos según sus potencias efectivas. Para el año 2001 la máxima demanda en el SEIN fue de 2 792 MW, donde las Centrales Hidroeléctricas contribuyeron con 2 403 MW que representa el 86,1%, seguido por el gas natural quien contribuyo con 156 MW representando el 5,6% y la central con carbón contribuyo con 131 MW con un aporte del 4,7%.

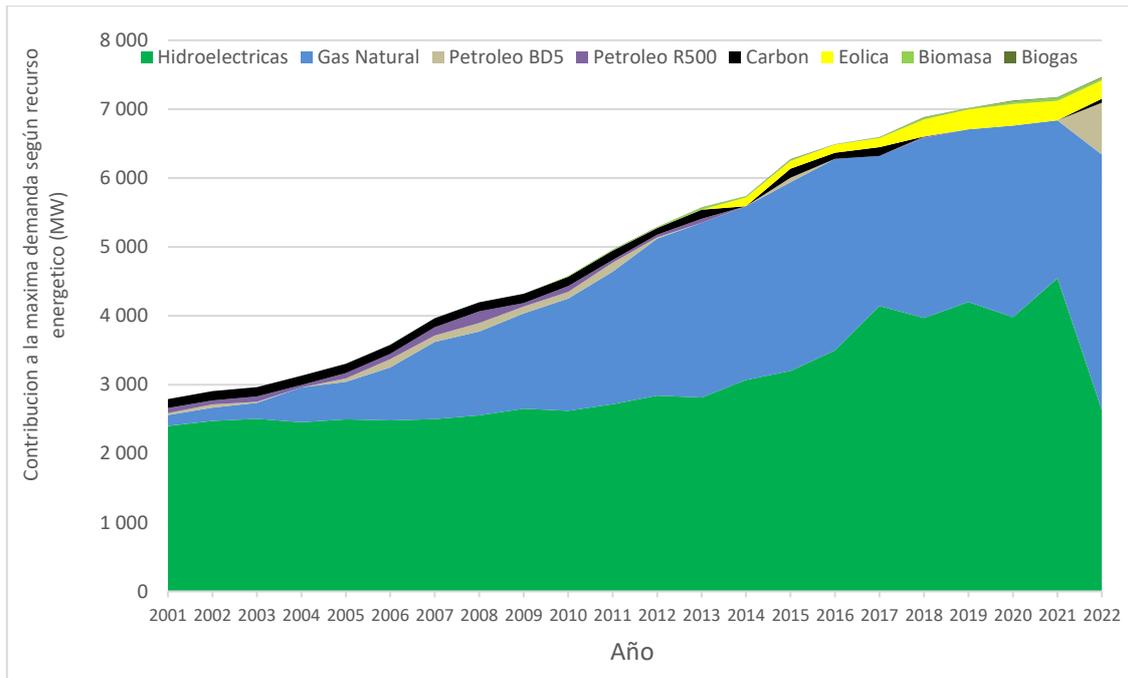
El aporte a la máxima demanda con energía solar no se realiza en el Perú debido ala indisponibilidad de las centrales solares fotovoltaicas en horas de la noche, quedando tan solo las centrales eólicas en condición de disponibilidad. El año 2014 ingresaron las centrales eólicas en la participación de la cobertura de la máxima demanda con 126 MW de los 146 MW disponibles.

El aporte a la máxima demanda con petróleo BD5 se ha incrementado el año 2022 en 752 MW, se hace mención que desde el año 2017 las centrales termoeléctricas

con BD5 no participaban en la cobertura de la máxima demanda lo que representa el 10,1 %.

Figura 35

Participación de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2001-2022 en la cobertura de la máxima demanda



Fuente: Elaboración propia

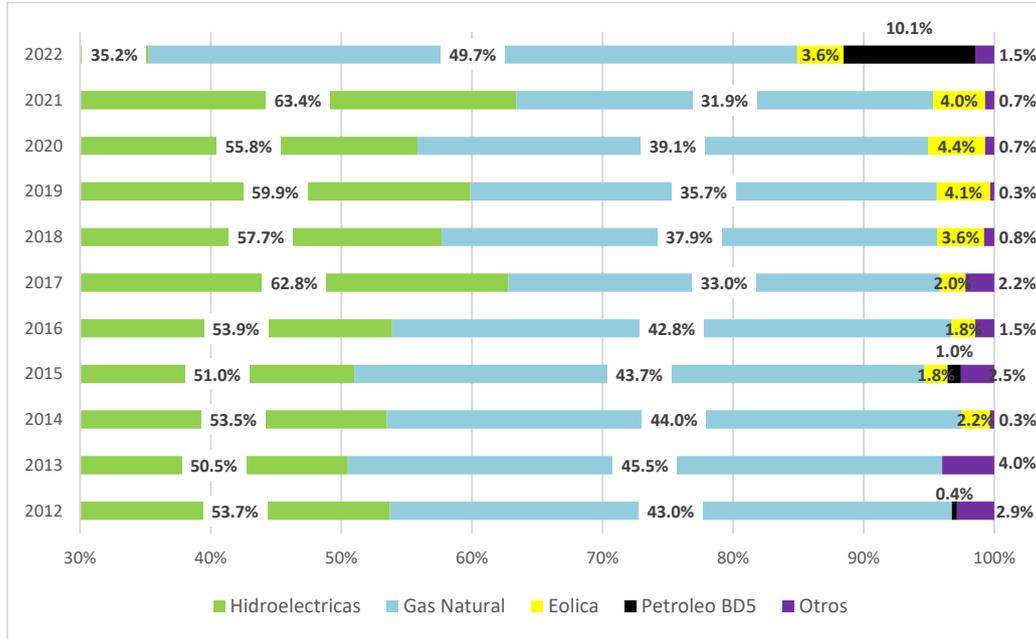
El aporte de la potencia efectiva de las centrales eólicas a la contribución de la máxima demanda se inicia el año 2014, aportando 126 MW lo que represento el 2,2%, el cual se incrementado progresivamente hasta el año 2020 donde se alcanza una contribución de 4,4% con un total de 312 MW de un total de 412,2 MW disponibles.

Para el año 2022 ha producido 265,5 MW en el día de máxima demanda de un total de 672,2 MW disponibles, lo que representa el 3,6 % del total de la potencia disponible de la cobertura de la máxima demanda.

La presencia de la potencia efectiva disponible de las centrales hidroeléctricas se ha reducido significativamente a 35,2%, mientras que la presencia en la cobertura de la máxima demanda del año 2022 con petróleo BD5 se incrementó desde 0 en el año 2016 a 752 MW lo que representa el 10,1% de todo lo requerido.

Figura 36

Participación porcentual de la potencia efectiva según recurso energético periodo 2001-2022 en la cobertura de la máxima demanda



Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Indicadores de centrales de generación.

- Referente al factor de planta de centrales hidroeléctricas.

Para hallar el factor de planta hidráulica en toda la serie de datos se tiene el siguiente ejemplo:

$$FP_{CH} = \frac{\text{Energía anual producida}}{\text{Potencia efectiva}_{CH} * 8760 \text{ horas}} * 100\%$$

Para el año 2022:

$$FP_{CH} = \frac{28\,846\,000 \text{ MWh}}{5\,202,2 * 8760 \text{ horas}} * 100\% = 62,5\%$$

Se ha determinado el factor de planta promedio para la serie de datos desde el 2021 al año 2022, realizando un análisis estadístico descriptivo, en el cual lo más saltante es el valor de la curtosis igual a 2,32727, la cual corresponde a una curva tipo leptocúrtica, en la cual mayor parte de los datos se encuentran agrupados cerca al valor medio, del mismo modo presenta un valor de asimetría negativa, por lo tanto

la concentración de valores de factor de carga se encuentran hacia la izquierda o son valores menores al valor medio de 69,6%, por lo tanto existe la posibilidad de que en el futuro el valor medio del factor de carga de las centrales hidroeléctricas se reduzca, pero su decremento no es tan significativo en valores debido al bajo valor de la desviación standard. Mientras que el valor de confianza de que el valor sea exacto esta entre  $\pm 2,3\%$ , con lo cual el valor medio futuro puede oscilar entre 67,3 % y 71,9 %

Tabla 16

Análisis estadístico descriptivo para el factor de planta de las centrales hidroeléctricas

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Media	69,6%
Error típico	0,01114392
Mediana	69,7%
Moda	#N/D
Desviación estándar	0,05227
Varianza de la muestra	0,00273
Curtosis	2,32727
Coefficiente de asimetría	-1,09889
Rango	0,22007
Mínimo	54,1%
Máximo	76,1%
Suma	15,308
Cuenta	22
Nivel de confianza (95,0%)	2,3%

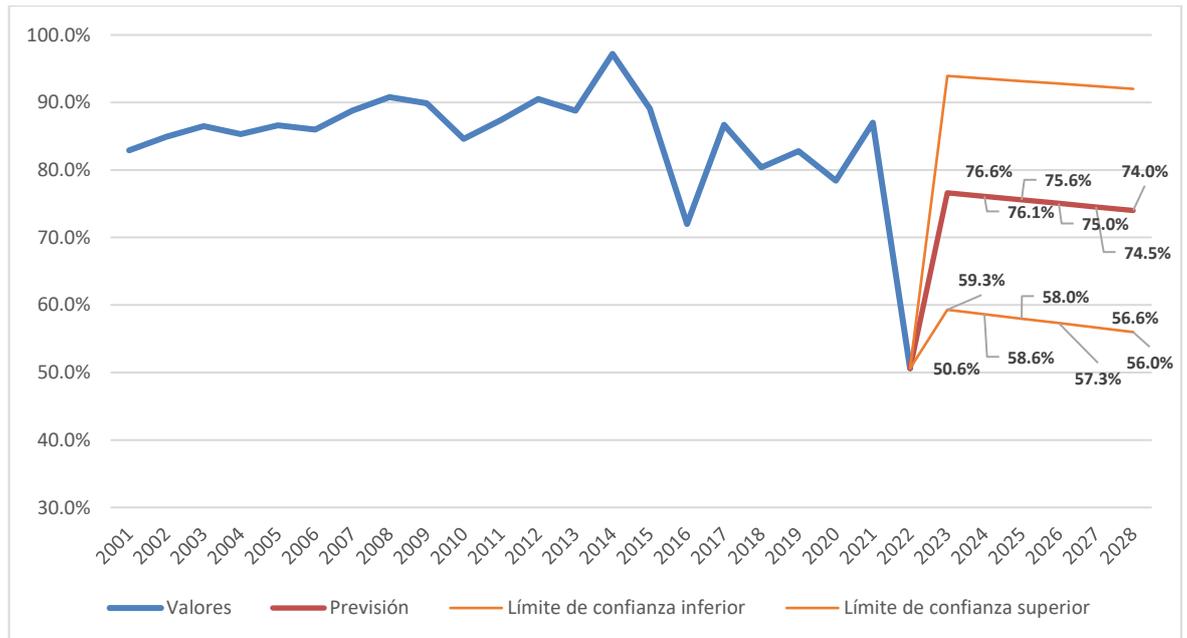
Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo se ha determinado el factor de presencia de las centrales hidroeléctricas en la cobertura de la máxima demanda, se tuvo en cuenta el comportamiento anómalo de la participación de las centrales hidroeléctricas en la máxima demanda en función a su potencia efectiva total, aplicándose la herramienta SOLVER del Excel para determinar el grado de contribución a la máxima demanda de la potencia hidroeléctrica disponible de toda la potencia efectiva instalada. Visualizándose que existe un inusual comportamiento el año 2022 de la disponibilidad de las centrales hidroeléctricas, la cual decayó el año 2016 y con

anterioridad el año 2010, cada 6 años, comportamiento que se ha hecho más pronunciado en este último periodo de análisis.

Figura 37

Previsión del factor de presencia de las Centrales Hidroeléctricas periodo 2001-2022 en la cobertura de la máxima demanda



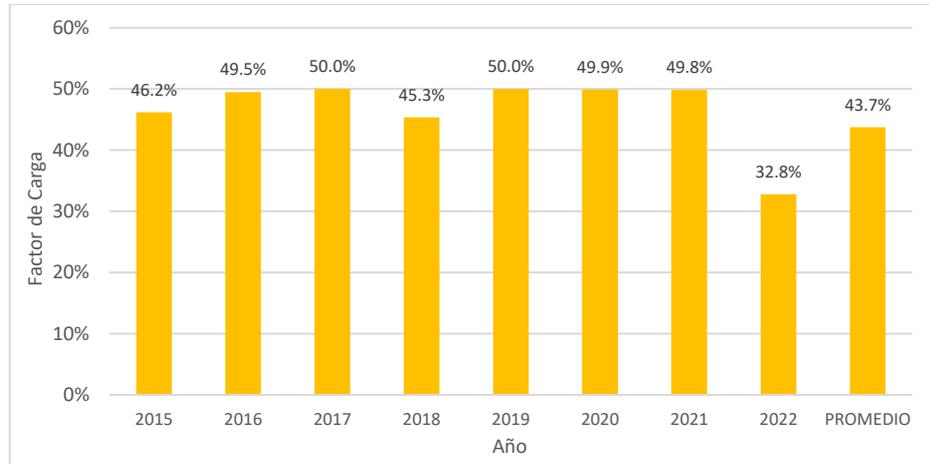
Fuente: Elaboración propia

- **Referente al factor de planta de centrales eólicas.**

Del mismo modo se procesó la información estadística desde el 2015 al 2022 determinándose el factor de carga de las centrales eólicas determinándose un valor promedio de 43,7 %. Con un valor mínimo de 32,8% y un valor máximo de 50%.

Figura 38

Factor de planta de las Centrales eólicas periodo 2015-2022



Fuente: Elaboración propia

Se ha determinado el factor de presencia durante las horas de máxima demanda para la serie de datos desde el 2015 al año 2022, realizando un análisis estadístico descriptivo, en el cual lo más saltante es el valor de la curtosis igual a  $-0,746$ , la cual corresponde a una curva tipo platicúrtica, en la cual mayor parte de los datos se encuentran en los extremos de la curva de distribución de los valores, del mismo modo presenta un valor de asimetría negativa, por lo tanto la concentración de valores de factor de presencia se encuentran hacia la izquierda o son valores menores al valor medio de  $65,5\%$ , por lo tanto existe la posibilidad de que en el futuro el valor medio del factor de presencia de las centrales eólicas se reduzca, pero su decremento no es tan significativo en valores debido al bajo valor de la desviación standard. Mientras que el valor de confianza de que el valor sea exacto esta entre  $\pm 11,77\%$ , con lo cual el valor medio futuro puede oscilar entre  $77,27\%$  y  $53,73\%$

Tabla 17

Análisis estadístico descriptivo para el factor de presencia de las centrales eólicas

<b>Media</b>	<b>65,5%</b>
Error típico	0,051046588
Mediana	69,0%
Moda	#N/D
Desviación estándar	0,153139765
Varianza de la muestra	0,023451788
Curtosis	-0,746628832
Coefficiente de asimetría	-0,54258088
Rango	0,467893199
Mínimo	39,5%
Máximo	86,3%
Suma	5,897370849
Cuenta	9
Nivel de confianza (95,0%)	11,7713644

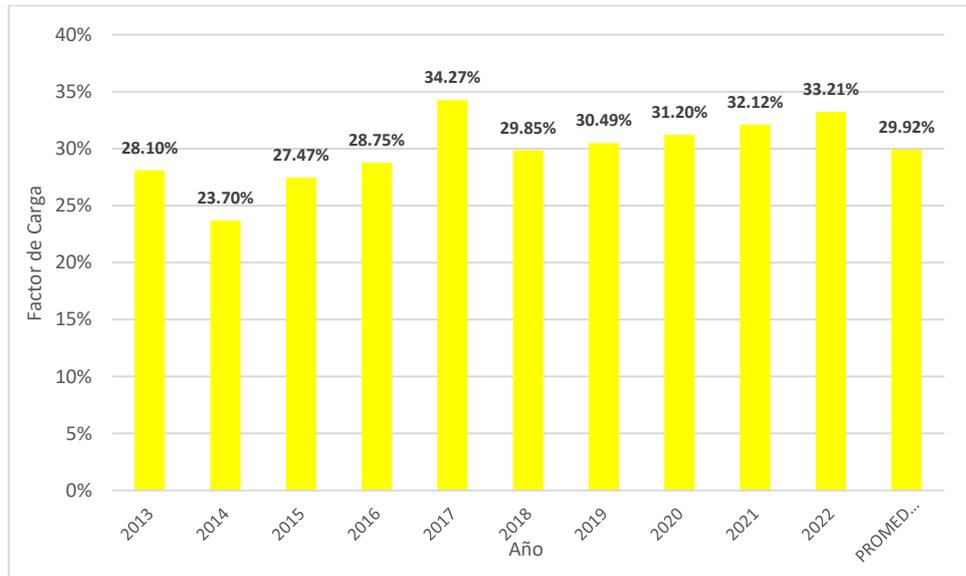
Fuente: Elaboración propia

- **Referente al factor de planta de centrales solares.**

Se procesó la información estadística desde el 2013 al 2022 determinándose el factor de planta de las centrales solares fotovoltaicas determinándose un valor promedio de 29,92 %. Con un valor mínimo de 23,7% y un valor máximo de 34,27%.

Figura 39

Factor de planta de las Centrales solares fotovoltaicas periodo 2015-2022



Fuente: Elaboración propia

- **Referente al factor de planta de centrales con RSU o con biogás.**

Se procesó la información estadística desde el 2013 (año en el cual se estabiliza la generación de la primera central con RSU en el Perú) al 2022, determinándose el factor de planta de 68,2%

- **Referente al factor de planta de centrales con Biomasa.**

Se procesó la información estadística desde el 2019 (año en el cual se ha mantenido constante la producción de las 04 Empresas asociadas a la producción de energía eléctrica que operan con bagazo) al 2022, determinándose el factor de carga de 53,1%

- **Referente al factor de planta de las centrales termoelectricas con combustibles tradicionales.**

Se procesó la información estadística para la generación de energía con gas natural desde el año 2001 al año 2022, se tomó el valor del año 2015, el cual es el mayor valor histórico para la generación con gas natural, la cual se encuentra limitada a la concentración de las centrales de ciclo combinado en la localidad de Chilca

cerca de 2,9 GW, el cual debido a su ubicación presenta el problema de retiro de la energía por las redes de transmisión y también se concentra la generación de energía con gas natural en cerca de 1 GW en la ciudad de Lima. El valor optado es de 67,5%.

No se toma en cuenta la operación de la central termoeléctrica Ilo 2 con carbón, el cual ha sido puesta de servicio del sistema desde inicios del 2023.

Por otro lado, se considera para para las centrales termoeléctricas con Petróleo R500 el ultimo valor de factor de planta de 2% del año 2022, teniendo en cuenta su disponibilidad es función de la baja tasa de generación de las centrales hidroeléctricas. (en los 2 últimos años su factor de planta fue inferior a 2%)

Para la generación de energía eléctrica se considera un factor de disponibilidad igual a 1, debido a que estas actúan en condiciones de emergencia, están redistribuidas en todo el país, y actualmente el 2023 bien cubriendo la máxima demanda del sistema eléctrico peruano, ante el déficit de agua para generación de energía eléctrica en las centrales hidroeléctricas. Por lo tanto, se considera un factor de planta igual a 1.

### **4.3 Proyecciones.**

#### **4.3.1 Generación de energía.**

- **Premisas.**

Se tiene en cuenta lo siguiente:

Las centrales solares fotovoltaicas operan con un factor de planta de 29,92%.

Las centrales eólicas operan con un factor de planta promedio de 43,7%.

Las centrales hidroeléctricas operan con un factor de planta de 59,3 %.

Las centrales termoeléctricas con gas natural operan con un factor de planta de 67,5%.

Las centrales termoeléctricas con petróleo BD5 operan con un factor de planta de 100%.

Las centrales termoeléctricas con petróleo R500 operan con un factor de planta de 2%.

Las centrales termoeléctricas con biomasa operan con un factor de planta de 53,1%.

Las centrales termoeléctricas con RSU o biogás operan con un factor de planta de 68,2%.

Según la información de las tablas 1 al 10 se presenta el cuadro de potencias efectivas entrantes al SEIN.

Tabla 18

Potencia efectiva en MW prevista, incluye según las de EPOs y con concesión

<b>Año POC</b>	<b>Solares FV</b>	<b>Eólicas</b>	<b>Hidroeléctricas</b>	<b>Termoeléctricas</b>	<b>Biomasa</b>	<b>Biogás</b>	<b>Efectiva</b>
<b>2023</b>	286,31	672,20	5 284,90	6 694,60	53,69	11,94	13 003,64
<b>2024</b>	400,61	780,20	5 561,70	6 797,00	53,69	11,94	13 605,14
<b>2025</b>	860,61	911,30	5 841,20	6 797,00	53,69	11,94	14 475,74
<b>2026</b>	1 245,61	911,30	6 399,20	6 797,00	53,69	11,94	15 418,74
<b>2027</b>	1 245,61	1 130,90	7 826,80	6 797,00	53,69	11,94	17 065,94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Potencia efectiva en MW prevista, incluye las de EPOs y con/sin concesión

<b>Año POC</b>	<b>Solares FV</b>	<b>Eólicas</b>	<b>Hidroeléctricas</b>	<b>Termoeléctricas</b>	<b>Biomasa</b>	<b>Biogás</b>	<b>Efectiva</b>
<b>2023</b>	286,31	672,20	5 284,90	6 694,60	53,69	11,94	13 003,64
<b>2024</b>	400,61	780,20	5 561,70	6 797,00	53,69	11,94	13 605,14
<b>2025</b>	860,61	911,30	5 841,20	6 797,00	53,69	11,94	14 475,74
<b>2026</b>	2 564,71	1 376,10	6 399,20	7 655,00	53,69	11,94	18 060,64
<b>2027</b>	5 022,11	3 569,70	7 826,80	7 655,00	53,69	11,94	24 139,24

Fuente: Elaboración propia

Aplicando los factores de carga se tienen los siguientes aportes a la generación de energía según las potencias efectivas disponibles, a las cuales se les aplicó el respectivo valor del factor de planta para cada recurso energético.

Tabla 20

Generación de energía prevista sin Centrales termoeléctricas 2023-2027 (GWh/año)

<b>Año</b>	<b>Solares FV</b>	<b>Eólicas</b>	<b>Hidroeléctricas</b>	<b>Biomasa</b>	<b>Biogás</b>	<b>Generación efectiva</b>
<b>2023</b>	750,42	2 573,26	27 453,36	307,17	71,33	31 155,55
<b>2024</b>	1 050,00	2 986,70	28 891,25	307,17	71,33	33 306,45
<b>2025</b>	2 255,65	3 488,57	30 343,16	307,17	71,33	36 465,88
<b>2026</b>	3 264,73	3 488,57	33 241,80	307,17	71,33	40 373,60
<b>2027</b>	3 264,73	4 329,22	40 657,72	307,17	71,33	48 630,18

Fuente: Elaboración propia

Para la siguiente tabla el único aporte es el de la Central Termoeléctrica de Cogeneración de la Refinería de Talara, quien entra en operación a fines del año 2023.

Tabla 21

Generación de energía prevista de Centrales termoeléctricas 2023-2027 (GWh/año)

<b>Año</b>	<b>Gas Natural</b>	<b>Petróleo R500</b>	<b>Petróleo BD5</b>
<b>2023</b>	25 531,74	10,72	2 315,5
<b>2024</b>	26 137,23	10,72	2 315,5
<b>2025</b>	26 137,23	10,72	2 315,5
<b>2026</b>	26 137,23	10,72	2 315,5
<b>2027</b>	26 137,23	10,72	2 315,5

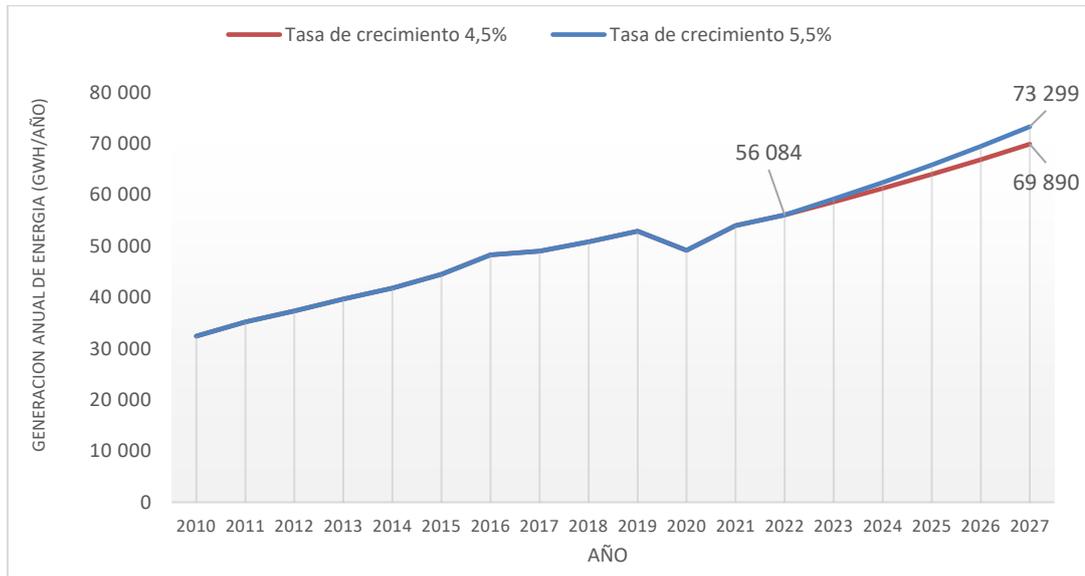
Fuente: Elaboración propia

- **Proyección de la energía global.**

Se aplica el factor de la tasa de crecimiento promedio de la generación de energía, el cual es igual a 5,5% y también se realizó el mismo procedimiento para una tasa de crecimiento de 4,5% En el cual se observa que se alcanza un máximo valor de generación o consumo de energía de 73 299 GWh/año para el 2027 y 69 890 GWh/año para el mismo año, con tasas de crecimiento de consumo de 5,5 y 4,5 % respectivamente.

Figura 39

Previsión de la generación de energía hacia el año 2027



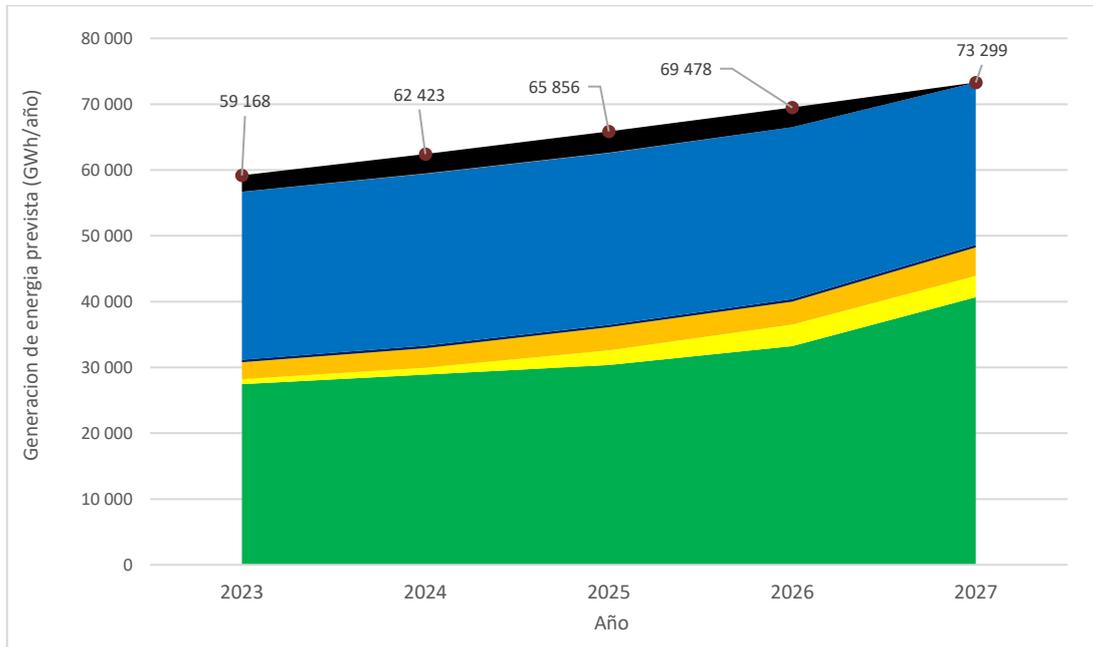
Fuente: Elaboración propia

- **Participación en la generación según recursos energéticos.**

Se presenta la previsión de la Generación de energía con una tasa de crecimiento de 5,5% en la cual se visualiza un crecimiento de la cobertura de generación con centrales solares fotovoltaicas entre los años 2025 y 2026, mientras que el incremento de la generación se hace notable el 2025 y el 2027. Del mismo modo existe una recuperación de la generación hidroeléctrica en los años 2026 y 2027. Con lo cual se consigue desplazar totalmente el año 2027 la participación de las centrales termoeléctricas con petróleo BD5 en la generación de energía.

Figura 40

Previsión de la generación de energía según recursos energéticos año 2023-2027

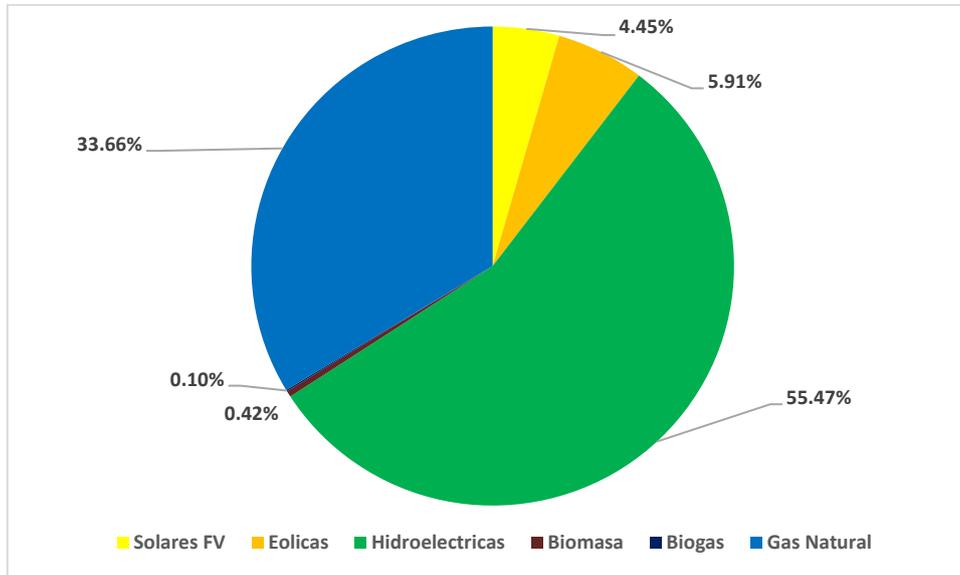


Fuente: Elaboración propia

La distribución participación porcentual en la generación de energía para el año 2027 presenta una contribución de las centrales fotovoltaicas con 4,45% y de las centrales eólicas con un valor de 5,91 %, lo que representa un total de 10,36%, superando el valor límite establecido de 5% (D.L N° 1009-2008). Para el año 2026 el porcentaje total entre ambas tecnologías suman 9,7%. Del mismo modo toda la contribución RER para el año 2027 (incluida biomasa y biogás) suman un total de 10,88%. Con lo cual el proceso de transición energética recién inicia su despegue. Del mismo modo para el año 2027 no se requiere generación de energía con centrales termoeléctricas con petróleo BD5 y con petróleo R500, se hace mención que la participación de las centrales termoeléctricas con petróleo BD5 para el año 2026 es de 4,3%

Figura 41

Participación porcentual en la Generación de energía según recursos energéticos año 2027



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Potencia efectiva.

Se ha determinado la potencia efectiva de las centrales eólicas y solares fotovoltaicas con EPOs aprobados y con concesión, así como el valor de la potencia efectiva, determinándose que para el año 2027 se tendrá una potencia efectiva total del parque de generación del SEIN de 17 065,94 MW, de los cuales 1 130,9 MW serán generados por centrales eólicas (la mayor parte de ellas se concentran en el departamento de Ica) y 1 245,61 MW generados por centrales solares fotovoltaicas (donde la mayor parte de estas unidades se concentran en el departamento de Moquegua y Arequipa).

Tabla 22

Generación de energía prevista de Centrales termoeléctricas 2023-2027 (GWh/año)

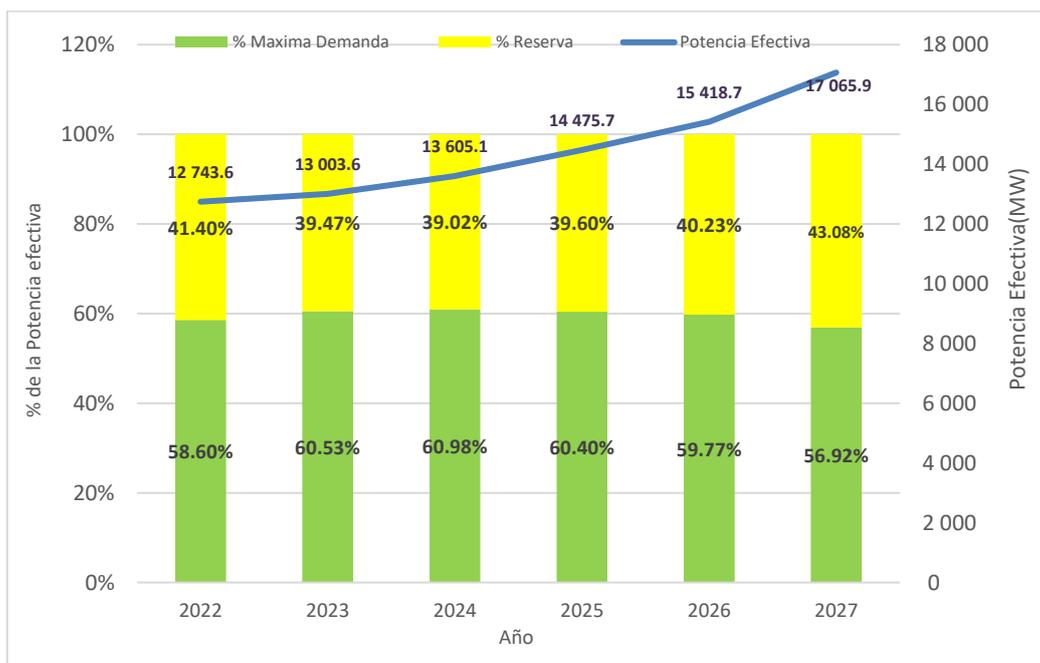
Potencia (MW)	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Eólica</b>	672,20	672,20	780,20	911,30	911,30	1 130,90
<b>Solar</b>	282,30	286,31	400,61	860,61	1 245,61	1 245,61
<b>Potencia Efectiva</b>	12 743,60	13 003,64	13 605,14	14 475,74	15 418,74	17 065,94

Fuente: Elaboración propia

Se ha determinado el valor de la máxima demanda con un promedio de crecimiento de 5,4%, obteniéndose los valores para el periodo de años 2023-2027, alcanzándose para el año un valor máximo de 17 065,9 MW como potencia efectiva para el año 2027, en el cual la máxima demanda es igual a 9 713,6 MW, este ultimo valor representa el 56,92 % de la totalidad de la potencia efectiva, mientras que la reserva de generación alcanza el valor de 7 352,3 MW lo que representa un valor de 43,08% , el cual se puede asegurar que existe una adecuada reserva de generación para poder cubrir cualquier contingencia que se presenta en el sistema eléctrico peruano.

Figura 42

Participación porcentual de la Máxima demanda y la reserva de generación con respecto a la potencia efectiva hacia el año 2027.



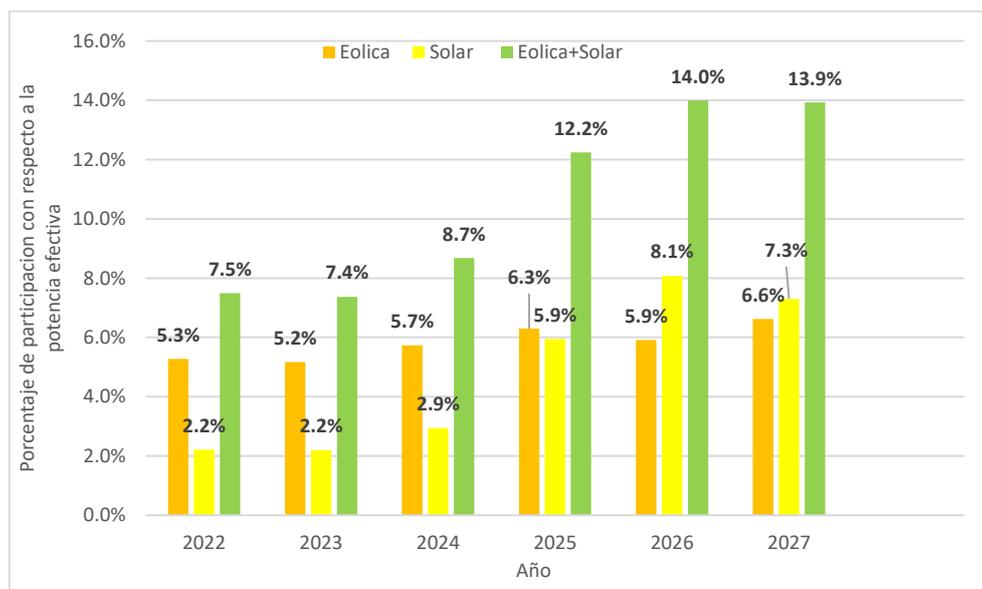
Fuente: Elaboración propia

Se ha previsto que para el año 2025 y 2027 la generación de energía con centrales solares fotovoltaicas incrementara su participación en la potencia efectiva total del sistema eléctrico peruano con valores de 5,9% y 7,3% respectivamente. Mientras que las centrales eólicas alcanzaran un valor de 6,63% con respecto a la potencia efectiva total al año 2027.

Teniendo en cuenta el punto de partida el año 2022, las centrales solares fotovoltaicas incrementaran su porcentaje de contribución a la potencia total del sistema desde 2,2% (282,3 MW) a 7,3% el año 2027 (1 245,61 MW), incrementándose la potencia efectiva de las centrales solares fotovoltaicas en 4,4 veces. Mientras que las centrales eólicas incrementan desde 5,3% (672,2 MW) a 6,63% el año 2027 (1 130,9 MW). Sumando ambas tecnologías de generación estas se incrementan desde 7,5% a 13,93% con un incremento del 85% de capacidad efectiva RER Solar Eólica. Este último valor es un buen punto de partida para seguir fijando metas en la transición energética.

Figura 43

Participación porcentual de las potencias efectivas eólica y solar fotovoltaica con respecto a la potencia efectiva total hacia el año 2027



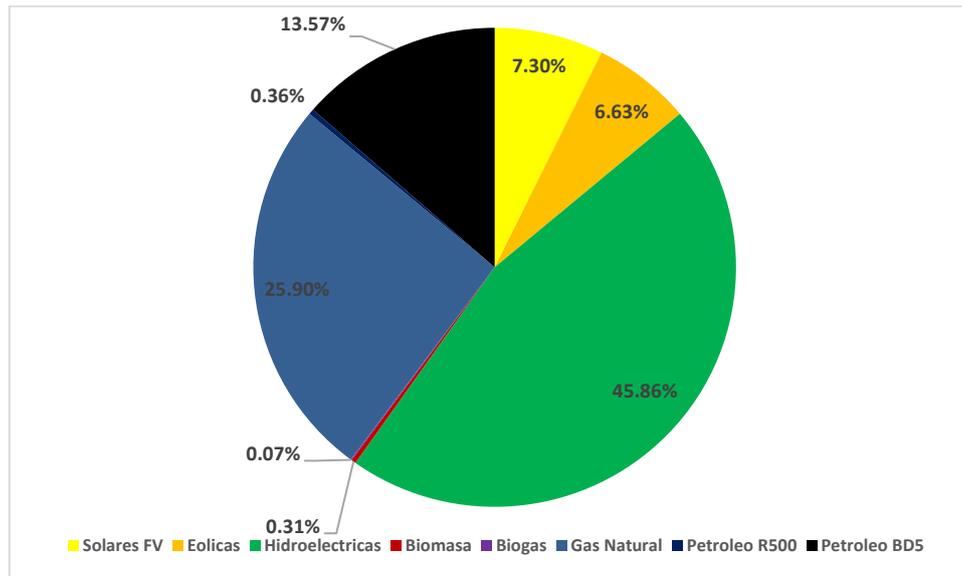
Fuente: Elaboración propia

Se presenta la participación porcentual de las potencias efectivas de las diversas tecnologías de generación, cada una de ellas con distinto recurso energético disponibles para el año 2027. Donde las tecnologías de generación solar fotovoltaica eólica representan el 13,93%, representando la tercera tecnología de generación después de la generación hidroeléctrica con 45,86% y la generación termoeléctrica con gas natural con 25,90% en términos de potencia efectiva.

Mientras que la generación de energía con petróleo BD5 representa el 13,57%. Quedando la matriz energética mucho más diversificada que con respecto al año 2022.

Figura 44

Participación porcentual de las potencias efectivas según recurso energético al año 2027



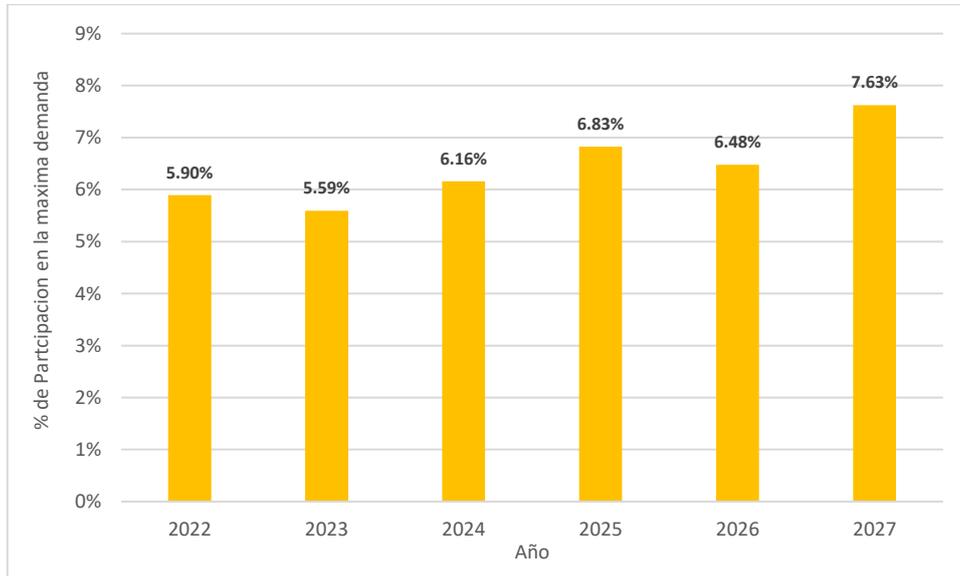
Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3 Cobertura de la máxima demanda.

Para la cobertura de la máxima demanda, en horas punta del SEIN, solo se cuenta con la participación de las centrales eólicas, las cuales tienen un factor de participación de 65,5% en las horas de máxima demanda, con lo cual su participación alcanza un valor de 7,63% para el año 2027, desde un valor inicial de 5,90% el año 2022.

Figura 45

Participación porcentual de la generación eólica en horas de máxima demanda hacia el año 2027



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Metas alcanzadas.

##### 4.4.1 Metas alcanzadas.

Con referencia a la generación de energía con sistemas eólicos y fotovoltaicos para el periodo 2023-2027 se tiene un adicional de energía generada con los nuevos proyectos RER con tecnología solar fotovoltaica y eólica que reemplazan a la generación de energía producida con centrales termoeléctricas con petróleo BD5. El año base 2022 se generó 3 323,68 GWh/año con las actuales centrales solares fotovoltaicas y eólicas instaladas.

Por ejemplo, para el año 2024.

Generación Eólica+ solar fotovoltaico = 4 036,69 GWh/año.

$$\begin{aligned} \text{Adicional generado por proyectos nuevos} &= 4\,036,69 - 3\,323,68 \\ &= 713,01 \text{ GWh/año} \end{aligned}$$

Tabla 23

Generación de energía prevista de Centrales RER 2023-2027 (GWh/año)

<b>Año</b>	<b>Solar+Eólica (GWh/año)</b>	<b>Adicional generado (GWh/año)</b>
<b>2023</b>	3 323,68	
<b>2024</b>	4 036,69	713,01
2025	5 744,21	2 420,54
2026	6 753,29	3 429,62
2027	7 593,95	4 270,27
<b>Total</b>		<b>10 833,45</b>

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el Factor de emisiones para el petróleo BD5: 70,8 Ton CO<sub>2</sub> equivalentes emitidos/TJ (Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17) se determinan las emisiones equivalentes de dióxido dejados de emitir al sustituirse la generación con centrales termoeléctricas con petróleo BD5 por generación de energía producida por centrales solares fotovoltaicas y eólicas.

Datos:

Poder calorífico inferior del petróleo BD5 = 9 860 kcal/kg = 41 214,8 kJ/kg (Fuente: Petroperú)

Heat Rate promedio de una Central Termoeléctrica con petróleo BD5 = 0,232 kg/kWh (Tabla 3 sin contar a las centrales termoeléctricas con ciclo joule Brayton abierto que operan con BD5 cuyo heat rate es de 0,374 kg/kWh)

CO<sub>2</sub> dejado de emitir a la atmosfera en 5 años

$$= 10\,833,45 \frac{GWh}{5 \text{ años}} * \frac{10^6 kWh}{GWh} * 41\,214,8 \frac{kJ}{kg} * \frac{0,232 kg}{kWh} * \frac{TJ}{10^9 kJ} * 70,8 \frac{Ton CO_2}{TJ}$$

CO<sub>2</sub> dejado de emitir a la atmosfera en 5 años = 7'334 005 Ton. CO<sub>2</sub>

Para determinar el porcentaje de combustible dejado de consumir se tiene la siguiente relación:

Adicional generado y cubierto por Centrales eólicas y Solares fotovoltaicas que sustituyen la operación de centrales termoeléctricas con petróleo BD5 =10 833,45 GWh/5 años.

Generación termoeléctrica con petróleo BD5 periodo 2023-2027 = 11 636,63 GWh/5 años

*% de energia sustituida*

$$= \frac{\textit{Adicional generado}}{\textit{Adicional generado} + \textit{generacion termoelectrica BD5}} * 100\%$$

$$\% \textit{ de energia sustituida} = \frac{10\ 833,45}{10\ 833,45 + 11\ 636,36} * 100\%$$

$$\% \textit{ de energia sustituida} = 48,21 \%$$

Con la inserción de 959,30 MW con centrales solares fotovoltaicas y 458,70 MW con centrales eólicas, operando cada una de ellas a diversos factores de planta se consigue sustituir 10 833,45 GWh en el periodo de análisis, lo que equivale a una reducción del 48,21% de la energía producida con petróleo BD5. Superándose el valor de la hipótesis de 10 %.

#### **4.5 Discusión de resultados.**

Gutiérrez & Palacios (2022) determinaron los indicadores de desempeño de las centrales RER en estudio, con para la central solar fotovoltaica un factor de planta diaria igual a 38,21%, para la central eólica un factor de planta diario de 46,25%. El cual fue empleado para poder identificar las características de las centrales solares y eólicas que reemplazarían a una central de ciclo simple y de ciclo combinado con gas natural. A diferencia, en el presente informe se determinaron los factores de planta promedio de las centrales eólicas en el Perú el cual es de 43,7% (una diferencia de 2,5 con respecto al informe inicial, mientras que el factor de planta promedio de las centrales solares fotovoltaicas es de 29,92% (una diferencia de 8,29 con respecto al informe de Gutiérrez & Palacios)

Ledesma & Solorzano (2019) plantean en su investigación acerca de la importancia de la reserva de generación, obteniendo un valor de 27,67%, el cual es un valor superior al de la reserva firme objetivo el cual es 23.45%. Realizando un estudio del comportamiento de oferta para un horizonte de 10 años, en la presente investigación se realiza un análisis de corto plazo hasta el año 2027 en el cual parten de una reserva de generación el año 2022 de 41,4% el cual ha incrementado a un valor de 43,1% para el año 2017, valores que son también superiores a la reserva firme objetivo, con lo cual el sistema eléctrico encuentra una estabilidad ante una posible contingencia. Y lo novedoso en el presente informe es que la oferta de generación para el año 2027 tiene un componente de generación eólico-solar de 13.3% de la potencia electiva disponible, con el cual el proceso de transición energética, está encaminado.

Muñoz (2020) concluye en su investigación que las centrales de generación de energía RER influyen en la oferta de generación, máxima demanda y reserva efectiva; determinándose principalmente que las centrales RER contribuyen en la cobertura de la máxima demanda operando en forma parcial del total de su capacidad o caso contrario podrá operar con toda su capacidad como unidades de base. En la presente investigación se ha contemplado el factor de presencia que relaciona la potencia efectiva disponible de una central de energía con respecto a su potencia efectiva máxima, demostrándose que para las centrales eólicas la participación en la cobertura de la máxima demanda se debe aplicar un factor de 65,5%.

Orellana (2019) concluye que la Transición Energética es un proceso controlado y planificado que tiene por finalidad el reemplazo futuro de las fuentes de energía primaria derivados de los hidrocarburos por recursos renovables, lo que permite mejorar el standard de vida de la población, en muchos casos ligado a los aspectos medioambientales. En el presente informe se demuestra la importancia de insertar centrales RER en un sistema eléctrico, los cuales al margen de las barreras administrativas de entrada que presente en el Perú, se ha demostrado que su ingreso en el SEIN tiene un efecto de reducción de emisiones de dióxido de carbono, como resultado del desplazamiento de nuevas centrales RER a partir del año 2023-2027. Con esto se conseguirá mitigar para el periodo de análisis un total de

7'334 005 Ton.  $CO_2$ . al reemplazar en la operación a centrales termoeléctricas que operan con petróleo BD5. Lo cual es una de los principales objetivos de la implementación de la transición energética en el Perú.

Roa (2018) plantea como comienzo de la implementación de la transición energética en España una adecuada planificación de los recursos energéticos disponibles, llegando a las siguientes conclusiones como lo es el cierre de las centrales carbón e impulsar las centrales de ciclo combinado, por su eficiencia y su menor efecto contaminante. Y también en su estudio identifico la indisponibilidad del recurso hídrico que afecta a la generación de energía con centrales hidroeléctricas. En el presente estudio también se toma en cuenta la indisponibilidad hídrica que viene afectando notablemente desde el año pasado, con lo cual el factor de planta a disminuido. A diferencia de la investigación anterior se plantea sustituir parcialmente la generación de energía con centrales convencionales por centrales solares fotovoltaicas y eólicas.

Salamunovic (2021) en su investigación referente a las Transiciones Energéticas en el Marco del G20 concluye que Japón plantea en su Plan Estratégico de Energía el empleo de hidrógeno y la captura, utilización y almacenamiento de carbono y diversificar su matriz energética, como inicio de ruta de la transición energética la cual está ligada a la seguridad energética, eficiencia energética y control del medio ambiente. En la presente investigación se ha enfatizado en la seguridad energética que conlleva a estimar cuales son los efectos de la inserción de centrales solares y eólicas autorizadas en el proceso de transición, si bien es cierto la investigación se basa en proyecciones, muestra la importancia de una adecuada planificación para iniciar el proceso de transición energética.

Zanabria. (2019) concluye que desde el año 2008 según el D.L. N° 1002, el Minem establecerá cada cinco (5) años un porcentaje objetivo en que debe participar, en el consumo nacional de electricidad, la electricidad generada a partir de RER, la cual sigue en 5% a pesar de haber transcurrido más de 14 años de la promulgación de la norma. En la presente investigación se demuestra que con una adecuada planificación se puede alcanzar un valor de 10,36% el cual es un valor superior al normado vigente, solo falta decisiones para incrementar el porcentaje de contribución de las RER en el SEIN.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Se presentan las siguientes conclusiones en respuesta a los objetivos específicos:

- Se determinó la tasa de crecimiento promedio de la máxima demanda la cual es 4,8%, la tasa de crecimiento de la potencia efectiva es 5,4%, la tasa de crecimiento de generación de energía es 5,5%, mientras que la tasa de crecimiento de la reserva de generación alcanzo un valor máximo el año 2018 con un valor de 46,6%, desde esa fecha se ha reducido hasta tener un valor actual de 41,4%.
- Según los proyectos con concesión definitiva y con estudio de preoperatividad aprobada a corto plazo al 2027 se prevé el ingreso de 959,30 MW de un total de 05 Centrales Solares Fotovoltaicas y 458,7 MW de 03 centrales eólicas. Con lo cual la potencia efectiva de las centrales eólicas se incrementa a 1 130,90 MW con un porcentaje de incremento de 106,9% y las centrales solares fotovoltaicas incrementa su potencia efectiva a 1 245,61 MW con un porcentaje de incremento de 335,05%.
- El efecto de la inserción de nuevas centrales eólicas y solares fotovoltaicas en el SEIN permitirán en el corto plazo alcanzar una participación en la oferta de energía 10,4%, mientras que la potencia efectiva de las centrales solares tendrá una participación de 7,3% y las centrales eólicas una participación del 6,6% en la potencia efectiva total. Mientras que en la cobertura de la máxima demanda las centrales eólicas participan con un porcentaje de participación de 7,63%. Del mismo modo la reserva de generación será de 43,08%.
- Con la inserción de 959,30 MW con centrales solares fotovoltaicas y 458,70 MW con centrales eólicas, se consigue sustituir 10 833,45 GWh en el periodo de análisis, lo que equivale a una reducción del 48,21% de la energía producida con petróleo BD5. Superándose el valor de la hipótesis de 10 % y del mismo modo se dejan de emitir 7'334 005 Ton. CO2 en un periodo de 5 años.

## **Recomendaciones**

- Un trabajo posterior es realizar una simulación dentro de un año teniendo en cuenta el grupo de centrales de generación sin EPOs o sin concesión, con lo cual podría alterarse los resultados, con lo cual podría disminuir mas el aporte de generación con centrales termoeléctricas con petróleo BD5.
- Es necesario promover un procedimiento administrativo con tiempos, para las solicitudes de concesión, ya que muchos de ellos tienen elevado tiempo de demora en su ejecución, esto es la principal barrera de ingreso de las centrales de energía RER.
- Aunque el análisis se ha realizado al SEIN, aún está pendiente por determinar el aporte de los sistemas RER aislados que pertenecen al CARGO RER y al sistema eléctrico BT8.
- El factor de presencia de las centrales solares fotovoltaicas puede incrementarse usando los BESS, los cuales podrían almacenar energía en el día y operar en horas de máxima demanda,

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Acciona (2022). ¿Cómo funciona un aerogenerador? España. Disponible en:  
[https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/como-funciona-un-aerogenerador/?\\_adin=02021864894](https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/como-funciona-un-aerogenerador/?_adin=02021864894)

Acciona (2022). ¿Qué es un aerogenerador? España. Disponible en:  
[https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores/?_adin=02021864894)

Actitud ecológica. (2022). Página web de Actitud ecológica. España. Disponible en:  
<https://actitudecologica.com/energias-renovables/eolica/>

Aguayo, F. (2012). Transiciones energéticas: agotamiento y renovación de los recursos energéticos. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de investigaciones sociales. México. Disponible en:  
[https://conceptos.sociales.unam.mx/conceptos\\_final/485trabajo.pdf](https://conceptos.sociales.unam.mx/conceptos_final/485trabajo.pdf)

Area tecnológica. (2022). ENERGIA EOLICA. Página web de área tecnológica. Disponible en:  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/energia-eolica.html>

Barbosa, L. (2022). ESTRATEGIAS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA: REVISIÓN DE LA LITERATURA. Blog de Leandro Barbosa. Brasil. Disponible en:  
<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-ambiental-es/transicion-energetica>

Baquerizo, Canchari, Polo y Poma (2022). Evaluación de generación de energía eléctrica mediante un sistema solar fotovoltaico con sistema de almacenamiento de energía con baterías (BEESStorage) en la zona sur del país. Tesis grado de Magíster en Gestión de la Energía. Universidad ESAN. Perú. Disponible en:  
[https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/3207/2022\\_MAGE\\_19-1\\_06\\_TI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/3207/2022_MAGE_19-1_06_TI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cambio Energético (2022). ¿Cuál es la última tecnología en módulos fotovoltaicos? Blog de cambio energético. España. Disponible en :  
<https://www.cambioenergetico.com/blog/ultima-tecnologia-placas-solares/>

Castillo, Y. (2014). Técnicas de proyección del mercado. Monografías. Republica Dominicana. Disponible en:  
<https://www.monografias.com/trabajos102/tecnicas-proyeccion-del-mercado/tecnicas-proyeccion-del-mercado>

Chávez, T., De la Cruz, R., Guevara, E. y Suclupe, A. (2021). Análisis del Mercado de Electricidad, Año 1 – N° 1 – Diciembre del 2021. Gerencia de Políticas y Análisis Económico, Osinergmin. Disponible en:  
[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Reportes\\_de\\_Mercado/Osinergmin-RSMME-Dic-2021.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Reportes_de_Mercado/Osinergmin-RSMME-Dic-2021.pdf)

Cespedes, R. y Vásquez, F. (2019). Diseño de un sistema de energía eólica para el suministro eléctrico de la localidad de Quinuabamba-PomabambaAncash. Tesis para título de Ingeniero electromecánico. Universidad Tecnológica del Perú. Disponible en:  
[https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4857/R.Cespedes\\_F.Vasquez\\_Trabajo\\_de\\_Investigacion\\_Bachiller\\_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4857/R.Cespedes_F.Vasquez_Trabajo_de_Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

COES (2023). Estadística Anual 2022. Portal web del Comité Económico del Sistema Interconectado. Perú. Disponible en:  
<https://www.coes.org.pe/Portal/publicaciones/estadisticas/estadistica?anio=2022>

COES (2022). Reporte de Máxima Demanda. Portal web del Comité Económico del Sistema Interconectado. Perú. Disponible en:  
<https://www.coes.org.pe/Portal/portalinformacion/demanda?indicador=maxima>

COES (2021). Informe de Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN PERIODO 2023 – 2032. COES. Disponible en:



Furlan, A. (2015). La transición energética en la matriz eléctrica argentina (1950-2014). Cambio técnico y configuración espacial. Revista Universitaria de Geografía. Universidad Nacional del Sur. Disponible en:

<http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/pdf/reuge/v26n1/v26n1a06.pdf>

Gamio, P. y Vásquez, U. (2018). Transición energética con energías renovables para la seguridad energética en el Perú: una propuesta de política pública resiliente al clima. Revista Espacio y Desarrollo N° 31, 2018, pp. 193-222 (ISSN 1016-9148). Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:

<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/20184/20216>

Garay, F. (2020). Análisis técnico de la integración masiva de centrales solares fotovoltaicas y su impacto en el sistema eléctrico sur peruano. Tesis de maestría Gestión de la Energía con mención en Electricidad. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa. Perú. Disponible en:

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0c6dec39-b297-4172-be6e-41dafa92380f/content>

García, N. (2021). Matriz energética y eléctrica en Chile. Asesoría Técnica Parlamentaria del Congreso Nacional de Chile. Disponible en:

[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32492/1/BCN\\_Matriz\\_energetica\\_electrica\\_en\\_Chile.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32492/1/BCN_Matriz_energetica_electrica_en_Chile.pdf)

García, S. (2018). Suavizado exponencial simple, ejemplo y fórmula. Celeberrima.com. España. Disponible en:

<https://www.celeberrima.com/suavizado-exponencial-simple-ejemplo-y-formula/>

Gestión de operaciones. (2022). Método de Suavizamiento Exponencial Ajustado a la Tendencia (Suavización Exponencial Doble). Blog sobre la Gestión e Investigación de Operaciones con tutoriales y ejercicios resueltos. España. Disponible en:

<https://www.gestiondeoperaciones.net/tag/media-movil/>

Giménez, J. y Gómez, J. (2011) GENERACIÓN EÓLICA EMPLEANDO DISTINTOS TIPOS DE GENERADORES CONSIDERANDO SU IMPACTO EN EL SISTEMA DE POTENCIA. Revista Dyna, año 78, Nro. 169, pp. 95-104. Medellín, Octubre, 2011. ISSN 0012-7353. Colombia. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v78n169/a11v78n169.pdf>

Glave, U. (2020). El rol de las energías renovables en la transición energética: Los estudios de caso de Argentina y Alemania. Tesis de grado de Economía. Universidad Nacional del Sur. Argentina. Disponible en:  
[https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5690/Glave%2c%20Ulises\\_Tesis%20de%20Grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5690/Glave%2c%20Ulises_Tesis%20de%20Grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Gobierno del Perú (2006). LEY PARA ASEGURAR EL DESARROLLO EFICIENTE DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA LEY N° 28832. Perú. Disponible en:  
[https://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-v3qz6zo6vgznhzz-Ley\\_N%C2%BA\\_28832,\\_Ley\\_para\\_asegurar\\_el\\_desarrollo\\_eficiente\\_de\\_la\\_generaci%C3%B3n\\_el%C3%A9ctrica.pdf](https://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-v3qz6zo6vgznhzz-Ley_N%C2%BA_28832,_Ley_para_asegurar_el_desarrollo_eficiente_de_la_generaci%C3%B3n_el%C3%A9ctrica.pdf)

Gobierno del Perú (2008). Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables DECRETO LEGISLATIVO N° 1002. Perú. Disponible en:  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/893170/DL-1002.pdf?v=1593214541>

Gobierno del Perú. (2013). Decreto Supremo N.º 020-2013-EM- Aprueban Reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a Red. Perú. Disponible en:  
<https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/733932-020-2013-em>

Gobierno del Perú. (2023). Plan de Acceso Universal a la Energía 2023 – 2027 RESOLUCIÓN MINISTERIAL. N° 053-2023-MINEM/DM. Disponible en:  
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-plan-de-acceso-universal-a-la-energia-2023-2027-resolucion-ministerial-n-053-2023-minemdm-2151841-1/>

Gutiérrez, A. & Palacios, J. (2022). Reemplazo de una central termoeléctrica por una central RER. en el sistema de generación de energía del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3976/52461.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hurtado, C. y Ríos, G. (2008). Series de Tiempo. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Chile. Disponible en: [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=296003](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material_docente/bajar?id_material=296003)

Ismael, D. (2021). ¿De qué material están hechos y cómo es la estructura de los paneles solares? Energías Sustentables Argentinas. Argentina, Disponible en: <https://esar.com.ar/material-estan-hechos-estructura-los-paneles-solares/>

Ledesma, R. & Solorzano, J. (2019). Dinámica del comportamiento de la oferta de generación y su efecto en la reserva de energía en el Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3448>

Machicao, J. y Olazábal, J. (2013). Matriz energética en el Perú y energías renovables vii. balance y perspectivas del aporte de la energía al desarrollo sostenible en el Perú. Fundación Friedrich Ebert (FES) en colaboración con Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR). Perú. Disponible en: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/10182.pdf>

Marchena, P. Mayta, D. y Narrea, J. (2021). Propuesta alternativa al desarrollo del Gasoducto Sur Peruano a través de una solución de generación eléctrica en Camisea y su integración al SEIN. Tesis de maestría. Escuela de Negocios. Universidad ESAN. Perú. Disponible en: [https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/3055/2021\\_MAGE\\_18-1\\_02\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/3055/2021_MAGE_18-1_02_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Martínez, J. Regresión Lineal: teoría y ejemplos en Python. Blog IArtificial.net. México. Disponible en:  
<https://www.iartificial.net/regresion-lineal-con-ejemplos-en-python/>

Mathworks. (2022). ¿Qué es la regresión lineal?. Blog de MathWorks. España. Disponible en:  
<https://la.mathworks.com/discovery/linear-regression.html>

Menna. (2019). Cómo funciona el sistema fotovoltaico. Pagina de Como funciona. Colombia. Disponible en:  
<https://como-funciona.co/el-sistema-fotovoltaico/>

Ministerio del medio ambiente (2021). CONTRIBUCIONES DETERMINADAS A NIVEL NACIONAL DEL PERÚ REPORTE DE ACTUALIZACIÓN PERIODO 2021 – 2030. Gobierno del Perú. Disponible en:  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1675213/Actualizaci%C3%B3n%20de%20las%20NDC%20de%20Per%C3%BA%20al%202030.pdf?v=1663622045>

Meza, J. (2021). Impacto de la potencia firme asignada a la generación de electricidad con recursos energéticos renovables en las transacciones económicas dentro del mercado eléctrico peruano durante el año 2020. Tesis para optar el título de Ingeniero Electricista. Universidad Nacional del Callao. Perú. Disponible en:  
<http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5575/Informe%20final-Jessica-Meza-Zamata-FIEE-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Muñoz, J. (2020). ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PERÚ Y SU APLICACIÓN EN PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL. Tesis de grado de Ingeniero Industrial. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:  
[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18244/MU%c3%91OZ\\_QUINTASI\\_MARCOS\\_ANALISIS\\_SITUACION\\_ENERGIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18244/MU%c3%91OZ_QUINTASI_MARCOS_ANALISIS_SITUACION_ENERGIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Muñoz, L. (2020). Las centrales con recursos energéticos renovables y la oferta de energía del sistema eléctrico interconectado nacional. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en:  
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3497>

Olivares, J. (2020). Las subastas de contratos como mecanismo para la garantía de suministro: el caso peruano. Tesis de maestría de Regulación de servicios públicos. Pontificia Universidad Católica del Perú, Disponible en:  
[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/22561/OLIVARES\\_RAMOS\\_JOSIAS\\_LUIS\\_SUBASTAS\\_CONTRATOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/22561/OLIVARES_RAMOS_JOSIAS_LUIS_SUBASTAS_CONTRATOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Orellana, R. (2019). Transición Energética Sostenible y Régimen Energético de Argentina y Bolivia. Tesis para optar el grado de Maestro en derecho y economía del cambio climático en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales de Argentina. Disponible en:  
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/17206/2/TFLACSO-2021ROH.pdf>

Osinermin (2022). Informe N° 099-2022-GRT. Informe Técnico que Sustenta la Fijación de Precios en Barra Periodo mayo 2022 - abril 2023. Perú. 2022. [Consulta: 20 de febrero del 2022].Disponible en:  
<https://www2.osinermin.gob.pe/GRT/Procesos-Regulatorios/Tarifas-Barra/FPB-2022-2023/06Publicacion-%20Proyecto/6.1Informes/6.1.1.InformeTecnicoN099-2022-GRT.pdf>

Osinermin (2023). Observatorio Energético Minero. Osinermin. Perú. Disponible en:  
<https://observatorio.osinermin.gob.pe/costo-transporte-hidrogeno>

Palomino, C. y Pumay, Ed. (2014). Estudio de la proyección de la reserva de generación de energía eléctrica para confiabilidad del sistema eléctrico

interconectado del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en:

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR\\_d3d2590f95c8045fb754f25539353a42/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR_d3d2590f95c8045fb754f25539353a42/Details)

Pérez, E. (2017). Opciones energéticas encaminadas al logro del desarrollo sustentable. Tesis para optar el grado de doctor en ciencias en desarrollo tecnológico y científico para la sociedad. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional. México. Disponible en:

<https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/1450/SSIT000009255.pdf?sequence=1>

Ramírez, R. (2019). SISTEMA DE PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA NACIONAL. Ministerio de Energía y Minas. Perú. Disponible en:

[https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Sistema%20de%20Planificacion%20Energetica%20Nacional2\\_0.pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Sistema%20de%20Planificacion%20Energetica%20Nacional2_0.pdf)

Repsol. (2022). ¿Cómo aprovechamos la energía del viento?. Pagina web de Repsol. España. Disponible en:

<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/parques-eolicos/index.cshtml>

Revista Minería y Energía. (2021). COSAPI avanza en obras de parque eólico Punta Lomitas, que será el más grande del país. Revista Minería y Energía. Edición Agosto 2022. Perú. Disponible en:

<https://mineriaenergia.com/cosapi-avanza-en-obras-de-parque-eolico-punta-lomitas-que-sera-el-mas-grande-del-pais/>

Roa, D. (2018). Cambio climático y transición energética. Tesis para optar el título de Ingeniero de Tecnologías Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en:

[https://oa.upm.es/53804/1/TFG\\_DAVID\\_ROA\\_GONZALEZ.pdf](https://oa.upm.es/53804/1/TFG_DAVID_ROA_GONZALEZ.pdf)

Salamunovic, D. (2021). Transiciones Energéticas en el Marco del G20 Análisis de las presidencias de Alemania, Argentina y Japón y del impacto en sus matrices energéticas y escenarios. Tesis para optar el grado de Magister en Energía en la Universidad de Buenos Aires. Disponible en:

<https://www.ceare.org/tesis/2021/tes61.pdf>

Salvador, J., Tamayo, R. y Vásquez, A. (2017). La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático. Osinergmin. Perú. Disponible en:

[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf)

Tritec (2022). Tipos de paneles solares fotovoltaicos. Página Web Empresa. Tritec. España. Disponible en:

<https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>

Useche, M., Artigas, W., Queipo, B., & Perozo, E-, (2019). Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos. Universidad de La Guajira Primera edición, 2019

Velásquez, R. (2017). Esquema para la transición energética en el sector eléctrico de Colombia. Tesis para obtener el grado de Magister en Ingeniería – Sistemas Energéticos. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/60122/1085288499.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vinueza, A. (2015). Análisis económico del cambio de la matriz energética y su incidencia en la economía ecuatoriana, enfocado en la matriz productiva y en el plan nacional del buen vivir 2009-2013. Tesis de grado de Economía. Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Disponible en:

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10197/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Westreicher, G. (2020). Pronósticos. Blog de economipedia. España. Disponible en:  
<https://economipedia.com/definiciones/pronostico-estadistica.html>

Zanabria, A. (2019). Hacia una transición energética, perfeccionamiento a la regulación de energías renovables no convencionales para optar el grado de Magister en Regulación y Gestión de Servicios Público. Universidad del Pacifico. Disponible en:

[https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2689/ZanabriaAlexander\\_Tesis\\_maestria\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2689/ZanabriaAlexander_Tesis_maestria_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## **VII. ANEXOS.**

Anexo 1 Ubicación geográfica de centrales solares con EPOs aprobados y con concesion.

Anexo 2 Ubicación geográfica de centrales eólicas con EPOs aprobados y con concesión.

Anexo 3 Ficha técnica Central Solar Clemesi FV

Anexo 4 Ficha técnica Central Solar Pichu Pichu FV

Anexo 5 Ficha técnica Central Solar Continua Chachani FV

Anexo 6 Ficha técnica Central Solar Misti FV

Anexo 7 Ficha técnica Central Solar Illa FV

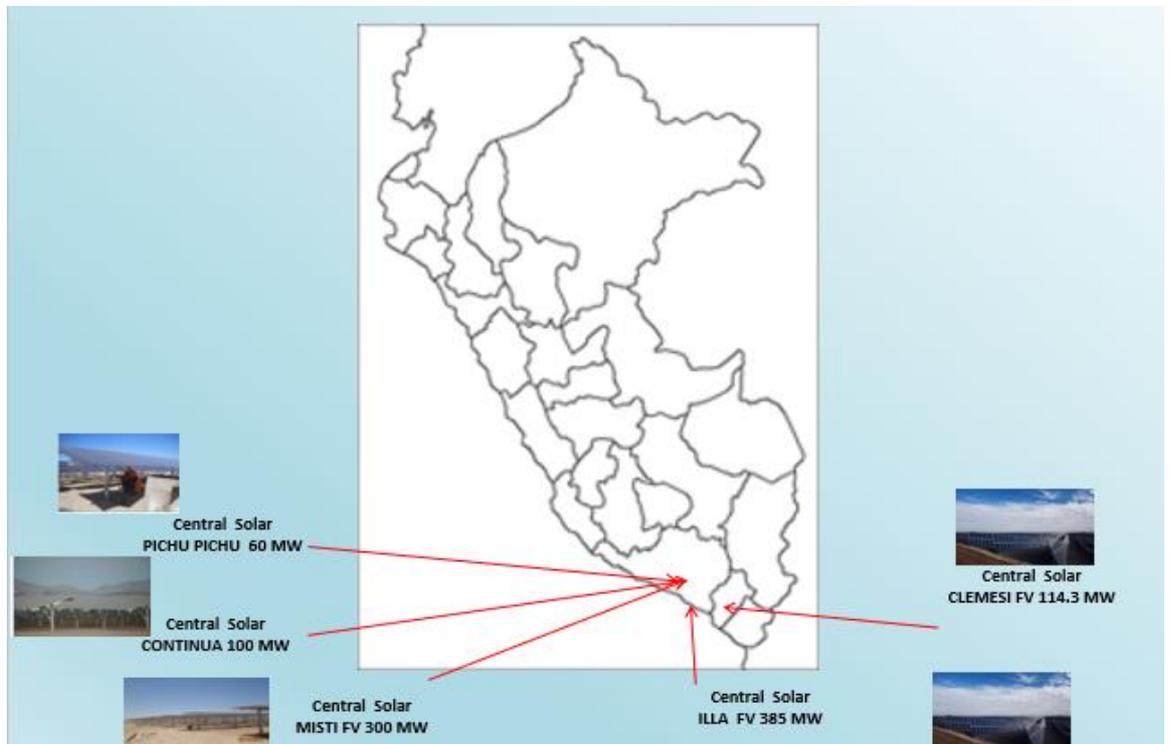
Anexo 8 Ficha técnica Central Eólica San Juan

Anexo 9 Ficha técnica Central Eólica Wayra Extensión

Anexo 10 Ficha técnica Central Eólica Caraveli

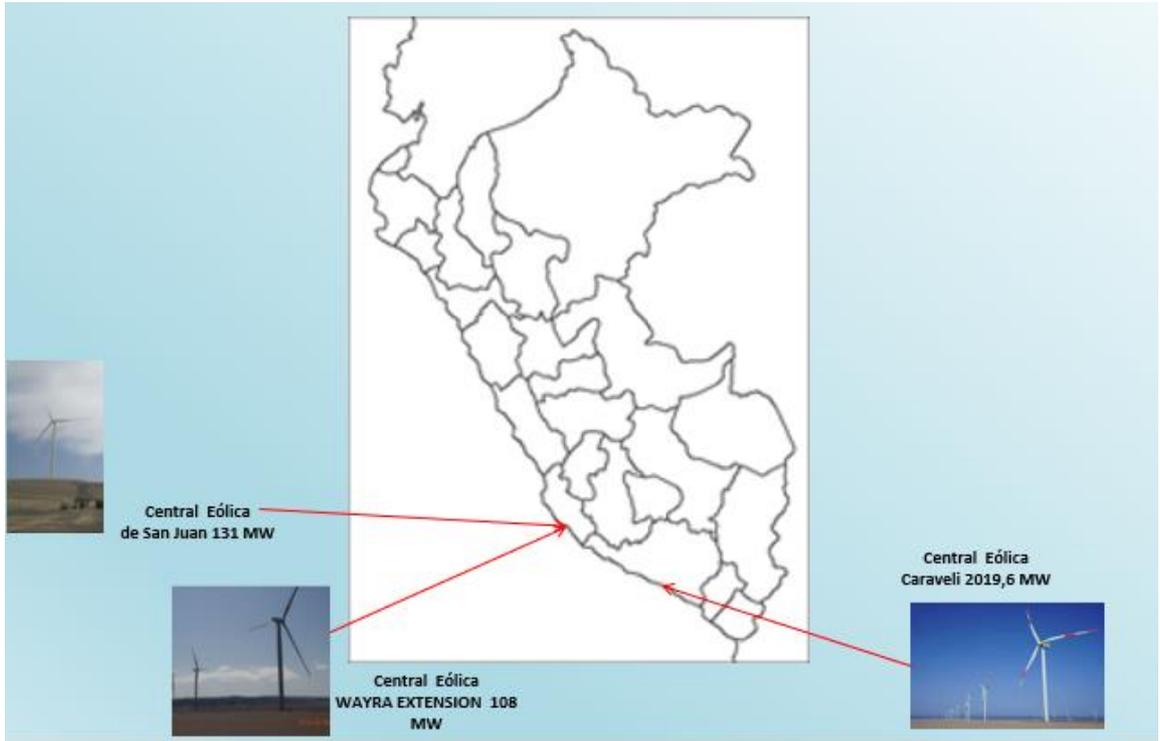
Anexo 11 Valores de emisiones para combustibles peruanos.

Anexo 1 Ubicación geográfica de centrales solares con EPOs aprobados y con concesión.



Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN (2022)

Anexo 2 Ubicación geográfica de centrales eólicas con EPOs aprobados y con concesión.



Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN (2022)

## Anexo 3 Ficha técnica Central Solar Clemesi FV

### CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CLEMESI (116,45 MW)

<b>EMPRESA</b>		ENEL GREEN POWER PERÚ S.A.C.
<b>DESCRIPCIÓN</b>		La central tendrá una potencia nominal de 116,45 MW, que se obtendrá mediante la instalación de 304 110 módulos fotovoltaicos. La conexión al SEIN será a través de la barra en 220 kV de la SE. Rubí 220/33 kV. El proyecto contempla implementar una bahía de transformador en el lado de 220 kV de la SE. Rubí 220/33 kV, para recibir al transformador de la C.S. Clemesi.
<b>UBICACIÓN</b>		Departamento: Moquegua Provincia: Mariscal Nieto Distrito: Moquegua Altitud: 1.500 m.s.n.m.
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>		Potencia Instalada: 116,45 MW N° de Módulos: 304 110 Tipo de Módulos: Monocristalino Potencia de Módulos: 395 Wp N° de Inversores: 132 Tipo de Inversores: - Potencia de Inversores: 1.025 KVA Tensión de Salida de Inversores: 0,35 kV – AC Tipo de Estructura: Horizontal con seguidor de eje simple Ángulo de Seguimiento: +60° N° de Centros de Transformación: 33 Potencia por Centro de Transformador: 3,5280 MW Relación de Transformación: 0,4/33 kV
<b>DATOS DEL TRANSFORMADOR</b>		TI Potencia Nominal: 100/120 (ONAN/ONAF) Relación de Transformación: 220/33 kV Grupo de conexión: YNd11 Marca: - Año de Fabricación: -
<b>DATOS DEL CONTRATO</b>		Puesta en Operación Comercial: 29.04.2023
<b>INFORMACIÓN RELEVANTE</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante R.M. N° 063-2021-MINEM/DIA publicado el 26.03.2021 en el Diario El Peruano, el MINEM otorgó la concesión definitiva para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica con Recursos Energéticos Renovables en el proyecto "Central Solar Clemesi".</li> <li>El proyecto cuenta con Certificado de Inexistencia de Bienes Arqueológicos CIRA N° 2019-045-DDC-MOQ.</li> <li>Mediante R.D. N° 139-2019-SENACE-PC/DEAR del 05.06.2019, la Dirección de Evaluación Ambiental para Proyectos de Recursos Naturales y Productivos de SENACE, aprobó la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto; sin embargo, con R.D. N° 0091-2023-MINEM/DGAAT del 16.06.2023 fue modificada.</li> <li>El proyecto cuenta con el CIRA N° 2019-045-DDC-MOQ y CIRA N° 2022-021-DDC-MOQ/MC.</li> <li>El 12.06.2023, el CODES mediante Carta N° CODES/D/DP-1141-2022, dio conformidad a la actualización del Estudio de Pre Operatividad para la conexión al SEIN de la C.S. Clemesi.</li> <li>La Concesionaria manifestó que el 26.03.2022, se han dado inicio a las obras del proyecto. Cabe precisar que el inicio de las obras estuvo enfocado a actividades preliminares (como movilización de personal, montaje de instalaciones de fasea, movimiento de tierras) esmarcadas dentro de la DIA aprobada en tanto existan actividades para lo cual era necesario que se cuente previamente con la Modificación del DIA aprobada.</li> <li>El avance global proyectado es de 11,7%. La POC se encuentra prevista para el 29.04.2023.</li> <li>El monto de inversión será de aproximadamente 80,7 MM USD, según lo informado por la Concesionaria.</li> </ul>
<b>CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PRE OPERATIVIDAD</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Del Análisis de cortocircuito, bajo los estimados de demanda y generación presentados se observa que, aunque la corriente de cortocircuito se va incrementando progresivamente, en todos los escenarios analizados, los niveles de corriente determinados no superan la capacidad máxima de ruptura del equipamiento de interrupción existente en las subestaciones cercanas a la zona del proyecto. Los valores de cortocircuito obtenidos son inferiores a la capacidad de ruptura de los interruptores propuestos, cuyos valores son 31.5 kA tanto para el nivel de 220 kV y 33 kV.</li> <li>Del Análisis de Estabilidad, debido al aumento de flujo de potencia en la línea existente que une las subestaciones Rubí y Montalvo en 220 kV por el ingreso de la C.S. Clemesi, se tiene previsto cambiar los taps de los TCs de línea en este enlace de 600 a 1200 A. Por lo expuesto, se concluye que, para todos los casos analizados, La C.S. Clemesi de 116,45 MW no afecta negativamente la operación del SEIN, favoreciendo el perfil de tensiones en la zona y aumentando el margen de reserva de generación eléctrica del SEIN.</li> </ul>
<b>DIAGRAMA UNIFILAR</b>		

División de Supervisión de Electricidad  
 Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – Setiembre 2022

Ubicación

Trabajos en el Área del Proyecto

Trabajo de Compactado en el Área del Proyecto

Excavación en el Área del Proyecto

Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN (2022)

Anexo 4 Ficha técnica Central Solar Pichu Pichu FV

**Osinerghmin**  
Organismo Supervisor de Inversión en Energía y Minería

**CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CONTINUA PICHU PICHU (60 MW)**

<b>EMPRESA</b>	CSF CONTINUA PICHU PICHU S.A.C.
<b>DESCRIPCIÓN</b>	La central tendrá una capacidad de 60 MW, que se obtendrá mediante la instalación de 276 480 módulos fotovoltaicos de 200 W. La conexión al SEN se realizará a través de la L.T. 220 kV S.E. Pichu Pichu - S.E. San José, de simple circuito de 4,17 km.
<b>UBICACIÓN</b>	Departamento: Arequipa Provincia: Arequipa Distrito: La Joya Altitud: 1 600 msnm
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>	Potencia instalada: 60 MW N° de Módulos en serie: 215 000 Tipo de Módulos: Silicio Policristalino Potencia de Módulos: 200 W N° de Inversores: 60 Tipo de Inversores: ABB-PVS800-07-1000-C Potencia de Inversores: - Tensión de Salida de Inversores: 0,4 kV - AC Tipo de Estructura: Seguidor Horizontal de 1 eje Ángulo de Seguimiento: 40° N° de Centros de Transformación: 30 Potencia por Centro de Transformador: 2 MW Relación de Transformación: 0,4/24 kV
<b>DATOS DEL TRANSFORMADOR</b>	TI Potencia Nominal: 60 MVA (ONAF) Relación de Transformación: 24/220 kV Grupo de conexión: YN431
<b>DATOS DEL CONTRATO</b>	Tipo de Contrato: Concesión Definitiva de Generación con RER Puesta en Operación Comercial: 24.12.2023
<b>INFORMACIÓN RELEVANTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante Resolución Ministerial N° 029-2020-MINEM/DM del 13.02.2020, se otorgó a favor de CSF Continua Pichu Pichu S.A.C. la Concesión Definitiva para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica con Recursos Energéticos Renovables.</li> <li>Mediante R.M. N° 303-2022-MINEM/DM publicado el 24.06.2022, el MINEM calificó como fuerza mayor el evento Involucro por CSF Continua Pichu Pichu S.A.C., denominado: "Problemas en la cadena de suministro de módulos fotovoltaicos y demora en la cadena del transporte marítimo, a causa de la pandemia por la COVID-19" y aprobó la segunda modificación de la concesión definitiva.</li> <li>El 23.03.2017, la Dirección Desconcentrada de Cultura de Arequipa, otorga el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos OIRA N° 052-2017-DMA-DDC-ARE/INC.</li> <li>Con R.D. N° 003-2017-SEMACE-ITF/DSAR del 13.11.2017, la Dirección de Evaluación Ambiental para Proyectos de Recursos Naturales y Productivos del Servicio Nacional de Certificación Ambiental, aprueba la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto "CSF Pichu Pichu 60 MW".</li> <li>El 28.12.2021, mediante carta N° COES/D/DP-1967-2021 el COES dio conformidad a la Actualización del Estudio de Pre Operatividad.</li> <li>En la fase en la que se encuentra el proyecto (previa a los trabajos de construcción) no ha tenido lugar avance físico de las obras. En base al Cronograma de Ejecución de Obras, las actividades realizadas corresponden a tareas preparatorias a la ejecución; tales como, estudios preliminares, ingeniería básica y de detalle, así como gestión de compras.</li> <li>La POC está prevista para el 24.12.2023.</li> <li>El monto de inversión será de aproximadamente 46,42 MM US\$, según lo informado por la Concesionaria.</li> </ul>
<b>CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PRE OPERATIVIDAD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Del Análisis de Flujo de Potencia: De los análisis del comportamiento del sistema en operación normal, realizados en el periodo de auge y estiaje en media demanda para los años 2020, 2021, 2022 y 2024, se concluye que el ingreso del proyecto no afecta de forma negativa la operación del Sistema Interconectado Nacional.</li> <li>Del Análisis de Cortocircuito: El nivel de corriente de cortocircuito en las barras del área de influencia al Proyecto no se afecta con el ingreso del Proyecto, debido a que las Centrales Solares Fotovoltaicas no aportan corrientes de cortocircuito. Por lo tanto, el ingreso del proyecto no afecta de manera negativa la operación de Sistema Interconectado Nacional.</li> <li>Del análisis de Estabilidad Transitoria: Concluye que, el comportamiento dinámico de la Central Solar Fotovoltaica Continua Pichu Pichu que ante huecos de tensión provocados por fallas trifásicas en líneas de transmisión asociadas al proyecto la unidad opera adecuadamente y no generará efectos negativo a la operación del Sistema Interconectado Nacional.</li> </ul>
<b>DIAGRAMA UNIFILAR</b>	

**DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**  
Ubicación

**CSF PICHU PICHU**  
60 MW  
178 Ha

Vista de Planta del Proyecto CSF Pichu Pichu 60 MW

Zona de Desarrollo del Proyecto

Zona de Desarrollo del Proyecto

División de Supervisión de Electricidad  
Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – Setiembre 2022

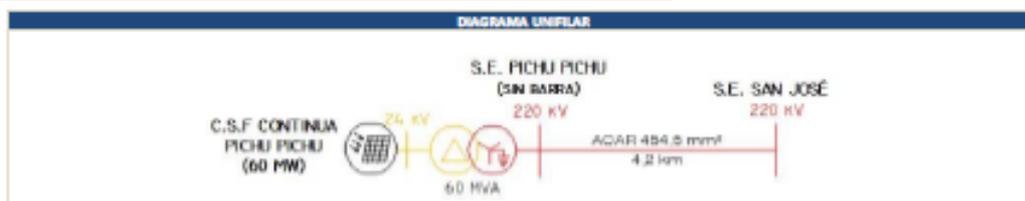
Fuente: Información obtenida de OSINERGHMIN (2022)

## Anexo 5 Ficha técnica Central Solar Continua Chachani FV



### CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CONTINUA CHACHANI (100 MW)

<b>EMPRESA</b>		CSF CONTINUA CHACHANI S.A.C.	
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
La central tendrá una capacidad de 100 MW, que se obtendrá mediante la instalación de 460 800 módulos fotovoltaicos de 200 W. La conexión al SEIN se realizará a través de la L.T. 220 KV S.E. Chachani - S.E. San José, de simple circuito de 3,6 km.			
<b>UBICACIÓN</b>			
Departamento	Arequipa		
Provincia	Arequipa		
Distrito	La Joya		
Altitud	1 560 msnm		
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>			
Potencia Instalada	100 MW		
N° de Módulos	460 800		
Tipo de Módulos	Silido Policristalino		
Potencia de Módulos	200 W		
N° de Inversores	100		
Tipo de Inversores	ABB-PVS800-57-1000-C		
Potencia de Inversores	-		
Tensión de Salida de Inversores	0,4 KV - AC		
Tipo de Estructura	Seguidor Horizontal de 1 eje		
Ángulo de Seguimiento	30°		
N° de Centros de Transformación	50		
Potencia por Centro de Transform.	2 MW		
Relación de Transformación	0,4/24 KV		
<b>DATOS DEL TRANSFORMADOR</b>			
	<b>T1</b>		<b>T2</b>
Potencia Nominal	60 MVA (ONAN)		60 MVA (ONAN)
Relación de Transformación	24/220 KV		24/220 KV
Grupo de conexión	Ynd11		Ynd11
Marca	Por definir		Por definir
Año de Fabricación	-		-
<b>DATOS DEL CONTRATO</b>			
Tipo de Contrato	Concesión Definitiva de Generación con RER		
Puesta en Operación Comercial	24.12.2023		
<b>INFORMACIÓN RELEVANTE</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante R.M. N° 030-2020-MINEM/DM del 12.02.2020, se otorgó a favor de CSF Continua Chachani S.A.C. la Concesión Definitiva para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica con Recursos Energéticos Renovables.</li> <li>Mediante R.M. N° 306-2022-MINEM/DM publicado el 25.08.2022, el MINEM calificó como fuerza mayor el evento invocado por CSF Continua Chachani S.A.C., denominado: "Problemas en la cadena de suministro de módulos fotovoltaicos y demora en la cadena del transporte marítimo, a causa de la pandemia por la COVID-19" y aprobó la segunda modificación de la concesión definitiva.</li> <li>El 28.12.2021, mediante carta N° COCS/D/DP-1965-2021 el COES dio conformidad a la Actualización del Estudio de Pre Operatividad.</li> <li>En la fase en la que se encuentra el proyecto (previa a los trabajos de construcción) no ha tenido lugar avance físico de las obras. En base al Cronograma de Ejecución de Obras, las actividades realizadas corresponden a tareas preparatorias a la ejecución; tales como, estudios preliminares, Ingeniería básica y de detalle, así como gestión de compras. La POC está prevista para el 24.12.2023.</li> <li>El monto de inversión aproximado será de 62,9 MM US\$ (con IGV), según lo indicado por la Concesionaria.</li> </ul>			
<b>CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PRE OPERATIVIDAD</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Del Análisis de Flujo de Potencia: De los análisis del comportamiento del sistema en operación normal, realizados en el periodo de avalué y estaje en media demanda para los años 2020, 2021, 2022 y 2024, se concluye que el ingreso del proyecto no afecta de forma negativa la operación del Sistema Interconectado Nacional.</li> <li>Del Análisis de Cortocircuito: El nivel de corriente de cortocircuito en las barras del área de influencia al Proyecto no se afecta con el ingreso del Proyecto, debido a que las Centrales Solares Fotovoltaicas no aportan corrientes de cortocircuito. Por lo tanto, el ingreso del proyecto no afecta de manera negativa la operación del Sistema Interconectado Nacional.</li> <li>Del análisis de Estabilidad Transitoria: Concluye que, el comportamiento dinámico de la Central Solar Fotovoltaica Continua Chachani que ante buques de tensión provocados por fallas trifásicas en líneas de transmisión asociadas al proyecto la unidad opera adecuadamente y no generará efectos negativos a la operación del Sistema Interconectado Nacional.</li> </ul>			



Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN (2022)

## Anexo 6 Ficha técnica Central Solar Misti FV



### CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA MISTI (300 MW)

<b>EMPRESA</b>		CONTINUA ENERGIA POSITIVAS S.A.C.	
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
La central tendrá una potencia instalada de 300 MW, que se obtendrá mediante la instalación de 1 382 400 módulos fotovoltaicos.			
<b>UBICACIÓN</b>			
Departamento	Arequipa		
Provincia	Arequipa		
Distrito	La Joya		
Altitud	1 350 msnm		
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>			
Potencia instalada	300 MW		
N° de Módulos en serie	24		
Tipo de Módulo	Silicio Policristalino (Jinko Solar)		
Potencia de Módulo	260 Wp		
N° de Inversores	300		
Tipo de Inversores	ABB (Modelo ABB-PVS800-57-1000-C)		
Potencia de Inversores	1000 kW		
Tensión de Salida de Inversores	0,4 KV – AC		
Tipo de Estructura	Horizontal con seguidor de eje simple (HIASA o similar)		
Ángulo de Seguimiento	20°		
N° de Centros de Transformación	150		
Potencia por Centro de Transform.	2 MW		
Relación de Transformación	24/0,4 KV		
<b>DATOS DEL TRANSFORMADOR</b>		<b>T1</b>	<b>T2</b>
Potencia Nominal	100 MVA	100 MVA	100 MVA
Relación de Transformación	220/24 KV	220/24 KV	220/24 KV
Grupo de conexión	YNd11	YNd11	YNd11
<b>DATOS DE CONTRATO</b>			
Tipo de Contrato	Concesión Definitiva de Generación con RER		
Puesta en Operación Comercial	24.12.2023		
<b>INFORMACIÓN RELEVANTE</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante R.M. N° 052-2020-MINEM/DM del 01.03.2020, se otorgó a favor de CSF Continua Misti S.A.C. la Concesión Definitiva para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica con Recursos Energéticos Renovables.</li> <li>Mediante R.M. N° 307-2022-MINEM/DM publicado el 25.08.2022, el MINEM calificó como fuerza mayor el evento Invocado por CSF Continua Misti S.A.C., denominado: "Problemas en la cadena de suministro de módulos fotovoltaicos y demora en la cadena del transporte marítimo, a causa de la pandemia por la COVID-19" y aprobó la segunda modificación de la concesión definitiva.</li> <li>El 23.03.2017, la Dirección Desconcentrada de Cultura de Arequipa, otorga el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos CIRA N° 051-2017-DMA-DCC-ARQ/MC.</li> <li>Con R.D. N° 012-2018-SENACE-DF/DEAR del 02.10.2018, la Dirección de Evaluación Ambiental para Proyectos de Recursos Naturales y Productivos del Servicio Nacional de Certificación Ambiental, aprueba la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto "CSF Continua Misti 300 MW".</li> <li>El 28.12.2021, con Carta N° COES/QDP-1966-2021 el COES dio conformidad a la Actualización del Estudio de Pre Operatividad.</li> <li>En la fase en la que se encuentra el proyecto (previa a los trabajos de construcción) no ha tenido lugar avance físico de las obras. En base al Cronograma de Ejecución de Obras, las actividades realizadas corresponden a tareas preparatorias a la ejecución; tales como, estudios preliminares, Ingeniería básica y de detalle, así como gestión de compras. La PO-C está prevista para el 24.12.2023.</li> <li>El monto de inversión aproximado será de 210,12 MM US\$, según lo indicado por la Concesionaria.</li> </ul>			
<b>CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PRE OPERATIVIDAD</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Del Análisis del Comportamiento del Sistema en operación normal se concluye que, el proyecto no afecta negativamente la operación del SEN, más aún, mejora levemente el perfil de tensión de la zona de influencia; asimismo, se observa que la cargabilidad de los equipos se encuentran dentro de su capacidad nominal.</li> <li>Del análisis de contingencias, se observa que las sobrecargas registradas en las líneas (I-2051/I-2052) del enlace Centro - Sur de 220 KV originadas por las posibles desconexiones de las líneas del enlace Ocoña – San José – Montalvo, se encuentran por debajo del 100% de su capacidad, por tal razón, el ingreso del proyecto no afecta a la cargabilidad de los equipos.</li> <li>El nivel de corriente de cortocircuito en las barras del área de influencia al Proyecto no se afecta con el ingreso del Proyecto, debido a que las Centrales Solares Fotovoltaicas no aportan corrientes de cortocircuito. Por lo tanto, el ingreso del proyecto no afecta de manera negativa la operación de Sistema Interconectado Nacional.</li> <li>Del Análisis de Estabilidad, se concluye que la operación de la CSF Continua Misti no generará un colapso al sistema.</li> </ul>			

**DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

Ubicación

Vista de Planta de la Central Solar Fotovoltaica

Localización del punto de conexión

DIAGRAMA UNIFILAR

Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN (2022)

## Anexo 7 Ficha técnica Central Solar Illa FV

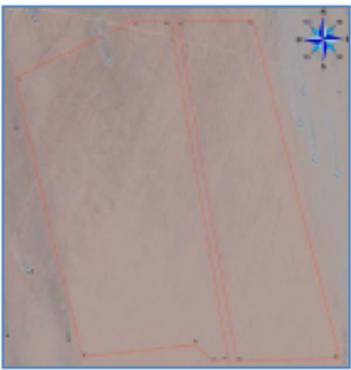


### CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA ILLA (385 MW)

EMPRESA		
ENERGÍA RENOVABLE LA JOYA S.A.		
DESCRIPCIÓN		
La central tendrá una potencia nominal de 385 MW, que tiene previsto como punto de conexión desde la subestación elevadora de la Central hasta la subestación existente "San José" de 500/220 kV.		
UBICACIÓN		
Departamento	Arequipa	
Provincia	Arequipa	
Distrito	La Joya	
Altitud	1 320 m.s.n.m.	
DATOS DE LA CENTRAL		
Potencia instalada	385 MW	
N° de Módulos	1 081 080	
Tipo de Módulos	Silicio Monocristalino	
Potencia de Módulos	400 Wp	
N° de Inversores	462	
Tipo de Inversores	FIMER	
Potencia de Inversores	1 025 kVA	
Tensión de Salida de Inversores	0,4 kV – AC	
Tipo de Estructura	Seguidor monofilas	
Ángulo de Seguimiento	-	
N° de Centros de Transformación	154	
Potencia por Centro de Transfor.	2,5 MW	
Relación de Transformación	0,4/30 kV	
DATOS DEL TRANSFORMADOR		
	T1	T2
Potencia Nominal	180/90/90-225/112,5/112,5 MVA (ONAN/ONAF)	180/90/90-225/112,5/112,5 MVA (ONAN/ONAF)
Relación de Transformación	220/30 kV	220/30 kV
Grupo de conexión	YNd11d11	YNd11d11
DATOS DEL ESTUDIO DE PRE OPERATIVIDAD		
Puesta en Operación Comercial	2024	
INFORMACIÓN RELEVANTE		
<ul style="list-style-type: none"> <li>El 15.09.2022 mediante R.M. N° 339-2022-MINEM/DI, el MINEM otorgó a favor de la empresa ENERGÍA RENOVABLE LA JOYA S.A. la concesión definitiva para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica con Recursos Energéticos Renovables en el proyecto C.S.F. Illa.</li> <li>El 21.09.2021, mediante carta N° COES/DI/OP-1402-2020 el COES aprobó el Estudio de Pre Operatividad del proyecto.</li> <li>El proyecto solar pretende potenciar el aprovechamiento de recursos renovables de la zona para la producción de una energía limpia, ayudando a la disminución de la generación de energía por las actuales fuentes de energía contaminantes. Se tiene previsto implementar 462 inversores, distribuidos en 20 circuitos colectores en 30 kV, la máxima potencia se prevé obtener de los módulos fotovoltaicos en cada inversor es de 0.8333 MWac; por lo tanto, la potencia total generada por la CS. Illa será de 385 MWac.</li> <li>El Proyecto se interconectará al SEN a través de dos (2) líneas de transmisión en 220 kV desde la subestación elevadora de la Central hasta la subestación existente "San José" de 500/220 kV.</li> </ul>		
CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PRE OPERATIVIDAD		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Del análisis de Flujo de Potencia: Respecto a la Contingencia N° 1, en el análisis de flujo de potencia no se logró obtener convergencia en varios escenarios, del análisis RMS se ha observado que probablemente haya un colapso de tensión en la zona e inestabilidad angular produciendo pérdida de sincronismo de las centrales de generación de la zona y rechazo de carga. Cabe mencionar que este problema ya está siendo analizado por el COES en la propuesta definitiva de actualización del Plan de Transmisión 2021 – 2030, planteando como solución la implementación del enlace "Yanabamba-San José 500 kV".</li> <li>Del Análisis de cortocircuito: Bajo los estimados de demanda y generación presentados se observa que, aunque la corriente de cortocircuito se va incrementando progresivamente, en todos los escenarios analizados, los niveles de corriente determinados no superan la capacidad máxima de ruptura del equipamiento de interrupción existente en las subestaciones cercanas a la zona del proyecto.</li> <li>Del Análisis de Estabilidad Transitoria: La inercia del SEN disminuirá en 0.353 en el peor de los casos, tomando en cuenta la operación de todos los proyectos de energía renovable de la zona incluida la CS. Illa, provocando que ante alguna contingencia importante como la salida de una unidad de la C.H. Chaglla (230 MW), la frecuencia tendría una caída de 0.021 Hz mayor, considerando a la CS. Illa se encuentre operando en comparación a que se encuentre fuera de servicio. Por tanto, se concluye que la disminución de inercia del SEN es mínima con el ingreso de la CS. Illa.</li> </ul>		



Ubicación de Proyecto

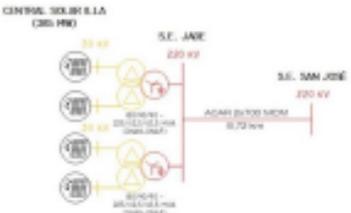


Vértices del Área de Implantación



Ejemplo de Centro de Transformación

#### DIAGRAMA UNIFILAR



División de Supervisión de Electricidad  
Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – Setiembre 2022

49

Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN (2022)

## Anexo 8 Ficha técnica Central Eólica San Juan



### CENTRAL EÓLICA SAN JUAN (135,7 MW)

<b>EMPRESA</b>		ENERGÍA RENOVABLE DEL SUR S.A.
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
La central tendrá una potencia instalada de 131,1 MW, que se obtendrá mediante la instalación de 23 aerogeneradores de 5,9 MW.		
<b>UBICACIÓN</b>		
Departamento	Ica	
Provincia	Nazca	
Distrito	Marcona	
Altitud	100 m.s.n.m.	
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>		
Potencia Instalada	135,7 MW	
N° de circuitos	8	
<b>DATOS DEL AEROGENERADOR</b>		
N° de unidades	23	
Potencia Nominal	5,9 MW	
Tensión de Generación	0,75 kV	
Factor de Potencia	-	
Marca	Nordex	
Año de Fabricación	-	
<b>DATOS DEL TRANSFORMADOR</b>		
	<b>Transformador de Potencia</b>	<b>Transformador del Aerogenerador</b>
Potencia Nominal	120/150 MVA-DNAN/DNAP	6,35 MVA
Relación de Transformación	33/220 kV	0,75/20 kV
Grupo de conexión	YNd11	Dy5
Marca	Por definir	Por definir
Año de Fabricación	-	-
<b>DATOS DEL CONTRATO</b>		
Puesta en Operación Comercial	31.12.2024	
<b>INFORMACIÓN RELEVANTE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>El 16.04.2021, mediante R.M. N° 100-2021-MINEM/DM, el MINEM otorgó a favor de Energía Renovable del Sur S.A., la Concesión Definitiva para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica con Recursos Energéticos Renovables en el proyecto C.E. San Juan con una potencia instalada de 131,1 MW, autorizando la suscripción del Contrato de Concesión N° 563-2021.</li> <li>Mediante R.D. N° 181-2017-MEM/DGAAE del 24.05.2017, la DGAAE del MINEM, aprobó el EIA detallado del Proyecto "Parque Eólico San Juan y su Interconexión al SEDN".</li> <li>El 07.06.2022, mediante Carta N° COES/01/DP-874-2020, el COES dio conformidad a la actualización del Estado de Pre-Operatividad para la conexión al SEDN de la C.E. San Juan.</li> <li>El 25.11.2021, mediante R.M. N° 413-2021-MINEM/DM, el MINEM estableció con carácter permanente a favor de la concesión definitiva de generación de energía eléctrica con RER, la senda libre de ocupación para la C.E. "Parque Eólico San Juan de 131,1 MW".</li> <li>La Garantía de Plac Cumplimiento para la ejecución de la obra está vigente hasta 04.10.2022.</li> <li>La Concesionaria informó que se ha adjudicado el contrato EPC a contratista CIR Renovables, con el alcance 900 que corresponde a todo el alcance del parque eólico: obras civiles, media tensión, instalaciones de faenas principalmente.</li> <li>El 01.04.2022, la Concesionaria informó que se dio inicio a las obras del proyecto; sin embargo, el 19.04.2022, puso en conocimiento la paralización de obras por conflicto social en Marcona.</li> <li>El 03.05.2022, se han reanunciado las obras. Actualmente, continúan ejecutando actividades tales como, movimientos de tierra, excavación de fundaciones y construcción de la plataforma para la SET Onur.</li> <li>El avance global proyectado es de 14,3 %. La POC está prevista para el 31.12.2024.</li> <li>El monto de inversión será de aproximadamente 162,9 MM USD, según lo informado por la Concesionaria.</li> </ul>		
<b>CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PRE-OPERATIVIDAD</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Del Análisis de Rango de Potencia: de los casos simulados, se muestra que con la entrada del PE San Juan generando su potencia nominal y además considerando que los Parques Eólicos existentes de la zona como PE Marcona (32,1 MW), PE Tres Hermanas (97,15 MW) y PE Wayra (132,3 MW) y con EPO aprobado como PE Caravel (234,5 MW) se encuentran generando su máxima potencia, no se observan sobrecargas en ningún elemento de transmisión cercanos a la zona del proyecto. Asimismo, los niveles de tensión de las barras se mantienen dentro de los márgenes permitidos. Por lo que se concluye que en condiciones de operación normal, el Proyecto PE. San Juan no afecta negativamente al sistema.</li> <li>Del Análisis de Cortocircuito: bajo los estimados de demanda y generación presentados se observa que, aunque la corriente de cortocircuito se va incrementando progresivamente, en todos los escenarios analizados, los niveles de corriente determinados no superan la capacidad máxima de ruptura del equipamiento de interrupción existente en las subestaciones cercanas a la zona del proyecto.</li> <li>Del análisis de Estabilidad Transitoria: con la entrada del Proyecto, para todos los casos analizados, el PE. San Juan de no afecta negativamente la operación del SEDN, favoreciendo al perfil de tensiones en la zona y aumentando el margen de reserva de generación eléctrica del SEDN.</li> </ul>		
<b>DIAGRAMA UNIFILAR</b>		
		

División de Supervisión de Electricidad  
Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – Setiembre 2022

15



Ubicación



Trabajo excavación fundación



Trabajo excavación fundación



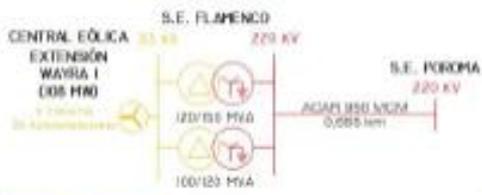
Excavación para base de Aerogenerador

Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN (2022)

## Anexo 9 Ficha técnica Central Eólica Wayra Extensión



### CENTRAL EÓLICA WAYRA EXTENSIÓN (108 MW)

<b>EMPRESA</b>		ENEL GREEN POWER PERÚ S.A.
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
La central tendrá una potencia nominal de 108 MW, que se obtendrá mediante la instalación de 36 aerogeneradores de los cuales 32 serán de 3,15 MW y los 4 restantes de 1,8 MW.		
<b>UBICACIÓN</b>		
Departamento	Ica	
Provincia	Nasca	
Distrito	Marcona	
Altitud	45 m.s.n.m.	
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>		
Potencia instalada	108 MW	
Nº de circuitos	8	
<b>DATOS DEL AEROGENERADOR</b>		
Nº de Unidades	36	
Potencia Nominal	3,15 MW	
Tensión de Generación	12 kV	
Factor de Potencia	-	
Marca	Por definir	
Año de Fabricación	-	
<b>DATOS DEL TRANSFORMADOR</b>		
	<b>Transformador de Potencia</b>	<b>Transformador del Aerogenerador</b>
Potencia Nominal	100-120 MVA (ONAN-ONAF)	7,5 MVA
Relación de Transformación	33/220 kV	12/33 kV
Grupo de conexión	YNd11	Dyn11
Marca	Por definir	Por definir
Año de Fabricación	-	-
<b>DATOS DEL CONTRATO</b>		
Fuente en Operación Comercial	30.12.2022	
<b>INFORMACIÓN RELLEVANTE</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante R.M. N° 370-2020-MINEM/DIM publicado el 18.12.2020, el MINEM otorgó a favor de ENEL GREEN POWER PERÚ S.A.C. la concesión definitiva para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica con Recursos Energéticos Renovables, con una potencia instalada de 108 MW.</li> <li>Mediante R.O. N° 008-2020-SENACE-PE/DEAB del 15.01.2020, el SENACE aprobó la modificación del Estudio de Impacto Ambiental Detallado de la C.E. Wayra I para el proyecto "Wayra Extensión".</li> <li>El proyecto cuenta con el CIRA 262-2014/MC y CIRA 006-2017/MC que comprenden a los aerogeneradores, además de la totalidad de caminos internos, componentes auxiliares y la subestación.</li> <li>La Garantía de Fiel Cumplimiento para la ejecución de la obra está vigente hasta el 06.02.2023.</li> <li>El "Inicio de Obras" según lo informado por la Concesionaria, tuvo lugar el 21.03.2022, consecuentemente, se viene ejecutando la conformación de plataformas, excavación para fundación de aerogeneradores, montaje de jaula de pernos y colocación de acero de aerogeneradores; así como, excavaciones en el área donde se construyó la ampliación de la S.E. Flamenco.</li> <li>La Concesionaria informó, que una vez que se cuente con la aprobación de la actualización del Estudio de Pre Operatividad, se solicitará la modificación de la Concesión Definitiva.</li> <li>El avance global proyectado es de 42,9%.</li> <li>La POC está prevista para el 30.12.2022.</li> <li>El monto de inversión aproximado será de 548,41 MM US\$ (Incluido IGV), según lo informado por la Concesionaria.</li> </ul>		
<b>CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PRE OPERATIVIDAD</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Del Análisis de Flujo de Potencia: Se concluye que el ingreso de la C.E. Wayra Extensión no provoca un aumento en las posibles sobrecargas del enlace LT Ica-Intermedia-Marcona 220 kV.</li> <li>Del Análisis de Cortocircuito: Bajo los estimados de demanda y generación presentados se observa que, aunque la corriente de cortocircuito se va incrementando progresivamente, en todos los escenarios analizados, los niveles de corriente determinados no superan la capacidad máxima de ruptura del equipamiento de interrupción existente en las subestaciones cercanas a la zona del proyecto. Se concluye que, los valores de cortocircuito obtenidos son inferiores a la capacidad de ruptura de los interruptores utilizados en 33 kV y 220 kV, cuyos valores estándares son 25 kA o 31,5 kA para el nivel de 33 kV y de 31,5 kA o 40 kA en el nivel de 220 kV.</li> <li>Del análisis de Estabilidad Transitoria: con la entrada del Proyecto, para todos los casos analizados, la C.E. Wayra Extensión de 108 MW no afecta negativamente la operación del SDN, favoreciendo el perfil de tensiones en la zona y aumentando el margen de reserva de generación eléctrica del SDN.</li> </ul>		
<b>DIAGRAMA UNIFILAR</b>		
		

División de Supervisión de Electricidad  
Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – Setiembre 2022

16



Ubicación



Vaciado de solado aerogenerador



Colocación de Acero de Fundación Aerogenerador N° 48



Excavación de Trazo en Ampliación S.E. Flamenco

Fuente: Información obtenida de OSINERGHMIN (2022)

## Anexo 10 Ficha técnica Central Eólica Caraveli



### CENTRAL EÓLICA CARAVELI (219,6 MW)

<b>EMPRESA</b>	IBEROIUCA CARAVELI S.A.C.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	La central tendrá una potencia nominal de 219,6 MW, que se obtendrá mediante la instalación de 36 aerogeneradores de 6,1 MW.		
<b>UBICACIÓN</b>	Departamento: Arequipa Provincia: Caraveli Distrito: Lomas Altitud: 320 m.s.n.m.		
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>	Potencia Instalada: 219,6 MW N° de circuitos: 9		
<b>DATOS DEL AEROGENERADOR</b>	N° de Unidades: 36 Potencia Nominal: 6,1 MW Tensión de Generación: 0,69 kV Factor de Potencia: - Marca: Siemens-Gamesa, modelo SG 6.0 - 170 Año de Fabricación: -		
<b>DATOS DEL TRANSFORMADOR</b>	T1	T2	Transformador del Aerogenerador
Potencia Nominal	100-130 MVA (ONAN-ONAF)	100-130 MVA (ONAN-ONAF)	7,332 MVA
Relación de Transformación	34,5/220 kV	34,5/220 kV	0,69/34,5 kV
Grupo de conexión	YNd11	YNd11	Dyn11
<b>DATOS DEL CONTRATO</b>	Puesta en Operación Comercial: 15.03.2026		
<b>INFORMACIÓN RELEVANTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante R.M. N° 014-2022-MINEM/DIM publicado el 15.01.2022, el MINEM otorgó la Concesión Definitiva para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica con REE, en la C.F. Caraveli, con una potencia instalada de 219,6 MW; autorizando la suscripción del Contrato de Concesión N° 571-2021.</li> <li>Mediante R.D. N° 0110-2020-MINEM/DGAAL del 14.06.2020, la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos del MINEM, aprobó el EIA simplificado del Proyecto, e Informe Técnico Substantivo (ITS) aprobado por el MINEM el 15.03.2021 mediante Resolución Directoral N° 0074-2021-MINEM/DGAAL.</li> <li>El proyecto cuenta con Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos CIIRA N° 081-2018-DMA-DDC-ARE/MC, correspondiente a la zona del parque eólico emitido por la Dirección Desconcentrada de Cultura de Arequipa.</li> <li>La Concesionaria ha solicitado el establecimiento de servidumbres del proyecto ante el MINEM.</li> <li>El 10.12.2021, mediante Carta N° COES/D/OP-1886-2021, el COES dio conformidad al Estudio de Pre Operatividad.</li> <li>Actualmente, se están desarrollando los estudios de ingeniería y se encuentra en la fase de obtención de la servidumbre. El proyecto se encuentra dentro de los plazos establecidos en su Cronograma de Ejecución de Obras, en el cual se detalla, la Puesta en Operación Comercial, a más tardar, el 15.03.2026.</li> <li>El monto de inversión será de aproximadamente 217,3 MM USD, según lo informado por la Concesionaria.</li> </ul>		
<b>CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PRE OPERATIVIDAD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Del Análisis de Flujo de Potencia: para el año 2022 al 2026 donde ya se consideran los demás proyectos REE de la zona que ingresan a partir del año 2023, se evidencia la necesidad de limitar la generación de estas con el fin de no sobrecargar el AUT-5371, para ello se ha tenido que reducir generación en las siguientes centrales: CE Punta Limón, CS Las Dunas, PE San Juan, PE Torocco, PE Pacifico, PE Caraveli, CE Wayra Extensión, CS Ica.</li> <li>Del Análisis de Cortocircuito: bajo los estimados de demanda y generación presentados se observa que, aunque la corriente de cortocircuito se va incrementando progresivamente, en todos los escenarios analizados, los niveles de corriente determinados no superan la capacidad máxima de ruptura del equipamiento de interrupción existente en las subestaciones cercanas a la zona del proyecto.</li> <li>Del análisis de Estabilidad Transitoria: Ante la ocurrencia de fallas trifásicas con apertura definitiva de los interruptores de las principales líneas en la zona de influencia del Proyecto, como LT 500 KV Chilca - Poroma [I-5003], LT Poroma - Cocha [I-5004], se comprueba que estas salidas de servicio no provocan inconvenientes de suministro eléctrico, observándose que las principales variables operativas se recuperan rápidamente al final de la falla de 0.1 s, adoptando un nuevo punto de operación dentro de los márgenes permitidos, permitiendo la continuidad operativa de la zona.</li> </ul>		

Ubicación

Instalación del Parque Eólico

Foto de Línea Subestación Poroma

DIAGRAMA UNIFILAR

Fuente: Información obtenida de OSINERGMIN (2022)

## Anexo 11 Valores de emisiones para combustibles peruanos

**CUADRO 2.2**  
**FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA EN LAS INDUSTRIAS ENERGÉTICAS**  
(kg de gas de efecto invernadero por Tj sobre una base calorífica neta)

Combustible	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	FE por defecto (kgCO <sub>2</sub> /Tj)	Superior Inferior	FE por defecto (kgCH <sub>4</sub> /Tj)	Superior Inferior	FE por defecto (kgN <sub>2</sub> O/Tj)	Superior Inferior
Petróleo crudo	73.300	71.000 75.500	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
Gas Natural Licuado	64.300	58.300 70.400	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
<b>Gasolina para motores</b>	<b>69.300</b>	<b>67.500 73.000</b>	<b>3.00</b>	<b>1.00 10.00</b>	<b>0.60</b>	<b>0.20 2.00</b>
Gasolina para la aviación	70.000	67.500 73.000	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
Gasolina para motor a reacción	70.000	67.500 73.000	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
<b>Gas Diesel Oil</b>	<b>74.100</b>	<b>72.600,00 74.800,00</b>	<b>3,00</b>	<b>1,00 10,00</b>	<b>0,60</b>	<b>0,20 2,00</b>
Fuelóleo residual	77.400	75.500 78.800	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
<b>Gases licuados de petróleo</b>	<b>63.000</b>	<b>61.600 65.600</b>	<b>1,00</b>	<b>0,30 3,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,03 0,30</b>
Lubricantes	73.300	71.900 75.200	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
<b>Gas de refinería</b>	<b>57.600</b>	<b>48.200 69.000</b>	<b>1,00</b>	<b>0,30 3,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,03 0,30</b>
Ceras de parafina	73.300	72.200 74.400	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
Otro petróleo	73.300	72.200 74.400	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
Espíritu blanco y SBP	73.300	72.200 74.400	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
Otros productos del petróleo	73.300	72.200 74.400	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
<b>Antracita</b>	<b>98.300</b>	<b>94.600 101.000</b>	<b>1,00</b>	<b>0,30 3,00</b>	<b>1,50</b>	<b>0,50 5,00</b>
<b>Carbón de coque</b>	<b>94.600</b>	<b>87.300 101.000</b>	<b>1,00</b>	<b>0,30 3,00</b>	<b>1,50</b>	<b>0,50 5,00</b>
Gas natural	56.100	54.300 58.300	1.00	0.30 3.00	0.10	0.03 0.30
Bio gasolina	70.800	59.800 84.300	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
Biodiésel	70.800	59.800 84.300	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
Otros biocombustibles líquidos	79.600	67.100 95.300	3.00	1.00 10.00	0.60	0.20 2.00
Otra biomasa sólida primaria	100.000	84.700 117.000	300.00	100.00 1000.00	4.00	1.50 15.00
Madera/Desechos de madera	112.000	95.000 132.000	300.00	100.00 1000.00	4.00	1.50 15.00
Carbón vegetal	112.000	95.000 132.000	200.00	70.00 600.00	4.00	1.50 15.00
Biomasa gaseosa	54.600	46.200 66.000	1.00	0.30 3.00	0.10	0.03 0.30
<b>Kerosene</b>	<b>71.900</b>	<b>70.800 73.700</b>	<b>3,00</b>	<b>1,00 10,00</b>	<b>0,60</b>	<b>0,20 2,00</b>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17)