

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



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

**REEMPLAZO DE UNA CENTRAL TERMOELECTRICA POR
UNA CENTRAL RER. EN EL SISTEMA DE GENERACION
DE ENERGIA DEL PERU**

AUTORES :

Bach. Steven Axeld Gutiérrez Acosta
Bach. José Luis Palacios Bautista

ASESOR :

Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan

NUEVO CHIMBOTE, JUNIO DEL 2022

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



**REEMPLAZO DE UNA CENTRAL TERMOELECTRICA
POR UNA CENTRAL RER. EN EL SISTEMA DE
GENERACION DE ENERGIA DEL PERU**

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

REVISADO POR:



Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayán
ASESOR

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



HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADO EVALUADOR

Terminada la sustentación de la tesis titulada: "**REEMPLAZO DE UNA CENTRAL TERMOELECTRICA POR UNA CENTRAL RER. EN EL SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA DEL PERU**" sustentada el día 21 de julio del 2022. Tiene la aprobación del jurado calificador, quienes firmaron en señal de conformidad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Hector Benites Villegas".

Mg. Hector D. Benites Villegas
PRESIDENTE

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Denis Aranguren".

Dr. Denis J. Aranguren Cayetano
SECRETARIO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Robert Guevara".

Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan
INTEGRANTE

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2022

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**

**REEMPLAZO DE UNA CENTRAL TERMOELECTRICA POR UNA CENTRAL
RER. EN EL SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA DEL PERU**

AUTORES :

Bach. Steven Axeld Gutiérrez Acosta
Bach. José Luis Palacios Bautista

A handwritten signature in black ink, appearing to read "RF", is placed above a dashed horizontal line.

Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan
ASESOR



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los veintiséis días del mes de julio del año dos mil veintidós, siendo las cuatro horas de la tarde, se reunieron en el aula E3 de la escuela de ingeniería en energía, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 292-2022-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- | | |
|--|--------------|
| ➤ Mg. HECTOR DOMINGO BENITES VILLEGAS | : PRESIDENTE |
| ➤ Dr. DENIS JAVIER ARANGURI CAYETANO | : SECRETARIO |
| ➤ Mg. ROBERT FABIAN GUEVARA CHINCHAYAN | : INTEGRANTE |

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: "**REEMPLAZO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA POR UNA CENTRAL RER EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA DEL PERÚ**" elaborado por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **JOSE LUIS PALACIOS BAUTISTA** con código de matrícula N° 0201511057, teniendo como asesor al docente Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan, según Resolución Decanal N° 149-2021-UNS-FI.

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 103º del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
JOSE LUIS PALACIOS BAUTISTA	DIECISEIS(16)	BUQUE

Siendo las diez horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

Mg. HECTOR D. BENITES VILLEGAS
PRESIDENTE

Dr. DENIS J. ARANGURI CAYETANO
SECRETARIO

Mg. ROBERT F. GUEVARA CHINCHAYAN
INTEGRANTE

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los veintiséis días del mes de julio del año dos mil veintidós, siendo las cuatro horas de la tarde, se reunieron en el aula E3 de la escuela de ingeniería en energía, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 292-2022-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- | | |
|--|--------------|
| ➤ Mg. HECTOR DOMINGO BENITES VILLEGAS | : PRESIDENTE |
| ➤ Dr. DENIS JAVIER ARANGURI CAYETANO | : SECRETARIO |
| ➤ Mg. ROBERT FABIAN GUEVARA CHINCHAYAN | : INTEGRANTE |

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: "**REEMPLAZO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA POR UNA CENTRAL RER EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA DEL PERÚ**" elaborado por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **STEVEN AXELD GUTIERREZ ACOSTA** con código de matrícula N° 0201411033, teniendo como asesor al docente Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan, según Resolución Decanal N° 149-2021-UNS-FI.

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 103º del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
STEVEN AXELD GUTIERREZ ACOSTA	DOCESEIS (16)	BOENE

Siendo las diez horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. HECTOR D. BENITES VILLEGAS
PRESIDENTE


Dr. DENIS J. ARANGURI CAYETANO
SECRETARIO


Mg. ROBERT F. GUEVARA CHINCHAYAN
INTEGRANTE

DEDICATORIA

A mis queridos padres
que me han demostrado su amor y cariño
y motivaciones del día a día
para formarme y lograr mis objetivos.

S.A.G.A

DEDICATORIA

A mi Esposa Belinda que con su amor
me ha demostrado
que todo obstáculo es posible de superar.

A mi hijo Luis Derek
por su angelical presencia
que me ilumina y bendice.

A mis hermanas Selena y Samantha
quienes me acompañaron en el proceso
de ser profesional por su amor de cada día.

Y a mi madre Carmen, mi ángel
que desde el cielo es mi guía y mi estrella
que ilumina mi carrera.

J.L.P.B

RECONOCIMIENTO

A cada uno de los docentes de la
Escuela Profesional de Ingeniería en Energía
Con el conocimiento y la enseñanza dada,
Por ser los gestores de la formación de grandes profesionales.

S.A.G.A

RECONOCIMIENTO

A cada uno de los docentes de la
Escuela Profesional de Ingeniería en Energía
Con el conocimiento y la enseñanza dada,
Por ser los gestores de la formación de grandes profesionales.

J.L.P.B

INDICE GENERAL

INDICE RESUMEN

CAPITULO I: Introducción.	1
1.1 Realidad Problemática	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	6
1.4 Hipótesis	7
1.5 Objetivos	7
CAPITULO II: Marco Teórico.	8
2.1 Centrales Termoeléctricas	8
2.2 Recursos energéticos renovables	18
2.3 Centrales de energía con recursos energéticos renovables	22
2.4 Despacho de carga	31
2.5 Prima RER	40
CAPÍTULO III: Material y método	42
3.1 Material	42
3.2 Método	58
CAPITULO IV: Cálculos y resultados	60
4.1 Desempeño de las centrales de energía con recursos energéticos renovables	60
4.2 Costos variables de las centrales termoeléctricas	63
4.3 Reemplazo de centrales termoeléctricas con turbinas a gas con ciclo Simple por centrales de energía con recursos energéticos renovables	64
4.4 Reemplazo de centrales termoeléctricas con ciclo combinado con Centrales de energía con recursos energéticos renovables	71
4.5 Benchmarking energético	83
4.6 Discusión de resultados	87
Conclusiones	90
Recomendaciones	92
Referencias bibliográficas	93
Anexos	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Transacciones físicas en una central termoeléctrica	9
Figura 2 Central termoeléctrica TG8 Santa Rosa	13
Figura 3 Central termoeléctrica de Ilo 2 con carbón	14
Figura 4 Central termoeléctrica de ciclo combinado Santo Domingo de Olleros	16
Figura 5 Central termoeléctrica de reserva fría de Puerto Maldonado	17
Figura 6: Producción de centrales eólicas (23-24 y 25 de junio del 2019)	21
Figura 7 Central Solar fotovoltaica Rubí	23
Figura 8: Evolución de los costos marginales y tarifas adjudicadas de centrales solares (USD/MWh)	24
Figura 9: Casa de fuerza de Empresa Agroindustrial San Jacinto S.A	28
Figura 10: Grupo turbina -generador CH Santa Cruz II	30
Figura 11: Curva de Ingreso de una central termoeléctrica	38
Figura 12: Emisiones de PM10 en las centrales termoeléctricas del PEC	40
Figura 12: Esquema de líquidos de ingresos	41
Figura 13: Central Termoeléctrica Turbo Gas Natural Malacas TG6	44
Figura 14 Diagrama de carga típico Central Termoeléctrica Turbo Gas Natural Malacas TG6-27.12.2021	45
Figura 15: Central Termoeléctrica Ciclo combinado Santo Domingo de los Olleros	47
Figura 16 Central Termoeléctrica Ciclo combinado Santo Domingo de los Olleros-04.12.2021	48
Figura 17: Central solar fotovoltaica Rubí	49
Figura 18 Diagrama de carga de Central Solar Rubi-04.12.2021	50
Figura 19: Central eólica Wayra I	51
Figura 20 Diagrama de carga de Central Eólica Wayra I-17.12.2021	52
Figura 21 Turbina de vapor de central de biomasa con bagazo Paramonga	53
Figura 22 Diagrama de carga de Central de biomasa con bagazo Paramonga	54
Figura 23 Grupos térmicos 1 y 2 de central de biomasa con RSU Doña Catalina	56
Figura 24 Diagrama de carga de Central de biomasa RSU Doña Catalina	

Figura 25 Generación para reemplazo, almacenamiento en BESS, inyección de energía acumulada y generación propia de central solar fotovoltaica.	65
Figura 26 Cobertura de la generación de energía termoeléctrica por generación de energía de central solar fotovoltaica	66
Figura 27 Generación Eólica par reemplazo de generación termoeléctrica e inyección propia al sistema eléctrico	69
Figura 28 Cobertura de la generación de energía termoeléctrica por generación de energía de central eólica	70
Figura 29 Operación de la Central Solar Fotovoltaica 1	73
Figura 30 Operación de la Central Solar Fotovoltaica 2	74
Figura 31 Operación de la Central Solar Fotovoltaica 3	75
Figura 32 Operación de la Central Solar Fotovoltaica 4	76
Figura 33 Operación de Central Eólica 1	79
Figura 34 Operación de Central Eólica 2	80
Figura 35 Operación de Central Eólica 3	81
Figura 35 Operación de Central Eólica 3	
Figura 36 Cobertura y almacenamiento de energía generada restante de Central Eólica 3	82
Figura 37 Prima RER para una central termoeléctrica con turbina a gas ciclo Simple	84
Figura 38 Prima RER para una central termoeléctrica con ciclo combinado	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de RER no convencionales y tecnologías de generación eléctrica	19
Tabla 2. Barreras relevantes para una mayor flexibilidad	36
Tabla 3 inventario de Centrales Termoeléctricas del SEIN	42
Tabla 4 inventario de Centrales RER del SEIN	43
Tabla 5 Características técnicas de la Central Termoeléctrica Turbo Gas Natural Malacas TG6	44
Tabla 6 Características técnicas de la Central Termoeléctrica Ciclo combinado Santo Domingo de los Olleros-Turbina a gas	46
Tabla 7 Características técnicas de la Central Termoeléctrica Ciclo combinado Santo Domingo de los Olleros-Turbina a vapor	46
Tabla 8 Características técnicas de la Central Solar Rubí	49
Tabla 9 Características técnicas de la Central Eólica Wayra I	51
Tabla 10 Características técnicas de la Central de biomasa con bagazo Paramonga	53
Tabla 11 Características técnicas de la Central de biomasa RSU Doña Catalina	55

RESUMEN

Las centrales termoeléctricas de ciclo simple y ciclo combinado con gas natural son a la fecha las únicas tecnologías energéticas de generación que operan y despachan usando fuentes convencionales en el Perú. Del mismo modo desde el año 2010 se cuenta en el pool de generación del SEIN, centrales de generación de energía con recursos energéticos renovables , entre las cuales tenemos centrales solares, eólicas, biomasa, residuos sólidos urbanos y centrales hidroeléctricas con potencia efectiva de hasta 20 MW.

El trabajo de investigación es del tipo pre -experimental, de naturaleza descriptiva. Toma como modelo de estudio el desempeño de la central termoeléctrica TG6(el cual es la central termoeléctrica que actualmente cubre los picos de máxima demanda del sistema) y la central de ciclo combinado de Termochilca, la cual es la central de ciclo combinado de menor capacidad de potencia efectiva instalada en el Perú. Del mismo se toma el comportamiento de operación de las centrales con recursos energéticos renovables del Perú como son la Central Solar Fotovoltaica Rubí y la Central Eólica Wayra I. Para ello se hace uso del diagrama de carga típicos de generación del mes de diciembre, el cual es el mes de mayor producción energética.

Dentro de los resultados tenemos que para reemplazar a la central termoeléctrica TG6 se requiere tan solo de 1 central solar equivalente a la central Rubí y 1 central eólica equivalente a la central Wayra I. Del mismo modo se ha cuantificado la prima RER con la central eólica la cual es 1,058 U\$/MWh lo que representa 2,93% sobre el valor del costo de generación de la central termoeléctrica a gas ciclo simple. El reemplazo de la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple involucra dejar de emitir 0,51 Ton. CO₂/día o 15,41 Ton. CO₂/mes.

PALABRA CLAVE: Central termoeléctrica, recursos energéticos renovables.

ABSTRACT

Simple cycle and combined cycle thermoelectric plants with natural gas are to date the only energy generation technologies that operate and dispatch using conventional sources in Peru. In the same way, since 2010, the generation pool of the SEIN includes power generation plants with renewable energy resources, among which we have solar, wind, biomass, solid urban waste and hydroelectric plants with effective power of up to 20 MW.

The research work is of the pre-experimental type, of a descriptive nature. It takes as a study model the performance of the TG6 thermoelectric plant (which is the thermoelectric plant that currently covers the maximum demand peaks of the system) and the Termochilca combined cycle plant, which is the combined cycle plant with the lowest capacity. of installed effective power in Peru. The operating behavior of power plants with renewable energy resources in Peru, such as the Rubí Photovoltaic Solar Power Plant and the Wayra I Wind Power Plant, is taken from the same. For this, the typical generation load diagram for the month of December is used, the What is the month with the highest energy production?

Within the results we have that in order to replace the TG6 thermoelectric power plant, only 1 solar power plant equivalent to the Rubí power plant and 1 wind power plant equivalent to the Wayra I power plant are required. In the same way, the RER premium with the wind power plant has been quantified. which is 1,058 U\$/MWh, which represents 2.93% of the value of the generation cost of the simple cycle gas-fired thermoelectric plant. The replacement of the thermoelectric plant with a simple cycle gas turbine involves stopping the emission of 0.51 Ton. CO₂/day or 15.41 Ton. CO₂/month.

KEY WORD: Thermoelectric power plant, renewable energy resources.

1. CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

Según la Ley de Seguridad Energética (29970), promulgada el 2012, la Seguridad del Suministro se consigue mediante la diversificación del uso de diversas fuentes energéticas, así como a través de la desconcentración energética. En la actualidad la oferta de generación con gas natural para generación de energía se concentra en los departamentos de Lima e Ica (3 600 MW) con una capacidad de transporte de 650 Millones de Pies Cúbico diarios, del cual solo se consume menos de la mitad de ese volumen garantizado, el cual es pagado a través de un cargo fijo por las empresas de generación con la finalidad de poder cobrar posteriormente un Ingreso por “Potencia Firme”. Con la promulgación el año 1992 con la ley de concesiones eléctricas, la planificación energética del estado se ha orientado en reducir el porcentaje de generación hidráulica, debido a la baja confiabilidad de las centrales hidroeléctricas y otras Renovables (RER), las cuales están sometidas a efectos climatológicos tal como sequias, avenidas, vientos, olas de calor, etc.

Las centrales hidroeléctricas de embalse o de pasada independientemente de su capacidad vienen cubriendo la base de la demanda debido a sus bajos costos operativos. Los picos de la demanda son cubiertos por centrales termoeléctricas de gas natural de ciclo joule Brayton simple abierto. Según el reporte en el portal del COES para el 2020 la generación de energía fue de 49,186 GWh, en el cual la participación en la generación por las centrales hidroeléctricas es de 59.60 %, las centrales termoeléctricas generaron el 35.15 %, mientras que las centrales eólicas y solares generaron 3.67 y 1.58% respectivamente, sumando la generación RER el 5.25% de la generación , mientras que para el año 2019 fue de 4.68 %,

La operación de las centrales termoeléctricas con carbón, biodiesel y petróleo residual 500 aun persiste sobre todo cuando se presentan contingencias tales como fallas o problemas de congestión a la red, a lo cual el COES programa su operación en el corto plazo.

Según las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía vigente, los factores de emisiones según los tipos de combustibles son los siguientes: 56.1 Ton. CO₂/TJ para el Gas Natural, 70.8 Ton. CO₂/TJ para el Petróleo BD5, 77.4 Ton. CO₂/TJ para el Petróleo Residual 500 y 98.3 Ton. CO₂/TJ para el Carbón, valores los cuales dan una idea de la magnitud de

emisiones que se producen con la producción de energía con centrales termoeléctricas convencionales.

Con la aplicación del DL 1002 y la aplicación ala fecha de 4 subastas On-grid (conectadas a la red del SEIN) han ingresado al sistema eléctrico centrales solares, eólicas, de biomasa (con bagazo y RSU) y pequeñas centrales hidroeléctricas. Los valores ofertados para estas tecnologías han bajado sustancialmente. Por ejemplo, Muñoz (2020) manifiesta que la tecnología solar ha presentado mejores propuestas en sus precios ofertados así tenemos un valor de 95 U\$/MWh hasta alcanzar valores de 47 U\$/MWh en la última subasta, debido por la reducción de costos de generación con sistemas fotovoltaicos. Estos últimos valores son cercanos a los costos variables totales o costos marginales el cual oscila entre los 35 a 37 U\$/MWh.

Como consecuencia de las 4 subastas RER promovidas en el Perú, lo cual principalmente a permitido el ingreso de centrales solares fotovoltaicas y centrales eólicas, con sus respectivas restricciones técnicas cada una de ellas, su ingreso al despacho de generación ha generado el desplazamiento de centrales termoeléctricas principalmente aquellas que operaban con carbón, petróleo BD5 y petróleo R500, los cuales presentaban elevados costos variables totales de operación y considerables emisiones equivalentes de dióxido de carbono que se contraponen a los compromisos firmados por el Perú en el Acuerdo de Paris 2015. Se formula el siguiente problema: ¿Qué efectos se tiene en el sistema de generación del Perú el reemplazo de una central termoeléctrica por una central RER?

1.2 ANTECEDENTES:

Se presentan los siguientes antecedentes en la tesis:

Batlle y Paredes (2014) en su investigación para el Banco Interamericano de desarrollo titulada: Análisis del impacto del incremento de la generación de energía renovable no convencional en los sistemas eléctricos latinoamericanos, manifiestan que las tecnologías energéticas con fuentes renovables por su condición no pueden optar por despachar en periodos de punta y del mismo modo presentan rápidas variaciones en el proceso de generación, los cuales no son controlables y generan inestabilidad en la red tal es el caso de la generación eólica a lo largo de las horas de un día, contaminando la red con perturbaciones eléctricas. Estos eventos generan impactos importantes en la coordinación y despacho de generación en sistemas eléctricos de potencia, lo que trae

como consecuencia una mayor proporción de la reserva disponible y reserva firme que permita garantizar la seguridad y confiabilidad operativa del sistema eléctrico. En buena parte de países de América Latina, la generación hidroeléctrica es predominante lo cual a pesar de su estacionalidad como recurso se han instalado centrales hidroeléctricas de embalse con significativa capacidad de almacenamiento y en algunos casos operan como centrales de reserva en períodos de máxima demanda. Lo último enunciado ha permitido la integración de las nuevas fuentes renovables a los sistemas eléctricos sin muchos impactos en la operación.

Calle, Curí, Huaraz y Zavaleta (2018) en su tesis titulada: Análisis, diagnóstico y propuesta de nueva política de promoción de energías renovables, para optar el grado de Maestro en Gestión de la Energía para la ESAN en Perú concluyen lo siguiente: La normativa peruana presenta restricciones para que los proyectos de generación con recursos energéticos renovables y su participación en el mercado de contratos y, por tanto, presentan una desventaja con respecto a otras tecnologías de generación. Partiendo de esa premisa, las estrategias de promoción que se proponen a través de la presente investigación son las siguientes: Incorporación de un mecanismo de reconocerla potencia firme considerando los aportes promedio en las Horas Punta del SEIN., incorporar un mecanismo de reconocimiento de potencia firme considerando los aportes reales en el SEIN en los períodos más críticos de la demanda, sin importar el día y la hora en se efectuasen y adquirir potencia firme en el mercado de contratos.

Dammert, Javier y Bautista (2017) en su documento de investigación para la Universidad Particular San Martín de Porres titulada: El Potencial de las Energías Renovables en el Perú, concluyen que: El volumen disponible de energías renovables: es abundante en el caso de energía solar fotovoltaica y eólica, pero limitado en biomasa y biogás. Los beneficios de las RER en cuanto a su impacto ambiental el cual es positivo en medio ambiente y salud en cuanto a biomasa y biogás, y positivo respecto al medio ambiente en energía fotovoltaica y solar. Los costos de generación con energías renovables actualmente son competitivos en relación a la generación eléctrica generada por centrales termoeléctricas de ciclo combinado y con turbinas a gas ciclo simple con gas natural. La complementariedad existente entre la producción de las RER y la energía hidroeléctrica que requiere la promoción de inversiones en estas

últimas. La posible complementariedad del gas natural para generar electricidad en épocas de baja producción de energía renovable incluyendo la hidroelectricidad (épocas de estiaje) así como sus usos alternativos. Es importante tener una política de planificación del desarrollo de la generación de energía eléctrica, sobre todo de energías renovables, la cual deberá modificarse ante cambios futuros.

Fernández (2018) en su tesis titulada Análisis de las energías limpias para la generación de electricidad para optar el título de Ingeniero Químico y Petróleo para el Instituto Politécnico Nacional de México concluye que las principales variables que tienden a modificar el consumo desmedido de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas es la reducción de las reservas de petróleo, su elevado costo, la regulación medio ambiental más estricta ahora aplicable a la generación termoeléctrica y la creciente tendencia hacia el desarrollo de alternativas tecnológicas de generación de energía competitivas, a partir de fuentes de energía limpias y sustentables. Los combustibles fósiles seguirán dominando en el corto plazo la generación de energía eléctrica, aunque no sea una fuente renovable, para el caso de México, se cuenta con un abundante recurso para satisfacer aun la demanda nacional.

Muñoz. (2020) en su tesis titulada “Las centrales con recursos energéticos renovables y la oferta de energía del sistema eléctrico interconectado nacional” para optar el título de Ingeniero en Energía en la Universidad Nacional del Santa concluye lo siguiente: Las centrales de energía con recursos energéticos renovables implementados entre los años 2,016-2,019 son : Central Solar Rubí de 144.48 MW, Central Eólica Wayra I de 126 MW , Central con Biomasa Huaycoloro II de 2.4 MW y la Central Hidroeléctrica Ayanunga de 20 MW. Dentro de los incentivos implementados para la instalación de las Centrales RER, lo más novedoso fue la reducción de los materiales y su efecto en los costos de inversión, los cuales se redujeron significativamente en 5 años, así tenemos el caso de las Centrales Eólicas cuya inversión se ha reducido desde 3,366.67 U\$/KW a 1,313.87 U\$/KW, mientras que su costo variable de operación se ha reducido desde 88 U\$/MWh a 38 U\$/MWh

Oyanguren (2014) en su investigación: Despacho de generación con energías renovables y su impacto en el medio ambiente-Caso Peruano, realizado para el Instituto

de Investigación de la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao, concluye lo siguiente: El Despacho de Generación con recursos energéticos renovables contribuye en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (C0₂). Este último contamino la atmósfera, en 4'039 004,58 toneladas durante el período de Mayo - 2014 a Agosto - 2016, el Despacho de Generación con recursos Energías Renovables contribuye, durante el período de estudio, a la disminución del consumo de hidrocarburos, tal es el caso del gas natural en el orden de 40 605,76 millones de pies cúbicos, así como el petróleo diésel se reduce en 101 269,90 miles de galones, y 229,275 miles de toneladas de carbón, lo cual significa una reducción de consumo de hidrocarburos.

Polanco (2018) en su tesis Convenios de interconexión eléctrica para consolidar el uso de energías renovables no convencionales en la matriz energética peruana, para optar el título de Abogado en la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo en Perú, concluye que la matriz energética de generación es principalmente renovable, donde la energía hidroeléctrica tiene un rol, preponderante. Del mismo modo entre los años 2010-2015 la generación de energía con gas natural se incrementó significativamente con centrales de ciclo simple y ciclo combinado de alta eficiencia. Los recursos energéticos renovables tienen características técnicas muy particulares, así tenemos: la intermitencia en la generación y los elevados costos en generación son los principales factores sobre las cuales se debe implementar políticas de planificación a corto y mediano plazo, de tal forma de eliminar las barreras jurídicas que impiden su crecimiento.

Zanabria (2019) en su trabajo de investigación: Hacia una transición energética, perfeccionamiento a la regulación de energías renovables no convencionales, para optar el grado de Magister en Regulación y Servicios Públicos en la Universidad del Pacífico, concluye que para el mercado mayorista, el COES emplea 2 criterios en el despacho de generación, por un lado, emplea el despacho económico la cual le permite dar prioridad en el despacho a las empresas generadoras que tienen costos variables bajos, y de otro lado, el COES emplea la combinación más eficiente de centrales de energía para la cobertura de la demanda, esto significa tener un parque generador óptimo. Sin embargo, la transición energética desde los sistemas de consumo con

fuentes de energía convencional hacia el empleo de recursos energéticos renovables, es necesario aplicar un concepto adicional a los anteriores, la cual es valorizar las externalidades negativas y sumar ese costo social al cálculo de los costos variables. Del mismo modo, como los costos variables totales son consecuencia directa de la generación de energía, se incluye un costo adicional a todas las formas de generación, que es el costo social. Por lo tanto está justificada la regulación del Estado en la aplicación de políticas y con un marco regulatorio que permita la mitigación de las externalidades negativas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La justificación es la siguiente:

La investigación tiene como propósito la determinación de los efectos que han tenido en el Perú desde la implementación de la 1 Subasta RER convocada el 2010 a la fecha, en la cual la producción de energía eléctrica con recursos energéticos renovables se ha venido incrementando progresivamente hasta alcanzar el valor de 5.25% en el porcentaje de participación de generación de energía para el año 2020.

Se busca determinar cuál ha sido la reducción del consumo de recursos energéticos convencionales proveniente de los hidrocarburos, como el gas natural, petróleo y carbón con lo cual se han desplazado a centrales termoeléctricas de gas natural principalmente en la cobertura de la demanda, como resultado de los incentivos del DL 1002.

Así mismo la inserción de centrales RER al sistema eléctrico interconectado nacional y al desplazar en la generación a centrales termoeléctricas (mandándolas a condición de reserva), ha tenido un efecto en el costo de generación en el sistema de Perú. Del mismo modo cuantificar el efecto de la prima de energía a la fecha, valor el cual lo asumen todos los usuarios para reconocer los costos reconocidos a las centrales RER cuando este calor es superior al costo de generación del sistema y debe ser asumido por todos los usuarios del país.

Se desea determinar las emisiones dejadas de emitir al operar las RER en reemplazo de las centrales termoeléctricas.

Así mismo contribuir con el conocimiento de esta problemática y su trascendencia, de tal manera que sea un punto de partida para que a futuro el porcentaje de participación de las Centrales se incremente en beneficio del país y del mundo.

1.4 HIPÓTESIS

Los efectos del reemplazo de una central termoeléctrica por una central RER en el sistema de generación del Perú permite la reducción del consumo de combustible, se reduce las emisiones de dióxido de carbono y los costos de generación aplicando la prima de energía.

1.5 OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos del reemplazo de una central termoeléctrica por una central RER en la cobertura de la demanda de energía.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar los indicadores de desempeño de las centrales RER a la fecha teniendo en cuenta sus condiciones reales de operación.
- Estimar el remplazo con centrales RER a la operación de la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple que margina en el sistema eléctrico.
- Estimar el reemplazo con centrales RER a la operación de la central termoeléctrica de ciclo combinado.
- Determinar el subsidio prima de energía por la operación de las centrales RER.
- Estimar el equivalente en emisiones de GEI dejadas de emitir al reemplazar una Central Termoeléctrica por una central RER.

2. Marco Teórico

2.1 Centrales Termoeléctricas.

2.1.1 Generalidades.

Una Central de Generación de Energía es aquel Sistema electromecánico el cual a través de un conjunto de mecanismos y sistemas permite la conversión de una fuente de energía primaria en otra (útil, efectiva, al eje o al freno). (Pérez y Varas, 2018)

La eficiencia de una Central de Generación está directamente relacionada con el proceso de conversión energética de la central desde una fuente de energía primaria en otra de nivel secundario. Del mismo modo la eficiencia de planta se obtiene del producto entre las eficiencias de los equipos o sistemas que forman parte de las instalaciones de la central de generación de energía. (Palomino y Pumay, 2014)

En los sistemas de generación de energía convencional se cuenta con centrales termoeléctricas e hidroeléctrica, las cuales operan al mínimo costo cubriendo una determinada demanda. En el Perú, la operación se comparte con las centrales con recursos energéticos renovables. (Muñoz, 2020)

Las centrales termoeléctricas convencionales generan energía eléctrica a partir de la reacción de combustibles fósiles, como el carbón, petróleo o gas natural. El combustible reacciona en el hogar de un generador de vapor o en una cámara de combustión, lo que provoca el desprendimiento de la energía calorífica del combustible. En las centrales termoeléctricas, la potencia térmica suministrada o el flujo de energía suministrado directa o indirectamente se transforma en potencia mecánica en el eje, la cual se convierte en energía eléctrica en un alternador. La energía eléctrica producida pasa por un transformador para elevar su nivel de tensión y así transmitirla a grandes distancias reduciéndose las pérdidas por efecto joule en los conductores. (Pérez y Varas, 2018)

Una central termoeléctrica tiene por meta la generación de energía eléctrica de forma eficiente, permitiendo la conexión y despacho de la energía en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, y permite cubrir la demanda de energía eléctrica a través de una red segura y confiable sin problemas de sobrecarga, inestabilidad y congestión de las líneas de alta tensión. Las Centrales Termoeléctricas cuenta con componentes

electromecánicos que le permiten generar la potencia necesaria comprometida a la red. (Choque, 2018)

La generación de potencia efectiva se realiza con un grado de eficiencia durante la transformación desde la potencia térmica suministrada a potencia efectiva en bornes del generador eléctrico o alternador, esto debido a las pérdidas que se presentan en los procesos intermedios. Se define los siguientes términos:

Potencia Instalada: Es la suma de las potencias nominales o de placa de las unidades de generación pertenecientes a un Sistema Eléctrico.

Potencia Efectiva: Es la potencia entregada al sistema eléctrico interconectado, el cual se obtiene descontando la potencia consumida por servicios auxiliares o de autoconsumo a la potencia de generación producida en el alternador.

Potencia de autoconsumo: Es la potencia que hace uso la central de energía para cubrir su consumo interno.

Potencia Firme: Esta referida a la potencia que podría generarse con un alto nivel de seguridad (dependiendo si es hidroeléctrico o térmico). (Garayar, 2018)

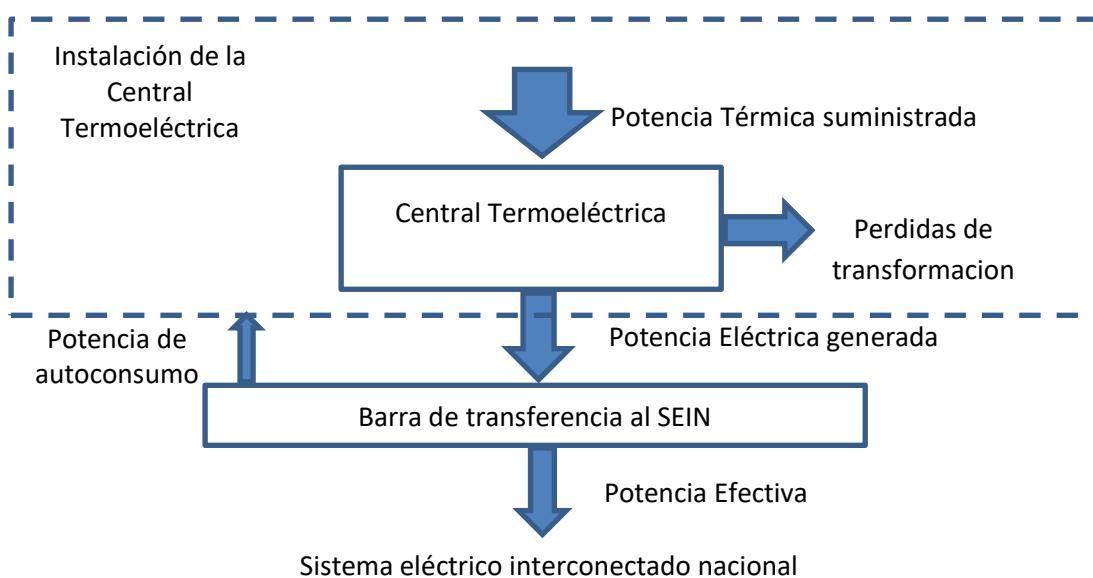


Figura 1 Transacciones físicas en una central termoeléctrica

Fuente: Elaboración propia

El Heat Rate o también Tasa de calor o rendimiento específico, es un Indicador de desempeño característico de las centrales termoeléctricas y compara las unidades de flujo de combustible consumido para generar una unidad de potencia efectiva a plena carga. A medida que el valor del Heat Rate decrece se tendrá un mejor desempeño por parte de la central termoeléctrica, ya que utilizará un menor flujo de combustible para generar la misma cantidad de potencia eléctrica. (Guevara, 2019)

$$\text{Heat Rate} = \frac{\text{Flujo masico de combustible}}{\text{Potencia efectiva}} \dots \dots \dots (1)$$

En el Procedimiento N° 017-2020 del COES aprobado con Resolución N° 127-2020 - OS/CD, del 28 de agosto de 2020, detalla la determinación de la potencia efectiva y el rendimiento específico de las centrales térmicas en el Perú. Las mediciones de los consumos de combustible durante las pruebas sirven para la verificación de la producción de la energía eléctrica por unidad de flujo de combustible consumido. Del mismo modo se miden los valores de temperatura del combustible, con la finalidad de llevarlos a condiciones estándar. Las condiciones estándar de temperatura y presión que se utilizan para la evaluación de combustibles líquidos y gaseosos es de 15°C y 101,325 kPa, Mientras que la potencia efectiva se mide de forma simultánea en bornes del generador. (COES,2020),

El Costo Variable Combustible (CVC) también conocido por Costo Incremental o Costo de Operación, representa aquel costo asociado para producir una unidad de energía en una central termoeléctrica. Dicho costo se determina como el producto del heat rate de la central de generación (así tenemos, una central termoeléctrica ciclo simple con turbina a gas utiliza como combustible al gas natural, el heat rate se expresa en MMBTU/MWh) por el costo del combustible (por ejemplo, para el gas natural declarado ante Osinergmin en US\$/MMBTU). (Bringas y Soria, 2019)

$$C.V.C = \text{Heat Rate} * \text{Precio Unitario del combustible} \dots \dots (2)$$

El Costo Variable No Combustible (C.V.N.C) está relacionado al costo, no asociado al consumo de combustible, por parte de la central termoeléctrica por unidad de energía eléctrica producida. Para la evaluación del costo se deberá determinar la función del costo

total de las centrales termoeléctricas (sin incluir al combustible) para un régimen de operación de evaluación; esta función se deriva el C.V.N.C como la relación del incremento en la función de costo ante un incremento de la energía producida por la unidad. (Bringas y Soria, 2019)

El costo variable total para una central termoeléctrica se determina según la siguiente ecuación:

$$C.V.T = C.V.C + C.V.N.C \dots \dots \dots (3)$$

2.1.2 Parque termoeléctrico peruano.

La producción de energía en el sistema eléctrico interconectado nacional es 12 641 MW, de los cuales el parque termoeléctrico peruano conectado al sistema eléctrico interconectado nacional este compuesto por 6 803 MW (53,83%), el parque hidroeléctrico es de 40,4 % y la oferta de centrales RER es de 5,77%. Las tecnologías de centrales termoeléctricas empleadas en el Perú son : ciclo combinado, ciclo simple con turbinas a gas, con turbinas a vapor y con motores de combustión interna. (Osinergmin, 2021)

2.1.3 Centrales termoeléctricas con turbinas de gas.

Una turbina es una turbomáquina térmica conformada por un compresor, cámara de combustión y turbina axial que permite la conversión de energía térmica en energía mecánica. En una turbina de gas, el aire es tomado desde el medio ambiente, este es filtrado, comprimido y combustionado, empleados como combustible el gas natural. con un exceso de aire elevado. Los gases de la combustión salientes desde la cámara de combustión ingresan a la turbina de gas, generando la energía cinética necesaria en la maquina y energía mecánica en el eje. La turbina de gas es de tipo axial fabricada de aleaciones de acero y con recubrimientos para soportar altas temperaturas así como la fatiga térmica y mecánica. Estas centrales termoeléctricas operan con el ciclo Joule Brayton, cuya característica única es que es un sistema abierto. (Bringas y Soria, 2019)

En una turbina de gas, los gases calientes a alta velocidad, elevado flujo masico y alta temperatura (sobre los 500°C) poseen un calor remanente que puede aprovecharse de forma total o parcial, según los requerimientos para generación eléctrica, propulsión aérea

o naval, cogeneración en calderas de recuperación o fuerza motriz para accionamiento de bombas u otra máquina. En los casos de cogeneración se pueden emplear las turbinas de gas para generación eléctrica combinada con la generación de calor útil para ser empleados en la misma planta. SE tienen tecnologías innovadoras con la finalidad de incrementar la potencia eléctrica generada por la turbina a gas así tenemos los enfriadores evaporativos al inicio del proceso y la inyección directa de vapor o agua caliente desmineralizada en las cámaras de combustión de la turbina, esta última incrementa el rendimiento específica y/o reduce las emisiones de NOx. (Rojas, 2021)

El rendimiento de una máquina que opera según el ciclo Joule Brayton depende principalmente de la relación de presión dentro del compresor de aire y del máximo valor alcanzado por la temperatura, en este caso a la salida de la cámara de combustión. Los compresores según sus diseños poseen relaciones de compresión en el rango de 8 a 16 para sistemas de generación de energía. El aire que se utiliza en las turbinas de gas cumple las funciones de suministrar el oxígeno necesario para que se realice la combustión y sirve como un refrigerante al mantener los componentes dentro de los límites de temperatura seguros. Las turbinas de gas tienen un amplio rango para la generación eléctrica, ya sea como unidades independientes o en ciclos combinados acoplados a turbinas de vapor. (Rojas, 2021)

Las características de las centrales termoeléctricas que operan con turbinas de gas, son:

- Presentan un rango de potencia entre 10 kW a 250 MW. Con lo cual según su capacidad pueden emplearse para centrales de energía de base o punta o en centrales de cogeneración.
- Las cámaras de combustión son óptimas técnicamente cuando operan con gas natural y con combustibles de baja densidad, pero resultan antieconómicos por el precio del biodiesel.
- Fiabilidad: Las turbinas de gas presentan una operación confiable dado que el mantenimiento no es muy complicado, y su tasa de fallas es relativamente bajo.
- Los gases de escape presentan temperaturas entre 900 a 1 000 °C para las pequeñas turbinas industriales y hasta valores superiores a 1 200°C para las grandes turbinas, generándose la oportunidad de aprovechar este calor sensible para la generación de vapor.

- Vida útil entre 25 a 20 años.
- Período de instalación, desde 9 a 14 meses, pudiendo alcanzar hasta 2 años para máquinas de gran capacidad. (Bringas y Soria, 2019)



Figura 2 Central termoeléctrica TG8 Santa Rosa

Fuente: Enel generación

2.1.5 Centrales termoeléctricas con turbinas de vapor.

Son centrales de energía que emplean turbinas de vapor. Las turbinas de vapor son de tipo axial, constándose de varias de etapas de acción y reacción y numero de escalonamientos. La sustancia de trabajo empleada es agua tratada químicamente, en su estado de líquido saturado a la salida del condensador es impulsado a través de una bomba de agua hasta una presión que le permita ingresar a una caldera donde se le suministra flujo de calor a presión constante. Luego el vapor sobrecalentado ingresa a una turbina de vapor para expandirse generando trabajo mecánico, luego ingresa a un condensador para disipar el calor a presión constante de cambio de estado. La presión de descarga es un parámetro de relevante importancia para la generación de potencia. (Choque,2018)

Estas unidades de generación operan en conjunto con una turbina de vapor, condensador (o aerocondensador), desareador, sistemas de bombeo de agua y un generador de vapor acuotubular o un generador de vapor recuperador de calor HRSG Se les emplea con centrales base en centrales termoeléctricas con (petróleo, uranio, con residuos sólidos

urbanos y biomasa, carbón y geotérmicas. En algunos diseños pueden operar con presiones supercrítica o en propulsión naval para grandes embarcaciones de combate. (Palomino y Pumay,2014)

El rendimiento de las centrales a vapor como centrales termoeléctricas de ciclo simple con sobrecalentamiento con un valor de 36%, logrando un mayor rendimiento en el caso de aplicarse las tecnologías de recalentamiento y la regeneración del ciclo, con lo cual se incrementa el rendimiento, pero se elevan los costos operativos. Requieren un alto torque de arranque para vencer la inercia y rampa de arranque alta, tienen alta relación espacio/peso, son muy pesadas, presentan como problema principal la disponibilidad del agua para sus procesos. Se genera vapor sobrecalentado dentro de un generador de vapor acuotubular, luego este ingresa a alta temperatura y presión a una turbina de vapor de condensación o de contrapresión, donde la energía cinética se transforma en energía mecánica de rotación accionando un alternador. El vapor se expande hasta una presión de vacío y con un máximo grado de humedad de 10% , y fluye continuando el ciclo termodinámico.(Palomino y Pumay,2014)



Figura 3 Central termoeléctrica de Ilo 2 con carbón.

Fuente: Engie

2.1.5 Centrales termoeléctricas de ciclo combinado.

Una central de ciclo combinado, esta conformada por el acoplamiento entre dos ciclos termodinamicos independientes entre si, los cuales se caracterizan por tener distintos

valores de temperatura máxima. El calor sensible del proceso termodinámico a alta temperatura se aprovecha para generar sin un costo adicional un flujo de calor útil. El ciclo superior esta referido al Ciclo Joule Brayton Simple abierto, mientras que el segundo es el ciclo Rankine con sobrecalentamiento. El acoplamiento entre ambos ciclos a través del empleo de un generador de vapor recuperador de calor permite dar un valor agregado al flujo de calor residual y del mismo se alcanza rendimientos de hasta 57 % para tecnologías modernas con turbinas de gas que soportan altas temperaturas de trabajo. El flujo de calor remanente aprovechado se realiza en un heat recuperator steam generator o generador de vapor recuperador de calor. (Atalaya Tafur, 2,014)

Las centrales con ciclo combinado de gas y vapor se han desarrollado a la par del avance tecnológico de los materiales con las siguientes características:

- Alto rendimiento alcanzado por la complementación entre dos ciclos termodinámicos distintos, ya que el flujo de calor sensible remanente saliente de la turbina a gas del ciclo Brayton (turbina de gas) es aprovechado para la generación de vapor sobrecalentado a diversos niveles de presión en un HRSG conformante de un ciclo Rankine que emplea turbinas a vapor como elemento motriz.
- Las sustancias de trabajo son aire y agua, estando el primero disponible, mientras que el segundo se restringe su disponibilidad debido a la carencia de agua en muchas zonas, esto último a sido determinante para que las centrales simples con turbinas de vapor sean más escasas en su implementación. (Gordillo, 2019)

El gas natural es un hidrocarburo compuesto principalmente por metano (CH_4) es su principal componente, su composición varía según el yacimiento alcanzando valores cercanos al 92% e incluye una variedad de compuestos adicionales como etano, propano, butano, agua, etc. El gas natural es explotado y posteriormente en plantas de fraccionamiento donde se separa el gas seco y los líquidos del gas natural, mediante procesos de baja temperatura en plantas de licuefacción.

El gas natural seco es un combustible ideal para ser empleado en turbinas a gas, ya que carecen de contaminantes (azufre, sodio y/o vanadio), además es el único combustible que altas temperaturas es capaz de impactar sobre los álabes de las turbinas de gas a alta

velocidad sin generar problemas de índole metalúrgico. Desde el punto de vista ambiental el gas natural presenta una menor cantidad de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera sin ninguna traza de dióxido de azufre, el contaminante de mayor proporción los óxidos de nitrógeno. Las emisiones de CO₂ representan la mitad de las emitidas al medio ambiente en comparación a los emitidos por el petróleo residual y tres veces menor comparándolo con las emisiones del carbón. Otra ventaja tecnológica de las centrales termoeléctricas de ciclo combinado es su elevado rendimiento de planta cercano a 57 % valores muy superiores a los rendimientos de las centrales termoeléctricas de ciclo simple el cual es de 37%.

Del mismo modo una central termoeléctrica de ciclo combinado emplea tan solo 2/3 del caudal de agua requerido por una central termoeléctrica convencional de la misma potencia. Presenta menores gastos de explotación por menor consumo de agua en los sistemas de refrigeración y sistema de servicios auxiliares.



Figura 4 Central termoeléctrica de ciclo combinado Santo Domingo de Olleros

Fuente: Termochilca

2.1.6 Centrales termoeléctricas con motores de combustión interna alternativos.

Un grupo electrógeno es una maquina térmica conformada por un motor de combustión interna alternativo y un alternador empleado en condiciones de emergencia para cubrir una demanda determinada. Un generador eléctrico es una maquina eléctrica rotativa generadora de potencia, que convierte la energía mecánica en energía eléctrica a través de

una diferencia de potencial eléctrica entre dos puntos, estas máquinas generan en corriente continua o alterna. Los grupos electrógenos están conformados por un motor de combustión interna alternativo con encendido por explosión o compresión, un generador eléctrico y un conjunto de sistemas auxiliares y complementarios que operan entre si de manera sincronizada, tal como sistemas de transferencia de carga, sistema de enfriamiento, sistema de inyección de combustible, sistema de lubricación,, sistema de expulsión de gases de la combustión, cada uno de ellos conformado por un conjunto de mecanismos y elementos de máquinas que realizan un función específica. (Sandoval, 2021)

En un benchmarking energético para dos motores de igual potencia suministrada y desempeño, aquel que tenga la mayor eficiencia volumétrica generara una mayor potencia efectiva en bornes del generador al contener una mayor cantidad de moléculas de oxígeno con lo cual puede reaccionar con menor cantidad de combustible, incrementándose la potencia a desarrollar por el motor. Este aumento de potencia sin variar la cilindrada del motor se realiza con la sobrealimentación, mediante un mayor ingreso de aire de admisión con lo cual se incrementa la eficiencia del motor de combustión interna hasta 50 %. La sobrealimentación aprovecha la variación de la densidad del aire cuando se opera en alturas en el cual el estado del aire varia. (Sandoval, 2021)



Figura 5 Central termoeléctrica de reserva fría de Puerto Maldonado

Fuente: Empresa Infraestructura y Energía del Perú S.A.C.

2.2 Recursos energéticos renovables.

Los recursos energéticos renovables, están relacionados a las fuentes de energía consideradas como inagotables a escala humana, ya que se regeneran en forma continua con el paso del tiempo. Estas fuentes energéticas se caracterizan porque producen un impacto ambiental mínimo en comparación a las fuentes convencionales de energía. Con la excepción de la energía geotermia, la totalidad de las energías renovables derivan directamente en el caso de la luz y el calor producidos por la radiación solar y el calor producidos por la radiación solar, e indirectamente en el caso de las energías eólica, hidráulica, mareas, olas y biomasa, debido a la diferencia de densidades y diferencia de presión en diversas latitudes que originan los vientos en dirección y magnitud básicamente para la eólica. Del mismo modo la variación de temperaturas genera los procesos de evaporación de aguas y precipitaciones generando el ciclo del agua. Las plantas requieren de la fuente que irradian el sol para realizar la fotosíntesis, y continuar su ciclo de vida, toda materia vegetal es considerada como biomasa. La radiación solar se aprovecha directamente a través de conversión directa el cual es empleado en sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica y también se emplea en procesos de calentamiento en sistemas fototérmicos. (Lizana, 2019)

Según el Decreto Legislativo N° 1002 y el Reglamento de Generación de Electricidad con Energías Renovables (Decreto Supremo N° 012-2011-EM), Reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a Red aprobado por Decreto Supremo N° 020-2013-EM, se han realizado 04 Subastas RER para Suministros de Energía al Sistema Eléctrico Interconectado (SEIN) y 01 subasta RER para Suministro de Energía a Áreas No Conectadas a la Red, estableciéndose que el 5% de la máxima demanda del SEIN debe ser cubierta por tecnologías RER. Según la normativa peruana se define como recurso energético renovable aquella que se obtiene de fuentes naturales de naturaleza inagotable, debido a la magnitud de la reserva que contiene o por su capacidad de regeneración de forma natural. Según el desarrollo tecnológico y al nivel de penetración de las RER en la matriz energética, estas son del tipo Renovables Convencionales y Renovables No Convencionales. Considerándose dentro de la primera clasificación a las centrales eólicas, solares fotovoltaicos, solares fototérmicas, geotérmicas, mareomotrices, de biomasa y centrales hidroeléctricas hasta una potencia igual a 20 MW. (Osinergmin,2019)

Tabla 1 Tipos de RER no convencionales y tecnologías de generación eléctrica

RER no convencionales	Tecnologías de generación de energía
Energía solar	Solar fotovoltaica
	Solar fototérmica
Energía eólica	Onshore
	Offshore
Energía de la biomasa	Procesos bioquímicos
	Procesos termoquímicos
Energía minihidráulica	Centrales de agua fluyente
	Centrales a pie de presa
	Centrales en canal de riego o de abastecimiento
Energía marítima	Mareomotriz
	Presas de marea
	Generador de corriente de marea
	Energía mareomotriz dinámica
	Undimotriz
	Columna de agua oscilante
	Convertidor de movimiento oscilante
	Sistemas de rebosamiento
	Maremotérmica
Energía geotérmica	Sistemas de ciclo abierto
	Sistemas de ciclo cerrado
	Sistemas híbridos
	Plantas de vapor seco.
	Plantas flash
	Plantas de ciclo binario

Fuente: Schmerler, Velarde, Rodríguez y Solís (2019)

Dentro de las ventajas de la generación de energía con recursos energéticos renovables (RER):

- No presentan conflictividad social.
- Son de rápida implementación, en función al tamaño de la central de generación.
- Diversifica las fuentes de energía aprovechables de una región.
- Descentraliza la concentración geográfica dentro de un país.
- La contaminación ambiental es mínima.

- Permite el acceso de energía en zonas vulnerables y con difícil acceso a las redes de transmisión. (Schmerler, Velarde, Rodríguez y Solís, 2019)

En el caso de las centrales geotérmicas su periodo de implementación en promedio es de 5 años, mientras que las unidades de generación solar Fotovoltaica y eólica se generan en menores tiempos (desde 1 día para sistemas autónomos aislados menores a 200 Wp hasta periodos de tiempo máximos de 2 a 3 años en implementación a la capacidad de la central, por ejemplo, la Central Solar Rubí entro en operación comercial luego de 2 años de montaje. La limitante esta en la fase de estudios cuando no se cuenta con una información estadística de mediciones confiables tal como sucede con la generación eólica e hidráulica. Según el Sistema de Información de la Supervisión de Contratos de Osinergmin, la puesta en operación comercial de los proyectos RER hidroeléctricos, fue de aproximadamente 6,2 años en promedio, mientras que la puesta en operación comercial de las centrales eólicas es de 3,5 años, y para las centrales solares fotovoltaicas y de biomasa tienen un tiempo promedio 2,1 y 1,6 años. (Schmerler, Velarde, Rodríguez y Solís, 2019)

La implementación de generación RER presenta una amplia variedad de beneficios ambientales, desde reducción de la contaminación del aire y cuencas hidrográficas y del mismo modo a largo plazo da una sostenibilidad en la preservación de los recursos naturales a largo plazo. El uso de los recursos energéticos renovables permite el cierre de las brechas de acceso en zonas rurales mejorando la calidad de vida de las personas y la economía de zonas de difícil acceso a la red convencional de energía eléctrica. (Schmerler, Velarde, Rodríguez y Solís, 2019)

Dentro de los desafíos y retos de los recursos energéticos renovables tenemos lo siguiente:

- Entidades financieras: Financiamiento y estructura de producto, mediante líneas de crédito y préstamos atractivos de leasing con banca privada y financieras (COFIDE) que presentan programas de subvención de implementación de sistemas RER. Programas de capacitación para fortalecer los programas de financiamiento de la banca en las energías renovables y uso eficiente de la energía. Procesos de gestión financiera que promuevan el riesgo de implementar y evaluar programas con energías renovables. (Vásquez, Tamayo y Jacome, 2017)

- Instituciones gubernamentales: Facilitar negocios, eliminando las barreras administrativas, reorientar los procesos para obtener las autorizaciones para concesiones temporales y definitivas de centrales RER. Implementar políticas de acceso universal al suministro energético a través de planes de Investigación y Desarrollo (I&D).
- Cuota de renovables: La cuota óptima de renovables en Europa y Estados Unidos permite que los recursos renovables reemplacen al carbón y la energía nuclear. El exceso de energía provoca en ciertos países costos negativos de electricidad en ciertos periodos del año.
- Diseño de mercado: Mediante mecanismos de promoción de subastas para dinamizar el mercado energético.
- Asignación de Potencia y Energía Firme para centrales con recursos renovables. (Vásquez, Tamayo y Jacome, 2017)

La intermitencia es aquella falla que genera una indisponibilidad no programada o interrupciones en la generación de energía que se produce a partir de ciertas fuentes de energía tal como la solar fotovoltaica y la eólica que son muy fluctuantes. Estas anomalías de la generación son función del tiempo, las condiciones climáticas y la zona geográfica. Las variaciones son de tipo estacional o diarios, incluso se puede tener fluctuaciones en cada instante de tiempo. En este caso la energía eólica provoca una mayor cantidad de distorsión en la transmisión. (Schmerler, Velarde, Rodríguez y Solís, 2019)

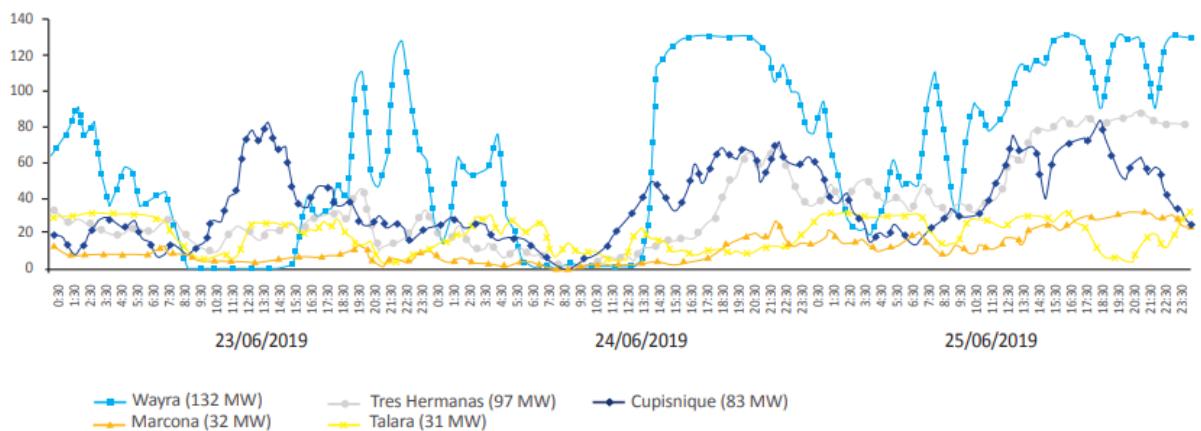


Figura 6: Producción de centrales eólicas (23-24 y 25 de Junio del 2019)

Fuente: Portal estadístico del COES.

2.3 Centrales de energía con recursos energéticos renovables.

2.3.1 Central solar fotovoltaica.

La energía solar representa la fuente y origen de energía del resto de energías conocidas.

La radiación solar aportada a la Tierra es equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía consumida por toda la población mundial. La radiación solar, se convierte a través de un fenómeno fotoeléctrico en energía eléctrica a través de paneles solares amorfos, policristalinos y monocristalinos. Con el uso de colectores solares la energía solar se transforma a través de un proceso fototérmico en energía térmica. Ambos procesos requieren del empleo de tecnologías en donde el avance de los materiales a jugado un papel muy importante en su rendimiento; el cual para los sistemas fotovoltaicos no supera el 30%. (Lizana, 2019)

La radiación se caracteriza por manifestarse en dos formas, así tenemos la radiación directa y la radiación difusa. La radiación directa es aquella que llega directamente del sol sin reflexiones o refracciones intermedias. La radiación difusa se emite desde la bóveda celeste diurna, en función a los fenómenos de reflexión y refracción solar producidos por las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa se caracteriza por reflejarse y concentrarse para su empleo, por otro lado, la concentración de la luz difusa no puede reflejarse y concentrarse debido a que proviene de diversas direcciones. (Lizana, 2019)

La Tecnología solar fotovoltaica emplea la conversión directa de energía mediante placas de semiconductores sobre las cuales incide la radiación solar para generar energía eléctrica. La energía solar fotovoltaica permite la generación de energía directamente de la radiación solar mediante materiales semiconductores cuya unidad básica se denomina célula fotovoltaica, o una mezcla de materiales de origen metálico sobre un sustrato conocido como célula solar de película fina. Los paneles solares fotovoltaicos no generan calor que se pueda reaprovechar, existiendo estudios recientes en los cuales se ha demostrado materiales base para células fotovoltaicas que pueden generar de manera simultánea energía eléctrica y térmica. Estos paneles fotovoltaicos son apropiados para emplearse en proyectos de electrificación rural en zonas rurales alejadas de la red eléctrica convencional, instalaciones ubicadas en azoteas del tipo autónomo para autoconsumo. El autoconsumo de energía se caracteriza en la generación autónoma a pequeña escala de

energía eléctrica para ser consumido por el propio usuario generador, estas unidades autónomas pueden ser pequeños sistemas solares y eólicos de potencia de hasta 1 kW o más Los paneles de silicio policristalinos presentan el mayor rendimiento y emplean seguidores solares automáticos. La última tecnología solar emergente esta referida a los paneles fotovoltaicos bifaciales, que pueden aprovechar la radiación solar por sus ambas caras. (Vásquez, Tamayo y Jacome, 2017)



Figura 7 Central Solar fotovoltaica Rubí.

Fuente: Enel Green Power Perú S.A.

El 16 de febrero del 2016 adjudico la buena pro de la cuarta subasta para suministros de electricidad con recursos energéticos renovables. La empresa Enel Green Power Perú S.A. (Enel) se adjudicó el suministro con energía solar mediante el proyecto Central Solar Rubí, ubicado en el distrito de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua, con una potencia instalada de 144,48 MW para un contrato en 20 años. La planta está conformada por 560 800 módulos fotovoltaicos policristalinos de 320 Wp cada uno, con sistemas de seguimiento solar. Cada sistema de seguimiento contiene 90 módulos fotovoltaicos. La energía generada por los módulos fotovoltaicos se transforma desde corriente continua a corriente alterna a través de inversores, La inversión es de 165 millones de dólares y un precio ofertado de 47 U\$/MWh. (Schmerler, Velarde, Rodríguez y Solís, 2019)

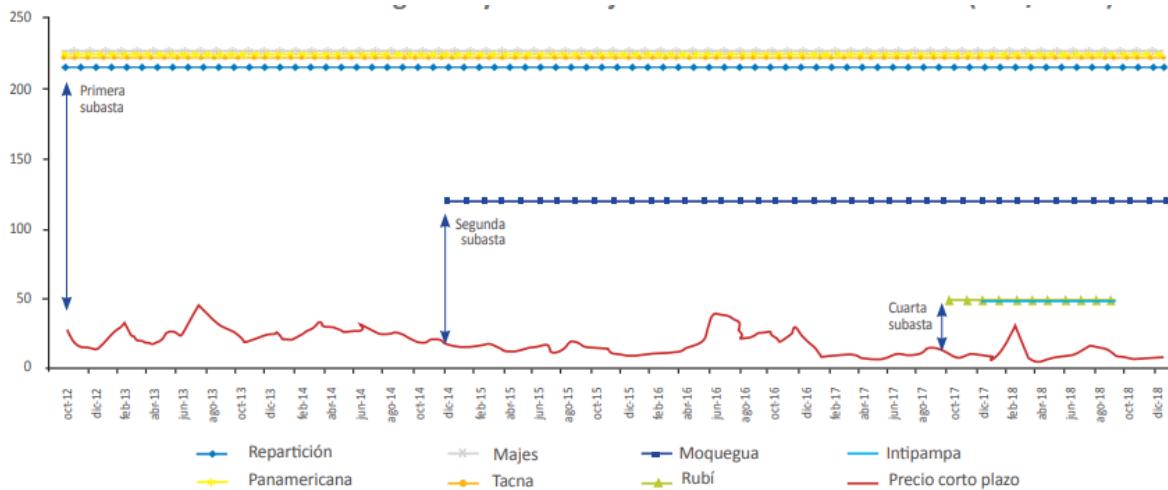


Figura 8: Evolución de los costos marginales y tarifas adjudicadas de centrales solares (USD/MWh)

Fuente: Portal estadístico del COES.

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

$$FP_{CS} = \frac{\text{Energía media anual generada}}{\text{Potencia efectiva} * 8760} * 100 \% \dots \dots \dots (4)$$

2.3.2 Central eólica.

Las centrales eólicas transforman la energía cinética del viento se realiza a través de aerogeneradores. El viento mueve un conjunto alabes (normalmente 3, aunque existen diseños de 2 y 4 alabes, y otros de eje vertical), los cuales están conectados a un sistema de transmisión mecánica que hace girar el rotor del generador, acoplado a un generador trifásico que produce energía eléctrica. La energía útil es función de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la magnitud y dirección de la velocidad del viento. Para sistemas autónomos y suministros pequeños se emplean sistemas eólicos de baja potencia que pueden ser desde 1 a 50 kW. Para sistemas conectados a la red se pueden tener plantas de diversos tamaños agrupados en bosques o parques eólicos. Mientras que los parques eólicos se clasifican según su ubicación, así tenemos los que están instalados en tierra (onshore) y aquellos instalados en el mar (offshore) (EPEC, 2016)

La variabilidad y uniformidad de la velocidad del viento son los principales requisitos para considerar un lugar para que sea candidato para instalar en el un parque eólico. Del mismo modo el relieve topográfico, la vegetación, las construcciones y montañas se presentan como obstáculos que hacen variar la magnitud de la velocidad del viento y su dirección generando turbulencias y inconstancia del recurso eólico, que impiden una generación eléctrica constante. Es de vital importancia tomar en cuenta la densidad del aire (afectada por la temperatura ambiental), lo cual afecta la generación de energía en lo referente a la potencia desarrollada. En el caso opuesto la reducción de la temperatura ambiental y con mayor densidad del viento, la incidencia del viento a una determinada velocidad sobre un grupo de alabes resulta más eficaz comparada a la velocidad de viento producto de una mayor temperatura ambiental y baja densidad del viento. Esta demostrado por muchas investigaciones que la magnitud del viento de la Patagonia en Argentina es el recurso eólico continental de mayor potencial y calidad a nivel mundial, solo comparable con vientos que se generan en las islas del Mar del Norte o en instalaciones eólicas v offshore. (EPEC, 2016)

La central Wayra I es la unidad de generación con energía eólica más grande del Perú, contando con 134 MW de potencia instalada conformado por 42 aerogeneradores de 3,20 MW de potencia instalada. Además, la energía comprometida según subasta RER es de 600 GWh/año, con el cual se suministraría energía eléctrica proveniente de fuente limpia a 480 000 hogares, evitándose la emisión de 288 000 toneladas de CO₂ equivalente. Las centrales eólicas Huambos y Duna, ubicadas en la localidad de Chota, Cajamarca son las primeras centrales eólicas ubicadas en zona sierra peruana, lo cual generar futuros proyectos eólicos en la zona de la Cordillera de los Andes, producto a las grandes masas de aire que fluyen a través de las montañas. (Bojorquez, 2018)

Los sistemas eléctricos de potencia están sometidos a contingencias de carácter eléctrica generados por distorsiones propias de la generación eólica y provocan bruscas caídas de tensión; La tensión se reduce durante el periodo de tiempo de falla, seguido por una rampa de recuperación de la tensión a su valor nominal; el ancho de la falla afecta al sistema de protecciones del sistema y toman un tiempo estabilizarse. La magnitud de la caída de tensión y el tiempo total de recuperación del sistema están afectados por las características

técnicas del sistema eléctrico, la ubicación y tipo de falla, así como las tecnologías del sistema de protección. (Bringas y Soria, 2019)

El factor de planta o factor de utilización de una central de energía es el cociente entre la energía real generada por la central de energía y la energía generada cuando la central de energía opere 100% de capacidad, evaluado generalmente en un mes o al año. Dependiendo del recurso energético empleado, el factor de planta varía notablemente como es el caso de las centrales eólicas, con valores entre 50 a 54 %. (Bringas y Soria, 2019)

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

$$FP_{CE} = \frac{\text{Energía media anual generada}}{\text{Potencia efectiva} * 8760} * 100 \% \dots \dots (5)$$

El costo unitario de la generación de energía en centrales eólicas se debe tener en cuenta diversos factores, así tenemos los siguientes:

- El costo de inversión del aerogenerador oscila entre 60 o 70% del costo total. El costo medio de una central eólica es en promedio 1200 euros/kW de potencia instalada, dependiendo de la tecnología y el fabricante a utilizarse.
- La vida útil de un aerogenerador es de 20 años.
- El OPEX o costos de operación y mantenimiento, los cuales varían entre 1% y 3% de la inversión total de la instalación.
- Las centrales eólicas presentan factores de planta bajos dependiendo de las características del aerogenerador y magnitud y dirección del viento en la zona donde se instalará. (Vásquez, Tamayo y Jacome, 2017)

2.3.3 Central con biomasa.

Las centrales de biomasa son una clasificación dentro de las centrales termoeléctricas las cuales emplean materiales vegetales tal como maderas y plantas, para generar la combustión para la obtención de la potencia suministrada a un hogar de un generador de vapor o cámara de combustión. Del mismo modo también se emplea materia orgánica como residuos de origen humano, animal o cultivos orientados a ese fin. La generación

de energía a partir de la biomasa se considera como una tecnología eficiente y renovable debido a que la energía primaria se considera inagotable. El aumento de la demanda energética debido al crecimiento industrial y de las necesidades energéticas de la población, además de la continua lucha contra el cambio climático, traen como urgencia la prioridad de buscar soluciones y nuevas tecnologías limpias de generación de energía. Las centrales de energía que emplean biomasa son una alternativa viable para implementar el proceso de la transición energética hacia una matriz energética sostenida. (Endesa,2018)

La formación de la biomasa se realiza mediante fotosíntesis vegetal por efecto de la energía solar, que genera un proceso en cadena. Con la fotosíntesis, las plantas que tienen clorofila permiten la transformación del CO₂ y el H₂O en productos minerales sin un adecuado valor energético, pero en materiales orgánicos con alto contenido energético, y sirven de alimento en la cadena alimenticia para otros seres vivos. La biomasa almacena, en corto plazo, la energía solar en forma de carbono. Posteriormente la energía almacenada en un proceso fotosintético se transforma en energía calorífica, eléctrica o en combustibles de origen vegetal, liberando nuevamente el CO₂ almacenado. (Vásquez, Tamayo y Jacome, 2017)

Los Procesos bioquímicos se dividen de la siguiente manera:

- Procesos anaeróbicos, que se basan en la descomposición de materia orgánica tal como estiércol, lodos de aguas residuales, residuos sólidos y líquidos urbanos y agrícolas en biogás mediante la acción de microorganismos en un ambiente con ausencia de oxígeno. El biogás, está compuesto por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) en su mayor parte, este combustible se utiliza en vehículos y grupos electrógenos.
- Procesos aeróbicos, cierta materia orgánica, tal como la caña de azúcar, la yuca o el maíz, a través de diversos procesos como fermentación, rectificación y destilación se transforman en alcohol etílico. (Schmerler, Velarde, Rodríguez y Solís, 2019)



Figura 9: Casa de fuerza de Empresa Agroindustrial San Jacinto S.A

Fuente: Empresa Agroindustrial San Jacinto S.A

Los procesos termoquímicos se caracterizan porque permiten la producción de energía calorífica en forma de combustibles cada uno de ellos con diversos poderes caloríficos. Estos procesos se dividen en combustión directa, los pirólisis y la gasificación. a) La combustión directa, se caracteriza por el carbono (C) e hidrógeno (H) que reaccionan con el oxígeno para formar CO₂, agua y energía térmica en un proceso exotérmico. El calor útil generado se emplea en procesos domésticos de cocción de alimentos y en procesos industriales de calentamiento o procesos unitarios como evaporación y secado. b) Pirólisis, es un proceso termoquímico en el cual se descompone la biomasa y se obtiene combustibles sólidos, tal como el carbón vegetal, líquidos y gaseosos (gas de síntesis de bajo poder calorífico. c) Gasificación, es un proceso que consiste en realizar una reacción en ausencia de oxígeno, en la cual se combustion la biomasa, originando un combustible abundante en monóxido de carbono (CO) e hidrógeno, este combustible se le conoce como “gas pobre”, debido a su menor valor de poder calorífico en referencia al valor del gas natural. La gasificación presenta una mayor eficiencia con respecto a la combustión directa en la generación de energía eléctrica y en procesos de la industria petroquímica.

2.3.5 Central hidroeléctrica con potencia efectiva hasta 20 MW.

Una central hidroeléctrica es una instalación electromecánica compuesta por un conjunto de máquinas, sistemas de protección y de operación y despacho, que se caracterizan por convertir la energía potencial de la caída de agua en energía mecánica y eléctrica en un proceso continuo. Las centrales hidroeléctricas aprovechan de igual modo la energía cinética y potencial de una caída de agua (altura geodésica). Un caudal de agua contiene dos formas de energía: la primera en función a su velocidad (energía cinética) y la segunda debida a su posición (energía potencial). Con lo último podemos decir que se pueden aprovechar pequeños desniveles con un alto caudal o corriente de agua o grandes desniveles en los cuales los caudales son muy pequeños para ciertos casos. (Mendoza y Carbajal, 2019)

Son instalaciones en donde se aprovecha la energía hidráulica disponible para que por medio de conversión de la energía se genere energía eléctrica en bornes de un generador eléctrico acoplado a una turbina hidráulica. Las instalaciones de una central hidráulica incluye la infraestructura civil lo cual encarece la inversión , tal como bocatoma , punto de captación, canal de derivación, embalses , reservorios, presas, desarenador, desripiador, cámara de carga, tubería de presión y casa de fuerza, la cual puede encarecer más la inversión si fuese una instalación es del tipo caverna, construida dentro de una montaña, con estas construcciones civiles asociadas a las centrales hidroeléctricas su inversión unitaria es mucho mayor a la de una central termoeléctrica, alcanzando valores entre 1 500 a 5 000 U\$/kW de potencia instalada. (Mendoza y Carbajal, 2019)

Las centrales hidroeléctricas de embalse, son aquellas que tienen aguas arriba de sus instalaciones un reservorio natural (laguna) o artificial (embalse o presa o dique) en el cual se almacena el agua hasta un valor denominado volumen garantizado, y se caracteriza de descargar el agua a sus instalaciones en los periodos de tiempo de máxima demanda actuando de esta manera con central de regulación de horas de máxima demanda. O caso contrario en función al volumen garantizado que tengan, las centrales pueden operar de forma estacional por horas , días o semanas hasta un volumen equivalente al volumen garantizado, luego de haber agotado este volumen de agua, la central detiene su producción y deberá llenar su embalse hasta una nueva operación cuando tenga nuevamente el volumen garantizado para poder operar. (Mendoza y Carbajal, 2019)

Las Centrales con regulación propia, utilizan un embalse para reservar agua e ir graduando el agua que pasa por la turbina. En este caso se cuenta con centrales hidroeléctricas que operan durante el día con carga parcial en función a sus grupos de generación, mientras que en los períodos de máxima demanda operan a plena carga, tal es el caso de la central hidroeléctrica de Huinco que opera bajo ese mecanismo de regulación para cubrir las horas de máxima demanda en la ciudad de Lima, evitándose de este modo la operación adicional de una central termoeléctrica. (SNCZI-IPE,2018)

Centrales de bombeo o reversibles: En este caso se aprovechan dos embalses naturales o artificiales ubicados a distintas alturas, entre los cuales existe una conexión a través de una tubería de presión en la cual al pie se ubica una central hidroeléctrica con una estación de bombeo que recibe el agua descargada de la central hidroeléctrica, y una tubería de impulsión de agua desde donde se bombea el agua hasta el embalse ubicado en la cota superior de la instalación. Aunque en el Perú no se cuenta con este tipo de instalaciones (debido al elevado caudal de las cuencas hidrográficas existentes), en muchos países en los cuales la disponibilidad de agua es muy escasa se tiene un gran número de centrales instaladas de este tipo (SNCZI-IPE,2018)



Figura 10: Grupo turbina -generador CH Santa Cruz II

Fuente: Empresa Hidroeléctrica Santa Cruz.

Se caracterizan por operar en periodos baja demanda para bombear el agua al embalse ubicado en la cota superior, que posteriormente se descarga hacia las turbinas durante los períodos de mayor demanda de los sistemas eléctricos. Una variante de estas unidades de generación son las centrales de bombeo puro en el caso de que los embalses de la cota superior carecen de aportaciones de agua, operando de forma cíclica con el agua que se dispone. Mientras que una central de bombeo mixta, tiene aportaciones de agua o afluentes externos en sus embalses. (SNCZI-IPE,2018)

2.4 Despacho de carga.

2.4.1 Fundamentos.

Los sistemas de generación hidrotérmico están compuestos por centrales hidroeléctricas y centrales termoeléctricas, en el cual el pool de unidades de generación operan en conjunto al mínimo costo de operación para cubrir la máxima demanda de un determinado sistema eléctrico, de tal forma que es necesario un trabajo coordinado para el despacho óptimo de la generación entre las unidades de generación, operación sujeta a un conjunto de restricciones de cada unidad generadora y del sistema eléctrico. (Bringas y Soria, 2019)

Durante la operación económica se debe tener una equidad entre la cobertura de la máxima demanda al mínimo costo y la rentabilidad de la generación de las unidades de energía involucradas. Los costos de operación están constituidos por costos fijos y los costos variables. Los costos fijos dependen de gastos administrativos, financieros, por inversión y de financiamiento, así como de personal. Mientras que los costos variables son función de la generación realizada por cada central, siendo uno de ellos asociado exclusivamente al costo unitario del combustible y su volumen de consumo y otro asociado a los componentes de operación no asociado al combustible, tal como el mantenimiento, lubricación, ese último se denomina costo variable no combustible. (Bringas y Soria, 2019))

Tipos de despacho económico

La gestión económica de un sistema eléctrico de potencia es muy compleja, interviniendo en ella aspectos regulatorios, técnicos-económicos, financieros, tarifarios, sociales, empresariales, medioambientales y operacionales. El planeamiento y despacho de un SEP

es una tarea coordinada complicada en la cual es necesario tomar decisiones que involucren la cobertura de la demanda en el largo y mediano plazo y además de la coordinación de la operación a tiempo real. Esta planificación coordinada incluye modelos determinísticos y en algunos casos estocásticos sujeto a las restricciones del sistema eléctrico particular de cada país. (Diaz, 2017)

La toma de decisiones de despacho económico, se toman teniendo en cuenta que la cobertura de la demanda deberá incluir tan solo las unidades de generación de energía disponibles que tengan el mínimo costo de operación y de alguna forma permita la rentabilidad de la operación y de cierto modo involucren a una reserva disponible que brinde la seguridad a la operación en el supuesto caso de que ocurriese una contingencia que pusieses en riesgo la cobertura de la demanda. (Diaz, 2017)

El despacho económico de operación tiene por objetivo minimizar el costo de generación de tal manera que su efecto en la tarifa al usuario final no este afectada por un precio que atente al pago de este por parte del consumidor. El despacho económico permite ofertar una energía en bloque que cubre cada instante de tiempo la variabilidad de una demanda a tiempo real. (Diaz, 2017)

Los recursos energéticos disponibles incluyen centrales termoeléctricas, centrales termoeléctricas y centrales de energía con recursos energéticos renovables cada uno de ellos con sus propias características de operación y restricciones según su tecnología, tal como disponibilidad del recurso energético, duración de la rampa de arranque y parada, sostenibilidad de su red de transformación y transmisión secundaria, entre otras. Así tenemos:

- Cada tecnología de generación se adapta según las condiciones de demanda eléctrica a cubrir en horas determinadas, por ejemplo, en ciertas horas es recomendable la operación con centrales de energía con menor porcentaje de emisiones para cumplir ciertas restricciones de índole medioambiental.
- En los modelos de despacho de generación entre como variable a tener en cuenta la seguridad y calidad del suministro desde la generación y su flujo en las redes de transmisión hasta los puntos de llegada a las zonas de concesión de las empresas distribuidoras de energía. (Diaz, 2017)

2.4.2 Orden de prioridad.

Esta referido al ordenamiento instantáneo o precedencia según su costo de operación entre el pool de generadores conformantes de un sistema eléctrico de tal forma que la cobertura de la demanda instantánea requerida se efectúe en función de la ubicación en el orden de mérito de costos de la central de energía. La orden de prioridad incluye también otras variables tal como la disponibilidad del recurso energético tal es el caso de las centrales hidroeléctricas de regulación, las cuales se ordenan en los períodos en los cuales se ha previsto su entrada en operación. Este ordenamiento debe tener en cuenta la rapidez de la toma de carga para cubrir las contingencias que generan caídas de frecuencia o tensión, para lo cual deberá contarse con un grupo de unidades de generación en reserva en giro o rodante disponibles para inyectar en cuestión de segundos la energía para poder estabilizar al sistema eléctrico y del mismo modo retirar un porcentaje de participación de su generación en casos de una brusca disminución de la demanda. (Rau, 2010)

La planificación de la programación de la operación de las centrales de generación se resume en lo siguiente:

Para las Centrales Hidroeléctricas la potencia efectiva depende de la altura neta del salto hidráulico, de la rapidez de toma de carga y de la maniobrabilidad en el arranque y de la capacidad de regulación en su embalse natural o artificial.

En el caso de las Centrales Termoeléctricas, los consumos de combustible no obedecen a una ecuación lineal con respecto al potencia efectiva generada, asemejándose a una curva parabólica al incrementarse la potencia generada. Dependerá su operación de la rampa de arranque y su periodo de tiempo para la toma de carga, en este último aspecto las centrales termoeléctricas con turbinas de vapor son más lentas en su maniobrabilidad con respectas a las turbinas de gas. Se tiene la restricción técnica de operación por debajo de un factor de carga inferior al 50 %, valor por debajo se hacen inefficientes económicoamente al incrementarse el valor del heat rate. (Rau, 2010)

Por lo tanto, cada instante de tiempo en coordinación instantánea se debe buscar la mejor solución del despacho económico y tratar de combinar óptimamente la operación de las centrales de energía disponibles. Se asigna la operación de las centrales hidroeléctricas a la cobertura de la demanda base, así como a las centrales termoeléctricas de ciclo combinado, quedando para el despacho en horas de máxima demanda la operación de las

centrales hidroeléctricas de regulación o embalse y cubriendo los picos de demanda las centrales termoeléctricas con turbinas a gas de ciclo simple abierto. En esta operación las centrales con recursos energéticos renovables tienen prioridad en el despacho sobre las centrales termoeléctricas al margen de su costo de operación. (Rau, 2010)

Al promulgarse el 2010 la promoción del uso de los recursos energéticos renovables, se estableció la cuota o porcentaje objetivo en que debe participar las RER, para cubrir la demanda eléctrica del sistema eléctrico interconectado, estableciéndose que cada 5 años debe incrementarse este porcentaje, no considerándose en este porcentaje objetivo a las centrales hidroeléctricas. El porcentaje objetivo inicial es del 5% en cada uno de los años del primer quinquenio. La generación de energía con recursos energéticos renovables tiene prioridad en el despacho económico realizado por el Comité de Operación Económica del Sistema, por lo tanto, se considera a las RER un costo variable de operación igual a cero (0). (Gobierno del Perú, 2010)

La determinación de las centrales de generación que operaran en simultaneo para un tiempo previsto se toma en cuenta los costos variables de operación y del mismo modo restricciones tales como la reserva de regulación y los límites de estabilidad del sistema eléctrico, en este caso los valores máximos de fluctuación de la tensión y la frecuencia. En los costos de operación están incluidos los costos de los combustibles (declarados ante el organismo regulador), los costos de mantenimiento fijo y variable, así como la amortización de la inversión de las instalaciones, del mismo modo también se incluye el costo de arranque y de parada. Para el reparto de cargas de un sistema eléctrico de potencia el despacho es el siguiente:

La demanda base es cubierta por las centrales hidroeléctricas y centrales termoeléctricas de ciclo combinado con gas natural, estas últimas se caracterizan por ser unidades de regulación lenta debido a las turbinas de vapor, por lo cual es económico mantenerlas a un ritmo de operación constante. (Garayar,2018)

Para la cobertura del exceso de demanda sobre la carga base esta es cubierta por las centrales hidroeléctricas de embalse o regulación y por centrales termoeléctricas con turbinas a gas de rápida respuesta a la variación de toma de carga, esto se realiza en función al orden de precedencia en el ordenamiento de las centrales de energía en función

a sus costos variables de operación. Hasta hace un lustro la demanda era cubierta por centrales termoeléctricas con m.c.i operando con gas natural, y hace más de una década intervenían centrales termoeléctricas operando con petróleo diésel para los picos de demanda, así como la central termoeléctrica de carbón de Ilo como central de base. (Garayar, 2018)

La operación y despacho del Sistema Eléctrico Interconectado lo realiza el Comité de Operación Económica del Sistema y toma los criterios teóricos de costos marginales, en el cual el orden de prioridad de las centrales de generación de energía se realiza en función a los costos variables totales de operación según el siguiente orden de prelación:

- Centrales hidroeléctricas de pasada.
- Centrales hidroeléctricas de embalse o regulación horaria, semanal, etc.
- Centrales Termoeléctricas con Ciclo Combinado con Gas Natural.
- Centrales Termoeléctricas de Ciclo Joule Brayton Simple Abierto a Gas Natural.
- Centrales Termoeléctricas con Petróleo Residual (Ciclo Rankine).
- Centrales Termoeléctricas con motores de combustión interna con Petróleo BD5 y Mezcla R500 con petróleo BD5.
- Centrales Termoeléctricas con Ciclo Joule Brayton Simple Abierto con Petróleo Diesel BD5.
- La operación de las Centrales con Recursos Energéticos Renovables y las centrales de cogeneración tienen prioridad en el despacho, en el caso de las Centrales RER se les asigna un costo variable igual a cero solo para el orden de despacho. (Garayar, 2018)

La presencia de contingencias e imperfecciones del sistema de generación y transmisión, la disponibilidad de los recursos energéticos, las fallas fortuitas de la red, el incremento y disminución instantáneo de la demanda generan inestabilidad en el despacho del Sistema, para lo cual según el Procedimiento N° 9 “Coordinación de la Operación a Tiempo Real del SEIN”, se corrigen las imperfecciones del despacho económico a tiempo real. En este caso se realiza la reprogramación de costo plazo a través del cual se aplican las acciones correctivas para corregir la variación de la operación y llevarlo nuevamente a la condición de estado normal. (Garayar, 2018)

2.4.3 Problemática de la operación de centrales termoeléctricas.

Los parámetros de operación de una central de energía dependen de diversos factores cada uno de ellas según el tipo de tecnología de generación. Las barreras de mayor relevancia se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Barreras relevantes para una mayor flexibilidad

Parámetros de flexibilidad	Barreras para incrementar la flexibilidad				
	Razón técnica	Costos (desgaste de la vida útil)	Costos (operación y mantenimiento)	Costos de combustible	Usos secundarios
Toma de carga		(X)	X		
Potencia mínima					X
Periodo de arranque	X	(X)	(X)		
Tiempo mínimo de operación				X	(X)
Tiempo mínimo de apagado	X				
Numero de arranques		(X)	X		

X= barrera primaria; (X) = barrera secundaria

Fuente: Sayas (2020)

La rampa de toma de carga se caracteriza por ser el tiempo requerido por una central termoeléctrica para alcanzar la máxima capacidad de producción desde un arranque en frío. Este periodo de tiempo se considera un límite técnico para la entrada en operación de una central termoeléctrica la cual influye en un costo adicional por el combustible consumido, tanto en el arranque como en el periodo de parada de la central termoeléctrica. La potencia mínima de una maquina motriz caracterizado por su factor de carga representa

también un límite técnico el cual deberá tenerse en cuenta para signar la tarea de despacho de una central de generación. (Sayas,2020)

El estrés térmico esta referido a la acumulación de calor que presentan las maquinas debido a la variabilidad de su operación y que de alguna forma afectan a los materiales debido a la dinámica del cambio de carga. Por ejemplo, las centrales con motores de combustión interna con una rápida de arranque están conformadas en su estructura por paredes gruesas en sus bancadas y monoblock para evitar el estrés térmico debido al rápido cambio de temperatura en su estructura. Las centrales termoeléctricas de ciclo combinado son las menos afectadas debido a una mejor distribución del flujo de calor a través de sus componentes. El estrés térmico en el rotor de la turbina que se genera por el gradiente de temperatura a lo largo del eje sometido a diversas temperaturas en forma axial. (Sayas, 2020)

El tiempo mínimo de arranque puede ser tan corto como de unos pocos minutos, pero los esfuerzos térmicos y mecánicos presentes al momento de arrancar la unidad provocan una reducción de la vida útil del generador eléctrico sumándole a esto los costos por arranque y además los compromisos contractuales de cumplimiento de entrega de energía son consideraciones razonables a tomar en cuenta en la operación. (Sayas, 2020)

Las centrales termoeléctricas convencionales emplean combustibles de tipo fósil tal como el petróleo, el carbón y el gas natural se emplean en las centrales de energía con turbinas a vapor, turbinas a gas o con motores de combustión interna. Su operación está asociada principalmente al costo del combustible y las emisiones de gas de efecto invernadero que su combustión genera. En el Perú las centrales termoeléctricas con turbinas de vapor se han limitado en uso a las empresas azucareras que operan con bagazo, mientras que las centrales termoeléctricas con ciclo combinado y con turbinas a gas operan con gas natural como combustible. Las centrales con turbinas a vapor presentan la desventaja de ser lentas en el arranque y toma de carga, básicamente por la caldera Acuotubular y la secuencia de arranque de la turbina, la cual presenta una elevada relación peso/espacio, para lo cual requiere un alto torque para ver su inercia. (Diaz, 2017)

El principal inconveniente de este tipo de central termoeléctrica es el efecto sobre el medio ambiente debido a las emisiones de gases y partículas contaminantes, siendo los principales contaminantes: el dióxido de azufre para el carbón, el dióxido de carbono para el petróleo y los óxidos de nitrógeno para el gas natural. Para la reducción de los daños provocados sobre la atmósfera se han venido incorporando tecnologías de captura de contaminantes, filtros y sistemas de secuestro de partículas, con la finalidad de cumplir con los compromisos asumidos por los países. Los mecanismos de desarrollo limpio generan la compra de la reducción de emisiones de dióxido de carbono y se ha convertido como el primer promotor de inventivo de aplicación de tecnologías limpias. (Diaz, 2017)

Para la potencia efectiva de salida de una central de energía su curva de comportamiento se presenta en relación al flujo de calor suministrado en el generador de vapor o en la cámara de combustión. La curva resultante es convexa.

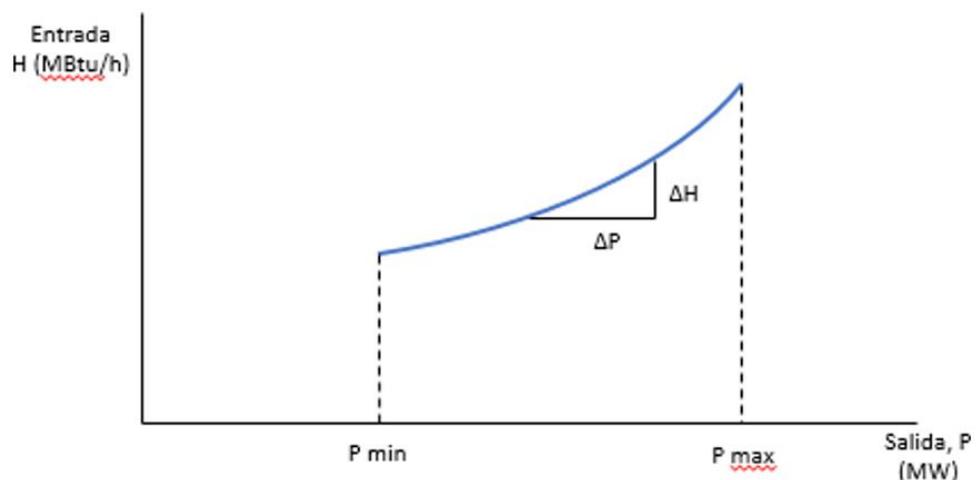


Figura 11: Curva de Ingreso de una central termoeléctrica

Fuente: Oviedo (2018)

Dentro de los impactos locales que tienen las centrales termoeléctricas mencionamos lo siguiente:

- Impactos sobre los recursos naturales: se presentan en la instalación y montaje de las instalaciones y afectan notablemente al ecosistema y al medio que los circunda generándose deterioro del paisaje, pérdida de especies como resultado de la emisión de gases de efecto invernadero, smog y lluvia acida, así como la presencia de metales pesados vertidos al aire, suelo y agua.

- Impacto sobre otros sectores productivos, como resultado de la nocividad de las emisiones, así como la contaminación al mar o ríos debido a las temperaturas de sus efluentes tal es como lo que ocurre con las centrales con turbinas a vapor que requieren circuitos de refrigeración para el agua del sistema de enfriamiento del condensador, el deterioro del paisaje, así como el efecto sobre la actividad humano con los ruidos. Los sectores productivos más afectados son la pesca artesanal, la agricultura y el turismo. (Fundación TERRAM, 2018)
- Impactos sobre la salud, desde alergias a piel, enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares, así como también el desarrollo de algunos tipos de cáncer. Por el mismo modo provocan gastos económicos a la población que no son cubiertos por el estado. Los impactos tienen relación directa con los efectos producidos por: las emisiones a la atmósfera, el consumo de agua y alteración del ecosistema marino, aéreo y terrestre, las descargas de residuos líquidos y gaseosos, el manejo de residuos sólidos y de materiales peligrosos, y emisiones acústicas de distintos niveles emitidos. (Fundación TERRAM, 2018)

Impactos Globales: Son aquéllos que alteran el clima debido al calentamiento global como de las emisiones de gases de efecto invernadero principalmente el dióxido de carbono, dióxidos de azufre y el material particulado producto de la combustión de combustibles fósiles y de la actividad humana e industrial. Las emisiones de GEI trae como consecuencia el calentamiento global y el cambio climático, por lo tanto es imperativo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, con lo cual se han firmado compromisos por parte de los países para poder reducir estos efectos de carácter irreversible. (Fundación TERRAM, 2018)

Las principales emisiones vertidas por las centrales termoeléctricas de ciclo combinado concentradas en el Polo Energético de Chilca son los óxidos de nitrógeno (NO_x), las cuales alcanzaron en el 2016 unas 4 000 toneladas, representando el 93% del total de emisiones vertidas en la zona. A su vez, el contaminante atmosférico que menos emiten las centrales del Polo energético de Chilca es el óxido de azufre (SO_2), registrando en el año 2016 un total de 34 toneladas, que representan un 5,2% del total. Del mismo modo el análisis de concentración de contaminantes atmosféricos para el periodo 2009-2016, dio como

resultado que los puntos de monitoreo cuentan con un nivel de calidad del aire aceptable, dentro de los estándares de calidad ambiental nacionales normados por el ministerio del medio ambiente. En cuanto a las estadísticas de morbilidad de la red de salud de Chilca en relación a enfermedades como consecuencia de los contaminantes atmosféricos, se observó que las enfermedades respiratorias se redujeron durante el periodo de evaluación, así tenemos que las infecciones agudas en las vías respiratorias superiores se redujeron a 3%, las infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores disminuyeron en 7% y las atenciones por asma disminuyeron en 10% en relación a los últimos tres años. (Ferrer, 2017)

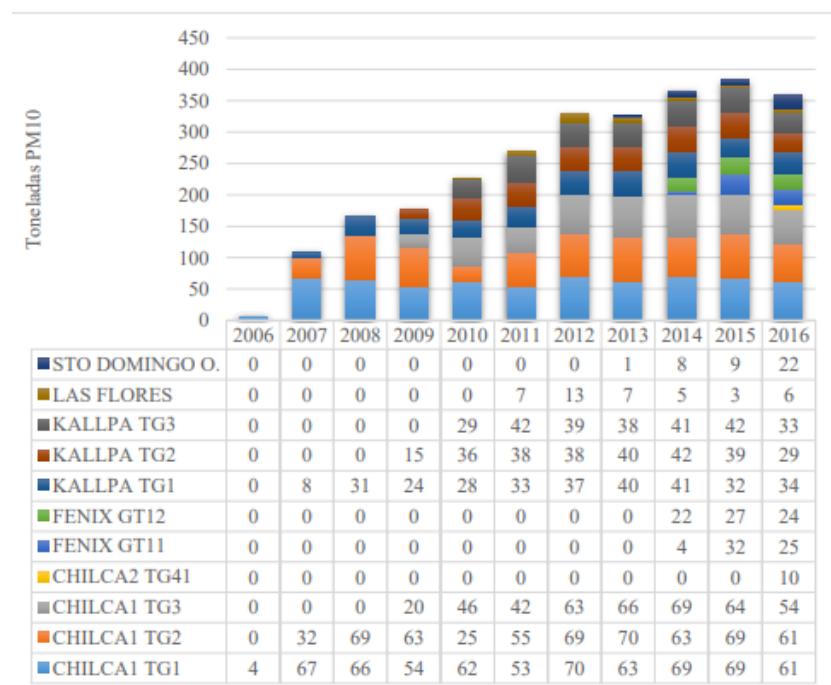


Figura 12: Emisiones de PM10 en las centrales termoeléctricas del PEC

Fuente: Ferrer (2017)

2.5 Prima RER.

Con fecha 02 de mayo de 2008, se publicó el Decreto Legislativo N° 1002 que tiene por finalidad la promoción del aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables (RER) para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, para lo cual es de vital importancia la promoción de la inversión de instalaciones RER conectadas a la red o autónomas. Del mismo modo mediante el Decreto Supremo N° 050-2008-EM, del 02 de octubre de 2008, se aprobó el Reglamento de la Generación de

Electricidad con Energías Renovables, que tiene por objeto establecer las disposiciones reglamentarias necesarias para la adecuada aplicación del DL 1002 a fin de promover el desarrollo de actividades de producción de energía eléctrica en base al aprovechamiento de recursos energéticos renovables. (Gobierno del Perú, 2009)

Al respecto, el Artículo 5° del DL 1002 y el 19° del Reglamento RER señalan que al Generador RER Adjudicatario de un proceso de licitación, se le debe remunerar por dos conceptos: i) valorización de sus inyecciones netas de energía eléctrica a Costo Marginal de Corto Plazo, y ii) un monto por concepto de Prima, determinado como 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). Complementariamente, el Artículo 7° del DL 1002 y el Artículo 21° del Reglamento RER disponen que OSINERGMIN establecerá anualmente un Cargo por Prima que pagarán los Usuarios a través del Peaje por Conexión, el cual será calculado sobre la base de la Prima a que se refiere el Artículo 19°. Es decir, se requiere establecer un procedimiento para determinar tanto la Prima como el Cargo por Prima a que se refiere el Reglamento RER. (Gobierno del Perú, 2009)

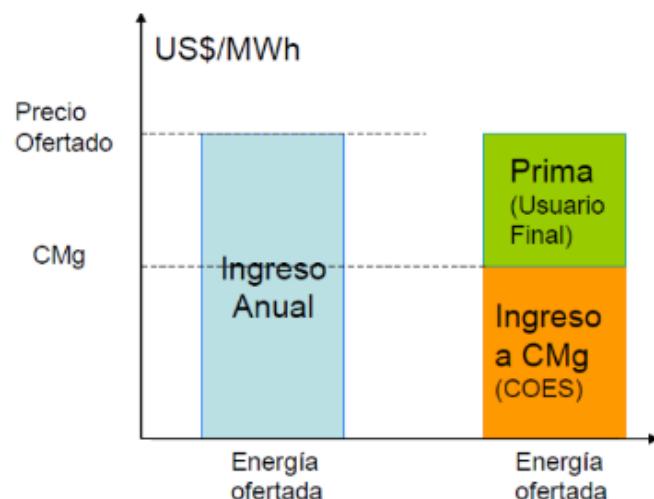


Figura 12: Esquema de líquidos de ingresos

Fuente: Gobierno del Perú (2009)

3. Capítulo III: Material y Método

3.1 Material:

3.1.1 Inventario de Centrales Termoeléctricas pertenecientes al SEIN. Según el informe N° 099-2022-GRT (marzo 2022) para la fijacion de los precios en barra Mayo 2022-Abril 2023, se presenta el inventario de centrales termoeléctricas pertenecientes al SEIN.

Tabla 3 Inventario de Centrales Termoeléctricas del SEIN

CENTRAL	PROPIETARIO	POT. EFECTIVA (MW)	COMBUSTIBLE	HEAT RATE (Unid/kWh)
Turbo Gas Natural Malacas TG6	Enel generación Piura	50,8	Gas Natural	10,330
Turbo Gas Natural Malacas 4A	Enel generación Piura	85,1	Gas Natural	12,248
Turbo Gas Natural Malacas 4B	Enel generación Piura	29,3	Gas Natural y Agua	12,248
Turbo Gas Natural Oquendo	SDF Energía	28,0	Gas Natural	11,048
Turbo Gas Natural Santa Rosa UTI 6	Enel generación Perú	55,0	Gas Natural	12,606
Turbo Gas Natural Santa Rosa UTI 5	Enel generación Perú	51,2	Gas Natural	12,637
Turbo Gas Natural Santa Rosa TG7	Enel generación Perú	110,7	Gas Natural	11,525
Turbo Vapor de Shougesa	SHOUGESA	61,2	Residual 500	0,332
Grupo Diesel Shougesa	SHOUGESA	1,2	Diesel B5	0,218
Turbo Gas Natural Aguaytía TG1	TERMOSELVA	90,1	Gas Natural	11,486
Turbo Gas Natural Aguaytía TG2	TERMOSELVA	90,0	Gas Natural	11,497
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
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
Turbo Gas Natural Santa Rosa TG8	Enel generación Perú	184,9	Gas Natural	10,469
Turbo Gas Natural Las Flores	Kallpa generación	188,9	Gas Natural	10,241
Chilina GD N° 1 al 2	Egasa	9,8	Diesel B5	0,223
Chilina Turbo gas	Egasa	11,9	Diesel B5-S50	0,374
Mollendo 1 GD	Egasa	23,9	Diesel B5-S50	0,202
Ilo 2 TV Carbón 1	Engie	140,7	Carbón	0,356
Independencia GD (Ex Calana)	Egesur	23,2	Gas Natural	8,828
CC Santo Domingo	Termochilca	296,3	Gas Natural	6,835
GN CC Kallpa	Kallpa generación	843,3	Gas Natural	6,910
GN CC Fénix	FENIX POWER	575,3	Gas Natural	6,617
GN CC Chilca	Enersur	899,6	Gas Natural	6,947
Reserva Fría Talara	Enel generación Piura	127,8	Gas Natural	11,486
Reserva Fría Ilo	Engie	460,0	Diesel B5-S50	0,231
Reserva Fría Puerto Eten	COBRA	223,9	Diesel B5-S50	0,237
Nodo Energético Puerto Ilo	Engie	625,3	Diesel B5-S50	0,220
Reserva Fría Pucallpa	I&E del Perú	40,2	Diesel B5-S50	0,256
Reserva Fría Puerto Maldonado	I&E del Perú	17,7	Diesel B5-S50	0,254
Nodo Energético del Sur Puerto Bravo	SAMAY	723,6	Diesel B5-S50	0,235
RECKA TG1	Minera Cerro Verde	178,0	Diesel B5-S50	0,238
TOTAL		6 733,0		

Fuente: Osinergmin (2022)

En la última tabla en referencia a las Unidades de los Consumos específicos tenemos lo siguiente:

Biodiesel y Residuales 6 y 500: kg/kWh.

Carbón: kg/kWh.

Gas Natural: MBTU/kWh.

3.1.2 Información de Centrales RER pertenecientes al SEIN. Según el informe N° 099-2022-GRT (marzo 2022) para la determinación de los precios en barra Mayo 2022-Abril 2023, se presenta el inventario de centrales con recursos energéticos renovables pertenecientes al SEIN.

Tabla 4 Inventario de Centrales RER del SEIN

CENTRAL	PROPIETARIO	POT. EFECTIVA (MW)	RER	ENERGIA ANUAL GWh
CT Cogeneración Paramonga	AIPSA	13,53	Bagazo	97,75
CT Maple	Agroaurora S.A.C	20,38	Bagazo	
CT San Jacinto	Agroindustrias San Jacinto S.A	8,15	Bagazo	
CT Caña Brava	Bioenergía del Chira S.A.	11,63	Bagazo	
CT Huaycoloro	Petramas S.A.C	4,28	RSU-Metano	28,30
CT La Gringa V	Petramas S.A.C	2,93	RSU-Metano	14,02
CT Doña Catalina	Petramas S.A.C	2,38	RSU-Metano	14,50
CT Callao	Petramas S.A.C	2,35	RSU-Metano	14,50
CS Repartición 20T	Grupo T-Solar Global S.A.	20	Solar	37,44
CS Tacna 20T	Consorcio Tacna Solar 20TS	20	Solar	47,2
CS Majes 20T	Grupo T-Solar Global S.A.	20	Solar	37,63
CS Panamericana 20T	Consorcio Panamericana	20	Solar	50,68
CS Moquegua FV	Solarparck Corporación Tecnológica S.L.	16	Solar	43
CS Rubí	Enel Green Power	144,48	Solar	415
CS Intipampa	Engie	44,54	Solar	108,40
CS Yarucaya	Colca Solar S.A.C	1,29	Solar	1,1
CE Talara	Energía Eólica S.A	30,86	Viento	119,67
CE Cupisnique	Energía Eólica S. A	83,15	Viento	302,95
CE Marcona	Consorcio Cobra Perú	32	Viento	148,38
CE Tres Hermanas	Parque Eólico Tres Hermanas SAC	97,15	Viento	415,76
CE Wayra I	Enel Green Power	132,3	Viento	573,0
CE Dunas	G.R Taruca S.A.C	18,37	Viento	81,0
CE Huambos	G.R Painos S.A.C	18,37	Viento	84,6
TOTAL		764,14		

Fuente: Osinergmin (2022)

3.1.3 Ficha técnica de central termoeléctrica de ciclo simple joule Brayton.

Se presenta la ficha técnica de operación de la central Termoeléctrica Turbo Gas Natural Malacas TG6, que presenta el menor valor de Heat Rate de todas las empresas que operan con el ciclo joule Brayton simple abierto y gas natural (no se ha tomado la Central Termoeléctrica Las Flores, debido a que se encuentra en un proceso de reconversión tecnológica de ciclo simple a ciclo combinado, estando su puesta en operación comercial para finales del año 2022)

Tabla 5 Características técnicas de la Central Termoeléctrica Turbo Gas Natural Malacas TG6

Características técnicas	
Turbina en general	
Fabricante	Siemens
Tipo	Heavy Duty
Serie	SGT-800
Combustible	Gas Natural
Heat Rate(MMBTU/MWh)	10,33
Escalonamientos del compresor	12
Escalonamientos de la turbina	3
Generador eléctrico	
Fabricante	Siemens
Tipo	SGEN6-1000A
Potencia efectiva	50,8 MW
Potencia nominal aparente	58 MVA
Voltaje (kV)	13,2
Velocidad (rpm)	1 800
Frecuencia (Hz)	60

Fuente: Cenergia (2019)



Figura 13: Central Termoeléctrica Turbo Gas Natural Malacas TG6

Fuente: Enel Generación Piura (2021)

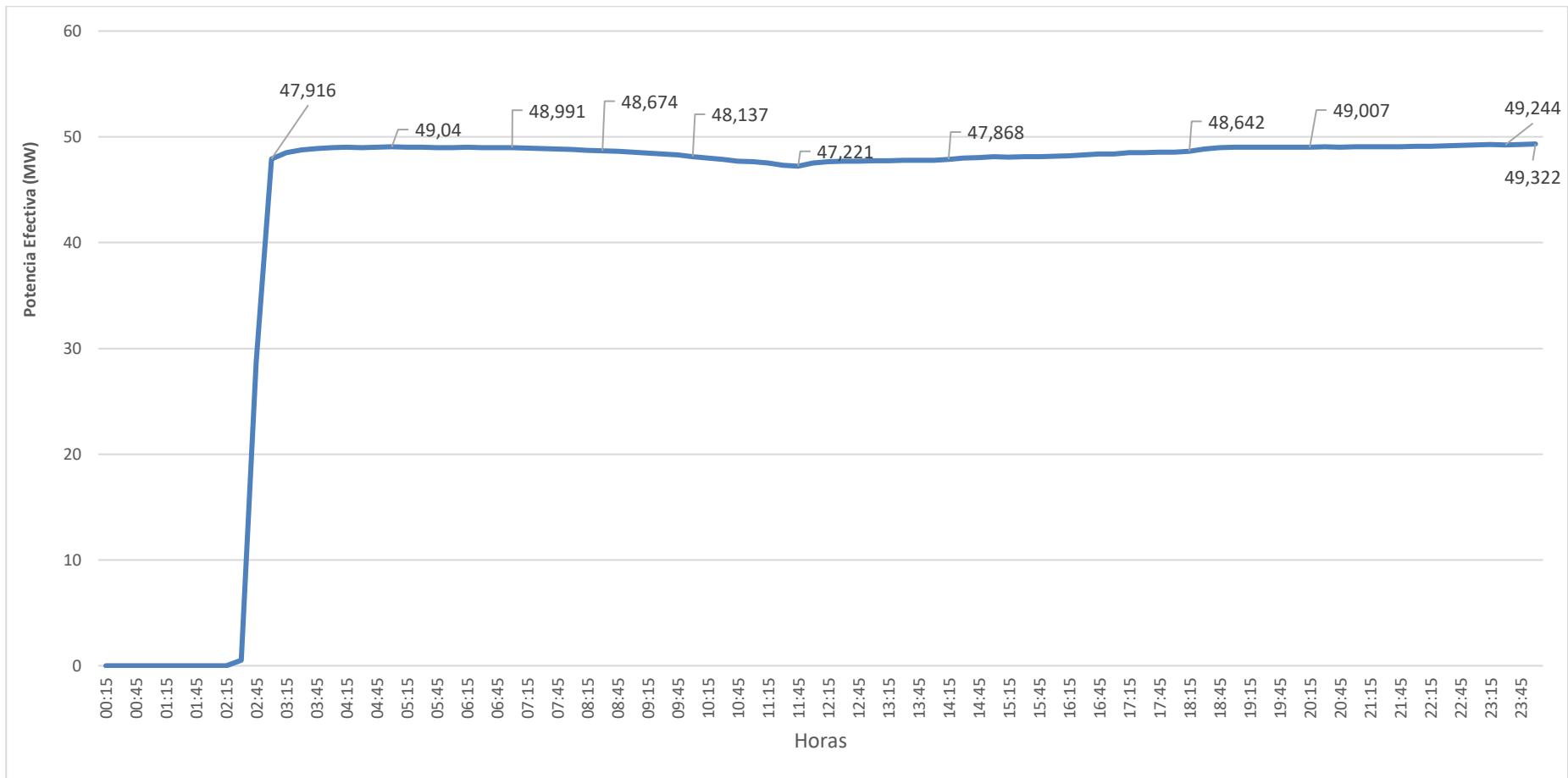


Figura 14 Diagrama de carga típico Central Termoeléctrica Turbo Gas Natural Malacas TG6-27.12.2021

Fuente: COES Punto de medición 287 del SEIN

3.1.4 Ficha técnica de central termoeléctrica de ciclo combinado.

Se presenta la ficha técnica de operación de la central Termoeléctrica Ciclo combinado a gas natural Santo Domingo de los Olleros, la cual es la central de ciclo combinado de menor capacidad en comparación al resto de centrales de ciclo combinado pertenecientes al SEIN.

Tabla 6 Características técnicas de la Central Termoeléctrica Ciclo combinado Santo Domingo de los Olleros-Turbina a gas

Características técnicas	
Turbina en general	
Fabricante	Siemens
Tipo	SGT6-5000F(4) Heavy Duty
Serie	GT378520
Combustible	Gas Natural
Generador eléctrico	
Fabricante	Siemens
Tipo	SGEN6-1000A
Potencia efectiva	178,5 MW
Potencia nominal aparente	209 MVA
Voltaje (kV)	16.5
Velocidad (rpm)	3600
Frecuencia (Hz)	60

Fuente: Cenergia (2021)

Tabla 7 Características técnicas de la Central Termoeléctrica Ciclo combinado Santo Domingo de los Olleros-Turbina a vapor

Características técnicas	
Turbina en general	
Fabricante	Siemens
Tipo	SST-700/SST-900RH
Serie	BB000653
Combustible	Gas Natural
Generador eléctrico	
Fabricante	Siemens
Tipo	SGen6-100A-2P
Potencia efectiva	105,06 MW
Potencia nominal aparente	123,6 MVA
Voltaje (kV)	16.5
Velocidad (rpm)	3600
Frecuencia (Hz)	60

Fuente: Cenergia (2021)



Figura 15: Central Termoeléctrica Ciclo combinado Santo Domingo de los Olleros

Fuente: Termochilca (2022)



Figura 16 Central Termoeléctrica Ciclo combinado Santo Domingo de los Olleros-04.12.2021
Fuente: COES Punto de medición 486 del SEIN

3.1.5 Ficha técnica de central solar fotovoltaica Rubí.

Se presenta la ficha técnica de operación de la central solar Rubí, la cual es la central RER fotovoltaica de mayor capacidad (según su tecnología pertenecientes al SEIN).

Tabla 8 Características técnicas de la Central Solar Rubí

Características técnicas	
Potencia efectiva	144,8 MW
Nº de módulos	560 880
Marca	Raisen
Potencia de módulos	320 Wp
Tipo de estructura	Seguidor Horizontal de 1 eje con Angulo de seguimiento de 45°
Numero de inversores	164
Tipo de inversores	Fimer R11015TL
Nº de centros de transformación	41
Potencia de transformación	3 524 MVA
Relacion de transformación (kV)	0,4/33
Nº de transformadores de potencia	2 de 90 MVA
Relacion de transformación (kV)	33/220
Marca	Chint Eléctric
Características comerciales Subasta RER 2017	
Energía anual ofertada	415 GWh/año
Precio de la energía ofertada	47,98 U\$/MWh
Inversión	165 MMU\$

Fuente: Osinergmin (2020)



Figura 17: Central solar fotovoltaica Rubí

Fuente: Enel green power (2022)

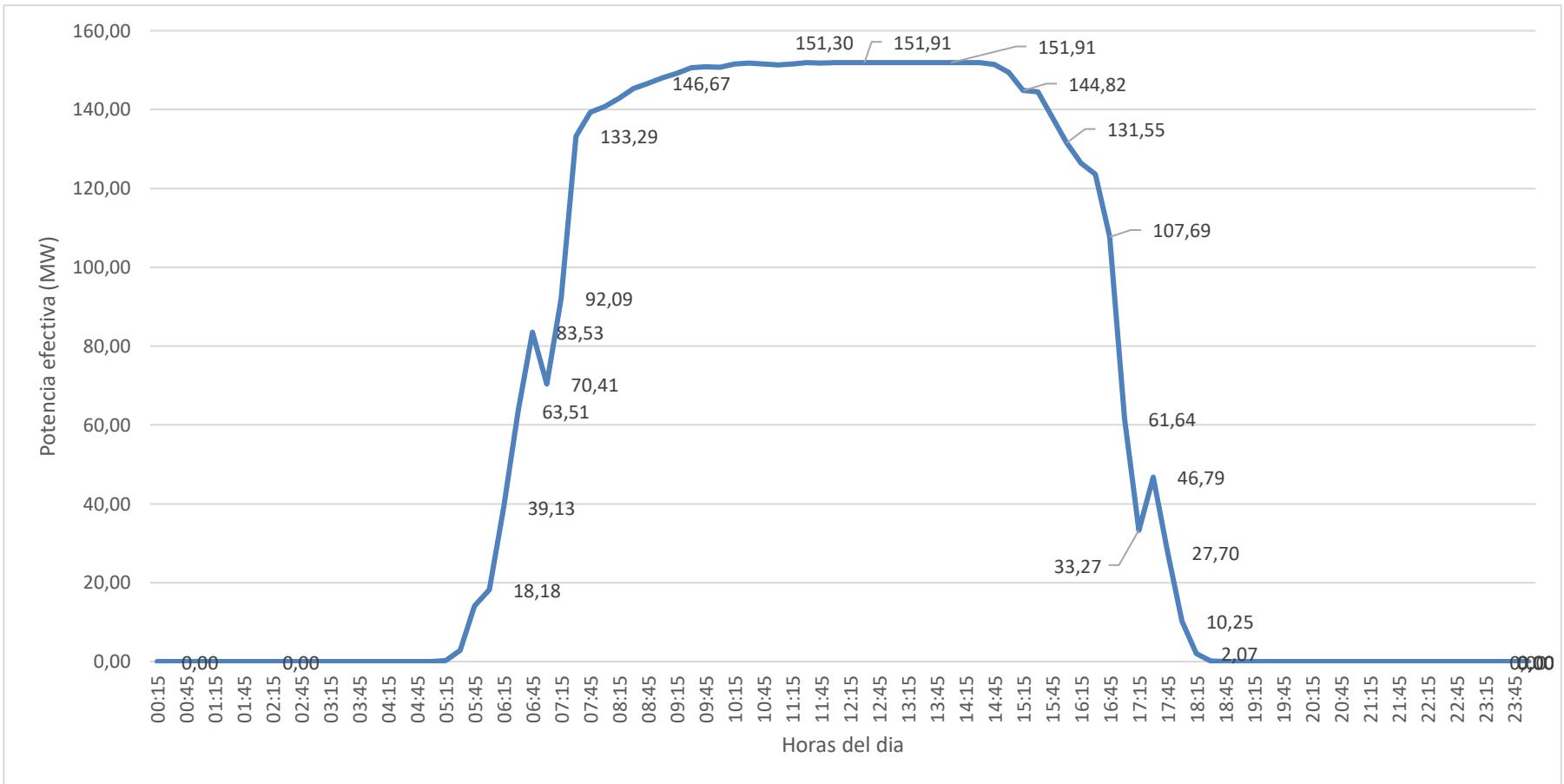


Figura 18 Diagrama de carga de Central Solar Rubi-04.12.2021
Fuente: COES Punto de medición 2149-2151 del SEIN

3.1.6 Ficha técnica de central eólica Wayra I.

Se presenta la ficha técnica de operación de la central eólica Wayra I, la cual es la central RER eólica de mayor capacidad (según su tecnología pertenecientes al SEIN).

Tabla 9 Características técnicas de la Central Eólica Wayra I

Características técnicas	
Potencia efectiva	132,3 MW
Nº de circuitos	7
Nº de unidades	42
Potencia de cada unidad	3,15 MW
Marca	ACCIONA (Modelo AW3150)
Transformador de aerogenerador	3,4 MVA
Transformador de potencia	120 MVA
Relacion de transformación aerogeneradores	12/33 kV
Relacion de transformación de potencia	33/220 kV
Marca	CHINT
Características comerciales Subasta RER 2016	
Energía anual ofertada	572 GWh/año
Precio de la energía ofertada	37,83 U\$/MWh
Inversión	165,8 MM U\$

Fuente: Osinergmin (2020)



Figura 19: Central eólica Wayra I

Fuente: Enel green power (2022)

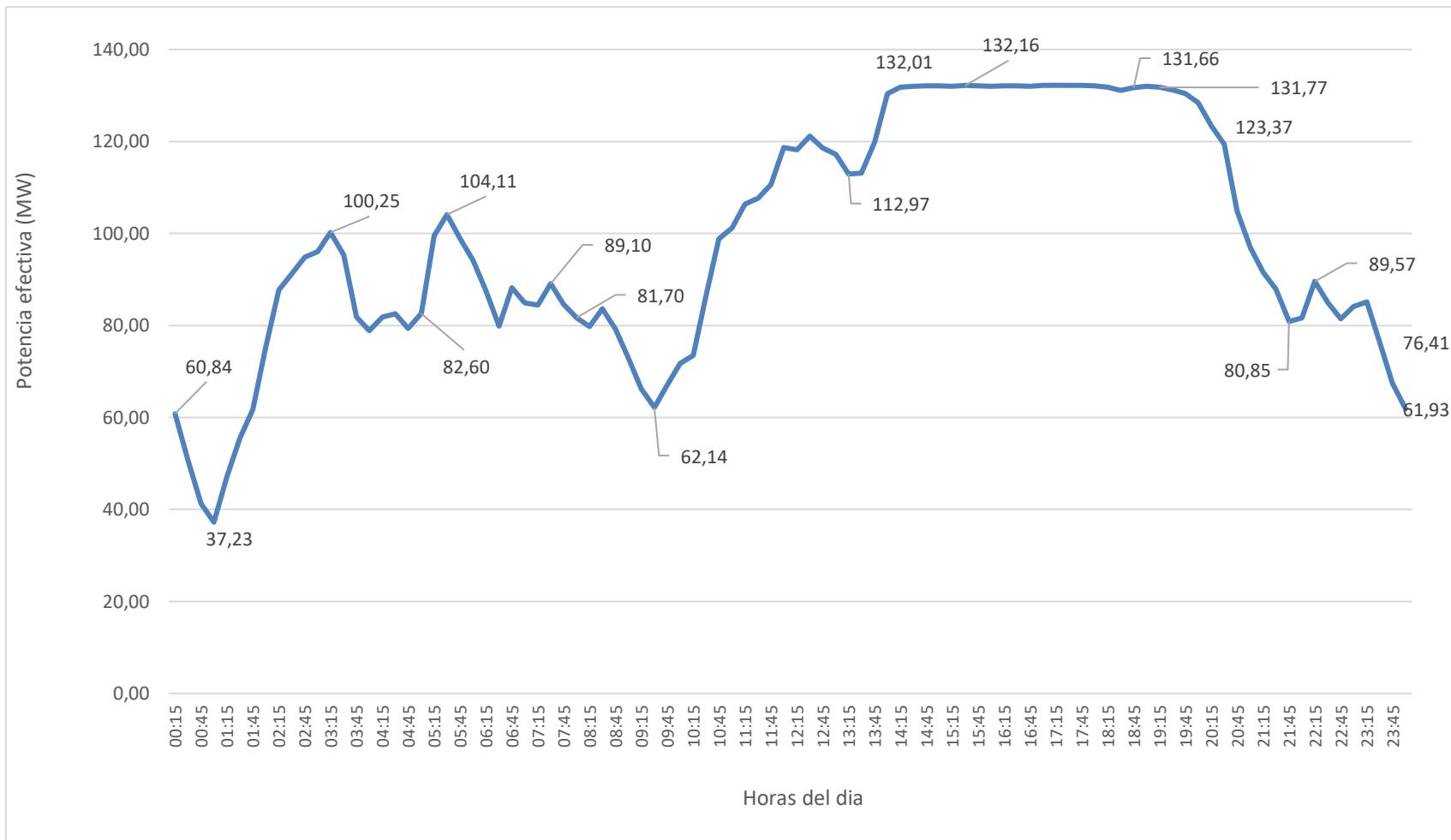


Figura 20 Diagrama de carga de Central Eólica Wayra I-17.12.2021
Fuente: COES Punto de medición 2160 del SEIN

3.1.7 Ficha técnica de central de biomasa Paramonga.

Se presenta la ficha técnica de operación de la central de biomasa Paramonga de propiedad de la Empresa AIPSA, la cual es la central RER con biomasa de mayor capacidad (según su tecnología pertenecientes al SEIN).

Tabla 10 Características técnicas de la Central de biomasa con bagazo Paramonga

Características técnicas de la turbina de vapor	
Fabricante	SIEMENS
Modelo	SST300
Tipo	De condensación con 1 extracción
Condiciones de entrada	42 bar a 380 °C
Condiciones de salida del vapor	0,13 bar
Características técnicas del generador eléctrico	
Fabricante	SIEMENS
Modelo	SGen6-100A-4P
Potencia nominal	23,4 MW
Velocidad	3 600 rpm
Frecuencia	60 Hz
Potencia de transformador	25 MVA
Características comerciales Subasta RER 2010	
Energía anual ofertada	115 GWh/año
Precio de la energía ofertada	52,0 U\$/MWh
Potencia efectiva	23 MW
Potencia inyectada a la red	16,4 MW
Tipo de central	Cogeneración calificada con turbina de vapor

Fuente: Hamek (2019)



Figura 21 Turbina de vapor de central de biomasa con bagazo Paramonga

Fuente: AIPSA (2022)

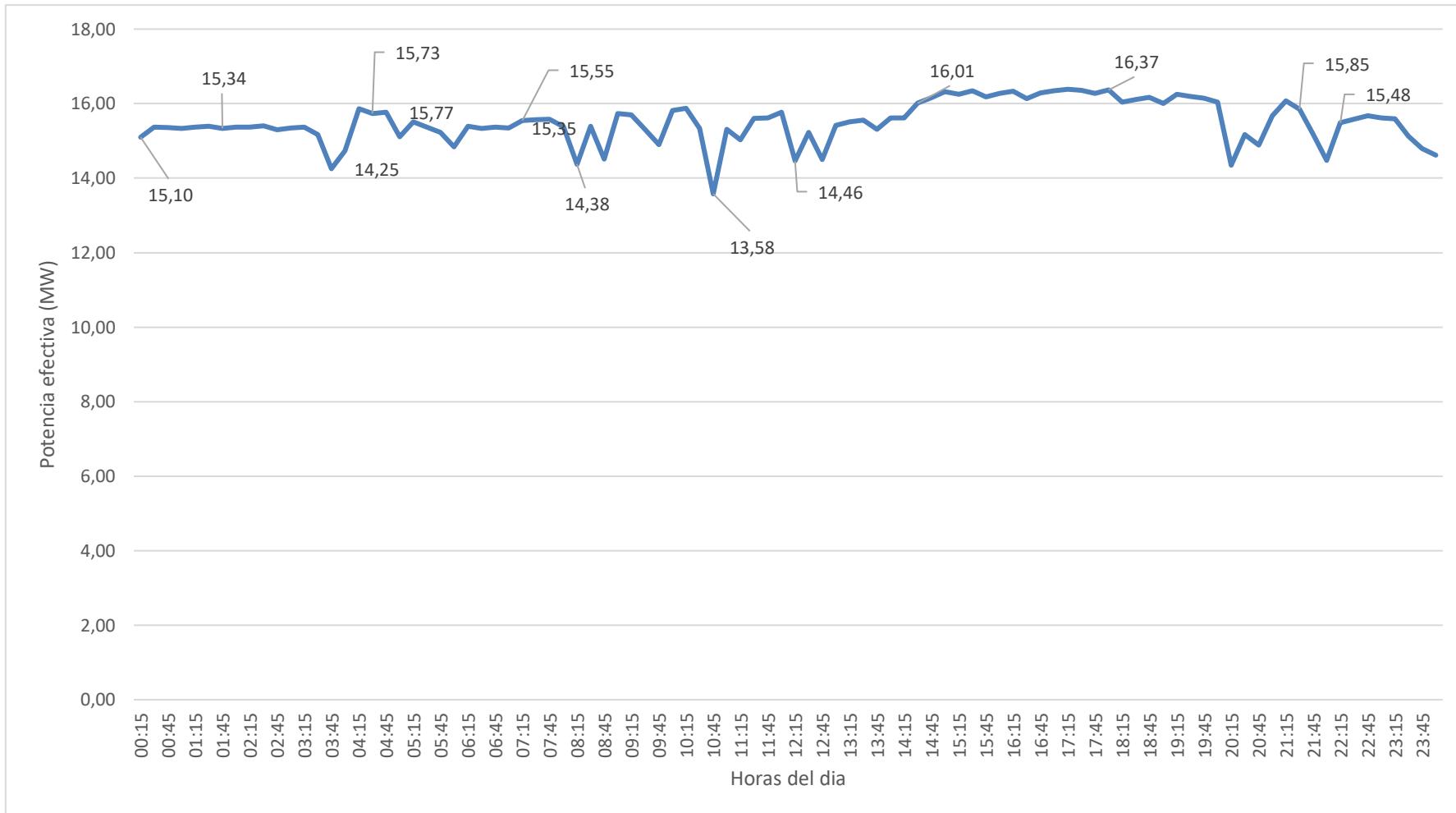


Figura 22 Diagrama de carga de Central de biomasa con bagazo Paramonga
Fuente: COES Punto de medición 437 del SEIN

3.1.5 Ficha técnica de central de RSU Doña Catalina.

Se presenta la ficha técnica de operación de la central de biomasa con residuos sólidos urbanos Doña Catalina de propiedad de la Empresa Petramas S.A.C. la cual es la central RER con biomasa RSU de menor precio comercial ofertado, según su tecnología pertenecientes al SEIN. La central Doña Catalina obtiene la energía a partir de un proceso de descomposición anaeróbica de los residuos sólidos urbanos a través del cual se obtiene un biogás, principalmente conformado por metano.

Tabla 11 Características técnicas de la Central de biomasa RSU Doña Catalina

Características técnicas de los 02 motores de combustión interna	
Fabricante	Caterpillar
Modelo	CG170-12
Tipo	2213248 / 2213253
Configuración	12V
Combustible	Metano
Velocidad	1 200 rpm
Características técnicas de 02 generadores eléctricos	
Fabricante	Caterpillar
Modelo	MJB 450LB 4B 24
Potencia efectiva	2 x 1,21 = 2,42 MW
Potencia aparente	2 x 1,48 = 2,96 MVA
Velocidad	1 600 rpm
Frecuencia	60 Hz
Relacion de transformación generadores	0,38/22 kV
Relacion de transformación de potencia	22/120 kV
Características comerciales Subasta RER 2017	
Energía anual ofertada	14,5 GWh/año
Precio de la energía ofertada	77,0 U\$/MWh
Inversión	2,5 MMU\$

Fuente: Osinergmin (2021)



Figura 23 Grupos térmicos 1 y 2 de central de biomasa con RSU Doña Catalina

Fuente: Consorcio Energía (2022)

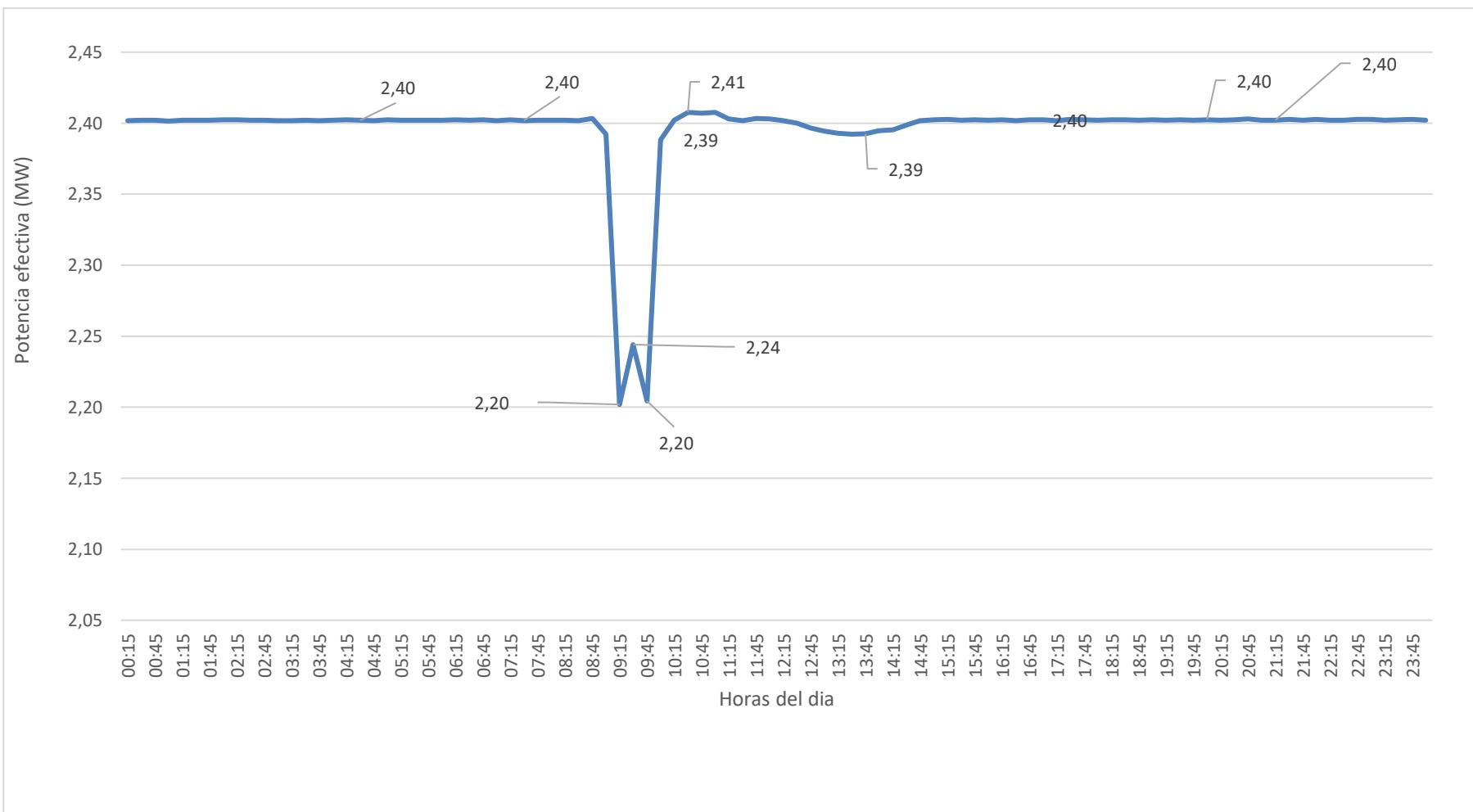


Figura 24 Diagrama de carga de Central de biomasa RSU Doña Catalina-15-12-2021
Fuente: COES Punto de medición 2160 del SEIN

3.1.6 Factores de emisiones de gases de efecto invernadero.

Se tiene un Factor de emisiones para el gas natural igual a 56,1 kg CO₂/TJ. (Fuente: Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17)

3.2 Método.

3.2.1 La Investigación es del tipo: pre -experimental, de naturaleza descriptiva y cuantitativa.

3.2.2 El diseño de la investigación pre- experimental se utiliza para establecer una relación entre la causa y el efecto de una situación. Es un diseño de investigación donde se observa el efecto causado por la variable independiente sobre la variable dependiente.



O1: Generación de energía con centrales de termoeléctricas sin inserción de centrales RER en el SEIN.

O2: Generación de energía con centrales RER en el SEIN.

X: Desplazamiento de centrales termoeléctricas por centrales RER

G.E: Sistema interconectado nacional.

3.2.3 Metodología de cálculo:

Se presenta la siguiente secuencia del cálculo par obtención de resultados y discusión realizado en el presente informe:

- Determinar los indicadores de desempeño de las centrales RER tomadas como base de estudio (en este caso las centrales eólicas, solar fotovoltaica, biomasa y RSU de mayor capacidad).
- Estimar los costos variables totales de las centrales el equivalente en combustible fósiles dejado de consumir con entrada en servicio de las Centrales RER.

- Determinar el reemplazo de la generación de energía de una central termoeléctrica según lo siguiente:
 - 01 Central Termoeléctrica ciclo simple con una central solar equivalente
 - 01 Central Termoeléctrica ciclo simple con una central eólica equivalente.
 - 01 Central Termoeléctrica ciclo simple con una central RSU equivalente
 - 01 Central Termoeléctrica ciclo simple con una central con biomasa bagazo equivalente.
 - 01 Central Termoeléctrica ciclo combinado con una central solar equivalente
 - 01 Central Termoeléctrica ciclo combinado con una central eólica equivalente.
- Determinar el subsidio prima de energía por la operación de las centrales RER.
- Estimar el equivalente en emisiones de GEI dejadas de emitir al reemplazar una Central Termoeléctrica por una central RER.

4. Capítulo IV: Cálculos y Resultados.

4.1 Desempeño de las Centrales de Energía con Recursos Energéticos Renovables.

4.1.1 Centrales fotovoltaicas.

Realizando una integración de la energía eléctrica generada según la figura N° 18 y la información estadística mensual del mes de diciembre 2021, se tiene como resultado:

$$E_{CS} = 41\ 169,3 \text{ MWh}$$

Del mismo modo la máxima potencia desarrollada es :

$$P_{CS} = 151,91 \text{ MW}$$

Potencia máxima desarrollada a plena carga las 24 horas del día:

$$P_{CS \max 24} = \frac{41\ 169,3}{24 * 31} = 55,3 \text{ MW}$$

Potencia máxima desarrollada a plena carga las 5 horas punta del día:

$$P_{CS \max 5} = \frac{41\ 169,3}{5 * 31} = 265,6 \text{ MW}$$

Factor de planta actual diaria:

$$F. P_{CS} = \frac{41\ 169,3}{144,8 * 24 * 31} * 100\% = 38,21\%$$

Factor de planta actual tomando las horas sol de operación desde 6.00 a.m. a 18.15 p.m.

$$F. P_{CS\ 5} = \frac{41\ 169,3}{144,8 * 12,25 * 31} * 100\% = 74,8\%$$

4.1.2 Centrales eólicas.

Realizando una integración de la energía eléctrica generada según la figura N° 20 y la información estadística del mes de diciembre 2021, se tiene como resultado:

$$E_{CE} = 45\ 526,5 \text{ MWh}$$

Del mismo modo la máxima potencia desarrollada es:

$$P_{CE} = 132,1 \text{ MW}$$

Potencia mínima desarrollada es:

$$P_{CEmin} = 37,2 \text{ MW}$$

Potencia máxima desarrollada a plena carga las 24 horas del día:

$$P_{CEmax\ 24} = \frac{45\ 526,5}{24 * 31} = 61,2 \text{ MW}$$

Potencia máxima desarrollada a plena carga las 5 horas punta del día:

$$P_{CEmax\ 5} = \frac{45\ 526,5}{5 * 31} = 293,7 \text{ MW}$$

Factor de planta actual diaria:

$$F.P = \frac{45\ 526,5}{132,3 * 24 * 31} * 100\% = 46,25 \%$$

4.1.3 Centrales con biomasa.

Realizando una integración de la energía eléctrica generada según la figura N° 22 y la información estadística del mes de diciembre 2021, se tiene como resultado:

$$E_{CB} = 7\ 914 \text{ MWh}$$

Del mismo modo la máxima potencia desarrollada es:

$$P_{CB} = 16,31 \text{ MW}$$

Potencia mínima desarrollada es:

$$P_{CB\min} = 13,58 \text{ MW}$$

Potencia máxima desarrollada a plena carga las 24 horas del día (se descuenta 6 días/mes de mantenimiento preventivo):

$$P_{CB \max 24} = \frac{7914}{24 * 24} = 13,7 \text{ MW}$$

Potencia máxima desarrollada a plena carga las 5 horas punta del día:

$$P_{CB \max 5} = \frac{7914}{5 * 31} = 51 \text{ MW}$$

Factor de planta actual diaria:

$$F.P = \frac{7914}{16,4 * 24 * 24} * 100\% = 83,8 \%$$

4.1.4 Centrales con RSU.

Realizando una integración de la energía eléctrica generada según la figura N° 24 y la información estadística del mes de diciembre 2021, se tiene como resultado:

$$E_{CRSU} = 1163,1 \text{ MWh}$$

Del mismo modo la máxima potencia desarrollada es:

$$P_{CB} = 2,41 \text{ MW}$$

Potencia mínima desarrollada es:

$$P_{CB\min} = 2,20 \text{ MW}$$

Potencia máxima desarrollada a plena carga las 24 horas del día (se descuenta 9 días/mes de mantenimiento preventivo y stand by para acumulación de gas):

$$P_{CB\max\ 24} = \frac{1\ 163,1}{22 * 24} = 2,2 \text{ MW}$$

Potencia máxima desarrollada a plena carga las 5 horas punta del día:

$$P_{CB\max\ 5} = \frac{1\ 163,1}{5 * 31} = 7,5 \text{ MW}$$

Factor de planta actual diaria:

$$F.P = \frac{1\ 163,1}{2,42 * 22 * 24} * 100\% = 91,0 \%$$

4.2 Costos Variables de las Centrales Termoeléctricas.

Se tienen los precios declarados de gas natural según informe N° 099-2022-GRT (marzo 2022) para la determinación de los precios en barra Mayo 2022-Abril 2023:

Para Central Termoeléctrica TG6 Malacas: 3,3645 U\$/MMBTU y CVC: 1,997 U\$/MWh
Para Central Termoeléctrica de ciclo combinado de Termochilca: 3,3645 U\$/MMBTU, Heat Rate: 6,835 MMBTU/MWh y CVNC: 3,345 U\$/MWh

Para la Central Termoeléctrica TG6:

$$CVT = (10,33 * 3,3645) + 1,997 = 36,75 \text{ U$/MWh}$$

Para la Central Termoeléctrica de ciclo combinado de Termochilca:

$$CVT = (6,835 * 3,3645) + 3,345 = 26,34 \text{ U$/MWh}$$

4.3 Reemplazo de Centrales Termoeléctricas con turbinas a gas con ciclo simple por centrales de energía con Recursos Energéticos Renovables.

4.3.1 Con respecto a una central solar fotovoltaica.

Realizando el análisis en el diagrama de carga de la figura N°14, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 1 038,9 MWh.

Del mismo modo para el diagrama de carga de la figura N° 18, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 1 528,2 MWh.

Premisas de cálculo:

La Central Solar fotovoltaica según su disponibilidad de energía realiza inyección directa a la red desde las 6.30 a 17.00 horas, para reemplazar la operación de generación de la central termoeléctrica con turbina a gas con ciclo simple. (Esta última cubre la máxima demanda del sistema eléctrico). La inyección de energía de reemplazo a la generada por la central termoeléctrica es de 533,3 MWh.

La Central solar fotovoltaica deberá almacenar parte de su energía generada en un BESS (Battery Energy Storage System) desde las 8.00 a las 16.00 horas (periodo de máxima capacidad de generación de la central solar fotovoltaica) con una máxima demanda de almacenamiento de 63,2 MW y una capacidad de 505,6 MWh.

La energía almacenada en los BESS es inyectada a la red eléctrica para reemplazar la operación de la central termoeléctrica durante los bloques horarios desde las 2.30 a 6.30 horas y desde las 17.00 a 24.00 horas, inyectándose un total de 505,6 MWh.

Del mismo modo la energía generada por la central solar que no reemplaza a la generación de energía de la central termoeléctrica se inyecta a la red eléctrica según la figura N° 25 con una contribución igual a 489,6 MWh.

Con respecto a la central termoeléctrica, la cobertura de la generación de energía se visualiza en la figura N° 26. En los períodos de 6.30 a 17.00 horas la generación de energía es cubierta por la operación de la central fotovoltaica con una contribución de 533,3 MWh, mientras que en los bloques horarios de 2.30 a 6.30 horas y 17.00 a 24.00 horas la energía acumulada en los BESS reemplaza la operación de la central termoeléctrica con 505,6 MWh.

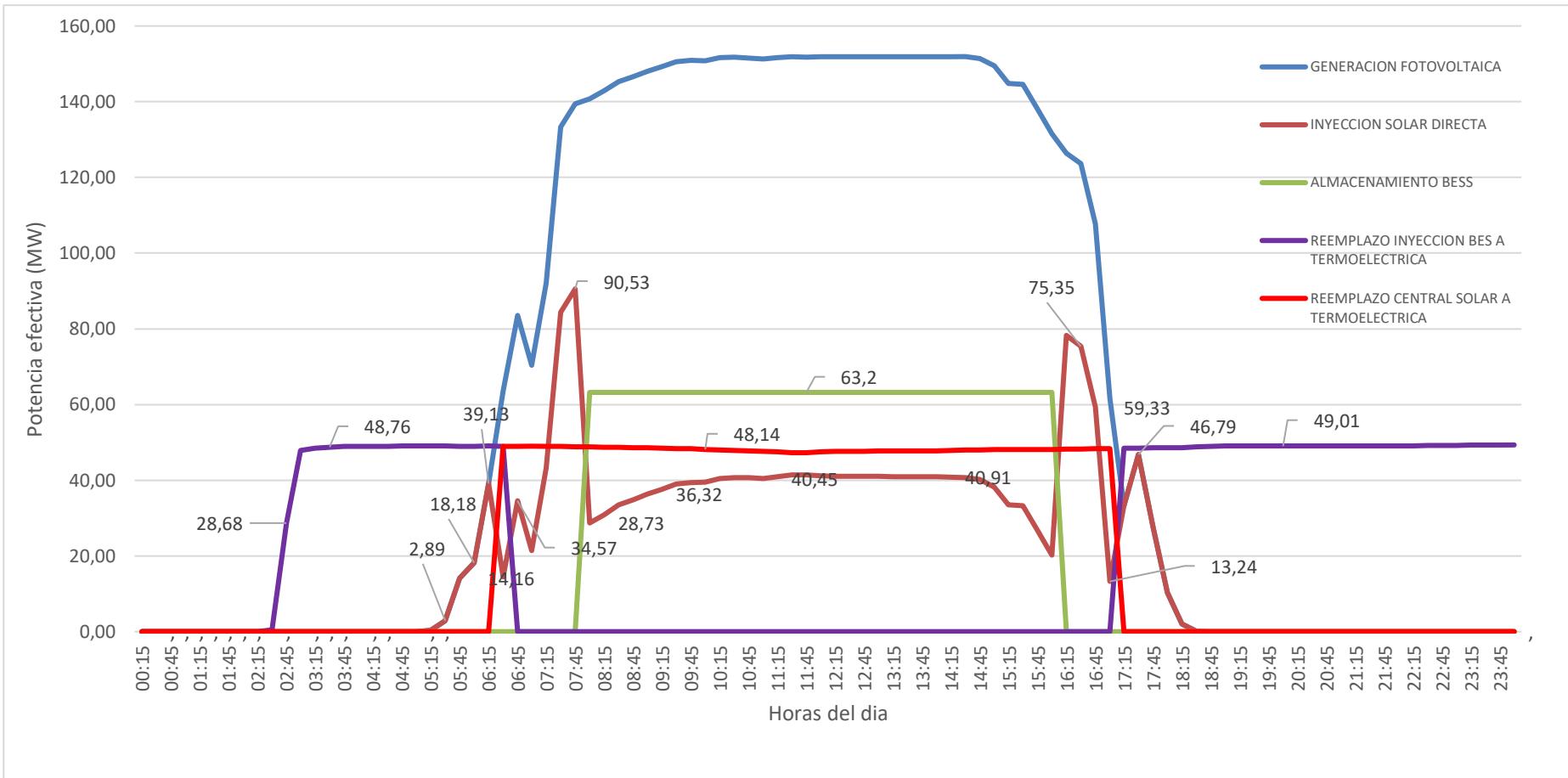


Figura 25 Generación para reemplazo, almacenamiento en BESS, inyección de energía acumulada y generación propia de central solar fotovoltaica.

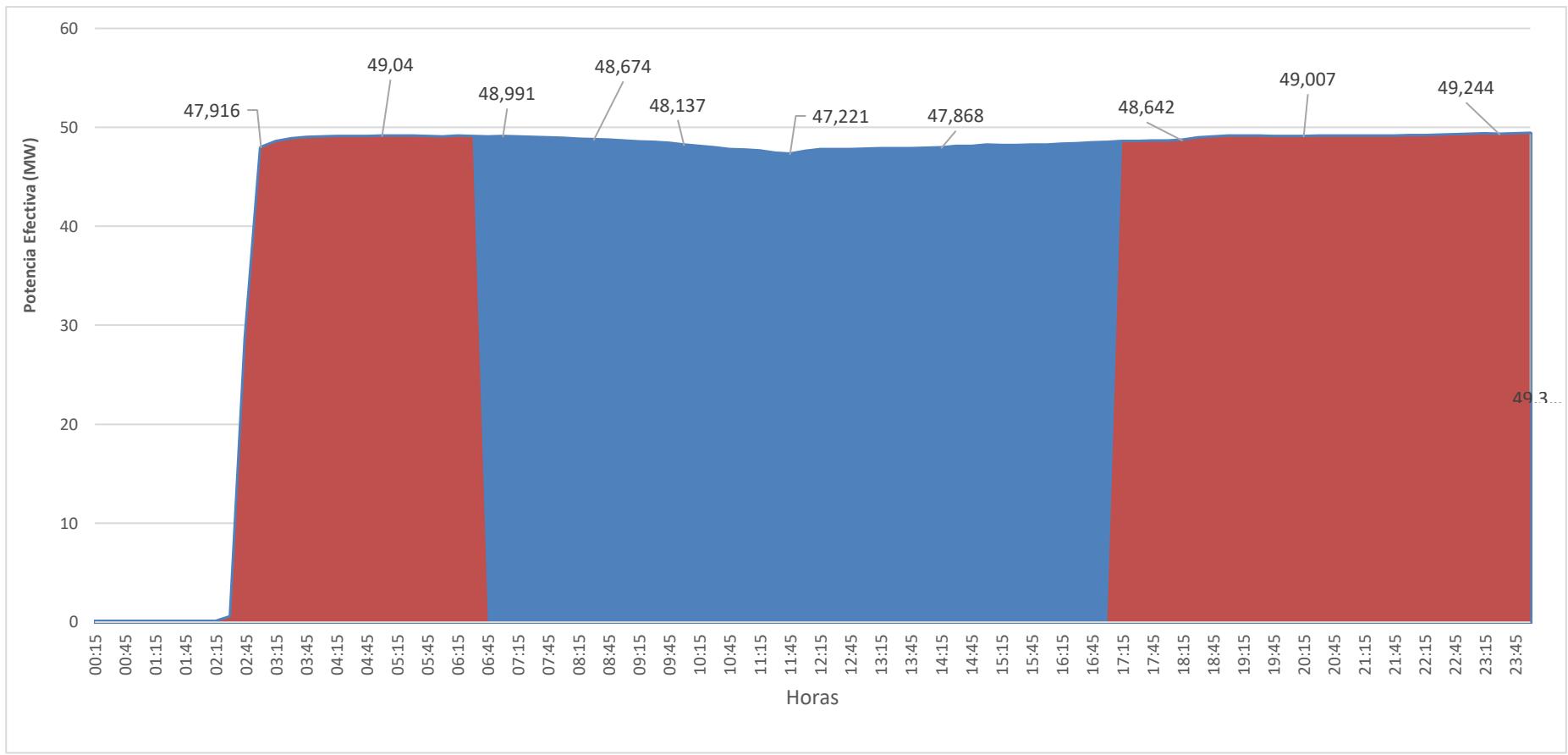


Figura 26 Cobertura de la generación de energía termoeléctrica por generación de energía de central solar fotovoltaica

4.3.2 Con respecto a una central eólica.

Realizando el análisis en el diagrama de carga de la figura N°14, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 1 038,9 MWh.

Del mismo modo para el diagrama de carga de la figura N° 20, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 2 369 MWh.

Resultados.

Según la figura N° 25, el reemplazo de la generación termoeléctrica se realiza con parte de la generación de energía generada por la central eólica, con un valor de 1 038,9 MWh. Del mismo modo la diferencia de energía generada entre el total generado por la central eólica (2 369 MWh) y lo generado para reemplazar a la central termoeléctrica (1 038,9 MWh), la cual suma un valor de 1 330,1 MWh representara la inyección directa al sistema eléctrico como generación propia RER por parte de la central eólica, siendo su principal contribución al despacho de energía entre las 11:00 a 21:00 horas, lo incluye 3 horas punta del día, periodo en el cual se genera la máxima demanda en el sistema eléctrico.

En la figura N° 26 se representa la cobertura total de la generación termoeléctrica es reemplazada por la generación de energía por la central eólica, con un total de 1 038,9 MWh.

4.3.3 Con respecto a una central con biomasa.

Realizando el análisis para el diagrama de carga de la figura N° 22, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 372, 1 MWh.

Resultados.

Lo generado por la central con biomasa tan solo representa el 35 % de lo generado por la central termoeléctrica, la cual es 1 038,9 MWh. Por lo tanto, sería necesaria un equivalente a 3 centrales de energía con biomasa para poder reemplazar la generación de energía de una central termoeléctrica. Con el inconveniente de que la Empresa Paramonga, propietaria de la Central con Biomasa, no dispone de recurso energético para cubrir la demanda requerida por la Central Termoeléctrica.

. 4.3.4 Con respecto a una central con biomasa.

Realizando el análisis para el diagrama de carga de la figura N° 24, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 57,4 MWh.

Resultados.

Lo generado por la central con RSU solo representa el 5,5 % de lo generado por la central termoeléctrica, la cual es 1 038,9 MWh. Por lo tanto, sería necesaria un equivalente a 20 centrales de energía con RSU para poder reemplazar la generación de energía de una central termoeléctrica.

Con el inconveniente de que la Empresa Petramas S.A.C, propietaria de la Central con RSU Doña Catalina, no dispone de recurso energético para cubrir la demanda requerida por la Central Termoeléctrica.

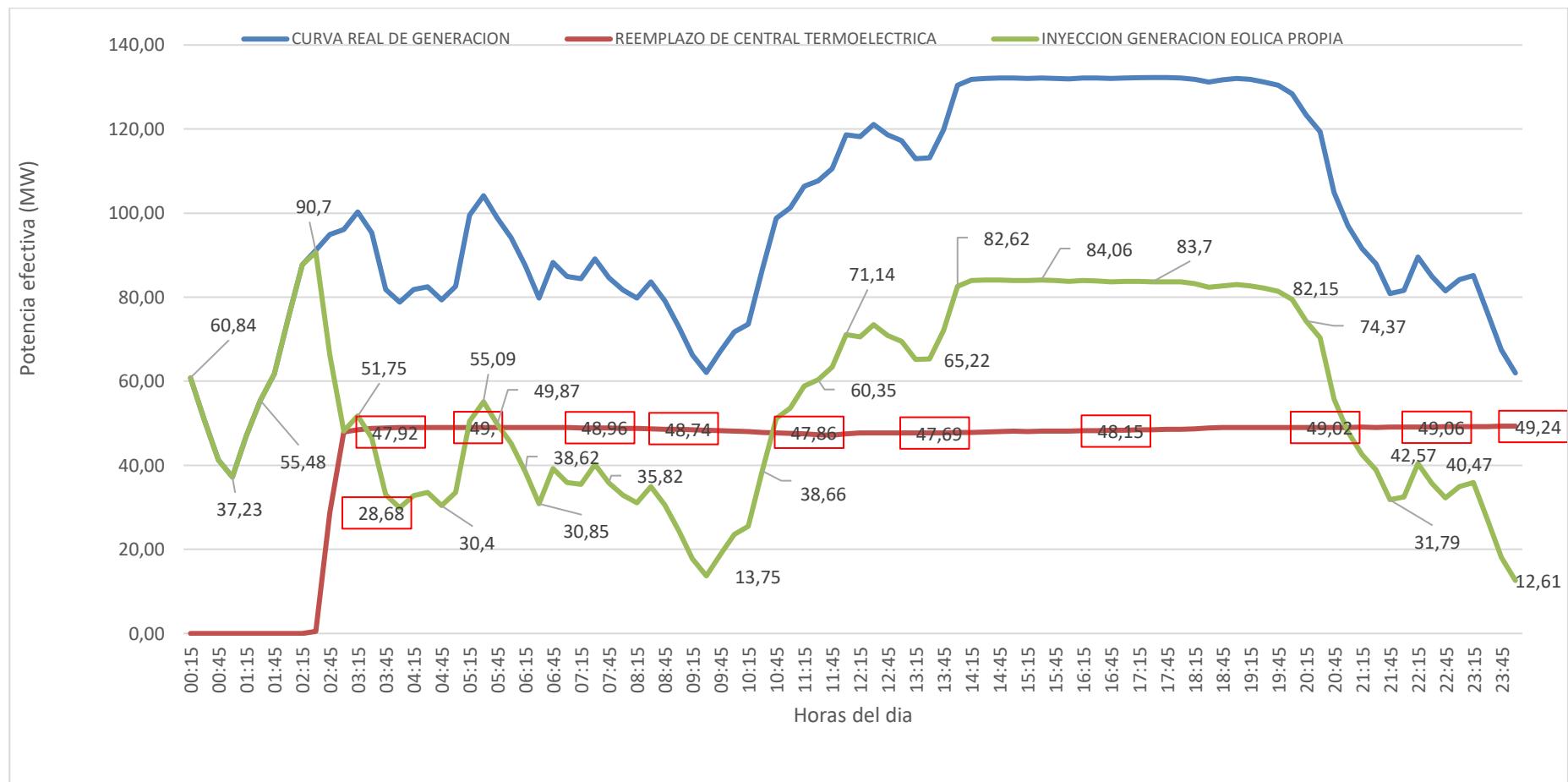


Figura 27 Generación Eólica para reemplazo de generación termoeléctrica e inyección propia al sistema eléctrico

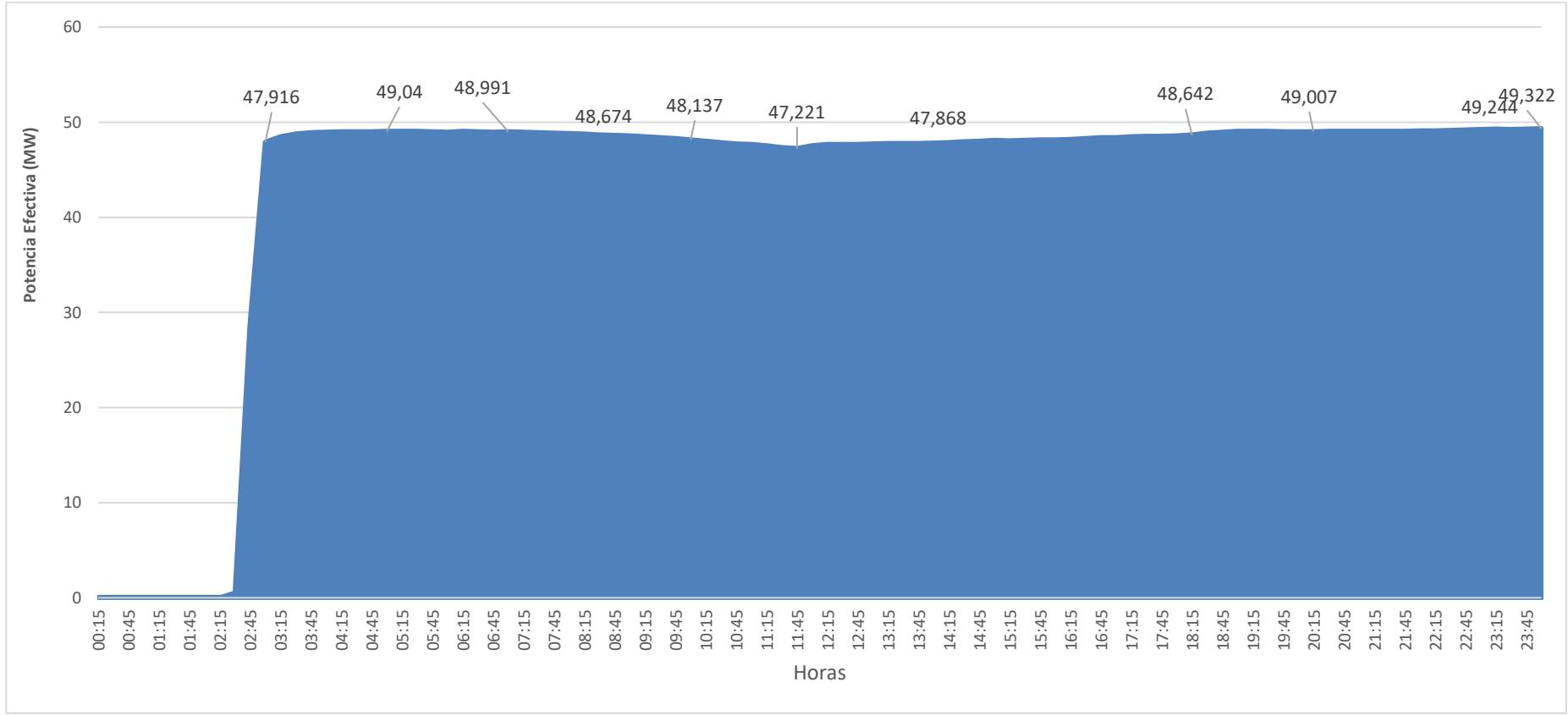


Figura 28 Cobertura de la generación de energía termoeléctrica por generación de energía de central eólica

4.4 Reemplazo de Centrales Termoeléctricas con ciclo combinado con Recursos Energéticos Renovables.

4.4.1 Con respecto a una central solar fotovoltaica.

Realizando el análisis en el diagrama de carga de la figura N°16, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 5 999,4 MWh.

Del mismo modo para el diagrama de carga de la figura N° 18, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 1 528,2 MWh.

Premisas de cálculo:

Se cuenta con 4 Centrales Solares Equivalentes a la Central Solar Fotovoltaica Rubí.

03 sistemas de acumulación BESS (Battery Energy Storage System) para 327,3 , 1 528,2 y 1 413,8 MWh.

Figura 29.

La Central Solar Fotovoltaica 1 genera 1 528,2 MWh con inyección directa a la red eléctrica. La energía faltante por cubrir para cubrir la operación de la central termoeléctrica es igual a 4 471,2 MWh.

Figura 30.

La generación de energía generada por la central termoeléctrica por cubrir es igual 4 471,2 MWh. La Central Solar Fotovoltaica 2 genera 1 528,2 MWh y cubre la generación termoeléctrica durante sus horas de operación con un total de 1 200,9 MWh, el remanente de generación de energía es acumulada en el BESS 1 con un total de 327.3 MWh e inyectada a la red en las horas de máxima demanda.

Se tiene una energía equivalente a 2 942,0 MWh faltante por cubrir para la central termoeléctrica.

Figura 31.

La generación de energía generada por la central termoeléctrica por cubrir es igual 2 942,0 MWh.

La Central Solar Fotovoltaica 3 genera 1 528,2 MWh y es almacenada en el BESS 2.

La energía eléctrica almacenada en el BESS 2 es inyectada a la red para cubrir parte de la generación de energía de la central termoeléctrica, con una potencia máxima de 108,36 MW en las horas fuera de generación de energía de la central solar fotovoltaica 3 y del mismo modo se cubre durante los periodos de tiempo del día la energía eléctrica faltante de la central termoeléctrica.

Se tiene una energía equivalente a 1 413,8 MWh faltante por cubrir para la central termoeléctrica.

Figura 32.

La generación de energía generada por la central termoeléctrica por cubrir es igual 1 413,8 MWh.

La Central Solar Fotovoltaica 4 genera 1 528,2 MWh y 1 413,8 MWh es almacenada en el BESS 3.

La energía eléctrica almacenada en el BESS 3 es inyectada a la red para cubrir la generación termoeléctrica durante sus horas de operación con un total de 1 413,8 MWh durante las horas de máxima demanda con un valor de 189,58 MW en horas de la noche y 109,15 MW en horas de la madrugada. La energía restante equivalente a 114,4 MWh es inyectado directamente a la red eléctrica externa desde las 9.00 a 17:00 horas con una máxima potencia de inyección de 13,50 MW.

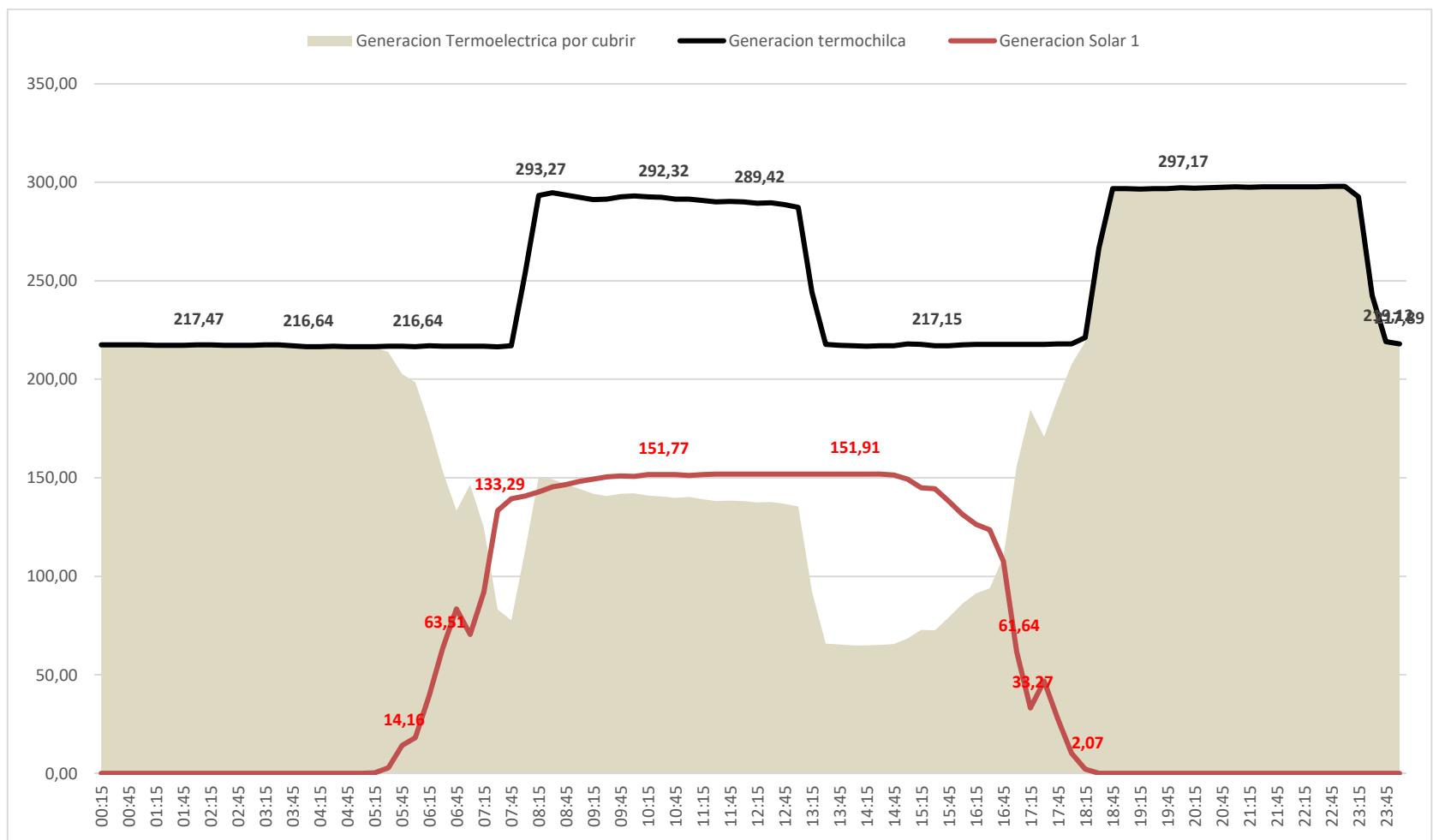


Figura 29 Operación de la Central Solar Fotovoltaica 1

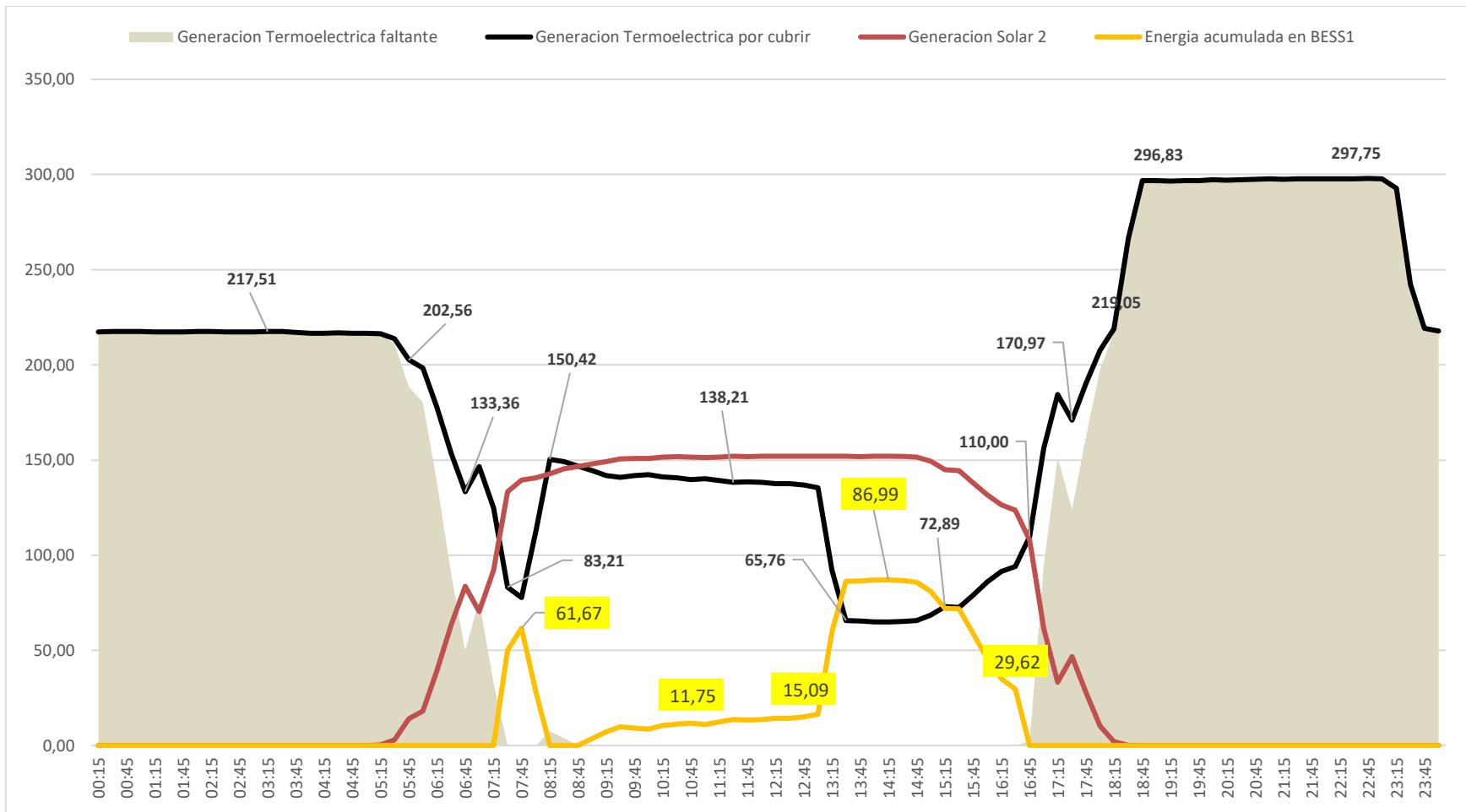


Figura 30 Operación de la Central Solar Fotovoltaica 2

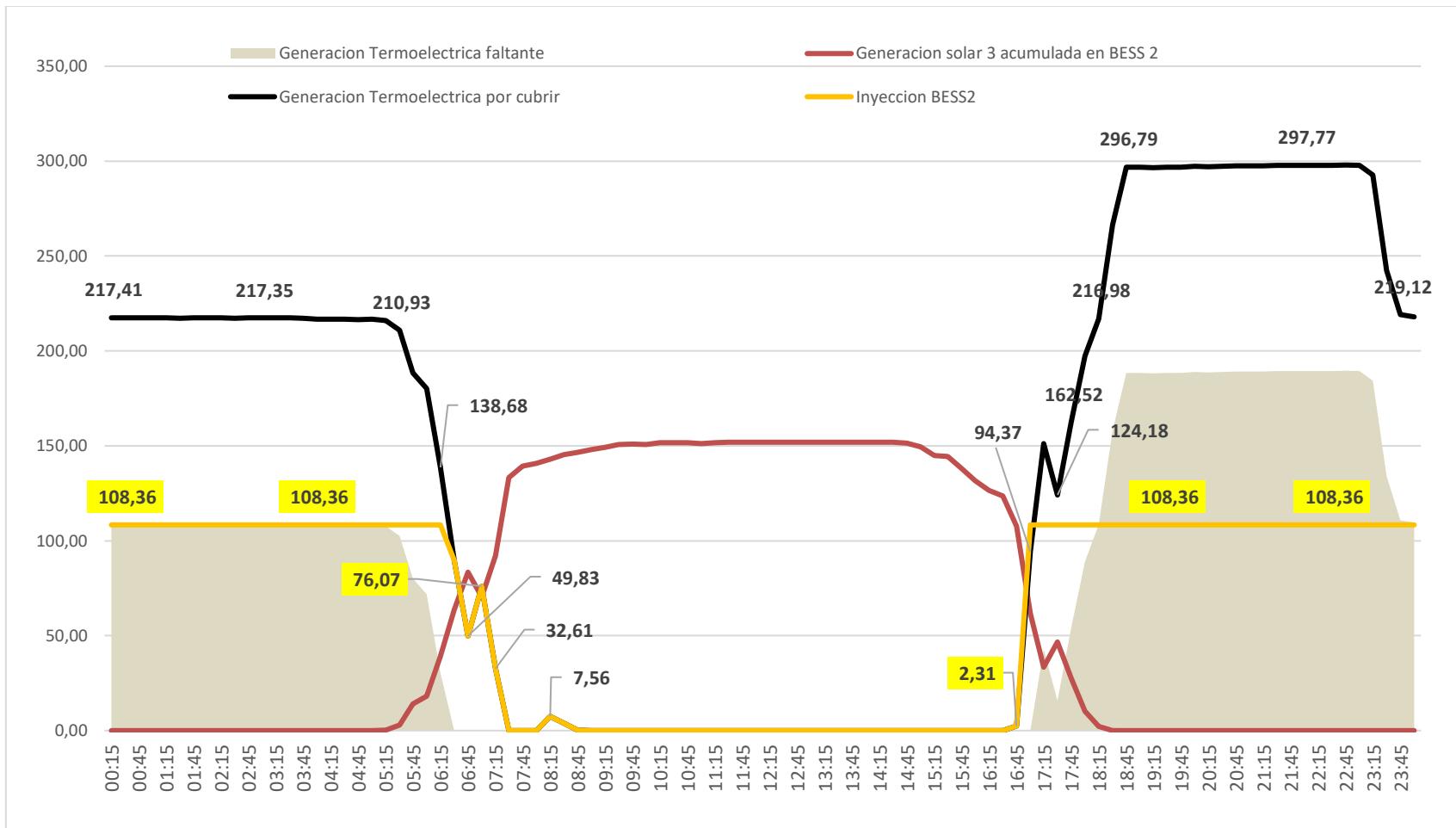
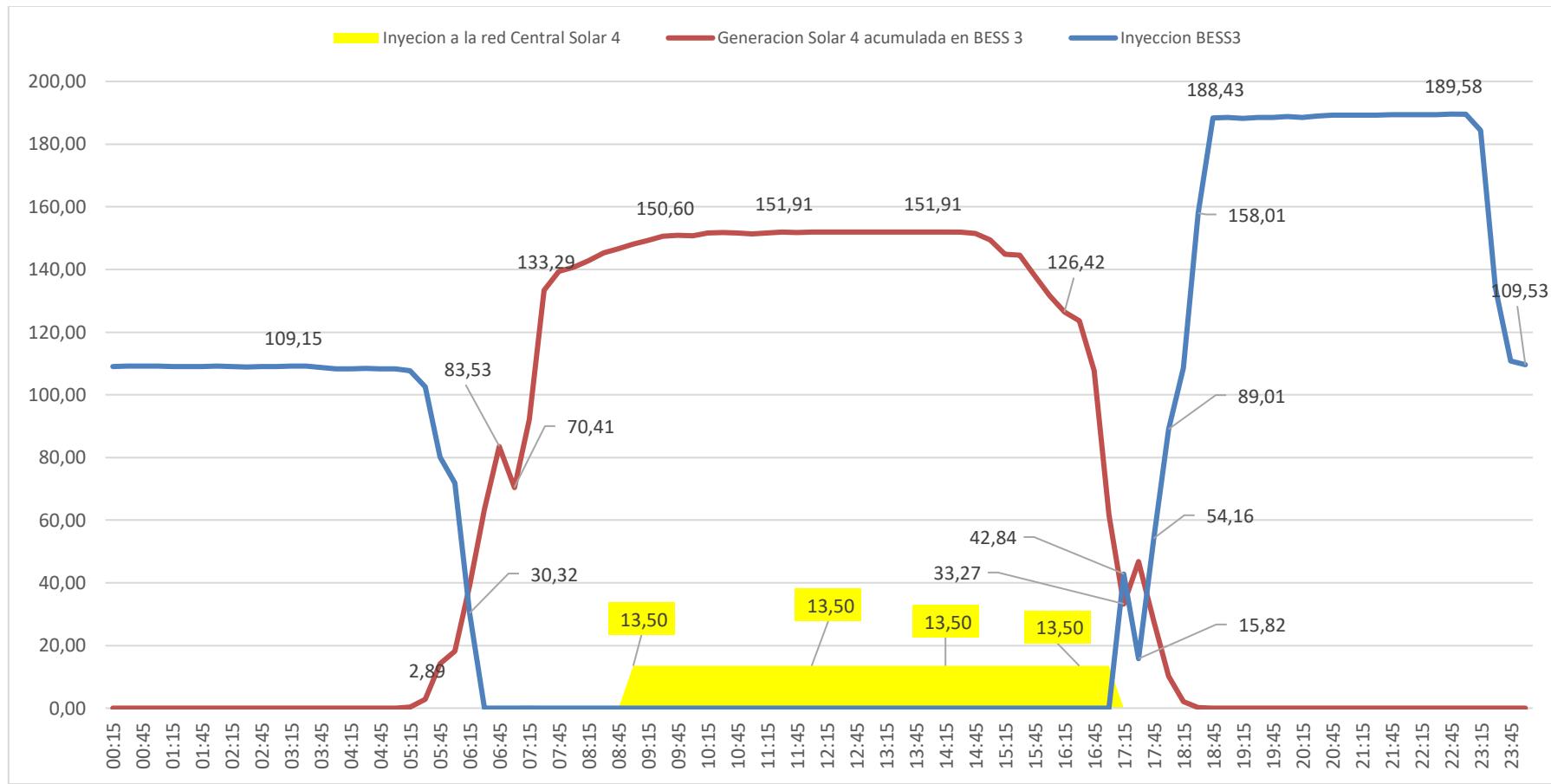


Figura 31 Operación de la Central Solar Fotovoltaica 3



4.4.2 Con respecto a una central eólica.

Realizando el análisis en el diagrama de carga de la figura N°16, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 5 999,4 MWh.

Del mismo modo para el diagrama de carga de la figura N° 20, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 2 369,0 MWh.

Premisas de cálculo:

Se cuenta con 3 Centrales Eólicas Equivalentes a la Central Eólica Wayra I.

01 sistema de acumulación BESS (Battery Energy Storage System) para 402,2 MWh.

Figura 33.

La Central Eólica 1 genera 2 369,0 MWh con inyección directa a la red eléctrica.

La energía faltante por cubrir para cubrir la operación de la central termoeléctrica es igual a 3 630,4 MWh.

Figura 34.

La generación de energía generada por la central termoeléctrica por cubrir es igual 3 630,4 MWh.

La Central Eólica 2 genera 2 369,0 MWh y cubre la generación termoeléctrica durante sus horas de operación con un total de 2 153 MWh, el excedente de generación de energía es inyectada a la red eléctrica desde las 13.00 a 18.00 horas con un total de 216 MWh

Se tiene una energía equivalente a 1 477,4 MWh faltante por cubrir para la central termoeléctrica.

Figura 35.

La generación de energía generada por la central termoeléctrica por cubrir es igual 1 477,4 MWh.

La Central Eólica 3 genera 2 369,0 MWh y es inyectada y almacenada en el BESS 1.

Un total de 1 075,2 MWh de la energía eléctrica generada por la Central Eólica 3 es inyectada a la red para reemplazar la generación de energía de la central termoeléctrica.

Queda un remanente de generación termoeléctrica por cubrir de 402,2 MWh.

Figura 36.

La energía generada restante por la Central Eólica 3 es equivalente a 1 293,8 MWh, la cual es almacenada un total de 402,2 MWh en un BESS 1 (en los periodos de máxima generación eólica, 13.30 a 18.30 horas con una máxima potencia de 76,6 MW), esta energía almacenada es inyectada

en los periodos de tiempo faltante para cubrir la generación de energía de la central termoeléctrica faltante.

Del mismo modo los 891,6 MWh restantes son inyectados a la red eléctrica por parte de la central eólica 3.

La Energía eléctrica inyectada por la Central Eólica 3 como propia es igual a 1 107,6 MWh.

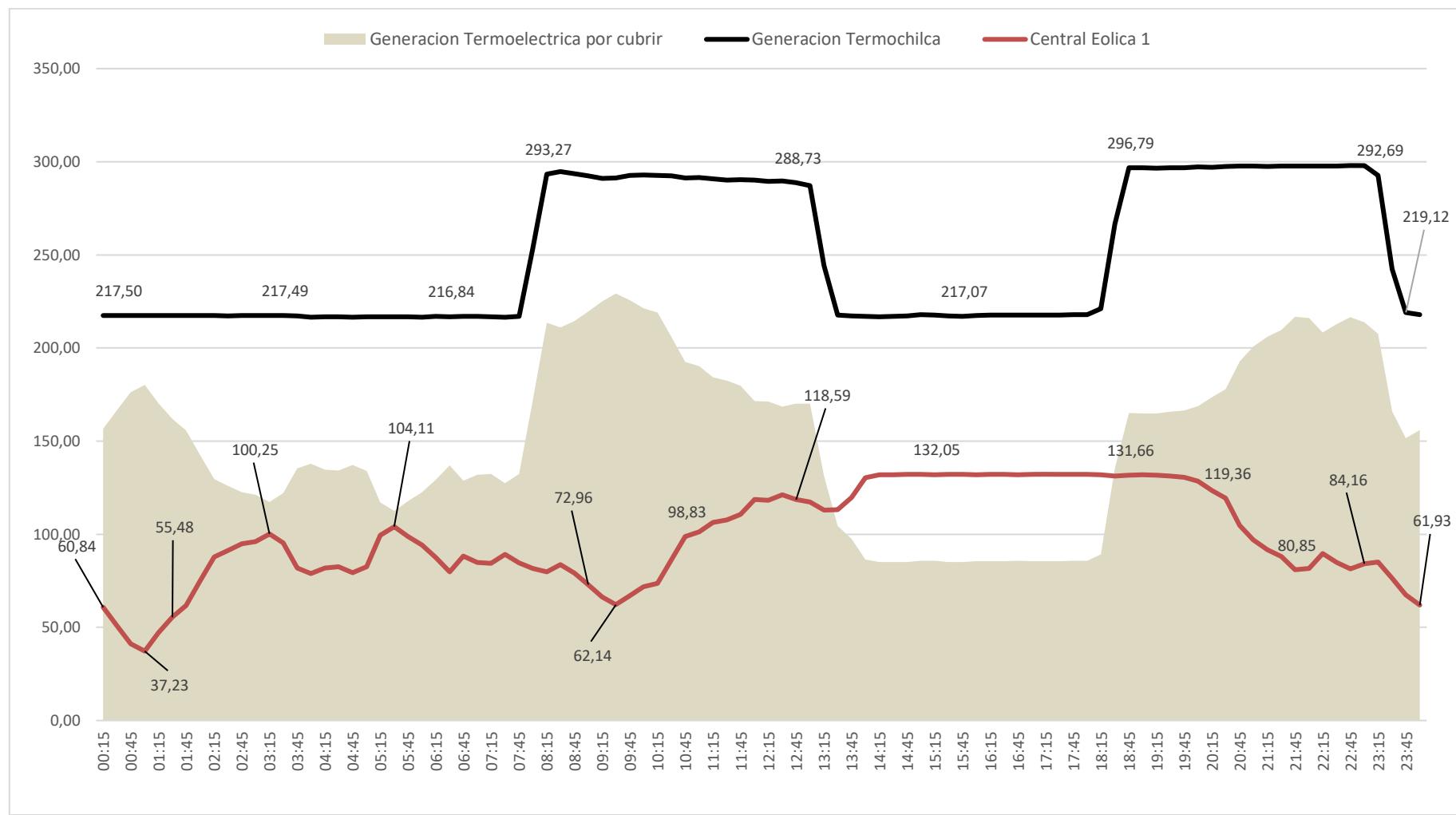


Figura 33 Operación de Central Eólica 1

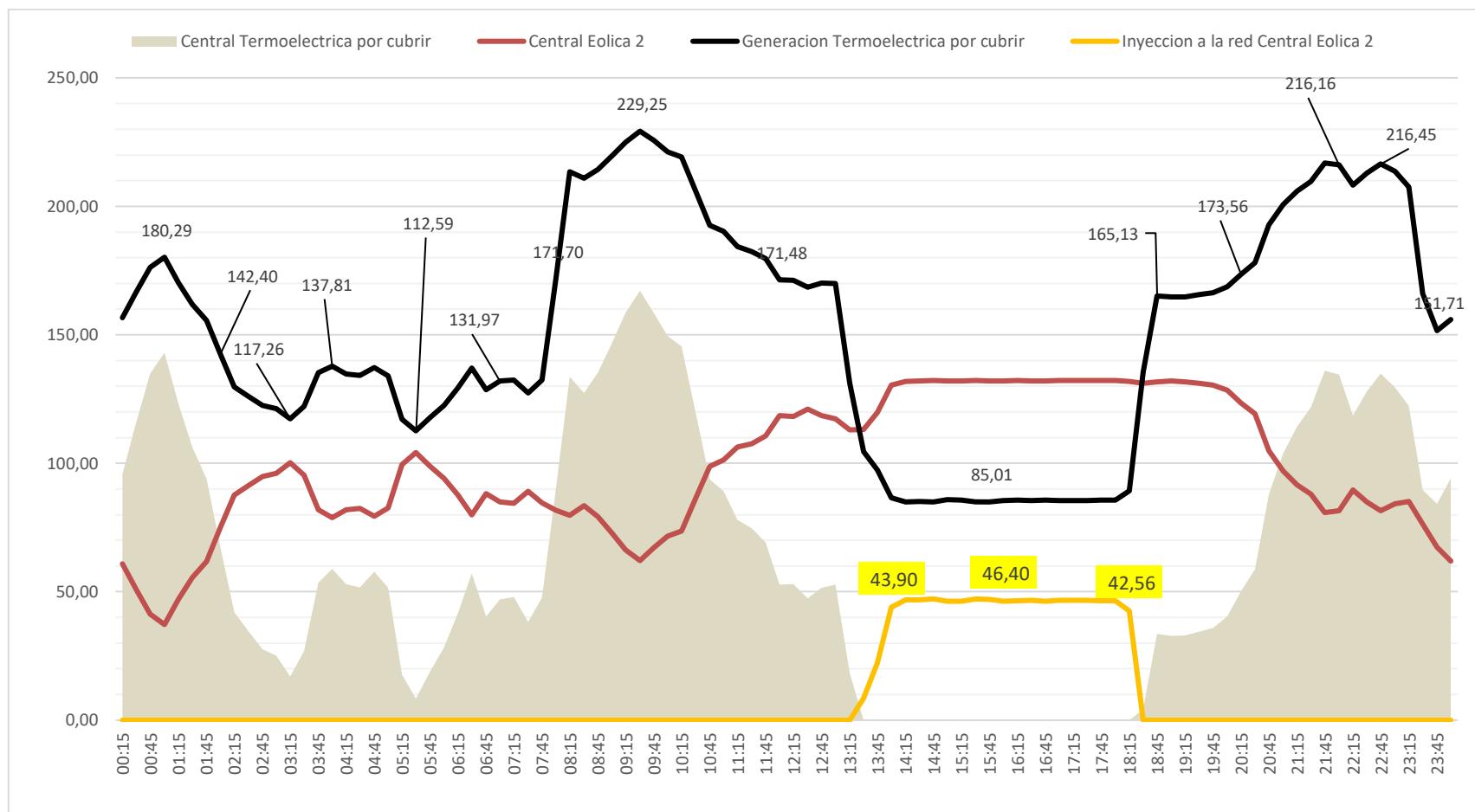


Figura 34 Operación de Central Eólica 2

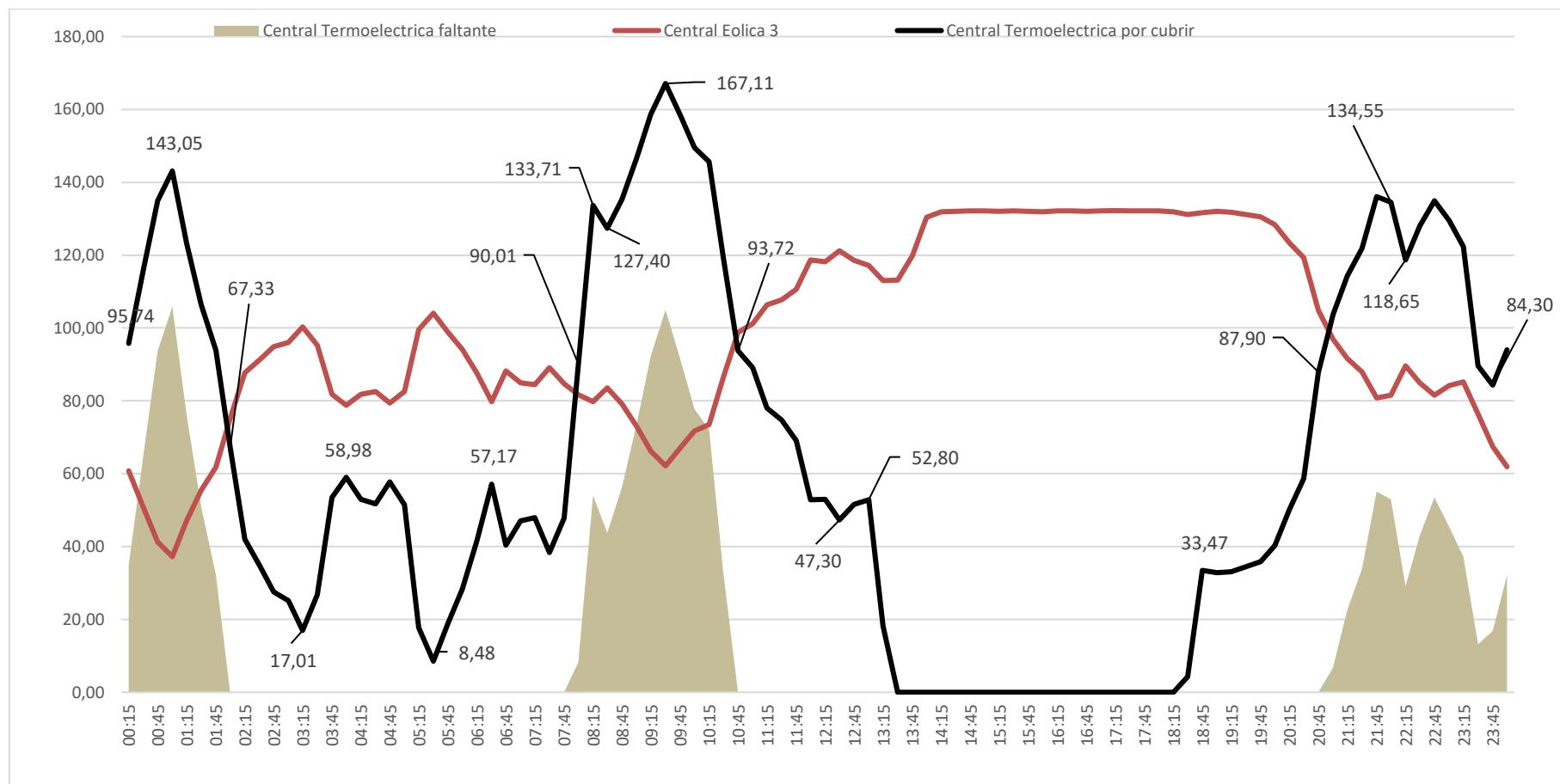


Figura 35 Operación de Central Eólica 3

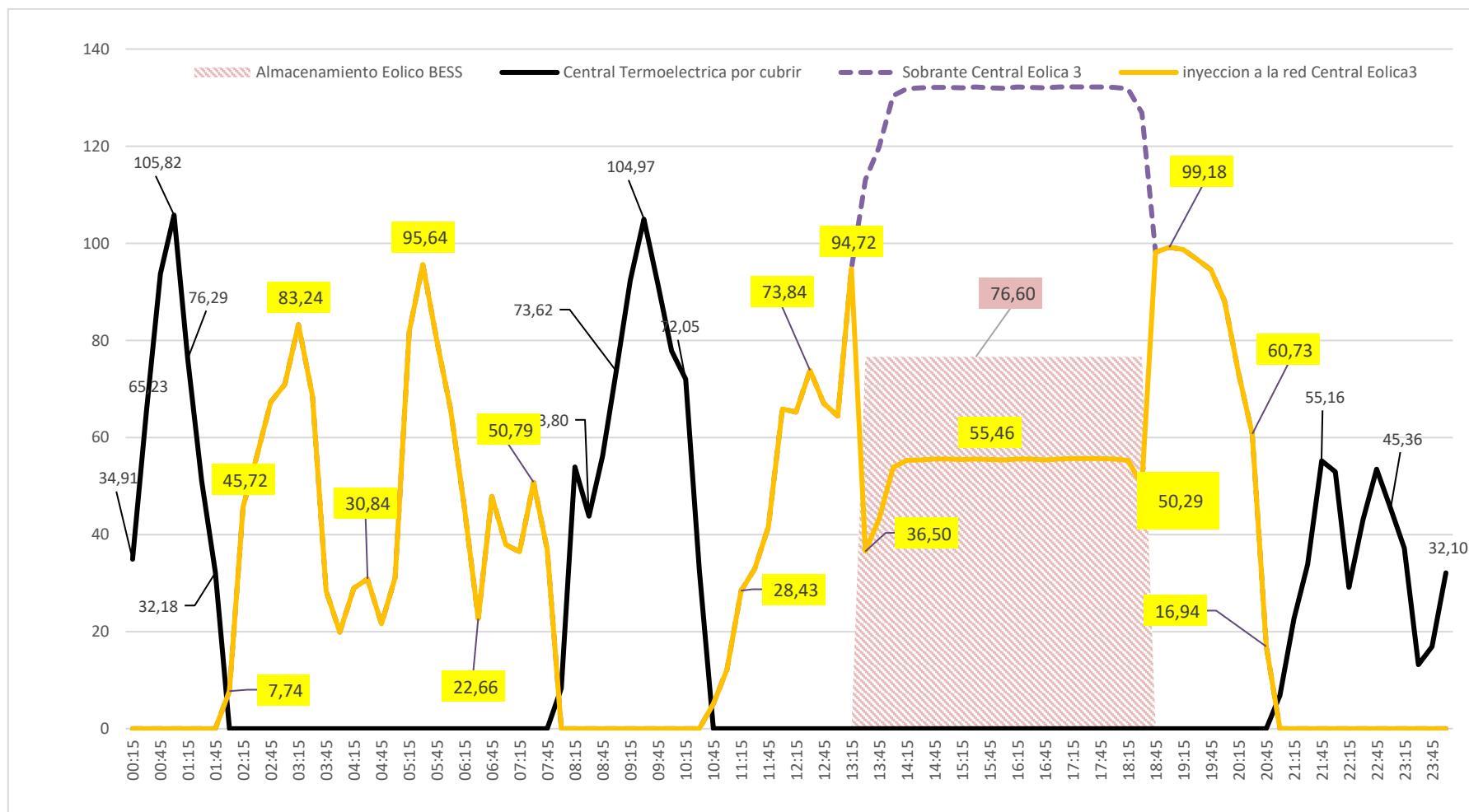


Figura 36 Cobertura y almacenamiento de energía generada restante de Central Eólica 3

4.4.3 Con respecto a una central con biomasa.

Realizando el análisis para el diagrama de carga de la figura N° 22, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 372,1 MWh.

Resultados.

Lo generado por la central con biomasa tan solo representa el 6,2 % de lo generado por la central termoeléctrica de ciclo combinado, la cual es 5 999,4 MWh. Por lo tanto, sería necesaria un equivalente a 17 centrales de energía con biomasa para poder reemplazar la generación de energía de una central termoeléctrica. Con el inconveniente de que la Empresa Paramonga, propietaria de la Central con Biomasa, no dispone de recurso energético para cubrir la demanda requerida por la Central Termoeléctrica.

. 4.4.4 Con respecto a una central con biomasa.

Realizando el análisis para el diagrama de carga de la figura N° 24, por método de integración de áreas se obtiene una energía producida de 57,4 MWh.

Resultados.

Lo generado por la central con RSU solo representa el 0,95 % de lo generado por la central termoeléctrica de ciclo combinado, la cual es 5 999,4 MWh. Por lo tanto, sería necesaria un equivalente a 105 centrales de energía con RSU para poder reemplazar la generación de energía de una central termoeléctrica.

Con el inconveniente de que la Empresa Petramas S.A.C, propietaria de la Central con RSU Doña Catalina, no dispone de recurso energético para cubrir la demanda requerida por la Central Termoeléctrica.

4.5 Benchmarking Energético.

4.5.1 Con respecto a la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple:

- Benchmarking técnico.**

La Central Solar genera 1528,3 MWh con lo cual cubre los 1 038,9 MWh generado por la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple, lo que representa 67,98% de su producción. Quedando como inyección de energía eléctrica a la red externa un valor de 489,4 MWh.

La Central Eólica genera 2 369,0 MWh con lo cual cubre los 1 038,9 MWh generado por la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple, lo que representa 43,85% de su producción. Quedando como inyección de energía eléctrica a la red externa un valor de 1 330,1 MWh.

La Central Eólica tiene un excedente de inyección con respecto a la central solar de 840,7 MWh.

- **Benchmarking económico.**

Con respecto a la Central Solar: Inversión 165'000 000 U\$. (incluye 01 BESS)

Costo de operación: 47,48 U\$/MWh.

Con respecto a la Central Eólica: Inversión 165'800 000 U\$.

Costo de operación: 37,38 U\$/MWh.

Con referencia a la inversión existe una diferencia de 800 000 U\$ entre la central eólica y la central solar. Siendo de menor inversión la central solar.(sin incluir la inversión del BESS)

En lo referente a costos específicos Inversión por potencia, la central solar tiene un valor 1 139,5 U\$/MW, mientras que la central eólica tiene un valor de 1 253,2 U\$/MW. Lo que representa un costo específico superior de 9,97%.

Con respecto a la prima RER:

La Central Eólica presenta una Prima RER igual a 1,058 U\$/MWh. Esto representa 2,93% sobre el valor del costo de generación de la central termoeléctrica a gas ciclo simple. Y para una generación reemplazada de 1 038,9 MWh/día se tiene un subsidio involucrado a su operación de 1 122,0 U\$/día y para 30 días de operación mensual se tiene un subsidio a cubrir de 33 660,0 U\$.

La Central solar presenta una Prima RER igual a 11,23 U\$/MWh. Esto representa 30,50% sobre el valor del costo de generación de la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple. Y para una generación reemplazada de 1 038,9 MWh/día se tiene un subsidio involucrado a su operación de 11 666,85 U\$/día y para 30 días de operación mensual se tiene un subsidio a cubrir de 350 005,5 U\$/mes.

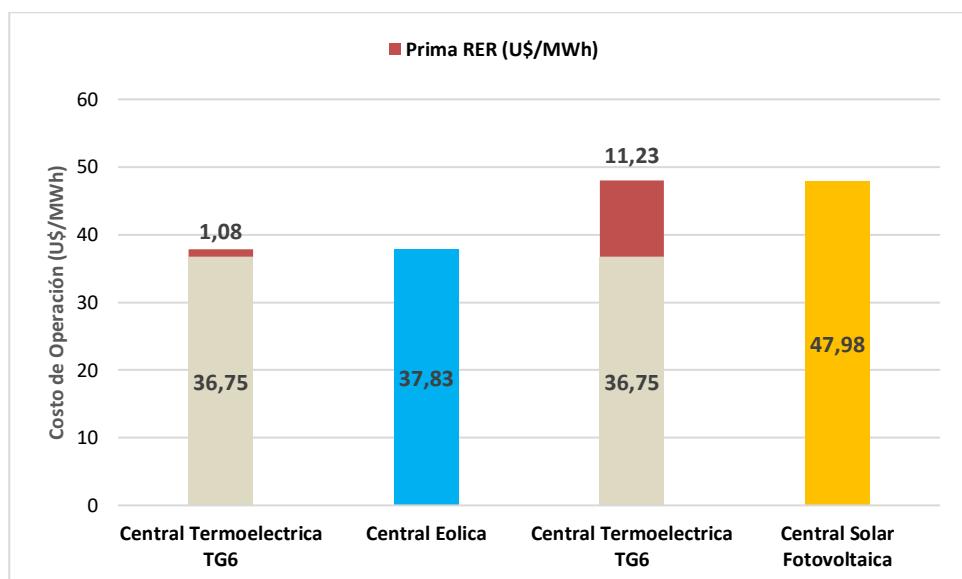


Figura 37 Prima RER para una central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple

- **Benchmarking ambiental.**

Teniendo en cuenta un factor de emisiones de 56,1 kg CO₂/TJ para el gas natural.

Y además los siguientes parámetros fisicoquímicos del gas natural:

Poder calorífico 46 894 kJ/kg

Densidad 0,65 kg/m³

Factor de conversión: 28 m³/MMBTU

Heat Rate de la Central Termoeléctrica TG6 10,33 MMBTU/MWh.

Equivalente energético

$$= 10,33 \frac{\text{MMBTU}}{\text{MWh}} * 1\,038,9 \frac{\text{MWh}}{\text{dia}} * 28 \frac{\text{m}^3}{\text{MMBTU}} * 0,65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ * 46\,894 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * \frac{\text{TJ}}{10^9 \text{kJ}} = 9,16 \text{ TJ/dia}$$

$$\text{Emisiones} = 9,16 \frac{\text{TJ}}{\text{dia}} * 56,1 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}} * \frac{\text{Ton CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} = 0,51 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{dia}}$$

El reemplazo de la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple involucra dejar de emitir 0,51 Ton. CO₂/día o 15,41 Ton. CO₂/mes.

4.5.2 Con respecto a la central termoeléctrica con ciclo combinado:

- **Benchmarking técnico.**

La 04 Centrales Solares generan 6 113,2 MWh (Cada una de ellas 1 528,3 MWh) con lo cual cubre los 5 999,4 MWh generado por la central termoeléctrica con ciclo combinado, lo que representa 98,17% de su producción. Quedando como inyección de energía eléctrica a la red externa un valor de 113,8 MWh.

Las 03 Centrales Eólicas generan 7 108,2 MWh (cada una de ellas 2 369,0) con lo cual cubre los 5 999,4 MWh generado por la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple, lo que representa 84,40% de su producción. Quedando como inyección de energía eléctrica a la red externa un valor de 1 108,8 MWh.

Las Centrales Eólicas tiene un excedente de inyección con respecto a las centrales solares de 995,0 MWh.

- **Benchmarking económico.**

Con respecto a las 04 Centrales Solares: Inversión 660'000 000 U\$.

Incluyen 03 BESS de 327,3, 1 528,2 y 1 413,8 MWh.

Costo de operación: 47,48 U\$/MWh.

Con respecto a las 03 Centrales Eólicas: Inversión 497'400 000 U\$.

Incluyen 01 BESS de 402,2 MWh.

Costo de operación: 37,38 U\$/MWh.

Con referencia a la inversión tan solo de las centrales de energía RER existe una diferencia de 162'600 000 U\$ entre la central eólica y la central solar. Representando una menor inversión el grupo de 03 centrales eólicas.

Con respecto a la prima RER en el supuesto de que la central termoeléctrica de ciclo combinado margine en el despacho de energía:

La Central Eólica presenta una Prima RER igual a 11,49 U\$/MWh. Esto representa 43,62% sobre el valor del costo de generación de la central termoeléctrica de ciclo combinado. Y para una generación reemplazada de 5 999,4 MWh/día se tiene un subsidio involucrado a su operación de 68 933,10 U\$/día y para un mes de operación se tiene un subsidio de 2'067 993,18 U\$.

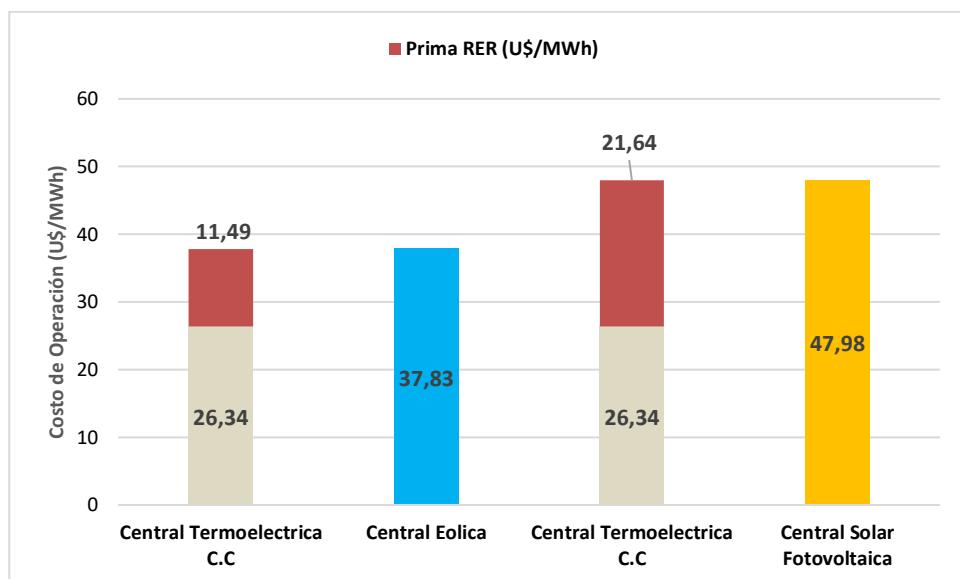


Figura 38 Prima RER para una central termoeléctrica con ciclo combinado

La Central solar presenta una Prima RER igual a 21.64 U\$/MWh. Esto representa 82,15% sobre el valor del costo de generación de la central termoeléctrica de ciclo combinado. Y para una

generación reemplazada de 5 999,4 MWh/día se tiene un subsidio involucrado a su operación de 129 827,01 U\$/día y para un mes de operación se tiene un subsidio a cubrir de 3'894 810,48 U\$/mes.

- **Benchmarking ambiental.**

Teniendo en cuenta un factor de emisiones de 56,1 kg CO₂/TJ para el gas natural.

Y además los siguientes parámetros fisicoquímicos del gas natural:

Poder calorífico 46 894 kJ/kg

Densidad 0,65 kg/m³

Factor de conversión: 28 m³/MMBTU

Heat Rate de la Central Termoeléctrica de ciclo combinado 6,835 MMBTU/MWh.

Equivalente energético

$$= 6,835 \frac{\text{MMBTU}}{\text{MWh}} * 5\ 999,4 \frac{\text{MWh}}{\text{dia}} * 28 \frac{\text{m}^3}{\text{MMBTU}} * 0,65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ * 46\ 894 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * \frac{\text{TJ}}{10^9 \text{kJ}} = 35 \text{ TJ/dia}$$

$$\text{Emisiones} = 35 \frac{\text{TJ}}{\text{dia}} * 56,1 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}} * \frac{\text{Ton CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} = 1,96 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{dia}}$$

El reemplazo de la central termoeléctrica con ciclo combinado involucra dejar de emitir 1,96 Ton. CO₂/día o 58,90 Ton. CO₂/mes.

4.6 Discusión de Resultados.

El presente informe demuestra que las centrales RER están en un proceso de inserción en el Perú , habiéndose implementado hasta la fecha 4 subastas RER y además según la normativa peruana se considera que el 5% de la demanda de generación debe cubrirse con centrales RER, a través de estos mecanismos se promueve el uso de este tipo de centrales de generación, a diferencia del informe de Batlle y Paredes (2014) en la cual manifiestan que las nuevas fuentes renovables no son despachables y presentan un impacto siendo principalmente las centrales hidroeléctricas las de mayor capacidad de integración a la red de generación, en el caso peruano existe una promoción por el empleo de las centrales RER del tipo solar fotovoltaica, eólica, biomasa y con RSU.

Se concuerda con Calle, Curí, Huaraz y Zavaleta (2018) en lo referente que debe excluirse de la normativa peruana las restricciones a la venta de potencia firme por parte de las centrales RER con lo cual ningún generador puede contratar con Usuarios Libres y Distribuidores más potencia y energía firme que las propias y las que tenga contratadas con terceros. Se ha demostrado que las centrales RER cuentan con tecnologías para poder cubrir una demanda determinada tal como se presenta en el siguiente informe y así mismo emplear sistemas de almacenamiento a gran escala, con lo cual se les debe dar esta opción de poder comercializar su energía a clientes libres y empresas distribuidoras.

Se ha demostrado que para el reemplazo de centrales termoeléctricas las centrales RER eólicas y solares fotovoltaicos presentan mejor disponibilidad de recursos para reemplazar la operación de una central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple y una central termoeléctrica con ciclo combinado. Y se concuerda con Dammert, Javier y Bautista (2017) quienes manifiestan que el volumen disponible de energías renovables: es abundante en el caso de energía solar fotovoltaica y eólica, pero limitado en biomasa y biogás, los cuales dependen de la cantidad de energía primaria disponible en este caso la caña de azúcar y los residuos sólidos urbanos. Del mismo modo los precios ofertados de la tecnología solar fotovoltaica y eólica son competitivos y cercanos al valor de la central termoeléctrica de ciclo simple que cubre el despacho de generación. Del mismo modo los costos de generación con energías renovables actualmente son competitivos tal es el caso del precio ofertado por la central eólica el cual es igual 37,83 U\$/MWh.

Se concuerda con Fernández (2018) en lo referente a que los costos de generación de las centrales termoeléctricas con gas natural se han incrementado desde un precio unitario de 2,65 U\$/MWh en 5 años a un valor de 3,365 U\$/MWh, lo cual ha permitido también una cercanía del costo de la generación de la central termoeléctrica que cubre la máxima demanda del sistema al precio ofertado por las centrales RER. A diferencia del caso mexicano, en el Perú, ya no se cuenta con centrales termoeléctricas con petróleo ni carbón.

Se concuerda con lo que Muñoz (2020) comenta que los incentivos para la instalación de las Centrales RER, en reducción de costos de inversión y costos de operación, ha permitido en los últimos 5 años la competitividad de las centrales RER, , así tenemos para las centrales eólicas la inversión se ha reducido desde 3,366.67 U\$/KW a 1,313.87 U\$/KW, mientras que su costo variable de operación se ha reducido el 55.5 % desde 87 U\$/MWh a 55.5 U\$/MWh.

En el presente informe se ha estimado que mensualmente se pueden dejar de emitir un equivalente a 15,41 Ton. CO₂/mes al reemplazar a la central termoeléctricas con turbina a gas ciclo simple que consume gas natural, concordando con Oyanguren (2014) quien, para la fecha de estudio, escenario en el cual el petróleo era reemplazado por el gas natural se consiguió para el periodo 2014 una reducción de 229 Ton CO₂ equivalente.

Conclusiones

- Se determino los indicadores de desempeño de las centrales RER en estudio, siendo los principales los siguientes: 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%,., mientras que para una central con biomasa es de 83,8% y con RSU 91,0%
- Se estimo que el reemplazo de la generación de energía para una central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple de 1 038,9 MWh, donde la central solar fotovoltaica inyecta 533,3 MWh a la red remplazando la operación de la central termoeléctrica, 505,6 MWh son almacenados en 1 BESS y la energía inyectada durante las horas faltantes para cubrir la totalidad de la energía que debe reemplazar de la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple. Mientras que la restante energía generada por la central solar fotovoltaica se inyecta a la red (489,4 MWh).
- Se estimo que el reemplazo de la generación de energía para una central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple de 1 038,9 MWh, donde la central eólica inyecta 1 038,9 MWh a la red remplazando la operación de la central termoeléctrica e inyecta 330,1 MWh de forma directa a la red eléctrica.
- Se cuenta con 04 Centrales Solares (con 03 BESS) que generan 6 113,2 MWh (Cada una de ellas 1 528,3 MWh) con lo cual cubre los 5 999,4 MWh generado por la central termoeléctrica con ciclo combinado, lo que representa 98,17% de su producción. Quedando como inyección de energía eléctrica a la red externa un valor de 113,8 MWh.
- Se cuenta con 03 Centrales Eólica (con 1 BESS) s generan 7 108,2 MWh (cada una de ellas 2 369,0) con lo cual cubre los 5 999,4 MWh generado por la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple, lo que representa 84,40% de su producción. Quedando como inyección de energía eléctrica a la red externa un valor de 1 108,8 MWh.
- La Central Eólica presenta una Prima RER igual a 1,058 U\$/MWh. Esto representa 2,93% sobre el valor del costo de generación de la central termoeléctrica a gas ciclo simple. Y para una generación reemplazada de 1 038,9 MWh/día se tiene un subsidio involucrado a su operación de 1 122,0 U\$/día y para 30 días de operación mensual se

tiene un subsidio a cubrir de 33 660,0 U\$. Mientras que la Central solar presenta una Prima RER igual a 11,23 U\$/MWh. Y para una generación reemplazada de 1 038,9 MWh/día se tiene un subsidio involucrado a su operación de 11 666,85 U\$/día y para 30 días de operación mensual se tiene un subsidio a cubrir de 350 005,5 U\$/mes.

- El reemplazo de la central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple involucra dejar de emitir 0,51 Ton. CO₂/día o 15,41 Ton. CO₂/mes. El reemplazo de la central termoeléctrica con ciclo combinado involucra dejar de emitir 1,96 Ton. CO₂/día o 58,90 Ton. CO₂/mes.
- Como respuesta a la hipótesis de la investigación los efectos del reemplazo de una central termoeléctrica por una central RER en el sistema de generación del Perú permite su reducción total de una central termoeléctrica con turbina a gas ciclo simple y de ciclo combinado, se tiene una reducción de las emisiones de CO₂ en 74,31 Ton. CO₂/mes, pero aun la prima de energía se deberá pagar como subsidio por los costos de generación de las centrales RER según su tecnología.

Recomendaciones

- Se sugiere realizar una tesis específica referente a la importancia de los BESS en los procesos de cobertura de la demanda en horas punta con generación de energía solar fotovoltaica acumulada durante los periodos de horas sol e inyectada a la red eléctrica durante las horas de máxima demanda en el SEIN.
- Si bien es cierto que la central eólica tiene un precio de generación ofertado de 37,83 U\$/MWh, el cual es un valor muy competitivo con respecto al valor ofertado por una central solar fotovoltaica, se debe analizar los efectos de la variabilidad de la inyección de la energía generada por una central eólica, la cual contamina a la red y crea distorsión en el flujo de potencia.
- Es necesario permitir que las centrales RER puedan tener contratos de potencia firme con clientes libres o empresas distribuidoras, tal como existen en mercados eléctricos modernos de Europa. Esto conlleva a una modificación de algunos artículos de la Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica, Ley 28832.
- Se debe promover los proyectos de centrales RER hibridas de pequeña potencia para incrementar el coeficiente de electrificación, básicamente en las zonas rurales en donde existe déficit o carencia de energía eléctrica,

Referencias bibliográficas.

Tesis.

- Bojorquez, M. (2018). Planteamiento de un parque eólico marino en la costa peruana: regiones de Ica, Piura y La Libertad. Tesis para optar el título de ingeniero mecánico en la Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Bringas, A. y Sosía, D. (2019). Efecto de la interconexión regional Perú-Ecuador en el sistema de generación de energía eléctrica del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú.
- Calle, Curí, Huaraz y Zavaleta. (2017). Análisis, diagnóstico y propuesta de nueva política de promoción de energías renovables. Tesis presentada para obtener el grado de Maestro en Gestión de la Energía. Universidad ESAN. Perú.
- Choque, Y. (2018). Conversión del ciclo simple con diésel B5 S-50 a ciclo combinado con gas natural de la central termoeléctrica puerto bravo, Mollendo – Arequipa. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad San Agustín de Arequipa. Perú.
- Diaz, C. (2017). Despacho económico de cargas en sistemas eléctricos de potencia: modelado, simulación y análisis. Tesis para optar el Grado de Magister en Ingeniería de Minas. Universidad de Oviedo.
- Fernández. (2018). Análisis de las energías limpias para la generación de electricidad. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico y Petróleo en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas de México.
- Ferrer, B. (2017). Estimación del impacto sobre la salud humana ocasionado por el desarrollo del polo energético de Chilca. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. UTEC. Perú

- Flores, O. y Pérez, D. (2018). Influencia de la conversión a ciclo combinado en la potencia efectiva de la central termoeléctrica de reserva fría de Ilo – Moquegua. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú
- Garayar, H. (2018). Comportamiento de la central de reserva fría de Ilo para la cobertura de la demanda de energía en condiciones de emergencia. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú.
- Gordillo, C. (2019). Análisis termodinámico de una central termoeléctrica de ciclo combinado gas - vapor con el programa EES. Tesis para optar el grado de doctor en Ingeniería Energética en la Universidad de San Agustín. Perú.
- Lizana, C. (2019). Dimensionamiento de un sistema con recursos energéticos renovables conectado a red en el Distrito de Tarapoto, San Martín. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista en la universidad Pedro Ruiz Gallo de Chiclayo. Perú.
- López (2013). Despacho de energía en mercados eléctricos competitivos. Tesis para optar el Grado de Maestro en Ingeniería Eléctrica. Universidad Autónoma de México.
- Mendoza, W. y Carbajal, J. (2019). Repotenciación de la Central Hidroeléctrica Pomabamba y su influencia en los parámetros técnicos económicos de la unidad de negocios Huaraz - Hidrandina S.A. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú.
- Muñoz (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.

Oyanguren (2014). Despacho de generación con energías renovables y su impacto en el medio ambiente - Caso Peruano. Informe de investigación realizado para el Instituto de Investigación de la Facultad energía eléctrica y electrónica de la Universidad Nacional del Callao. Perú.

Palomino y Pumay. (2014). Estudio de la proyección de la reserva de generación de energía eléctrica para una confiabilidad del sistema eléctrico interconectado del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú.

Polanco. (2018). Convenios de interconexión eléctrica para consolidar el uso de energías renovables no convencionales en la matriz energética peruana. Tesis para optar el título de Abogado. Universidad Santo toribio de Mogrovejo. Perú.

Rau, R. (2010). Despacho económico óptimo de plantas de generación hidrotérmico en sistemas de energía eléctrica. Tesis para optar el título de Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional del Centro. Perú.

Rojas, L. (2021). Relacion entre la capacidad de cogeneración y la cobertura de la demanda en empresa Cantarana S.A Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú.

Sandoval, L. (2021). Potencia de grupos electrógenos para la cobertura de demanda de energía en S.E Sechura. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú.

Tafur, T. (2014). Ciclo combinado 3x1 de la central térmica chilca1 y su efecto en. la potencia efectiva y rendimiento de las configuraciones operativas, Lima. Tesis para optar el título de Ingeniero mecánico en la Universidad Nacional del Callao. Perú.

Solorzano y Ledesma. (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.

Vega y Flores. (2014). Análisis de la cobertura de la demanda de energía en condiciones de emergencia de la zona norte Piura-Tumbes mediante la central de reserva fría de Talara de 200 MW. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú.

Venegas (2019). Reforma de la Regulación Eléctrica para la Introducción de Proyectos RER. Tesis para optar la segunda especialidad en derecho administrativo en la pontificia Universidad Católica del Perú.

Zanabria. (2019). Hacia una transición energética, perfeccionamiento a la regulación de energías renovables no convencionales. Tesis para optar el grado de Maestro en Regulación y Servicios Públicos en la Universidad del Pacifico. Perú.

Textos.

Álvarez Flores, J. Motores de combustión interna. Editorial de la Universidad Politécnica de Cataluña. España. 2010. 520 pp. ISBN 8483018187

Guevara, R. (2020). Modulo I del Curso de Centrales Termoeléctricas. Universidad Nacional del Santa. Perú.

Schmerler, D. Velarde, J. Rodríguez, A. y Solís, B. (2019). Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética. Osinergmin. Editorial Biblios. Perú. 143 pp. ISBN: 978-612-47350-6-6

Vásquez, A. Tamayo, J. y Jacome, J. (2017). La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático. Osinergmin. Editorial Biblios. Perú. 129 pp. ISBN: 978-612-47350-2-8

Linkografía.

Batlle. Análisis del impacto del incremento de la generación de energía renovable no convencional en los sistemas eléctricos latinoamericanos. Investigación

realizada para el Banco Interamericano de Desarrollo. USA. 2014. [Consulta: 20 de marzo del 2021].Disponible en:

<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/An%C3%A1lisis-del-impacto-del-incremento-de-la-generaci%C3%B3n-de-energ%C3%ADA-rena>ovable-no-convencional-en-los-sistemas-el%C3%A9ctricos-latinoamericanos.pdf

Calduch. 2014.Metodos y técnicas de investigación. Universidad Complutense de Madrid. España. [Consulta: 8 de mayo del 2021].Disponible en:
<https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Metodos%20y%20Tecnicas%20de%20Investigacion%20Internacional%20v2.pdf>

Cenergia. Determinación de la potencia efectiva y rendimiento del ciclo combinado TG1+TV de la central térmica Santo Domingo de los Olleros operando con gas natural. Estudio realizado para Termochilca. Perú. 2021. [Consulta: 8 de febrero del 2022].Disponible en:
<https://www.coes.org.pe/Portal/Operacion/Estudios/PotenciaEfectiva>

Cenergia. Determinación de la potencia efectiva y rendimiento de las unidades de la central térmica Doña Catalina. Estudio realizado para Petramas. Perú. 2021. [Consulta: 8 de enero del 2022].Disponible en:
<https://www.coes.org.pe/Portal/Operacion/Estudios/PotenciaEfectiva>

Cenergia. Determinación de la potencia efectiva y rendimiento de la unidad tg6 de la central térmica Malacas operando con gas natural. Estudio realizado para Enel Generación Piura, Perú. 2019. [Consulta: 18 de enero del 2022].Disponible en:
<https://www.coes.org.pe/Portal/Operacion/Estudios/PotenciaEfectiva>

COES. Estadística Anual 2020. Portal del Comité Económico del Sistema Eléctrico Peruano. 2021. [Consulta: 28 de marzo del 2021].Disponible en:
<https://www.coes.org.pe/Portal/publicaciones/estadisticas/estadistica2020#>

COES. (2020). Procedimiento N° 17 Determinación de la potencia efectiva y rendimiento de centrales termoeléctricas. Portal del Comité Económico del Sistema Eléctrico Peruano. 2021. [Consulta: 28 de octubre del 2021].Disponible en:
<https://www.coes.org.pe/Portal/MarcoNormativo/Procedimientos/Tecnicos>

Dammert, Javier y Bautista. El Potencial de las Energías Renovables en el Perú. Trabajo de Investigación realizado para la Universidad San Martin de Porres. Perú. 2014. [Consulta: 28 de marzo del 2021].Disponible en:
https://aeden.es/wp-content/uploads/2019/04/DAMMERT-Alfredo_Potencial-Energias-Renovables-en-Peru-VF-02_-OCTUBRE-2018.pdf

Diaz. ¿RER o no RER? . Consultora Macroconsult. Perú. 2018.. [Consulta: 7 de marzo del 2021].Disponible en:
<https://sim.macroconsult.pe/rer-o-no-rer/>

Endesa. (2018). Centrales de biomasa: infografía para conocer su funcionamiento. Portal web de ENDESA. España. [Consulta: 7 de setiembre del 2021].Disponible en:
<https://www.endesax.com/es/es/historias/2021/centrales-de-biomasa>

EPEC. (2016). Energía eólica. División de publicidad de EPEC. Argentina. [Consulta: 12 de octubre del 2021].Disponible en:
<https://web.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/eolica.pdf>

Espinoza. Los verdaderos problemas del sector energía. Revista de Energía del Perú. 2019. [Consulta: 12 de mayo del 2021].Disponible en:
<https://revistaenergia.pe/columnistas/los-verdaderos-problemas-del-sector-energia/>

Fundación TERRAM. (2018). Problemas de la termoelectricidad. Fundación TERRAM. España. [Consulta: 12 de diciembre del 2021].Disponible en:

<https://www.terram.cl/carbon/termoelectricidad/problemas-e-impactos/>

Gobierno del Perú, Decreto legislativo 1002. Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables. Ministerio de Energía y Minas. Perú. 2010. [Consulta: 2 de abril del 2021].Disponible en:

Gobierno del Perú, Decreto supremo N° 012-2011-EM. Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables. Ministerio de Energía y Minas. Perú. 2011. [Consulta: 7 de abril del 2021].Disponible en:
<http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/doctrev/DS-012-2011-EM-CONCORDADO.pdf>

Gobierno del Perú. (2009). Informe N° 0403-2009-GART. Procedimiento de Cálculo de la Prima para la Generación con Recursos Energéticos Renovables. Osinergmin. Perú. [Consulta: 7 de diciembre del 2021].Disponible en:
<https://www.osinergmin.gob.pe/Resoluciones/pdf/2009/Informe-No.0403-2009-GART.pdf>

Hamek. Estudio de determinación de la potencia efectiva y rendimiento de la planta a vapor de la central térmica de Paramonga. Estudio realizado para COES, Perú. 2019. [Consulta: 22 de enero del 2022].Disponible en:
<https://www.coes.org.pe/Portal/Operacion/Estudios/PotenciaEfectiva>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero Volumen 2-Energía. 2021. [Consulta: 14 de abril del 2021].Disponible en:
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html>

Osinergmin. 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.osinergmin.gob.pe/GRT/Procesos-Regulatorios/Tarifas-Barra/FPB-2022-2023/06Publicacion-%20Proyecto/6.1Informes/6.1.1.InformeTecnicoN099-2022-GRT.pdf>

Osinergmin. Central solar rubí (144,48 MW), Ficha técnica de central acopladas al SEIN. Perú. 2021. [Consulta: 14 de enero del 2022].Disponible en:
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.6.pdf

Osinergmin. Central eólica Wayra I (Parque Nazca) (132,3 MW), Ficha técnica de central acopladas al SEIN. Perú. 2021. [Consulta: 23 de enero del 2022].Disponible en:
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.7.5.pdf

Osinergmin. Central de biomasa Paramonga (23 MW), Ficha técnica de central acopladas al SEIN. Perú. 2021. [Consulta: 24 de enero del 2022].Disponible en:
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.5.5.pdf

Osinergmin. Central termoeléctrica de biomasa Huaycoloro II (2,4 MW), Ficha técnica de central acopladas al SEIN. Perú. 2021. [Consulta: 27 de enero del 2022].Disponible en:
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/3.7.1.pdf

Pérez, Métodos y técnicas de recolección de datos más efectivos. Consultora QuestionPro. 2021. [Consulta: 14 de mayo del 2021].Disponible en:
<https://www.questionpro.com/blog/es/metodos-de-recoleccion-de-datos/>

Revista Sector Electricidad. Perú: Mercado eléctrico peruano y participación de las tecnologías con RER. Revista Sector Electricidad Año 2018. [Consulta: 14 de abril del 2021].Disponible en:

<http://www.sectorelectricidad.com/23226/peru-mercado-electrico-peruano-y-participacion-de-las-tecnologias-con-rer/>

Sayas, L. (2020). Inflexibilidades operativas en centrales térmicas; conceptualización, modelamiento y simulación para una operación inteligente con energías renovables. VI Congreso Smart Grids. Perú. [Consulta: 14 de diciembre del 2021].Disponible en:

<https://www.smartgridsinfo.es/comunicaciones/comunicacion-inflexibilidades-operativas-centrales-termicas-conceptualizacion-modelamiento-simulacion-operacion-inteligente-energias-renovables>

SNCZI-IPE. (2018) Aprovechamientos hidroeléctricos. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España. Gobierno de España. [Consulta: 2 de enero del 2022].Disponible en:

https://sig.mapama.gob.es/Docs/PDFServiciosProd2/Aprovechamientos_Hidroelectricos.pdf

Rudnick. La Energía eólica. Capítulo IV. Pontificia Universidad Católica de Chile. [Consulta: 2 de abril del 2021].Disponible en:

<http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/paperspdf/CapituloEolico.pdf>

ANEXOS

Índice de Anexos

Anexo 1 Información estadística de operación de central termoeléctrica TG6. Mes de Diciembre 2022.

Anexo 2 Información estadística de operación de central termoeléctrica de ciclo combinado. Mes de Diciembre 2022.

Anexo 3 Información estadística de operación de central solar fotovoltaica Rubí. Mes de Diciembre 2022.

Anexo 4 Información estadística de operación de central eólica Wayra I. Mes de Diciembre 2022.

Anexo 5 Información estadística de operación de central con biomasa Paramonga. Mes de Diciembre 2022.

Anexo 6 Información estadística de operación de central con RSU Doña Catalina Mes de Diciembre 2022.

Anexo 7 Información de operación de la cobertura de la generación de central termoeléctrica ciclo simple con central solar fotovoltaica.

Anexo 8 Información de operación de la cobertura de la generación de central termoeléctrica ciclo simple con central eólica.

Anexo 9 Información de operación de la cobertura de la generación de central termoeléctrica ciclo combinado con central solar fotovoltaica.

Anexo 10 Información de operación de la cobertura de la generación de central termoeléctrica ciclo combinado con central eólica.

Anexo 1 Información estadística de operación de central termoeléctrica TG6. Mes de diciembre 2022

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-1.1

Fuente: COES SINAC

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-1.2

Fuente: COES SINAC

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-1.3

Fuente: COES SINAC

Anexo 2 Información estadística de operación de central termoeléctrica de ciclo combinado. Mes de diciembre 2022

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-2-

Fuente: COES SINAC

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-2-2

Fuente: COES SINAC

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-2-3

FECHA	PUNTO MEDICIÓN	EMPRESA	CENTRAL	UNIDAD	TOTAL ENERGÍA ACTIVA (MWh)	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	18:00	18:15	18:30	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15	22:30	22:45	23:00	23:15	23:30	23:45
01/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	0,126	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
01/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
02/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
02/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
03/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	2,773,484	180,938	190,924	190,744	191,153	191,439	191,221	191,843	192,129	192,736	192,629	192,782	192,992	193,123	193,204	193,211	193,323	193,059	193,195	193,279	193,451	193,286	189,913	151,329	136,678	136,365	136,703	136,697				
03/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	1,426,360	102,783	102,914	102,942	103,103	103,215	103,303	103,416	103,482	103,612	103,715	103,812	103,969	104,041	104,152	104,213	104,205	104,173	104,262	104,327	104,393	104,310	91,685	81,696	80,408	79,865	79,830	80,024	80,076	79,949	79,635	
04/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	3,840,233	137,263	137,237	137,235	137,237	137,235	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237	137,237				
04/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	2,159,200	80,488	80,418	80,422	80,500	80,524	80,630	80,680	81,038	81,188	81,153	81,404	10,421	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427	10,427			
05/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	3,471,523	137,203	137,227	137,225	137,225	137,225	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226	137,226					
05/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	2,011,169	80,476	80,566	80,700	80,745	80,742	80,804	80,878	81,096	81,062	81,930	81,746	10,425	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433	10,433			
06/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	3,746,401	190,373	191,077	191,132	191,475	191,941	191,919	191,210	192,473	192,796	193,247	193,134	193,253	193,255	193,305	193,634	193,185	193,722	193,407	193,246	193,194	193,383	193,769	193,155	193,344	193,795	194,072	188,439				
06/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	2,129,137	103,243	103,509	103,758	103,788	103,867	104,041	104,364	104,404	104,541	104,617	104,680	104,749	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748	104,748			
07/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	2,884,460	137,181	137,184	137,219	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223	137,223					
07/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	1,667,616	81,276	81,282	81,244	81,223	81,283	81,421	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342	81,342				
08/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
08/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
09/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	1,151,912	111,450	181,124	193,858	193,548	194,274	194,462	194,936	195,423	188,834	135,285	125,695	125,736	125,718	125,714	125,731	125,730	125,732	125,732	125,732	125,732	125,732	125,732	125,732	125,732	125,732	125,732					
09/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
10/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	2,486	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
10/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
11/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	838,449	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
11/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
12/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	472,562	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
12/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
13/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	1,249,105	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
13/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
14/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	252,637	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
14/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
15/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
15/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
16/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
16/12/2021	2158	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
17/12/2021	486	TERMOCHILCA	C.T. OLEROES	OLEROES TG1	0,00																															

Fuente: COES SINAC

Anexo 3 Información estadística de operación de central solar fotovoltaica Rubí. Mes de diciembre 2022

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-3-1

Fuente: COES SINAC

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-3-

Fuente: COES SINAC

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-3-3

FECHA	PUNTO MEDICIÓN	EMPRESA	CENTRAL	UNIDAD	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MW)	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	18:00	18:15	18:30	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15	22:30	23:15	23:30	00:00
01/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	15,412	29,210	25,008	19,015	30,601	32,095	18,045	6,402	1,703	0,241	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
01/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	75,794	26,971	24,749	19,220	27,881	33,709	17,375	6,473	1,800	0,208	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
02/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	70,873	26,609	31,183	23,068	14,948	12,234	20,221	7,203	1,208	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
02/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	747,443	33,670	44,549	25,617	17,510	14,461	11,956	7,350	1,933	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
02/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	734,746	40,167	56,472	43,798	33,245	21,280	9,749	5,689	2,508	0,297	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
03/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	776,570	63,235	55,261	44,088	32,972	22,566	9,579	5,609	2,607	0,332	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
04/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	623,119	36,736	43,209	22,574	15,019	8,028	5,161	3,652	0,706	0,270	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
04/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	650,783	38,148	38,794	22,013	15,261	9,011	5,219	3,614	0,706	0,280	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
05/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	388,636	9,224	7,879	7,661	6,775	5,005	3,340	1,568	0,367	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
05/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	415,730	9,763	8,500	8,237	7,226	5,407	3,565	1,692	0,441	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
06/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	547,178	13,329	11,109	10,963	10,151	7,991	5,203	3,806	1,325	0,328	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
06/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	572,782	13,711	11,844	11,676	10,661	8,244	5,333	3,264	1,366	0,384	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
07/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	615,45	17,236	15,793	13,656	13,866	11,640	12,370	4,791	1,776	0,151	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
07/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	622,541	18,490	17,606	17,318	14,636	15,424	13,033	5,225	1,927	0,202	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
08/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	741,929	61,357	60,344	52,765	29,736	17,646	23,024	10,006	1,003	0,422	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
08/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	786,574	65,061	53,291	54,929	31,906	16,793	23,588	13,973	5,246	1,067	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
09/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	652,660	50,499	60,767	51,698	35,118	16,224	9,270	4,362	1,661	0,251	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
09/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	692,701	62,319	62,983	55,553	38,379	17,851	9,990	4,597	1,775	0,335	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
10/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	685,646	56,766	41,972	18,402	11,364	5,821	3,730	1,374	0,774	0,065	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
10/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	732,627	59,090	49,104	19,799	11,571	6,198	3,750	1,510	0,848	0,108	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
11/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	311,511	57,236	51,872	47,699	35,345	15,193	17,811	10,466	4,736	0,662	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
11/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	329,085	55,283	44,481	48,529	37,673	13,159	10,042	4,540	0,805	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
12/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	655,250	26,425	32,991	40,952	35,109	17,993	14,476	7,339	3,746	0,752	0,049	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
12/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	708,104	28,096	33,745	38,533	37,456	17,511	14,754	7,291	3,842	0,831	0,064	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
13/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	732,680	38,225	52,758	55,563	28,046	19,538	17,816	8,920	4,310	0,839	0,079	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
13/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	750,010	41,698	61,643	58,000	28,810	17,784	16,766	8,864	4,388	0,925	0,124	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
14/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	758,853	54,777	48,476	58,291	42,378	21,395	20,749	12,221	5,221	0,944	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
14/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	805,631	63,696	43,776	47,799	35,877	21,767	17,741	5,373	0,999	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
15/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	751,386	66,526	63,387	57,387	46,292	25,452	22,889	11,763	4,102	0,727	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
15/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	793,321	69,686	65,868	58,864	47,265	30,384	22,916	11,623	5,028	0,810	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
16/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	753,776	61,985	31,322	59,893	53,814	24,043	22,772	11,246	5,380	0,833	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
16/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	702,431	58,981	59,893	53,449	44,463	22,772	21,222	11,148	5,380	0,830	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
17/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-5	719,587	57,137	56,798	45,167	35,886	23,727	21,426	5,411	1,340	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
17/12/2021	2151	ENEL GREEN POWER S.A.C.	C.S. RUBI	C.S. RUBI - CIRCUITO 1-10	763,176	63,176	57,682	56,624	43,740	33,874	14,633	13,851	5,418	1,028	0,099	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
19/12/2021	2149	ENEL GREEN POWER S.A.C																															

Fuente: COES SINAC

Anexo 4 Información estadística de operación de central eólica Wayra I. Mes de Diciembre 2022.

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-4-1

FECHA	PUNTO MEDICIÓN	EMPRESA	CENTRAL	UNIDAD	TOTAL ENERGÍA ACTIVA [MWh]	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	05:45	06:00	06:15	06:30	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00
01/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,878,608	112,182	107,767	112,656	109,019	97,236	87,453	78,384	77,820	84,709	86,194	89,073	84,386	82,105	78,731	84,994	75,223	60,787	70,555	86,794	100,462	101,427	88,899	77,869	66,514	54,281	45,406	40,198	35,748	28,187	23,942	21,176	17,271
02/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,164,965	49,758	39,201	31,163	21,210	15,619	13,771	11,211	8,647	9,948	8,812	7,623	13,374	20,306	23,754	27,910	24,299	23,240	24,059	24,283	16,090	10,837	8,688	8,873	10,351	6,469	1,791	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
03/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,580,474	29,187	28,204	22,145	17,333	15,554	13,018	10,315	7,845	6,058	4,963	3,086	2,393	2,499	2,956	3,201	3,264	4,099	5,325	7,708	13,969	23,816	35,426	49,882	58,739	58,380	54,441	46,125	35,142	24,901	14,447	14,813	13,301
04/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,874,242	3,260	3,016	4,967	5,699	4,332	2,492	1,789	1,533	1,301	1,058	1,228	2,543	4,227	9,877	28,157	42,260	46,012	50,172	66,968	79,757	95,526	98,041	101,475	97,663	84,291	74,969	60,165	47,026	43,225	37,702	31,511	31,348
05/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,575,462	81,907	74,037	74,081	79,060	73,231	60,376	55,629	52,901	37,346	34,405	33,329	28,747	30,552	35,153	45,518	40,549	33,932	34,190	37,094	37,333	34,621	38,150	43,581	53,187	58,264	55,447	47,584	35,852	30,788	27,420	18,247	
06/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,899,832	50,688	55,422	58,941	61,986	54,237	42,780	34,388	28,727	27,376	24,253	21,639	20,911	18,320	19,070	18,267	20,573	17,597	15,892	16,548	18,594	20,527	24,511	34,489	42,698	47,460	51,163	58,447	62,412	60,384	56,370	51,627	53,616
07/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,885,222	112,309	90,796	73,179	63,056	65,727	72,916	76,511	73,964	73,211	65,320	59,424	50,390	55,539	61,636	64,900	70,048	72,155	63,595	61,559	75,773	79,045	81,235	71,360	66,832	67,709	61,422	49,516	37,485	25,675	15,563	12,242	12,566
08/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,863,716	89,365	100,212	109,839	112,506	107,371	99,445	95,127	95,349	100,814	85,471	71,250	73,467	89,597	91,141	95,448	110,946	121,751	125,468	125,676	122,592	121,118	125,376	126,036	125,435	123,127	124,374	123,231	123,740	125,855	126,234	125,546	124,061
09/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,202,206	24,361	24,764	22,408	17,928	17,076	22,920	29,826	34,297	38,957	53,258	60,517	58,960	51,174	40,025	35,660	34,503	30,681	29,494	29,280	23,675	27,845	27,002	29,089	31,357	30,962	28,469	24,035	22,462	19,928	22,755	25,649	32,159
10/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	983,535	18,131	13,576	13,023	10,688	8,006	5,195	2,437	1,174	1,464	0,392	0,026	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
11/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,430,925	3,247	1,951	1,291	2,844	9,137	7,785	7,096	19,260	35,538	26,468	18,841	28,314	40,552	50,290	55,149	60,215	59,797	60,903	62,623	59,639	59,693	61,989	62,176	58,047	53,650	45,029	39,423	34,600	30,555	29,299	27,451	24,495
12/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	917,730	20,761	22,402	24,838	26,656	25,622	27,386	28,701	33,401	34,065	27,872	22,169	22,956	23,338	21,819	17,799	12,327	8,561	7,890	6,937	4,284	2,017	1,461	1,090	1,706	1,094	0,018	0,281	0,595	0,604	0,579	0,291	
13/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,318,159	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,645,174	57,503	60,618	55,626	52,580	49,803	43,964	37,780	25,242	20,843	22,119	23,964	33,497	39,188	40,019	40,261	41,506	36,780	35,664	31,455	34,471	35,046	29,427	22,954	15,074	12,000	7,451	3,998	5,528	9,444	12,330	11,694	9,851
15/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	2,084,134	47,346	44,187	41,211	29,150	22,836	22,521	20,375	18,866	10,531	7,010	4,385	3,079	2,687	1,275	0,075	0,001	1,269	5,333	14,973	35,363	48,401	59,862	68,272	77,052	83,668	79,958	80,855	86,280	93,407	92,962	94,944	93,298
16/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	2,386,517	51,803	57,670	49,143	46,037	45,257	49,408	62,252	76,759	78,697	73,162	72,738	75,394	84,633	88,122	80,123	92,433	95,204	98,990	104,847	106,575	112,539	123,274	118,242	94,554	89,100	80,427	66,725	64,055	63,872	70,464	76,339	
17/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	2,369,073	60,835	50,758	41,275	37,324	41,274	55,481	61,733	75,069	87,716	91,209	94,906	96,083	100,247	95,327	81,856	78,830	81,852	82,517	79,404	82,603	99,495	104,114	98,856	94,158	87,643	79,833	88,251	84,928	84,425	89,096	84,657	81,695
18/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,659,428	60,365	51,850	50,419	45,299	35,123	25,875	28,409	32,231	34,741	40,342	45,615	49,336	43,057	37,272	34,055	35,778	36,060	35,438	34,040	31,283	26,957	23,439	17,937	12,286	13,550	12,022	13,501	11,781	10,720	6,207	3,171	2,544
19/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,655,182	63,727	58,648	58,403	56,329	55,276	58,232	55,985	48,595	43,652	39,792	33,624	33,639	25,742	30,710	28,183	22,812	20,471	18,974	19,496	19,087	19,372	24,498	28,520	34,051	36,974	39,833	42,170	36,047	27,793	19,888	16,018	13,869
20/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,488,588	59,077	58,206	55,856	51,989	49,150	43,196	40,210	32,647	29,116	28,818	28,856	27,418	27,513	24,718	24,350	22,921	16,699	11,152	8,978	7,918	4,070	2,472	1,236	0,636	2,320	9,638	16,054	18,764	20,579	24,033	21,484	15,411
21/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,509,006	59,299	55,716	47,647	49,370	48,901	50,822	40,600	39,512	44,968	44,922	44,107	35,868	26,866	25,275	22,247	21,911	16,948	8,445	6,915	8,895	11,015	12,773	21,502	26,464	29,867	41,270	48,975	51,603	72,499	91,654	91,565	78,207
22/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	957,508	25,590	25,338	25,618	19,260	21,394	18,405	16,198	15,914	13,475	11,837	12,712	16,039	20,936	20,485	23,634	21,649	16,658	15,013	13,170	11,209	9,426	9,920	11,768	13,264	13,367	12,684	10,475	7,605	6,328	1,250	0,000	0,000
23/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	731,619	0,100	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
24/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	529,164	1,968	0,191	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
25/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C	C.E.W																																		

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-4-2

FECHA	PUNTO MEDICIÓN	EMPRESA	CENTRAL	UNIDAD	TOTAL ENERGIA ACTIVA [MWh]	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00						
01/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,878,608	15,738	18,146	19,638	20,907	25,363	33,064	44,667	53,871	56,542	53,254	48,906	40,556	25,192	18,264	23,551	32,734	34,987	42,847	54,698	62,431	72,117	78,946	93,690	110,514	121,489	123,074	120,593	122,270	124,015	126,694	126,000							
02/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,164,965	0,000	0,000	0,000	0,000	1,534	13,053	24,891	22,280	17,375	19,007	15,619	8,339	7,027	11,725	17,441	23,285	27,063	34,706	43,427	38,971	34,977	36,087	45,314	54,784	64,546	64,084	73,265	80,950	90,016	98,456	106,731							
03/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,580,474	11,952	15,231	20,328	31,219	43,263	50,922	54,935	60,561	72,756	82,510	87,856	84,727	85,970	91,424	89,415	104,717	109,889	117,410	120,905	124,620	124,796	128,493	128,942	129,067	129,038	129,052	129,084	129,129	129,144	129,152	129,111							
04/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,874,242	28,005	24,158	19,914	15,762	13,827	13,692	12,381	11,526	19,889	34,433	54,613	68,092	81,229	95,475	105,218	115,235	114,182	114,001	112,634	111,064	116,148	122,397	124,858	128,563	129,121	129,138	129,120	129,167	129,134	129,119	129,174	129,111						
05/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,575,462	14,606	9,018	6,105	3,513	1,962	1,941	1,734	2,590	2,820	3,450	5,658	8,504	14,021	20,772	24,839	36,229	50,644	68,576	83,774	101,282	97,099	100,681	102,257	107,818	111,914	117,755	121,450	124,952	131,320	131,683	131,574	131,211						
06/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,899,832	50,145	44,203	43,223	46,230	46,552	48,888	48,954	52,849	55,175	66,764	71,478	70,854	69,830	71,622	85,443	93,541	94,672	103,213	107,010	107,096	105,313	109,839	113,596	111,953	113,870	102,824	99,484	101,936	101,600	101,993	106,199	112,111						
07/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,885,222	10,039	10,993	11,430	12,294	15,058	15,109	14,289	16,413	20,895	35,291	40,883	46,321	44,133	41,825	39,277	40,917	44,704	62,630	83,284	91,809	100,081	98,800	106,329	116,927	121,805	122,808	122,847	122,851	121,074	121,169	128,811							
08/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,863,716	117,298	109,690	100,668	96,356	79,621	60,149	4,721	4,006	4,023	4,018	4,011	4,029	4,019	16,861	25,007	34,595	40,033	39,975	40,032	39,981	40,008	40,010	39,981	40,017	40,019	40,013	40,012	40,013	40,009	40,018	40,01							
09/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,202,206	44,164	46,777	46,554	42,624	36,376	23,160	8,706	1,741	0,076	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
10/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	983,535	13,952	18,477	18,989	15,596	13,302	8,916	5,909	4,776	7,112	7,861	8,971	7,143	4,773	2,814	0,276	2,708	12,008	23,000	54,477	69,452	72,997	71,621	70,887	70,988	75,133	70,979	71,527	82,696	88,611	91,176	100,792	107,631						
11/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,430,925	24,644	21,648	16,120	12,487	9,181	4,398	1,594	0,420	0,028	0,000	0,010	1,560	12,133	34,475	64,239	75,829	84,588	111,932	126,230	129,031	129,028	129,017	129,047	128,940	128,990	128,795	127,834	129,032	129,084	132,174	132,121							
12/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	917,730	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
13/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,318,159	43,282	43,539	38,626	32,531	27,144	24,625	23,778	21,443	17,528	15,275	13,907	10,871	9,303	5,673	5,120	7,915	6,645	13,240	30,218	43,424	54,472	72,742	79,239	89,566	101,718	112,782	118,039	119,622	119,750	120,351	125,423	124,141						
14/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,645,174	14,638	25,581	29,438	36,364	41,439	44,505	41,825	44,447	46,312	56,680	62,163	55,161	41,788	36,643	36,266	40,657	44,900	47,658	60,389	68,037	93,015	110,364	122,504	125,505	124,231	126,781	127,733	123,666	125,250	125,014	125,845	125,251						
15/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	2,084,134	84,143	83,360	83,847	84,866	91,576	93,656	104,825	115,689	123,227	124,185	124,410	124,771	125,222	125,542	125,341	124,454	122,344	116,179	110,603	106,923	111,193	112,924	109,743	110,166	109,626	111,533	118,645	123,108	124,691	125,269	124,521							
16/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	2,386,517	67,776	51,361	38,005	44,167	60,260	75,374	85,749	90,679	101,334	104,528	99,542	101,561	104,773	101,375	97,307	95,476	98,285	105,826	111,792	117,134	114,463	122,229	123,477	124,551	125,579	125,793	125,903	125,921										
17/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	2,369,073	79,781	83,599	79,119	72,958	66,246	62,138	67,078	71,730	73,547	86,517	98,827	101,233	106,406	107,671	110,612	118,649	118,208	121,142	118,586	117,231	112,968	113,100	119,841	130,418	131,839	132,006	132,143	132,102	132,405	132,163	132,058	131,901						
18/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,659,428	4,252	3,174	5,152	9,716	16,819	19,771	23,897	23,494	21,696	17,920	19,733	22,778	25,666	25,338	27,794	29,333	32,905	38,217	46,154	52,598	63,302	71,510	83,997	97,965	109,054	116,051	124,497	127,325	129,534	129,814	131,429	131,901						
19/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,653,182	8,301	3,647	1,246	0,275	0,256	0,526	0,100	0,045	0,032	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
20/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,488,588	11,809	9,792	9,731	9,076	6,048	4,663	5,170	9,100	15,938	17,496	19,104	18,575	17,220	20,798	21,344	20,506	20,556	27,465	38,403	57,360	78,761	101,835	111,472	109,940	107,299	104,305	110,901	117,667	119,015	117,529	122,801	127,671						
21/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,509,006	71,854	59,832	48,877	43,942	35,983	27,147	22,131	24,479	28,504	30,079	29,762	27,009	25,481	26,269	35,526	48,835	63,348	74,519	73,653	80,455	91,298	96,602	99,069	103,932	111,526	111,016	108,865	114,725	120,352	120,352	124,546	125,856	128,576	125,943				
22/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	957,508	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,215	0,949	3,132	4,489	7,646	9,877	11,097	15,728	54,666	85,616	92,740	91,807	86,747	86,151	84,476	83,153	83,156	83,153	83,153	83,153					
23/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	731,619	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
24/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	529,164	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
25/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	552,131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,620	3,995	1,973	0,013	0,443	1,345	0,320	0,000	0,001	0,000	0,056	7,467	26,778	58,490	73,852	65,042	67,607	67,550	69,610	65,771				
26/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	1,161,306	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,222	3,747	15,790	29,518	49,238	57,878	61,357	68,866	78,328	81,225	85,668	87,540	100,035	101,476	106,567	109,711	110,419	107,849	106,472	106,403	120,457	127,436	130,030	126,052
27/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	845,212	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
28/12/2021		2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	744,343	12,548	10,779	9,239	5,932	4,236	3,323	2,451	2,139	1,661	0,173	0,001	0,000	0,014</																									

Fuente: COES SINAC

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-4-3

FECHA	PUNTO MEDICIÓN	EMPRESA	CENTRAL	UNIDAD	TOTAL ENERGÍA ACTIVA (MWh)	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	18:00	18:15	18:30	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15	22:30	22:45	23:00	23:15	23:30	23:45	0:00
01/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,878,608	123,582	123,797	121,752	123,962	123,725	117,840	111,144	114,450	115,212	108,801	97,444	89,844	92,968	100,822	106,277	103,592	99,868	98,987	100,091	90,417	77,377	74,666	77,306	85,970	85,163	74,742	71,997	88,382	85,263	77,594	64,105	54,032
02/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,164,965	109,902	120,378	124,658	127,872	128,996	128,407	127,504	129,354	132,101	132,161	132,099	131,674	129,716	130,099	131,246	130,862	129,458	126,872	117,071	109,847	96,436	61,592	50,793	47,930	46,859	38,599	34,082	34,449	35,112	34,775	33,447	
03/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,580,474	129,123	129,116	129,147	129,128	129,132	129,111	129,103	129,094	129,103	129,035	129,010	128,658	127,402	119,526	102,010	79,858	80,024	79,496	62,764	53,991	56,645	66,604	59,098	59,609	55,022	40,208	28,402	22,188	17,218	12,015	7,571	5,189
04/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,874,242	129,123	129,118	132,163	132,192	132,182	132,167	132,118	131,516	128,695	128,283	130,340	128,171	128,527	121,981	118,034	115,492	117,380	119,758	120,023	120,549	116,506	111,270	108,437	82,632	77,226	83,867	87,399	81,226	88,490	92,484	94,086	91,574
05/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,575,462	131,682	130,990	129,225	122,111	118,515	117,282	120,988	114,488	112,372	111,372	109,455	107,580	99,445	92,989	94,141	93,035	90,979	83,417	74,195	69,483	74,701	79,093	79,820	73,316	68,950	63,673	57,177	54,226	55,420	55,847	52,877	
06/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,889,832	117,587	121,177	124,243	124,469	122,659	121,155	121,387	119,685	121,236	117,581	114,148	105,954	94,575	93,838	102,284	105,879	114,348	116,108	117,293	117,932	118,946	120,672	122,243	123,847	122,592	124,248	124,833	125,097	123,879	120,313	114,767	115,939
07/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,885,222	132,282	132,289	132,211	132,225	130,004	128,534	128,376	127,387	127,279	128,078	127,823	126,790	123,976	122,571	120,881	125,523	122,678	122,411	121,444	117,707	105,731	96,286	94,496	86,338	72,232	68,868	67,887	61,963	63,476	64,963	65,004	76,559
08/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,863,716	40,012	40,014	40,011	40,015	40,018	58,136	118,785	128,969	128,947	128,952	128,905	128,889	128,731	126,902	120,851	118,488	107,351	92,094	79,166	69,252	61,638	63,964	73,237	87,829	79,146	62,642	57,556	49,959	40,504	32,036	27,383	
09/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,202,206	100,101	106,348	110,623	108,096	110,232	116,273	118,474	113,196	108,754	110,192	109,365	97,539	89,917	78,178	75,802	80,012	86,177	86,897	82,089	72,500	65,680	63,334	52,615	42,720	45,450	45,714	38,761	37,971	37,606	34,124	28,954	25,654
10/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	983,535	116,815	117,993	117,443	118,692	120,156	122,995	123,046	122,885	120,924	120,754	119,657	117,152	106,447	95,653	89,439	90,070	93,565	90,439	88,324	87,774	74,033	61,651	53,112	40,354	25,327	16,467	11,884	9,365	6,482	3,542	3,513	
11/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,430,925	132,193	132,213	132,160	132,144	131,872	130,493	128,785	127,647	124,421	116,955	112,576	103,819	95,262	86,988	81,688	74,049	65,227	60,783	52,301	41,455	35,001	32,836	25,805	23,449	20,867	17,546	13,188	12,885	12,050	13,886	14,747	16,394
12/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	917,730	103,956	119,201	125,995	128,952	130,806	131,290	131,052	131,033	129,525	120,725	115,184	110,742	108,803	108,338	108,823	95,512	84,585	80,876	72,871	67,502	60,736	49,181	40,130	28,215	17,757	14,406	12,420	11,580	5,301	1,483	0,108	0,000
13/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,318,159	126,266	127,229	128,668	129,079	129,121	129,095	129,079	129,072	129,034	128,747	127,061	127,919	128,225	128,135	126,537	124,184	115,990	112,331	109,610	100,926	90,045	70,251	64,177	76,005	85,019	84,469	79,420	68,031	57,640	61,250	55,774	55,916
14/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,645,174	128,413	129,139	130,468	130,415	129,113	131,970	132,218	132,245	132,196	132,198	132,064	131,539	131,382	131,236	130,427	128,359	128,938	124,530	114,816	100,691	91,931	82,628	83,716	71,531	58,552	56,501	49,835	41,967	46,364	50,635	50,080	50,937
15/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	2,084,134	124,748	125,384	125,717	128,994	129,121	128,470	126,100	129,133	129,091	129,014	129,004	128,929	128,787	127,584	126,456	123,909	123,464	117,782	105,788	99,305	110,628	95,633	77,980	87,279	93,795	94,989	81,996	76,427	79,115	70,219	54,722	48,918
16/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	2,386,517	125,222	125,597	126,263	129,283	132,177	132,201	132,231	132,204	132,195	132,160	132,137	132,141	132,097	131,992	131,969	131,596	131,239	130,154	130,345	129,191	127,785	126,682	126,983	125,808	117,953	104,738	89,212	84,174	76,298	69,322	68,323	64,839
17/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	2,369,073	132,152	132,122	131,983	132,157	132,217	132,212	132,198	132,148	131,839	131,154	131,659	132,001	131,768	131,179	130,460	128,423	123,372	119,363	104,842	96,934	91,628	87,944	80,853	81,611	89,567	84,893	81,493	84,162	85,168	76,408	61,931	51,731
18/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,659,428	132,197	132,189	132,242	132,277	132,260	132,238	132,191	132,195	132,201	132,163	132,166	131,938	131,507	131,780	131,537	130,509	130,254	129,002	127,249	126,271	122,515	122,041	118,574	119,992	116,785	106,667	105,298	102,244	108,554	105,443	91,784	71,630
19/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,653,182	131,075	132,204	132,215	132,314	132,269	132,254	132,216	132,214	132,213	132,199	132,148	132,011	131,979	131,546	130,098	130,020	126,562	126,280	122,859	113,808	105,864	101,184	92,329	82,452	83,811	88,070	79,292	75,754	78,548	77,249	57,096	66,918
20/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,488,588	126,908	127,129	128,930	131,050	132,111	132,111	132,212	132,232	132,151	132,022	130,603	131,333	129,608	130,383	130,172	128,387	125,242	126,290	120,965	104,887	100,320	91,726	89,934	93,213	81,407	73,222	77,363	76,981	82,976	80,277	65,791	56,402
21/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	1,509,006	127,566	130,454	132,200	132,249	132,264	132,234	132,235	132,240	132,201	132,188	132,173	131,310	127,025	115,269	95,591	76,879	57,961	54,775	56,467	55,053	44,323	44,344	32,974	31,612	32,644	30,938	37,031	36,006	32,632	36,267	30,981	25,682
22/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	957,508	109,488	109,515	110,728	111,203	114,193	117,286	112,583	109,430	107,957	99,635	106,423	111,495	111,051	111,316	110,921	98,480	92,967	80,593	76,149	71,213	60,714	54,247	50,265	39,752	26,923	21,380	18,061	14,612	9,713	7,113	4,262	1,233
23/12/2021	2160	ENEL GREEN POWER PERU S.A.C.	C.E.WAYRAI	C.E.WAYRAI	731,619	118,433	115,656	116,200	107,707	97,528	85,895	74,378	67,471	56,229	49,929	47,177	44,332	38,960	45,603	50,062	56,690	62,299	56,538	37,700	19,526	9,964	5,987	11,559	7,926	9,063	9,865	10,9					

Anexo 5 Información estadística de operación de central con biomasa Paramonga. Mes de diciembre 2022.

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-5-1

FECHA	PUNTO MEDICIÓN	EMPRESA	CENTRAL	UNIDAD	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	05:45	06:00	06:15	06:30	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00	
01/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		172,419	14,251	13,309	12,762	14,525	14,347	13,597	14,026	13,969	14,035	14,585	13,915	14,276	14,217	14,387	14,769	13,451	14,553	14,984	14,150	14,343	15,334	15,830	13,714	13,750	14,029	12,283	13,817	14,119	14,781	13,785	14,488	15,253
02/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
03/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		151,350	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
04/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		359,367	15,611	13,934	15,487	15,431	14,402	14,976	14,996	15,230	15,561	15,621	15,479	15,614	15,616	15,621	15,577	15,315	13,716	14,933	15,607	15,476	15,618	15,622	15,381	14,756	15,060	14,250	14,641	15,097	13,889	15,124	14,622	14,855
05/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		360,826	15,186	14,542	15,354	15,256	14,678	14,475	14,186	14,919	14,435	14,844	15,108	15,110	15,242	15,622	15,547	14,092	14,322	14,759	14,054	14,866	14,858	15,061	15,036	14,599	14,543	15,151	15,325	15,166	14,496	14,832		
06/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		356,475	15,615	15,512	15,601	15,616	15,622	15,308	14,499	14,421	15,092	15,624	15,594	15,271	15,583	15,229	15,205	14,057	15,008	14,366	13,947	14,331	14,263	15,332	15,623	15,609	15,588	15,859	14,420	15,078	14,866	14,736	14,859	14,862
07/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		359,433	15,314	14,867	15,110	15,769	14,961	15,024	15,535	15,012	15,225	14,266	14,336	15,294	15,066	14,100	14,983	15,111	15,372	14,810	15,305	15,594	15,550	14,562	15,093	14,770	14,491	13,651	15,030	15,234	14,532	14,432	15,038	15,044
08/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		361,111	15,612	15,612	15,587	15,569	15,363	15,525	14,970	15,234	15,552	15,252	14,510	15,425	14,339	15,626	15,618	14,915	15,458	14,972	15,410	14,707	15,167	15,391	15,225	15,268	12,831	7,858	14,628	15,442	14,781	14,731	15,395	15,545
09/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		359,689	15,439	15,556	15,336	15,442	15,293	15,563	14,565	15,433	15,610	15,374	15,037	15,669	14,958	15,233	15,108	15,110	15,113	15,123	15,506	15,375	15,586	15,612	15,616	15,608	14,271	14,969	14,712	14,681	14,489	14,669	15,390	14,871
10/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		365,002	15,627	15,373	15,612	15,614	15,526	15,348	15,258	14,909	15,000	14,983	15,091	13,810	15,477	15,283	15,437	15,797	15,796	15,165	15,184	15,355	15,402	15,790	15,614	15,577	14,593	14,605	13,593	15,110	15,444	15,616	15,622	15,562
11/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		366,517	15,821	15,298	15,184	14,947	15,502	15,393	15,285	15,704	15,763	15,752	15,741	14,436	15,603	15,544	15,597	15,089	15,212	14,992	15,197	15,041	15,057	15,629	15,616	15,618	15,582	15,524	15,603	15,616	15,562	15,507	14,974	
12/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		367,828	15,311	15,461	15,581	15,424	15,618	15,543	15,582	15,664	15,320	15,005	15,583	15,467	15,329	15,469	15,637	15,567	15,587	15,326	15,286	15,608	15,585	15,619	15,517	15,593	15,424	15,095	15,257	15,582	15,374	14,661	14,542	15,452
13/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		363,123	15,097	15,274	15,611	15,408	15,006	15,377	15,086	14,458	15,185	15,022	14,669	15,127	15,309	14,025	15,357	15,367	15,056	15,181	15,009	15,305	15,268	14,454	15,333	15,406	14,637	15,577	15,885	15,778	15,266	15,349	15,481	
14/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		363,693	15,564	15,248	15,362	15,350	15,350	14,911	14,847	14,802	14,857	15,389	15,110	15,494	15,110	15,536	15,556	15,563	15,923	15,598	15,511	15,595	15,412	14,755	15,366	15,379	15,373	15,618	15,388	15,104	14,942			
15/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		205,473	15,648	15,614	15,623	15,624	15,620	15,611	15,617	15,622	15,577	15,617	15,620	15,533	15,545	15,184	13,754	13,937	14,978	15,143	15,423	8,770	6,552	8,240	6,635	6,835	6,881	7,690	5,917	7,390	6,178	7,499	7,393	5,738
16/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		265,472	14,872	15,100	15,077	15,102	15,114	14,506	14,374	15,116	14,662	14,967	14,494	14,338	14,872	14,918	13,549	12,968	13,521	14,514	14,956	14,757	14,923	15,075	13,562	15,093	15,088	14,383	8,592	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		369,207	15,342	15,364	15,451	15,620	15,466	15,607	15,581	15,206	15,462	15,291	15,376	15,599	15,616	15,605	15,459	14,927	14,696	15,572	15,523	14,425	15,477	15,288	14,993	15,525	15,625	15,627	15,612	15,619	15,559	15,711	15,353	15,247
18/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		368,337	15,614	15,600	15,616	15,660	15,552	15,518	15,355	15,586	15,627	14,811	14,747	15,525	15,578	15,590	15,009	14,715	15,510	15,329	15,371	15,530	15,609	15,553	14,277	15,091	15,080	15,630	15,625	15,579	15,667	16,060	15,401	
19/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		363,606	15,668	15,620	15,618	15,540	15,638	15,572	15,645	15,605	15,599	15,561	15,460	15,615	15,589	15,278	13,869	15,550	15,624	15,601	15,526	15,441	15,587	15,610	15,591	15,663	15,606	15,589	15,621	14,450	14,356	14,358	14,345	
20/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		360,802	15,493	15,475	14,826	15,293	15,589	14,274	15,608	15,558	14,089	14,992	15,139	13,114	14,650	14,884	15,613	15,613	15,512	15,486	15,452	14,993	15,824	15,598	15,611	14,685	15,401	15,589	15,523	13,583	13,382	14,602	14,447	
21/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		363,359	14,713	14,928	14,371	14,838	15,225	15,405	15,480	14,890	14,984	15,094	15,168	15,204	14,679	14,292	15,016	14,695	14,296	15,344	15,413	15,087	15,109	15,095	15,122	15,116	15,206	15,404	14,924	15,451	15,574	15,928	13,840	
22/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		367,650	15,499	15,619	15,622	15,665	15,599	14,905	15,529	15,611	14,712	14,899	15,576	15,048	15,596	15,615	15,351	14,122	15,579	15,564	13,817	15,438	15,606	15,631	14,702	14,841	15,102	15,335	14,761	15,144	15,350	15,135	15,474	
23/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		372,175	15,098	15,368	15,362	15,338	15,368	15,388	15,335	15,375	15,365	15,408	15,302	15,346	15,372	15,168	14,254	14,733	15,862	15,734	15,769	15,109	15,506	15,365	15,223	14,844	15,395	15,329	15,371	15,347	15,545	15,573	15,585	15,386
24/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		371,790	14,606	13,484	13,440	11,212	14,182	14,857	15,085	15,264	15,347	14,885	15,075	15,661	15,017	14,946	15,873	16,155	16,107	15,597	15,746	15,368	15,757	15,877	15,852	13,644	15,526	15,621	15,444	15,872	15,882	15,673	15,839	15,920
25/12/2021	437	AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01		200,342</td																																

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-5-2

Fuente: COES SINAC

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-5-3

Fuente: COES SINAC

Anexo 6 Información estadística de operación de central con RSU Doña Catalina Mes de diciembre 2022.

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-6-

Fuente: COES SINAC

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-6-2

Fuente: COES SINAC

REGISTROS DE MEDIDORES EN BORNES DE GENERACIÓN CADA 15 MINUTOS DE POTENCIA ACTIVA (MW)-6-3

Fuente: COES SINAC

Anexo 7 Información de operación de la cobertura de la generación de central termoeléctrica ciclo simple con central solar fotovoltaica.

CENTRAL	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	05:45	06:00	06:15	06:30	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00	08:15	08:30	
ENERGIA INYECTADA POR BESS	505,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,512	28,677	47,916	48,495	48,757	48,889	48,964	49,001	48,988	49,003	49,040	49,081	49,023	48,983	48,959	49,024	48,984	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
ALMACENAMIENTO BESS	535,622	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	63,200	63,200	63,200				
ENERGIA SOLAR QUE REEMPLAZA A GENERACION TERMOELECTRICA	503,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	48,984	48,991	48,934	48,892	48,842	48,806	48,739	48,674
ENERGIA SOLAR INYECCION DIRECTA A LA RED	489,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	91,929	94,114	96,671				
GENERACION CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA	1528,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,303	2,889	14,157	18,181	39,129	63,505	83,530	70,414	92,089	133,293	139,373	140,735	142,853	145,345		

CENTRAL	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	
ENERGIA INYECTADA POR BESS	505,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ALMACENAMIENTO BESS	535,622	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200	63,200		
ENERGIA SOLAR QUE REEMPLAZA A GENERACION TERMOELECTRICA	503,300	48,739	48,674	48,623	48,547	48,457	48,387	48,302	48,137	47,997	47,862	47,696	47,648	47,520	47,318	47,221	47,157	47,067	47,079	47,685	47,730	47,750	47,759	47,766	47,780	47,868	47,975	48,016	48,119	48,072	48,101	48,126	48,150	
ENERGIA SOLAR INYECCION DIRECTA A LA RED	489,6	94,114	96,671	98,044	99,519	100,791	102,213	102,560	102,646	103,601	103,905	103,869	103,650	104,097	104,591	104,574	104,404	104,243	104,234	104,226	104,183	104,159	104,147	104,127	104,110	104,043	103,940	103,429	101,314	96,750	96,415	89,970	83,402	
GENERACION CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA	1528,5	142,853	145,345	146,667	148,066	149,248	150,600	150,862	150,783	151,598	151,767	151,565	151,298	151,617	151,909	151,795	151,911	151,910	151,913	151,911	151,909	151,906	151,893	151,910	151,911	151,915	149,433	144,822	144,516	138,096	131,552			

CENTRAL	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	18:00	18:15	18:30	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15	22:30	22:45	23:00	23:15	23:30	23:45	00:00
ENERGIA INYECTADA POR BESS	505,600	0,000	0,000	0,000	48,495	48,517	48,532	48,549	48,642	48,842	48,965	49,036	49,037	49,028	49,016	49,009	49,007	49,046	49,037	49,049	49,057	49,042	49,063	49,102	49,098	49,151	49,194	49,235	49,267	49,244	49,275	49,322	
ALMACENAMIENTO BESS	535,622	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
ENERGIA SOLAR QUE REEMPLAZA A GENERACION TERMOELECTRICA	503,300	48,210	48,283	48,366	48,398	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ENERGIA SOLAR INYECCION DIRECTA A LA RED	489,6	78,208	75,354	59,325	13,244	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
GENERACION CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA	1528,5	126,418	123,637	107,691	61,642	33,269	46,792	27,699	10,252	2,070	0,102	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8 Información de operación de la cobertura de la generación de central termoeléctrica ciclo simple con central eólica.

CENTRAL	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	05:45	06:00	06:15	06:30	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00
REEMPLAZO GENERACION TERMOELECTRICA	1038,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,512	28,677	47,916	48,495	48,757	48,889	48,964	49,001	48,989	49,003	49,040	49,031	49,023	49,983	48,959	49,024	48,984	48,962	48,991	48,934	48,892	48,842	48,806	
INYECCION EOLICA A LA RED	1330,1	60,835	50,758	41,275	37,234	47,027	55,481	61,733	75,069	87,716	90,697	66,229	48,167	51,752	46,570	32,967	29,866	32,851	33,528	30,401	33,563	50,464	55,091	49,873	45,199	38,619	30,849	39,289	35,937	35,491	40,204	35,815	32,889
GENERACION CENTRAL EOLICA	2369,1	60,835	50,758	41,275	37,234	47,027	55,481	61,733	75,069	87,716	91,209	94,906	96,083	100,247	95,327	81,856	78,830	81,852	82,517	79,404	82,603	99,495	104,114	98,856	94,158	87,643	79,833	88,251	84,928	84,425	89,096	84,657	81,695

CENTRAL	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00
REEMPLAZO GENERACION TERMOELECTRICA	1038,9	48,739	48,674	48,623	48,547	48,457	48,387	48,302	48,137	47,997	47,862	47,696	47,648	47,520	47,318	47,221	47,507	47,667	47,679	47,685	47,730	47,750	47,759	47,766	47,800	47,868	47,975	48,016	48,119	48,072	48,101	48,126	48,150
INYECCION EOLICA A LA RED	1330,1	31,042	34,925	30,496	24,411	17,789	13,751	18,776	23,593	25,550	38,655	51,131	53,585	58,886	60,353	63,391	71,142	70,541	73,463	70,901	69,501	65,218	65,341	72,075	82,618	83,971	84,031	84,127	83,993	83,973	84,062	83,932	83,807
GENERACION CENTRAL EOLICA	2369,1	79,781	83,599	79,119	72,958	66,246	62,138	67,078	71,730	73,547	86,517	98,827	101,233	106,406	107,571	110,612	118,649	118,208	121,142	118,586	117,231	112,968	113,100	119,841	130,418	131,839	132,006	132,143	132,112	132,163	132,058	131,957	

CENTRAL	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	18:00	18:15	18:30	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15	22:30	22:45	23:00	23:15	23:30	23:45	00:00
REEMPLAZO GENERACION TERMOELECTRICA	1038,9	48,210	48,283	48,366	48,398	48,495	48,517	48,532	48,549	48,642	48,842	48,965	49,036	49,037	49,028	49,016	49,009	49,007	49,046	49,037	49,049	49,057	49,042	49,063	49,102	49,098	49,151	49,194	49,235	49,267	49,244	49,275	49,322
INYECCION EOLICA A LA RED	1330,1	83,942	83,839	83,617	83,759	83,722	83,695	83,666	83,599	83,197	82,312	82,694	82,965	82,731	82,151	81,444	79,414	74,365	70,317	55,805	47,885	42,571	38,902	31,790	32,509	40,469	35,742	32,299	34,927	35,901	27,164	18,135	12,609
GENERACION CENTRAL EOLICA	2369,1	132,152	132,122	131,983	132,157	132,217	132,212	132,198	132,148	131,839	131,154	131,659	132,001	131,768	131,179	130,460	128,423	123,372	119,363	104,842	96,934	91,628	87,944	80,853	81,611	89,567	84,893	81,493	84,162	85,168	76,408	67,410	61,931

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9 Información de operación de la cobertura de la generación de central termoeléctrica ciclo combinado con central solar fotovoltaica.

UNIDAD	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MW/h)	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	05:45	06:00	06:15	06:30	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00		
Inyección directa total		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,084	61,668	28,070			
Inyección solar directa CS3	111,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
BESS2	1,417,492	109,053	109,140	109,159	109,159	109,007	108,973	109,018	109,111	109,066	108,938	109,004	108,991	109,146	109,127	108,780	108,281	108,283	108,354	108,244	108,319	107,716	102,566	80,047	71,919	30,324	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000		
Generación Solar 4 acumulable	1,528,502	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Queda por cubrir	1,413,936	109,053	109,140	109,159	109,159	109,007	108,973	109,018	109,111	109,066	108,938	109,004	108,991	109,146	109,127	108,780	108,281	108,283	108,354	108,244	108,319	107,716	102,566	80,047	71,919	30,324	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000		
BESS1	1,528,444	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	108,360	89,831	49,833	76,068	32,610	0,000	0,000		
Generación Solar 3 acumulable	1,528,502	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Queda por cubrir	2,942,438	217,413	217,500	217,519	217,519	217,367	217,333	217,378	217,471	217,426	217,298	217,364	217,351	217,506	217,487	217,426	216,641	216,643	216,714	216,604	216,679	216,076	210,926	188,407	180,279	138,684	89,831	49,833	76,068	32,612	0,000	0,000	
Acumulación		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,084	61,668	28,070	
Generación Solar 2	1,528,502	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Generación Termoeléctrica por cubrir	4,470,941	217,413	217,500	217,519	217,519	217,367	217,333	217,378	217,471	217,426	217,298	217,364	217,351	217,506	217,487	217,426	216,641	216,643	216,714	216,604	216,679	216,379	213,815	202,564	198,460	177,813	153,336	133,363	146,482	124,701	83,209	77,705	112,665
Generación Solar 1	1,528,502	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Generación Termoeléctrica total	5,999,443	217,413	217,500	217,519	217,519	217,367	217,333	217,378	217,471	217,426	217,298	217,364	217,351	217,506	217,487	217,426	216,641	216,643	216,714	216,604	216,679	216,372	216,622	216,704	216,721	216,641	216,942	216,841	216,893	216,790	216,502	217,078	253,400

UNIDAD	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MW/h)	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00
Inyección directa total		0,000	0,000	0,000	17,137	20,849	23,314	22,550	22,066	24,005	24,718	25,253	24,549	25,947	27,202	26,771	27,194	27,902	28,595	30,061	73,133	99,649	100,003	100,388	100,493	100,237	99,233	94,463	85,435	85,379	72,622	59,092	
Inyección solar directa CS3	111,010	0,000	0,000	0,000	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500	13,500			
BESS2	1,417,492	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Generación Solar 4 acumulable	1,528,502	142,853	145,345	146,667	148,066	149,248	150,600	150,862	150,785	151,598	151,767	151,565	151,298	151,617	151,909	151,795	151,911	151,910	151,913	151,909	151,893	151,910	151,915	151,915	151,445	149,433	144,822	144,516	138,096	131,552	0,000		
Queda por cubrir	1,413,936	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
BESS1	1,528,444	7,564	3,912	2,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Generación Solar 3 acumulable	1,528,502	142,853	145,345	146,667	148,066	149,248	150,600	150,862	150,785	151,598	151,767	151,565	151,298	151,617	151,909	151,795	151,911	151,910	151,913	151,909	151,893	151,910	151,915	151,915	151,445	149,433	144,822	144,516	138,096	131,552	0,000		
Queda por cubrir	2,942,438	7,564	3,912	2,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Acumulación		0,000	0,000	0,000	3,637	7,349	9,814	9,050	8,566	10,505	11,218	11,753	11,049	12,447	13,702	13,271	13,694	14,402	14,239	15,095	16,561	59,633	86,149	86,503	86,888	86,993	86,737	85,733	80,963	71,935	71,879	59,122	45,592
Generación Solar 2	1,528,502	142,853	145,345	146,667	148,066	149,248	150,600	150,862	150,785	151,598	151,767	151,565	151,298	151,617	151,909	151,795	151,911	151,910	151,913	151,909	151,893	151,910	151,915	151,915	151,445	149,433	144,822	144,516	138,096	131,552	0,000		
Generación Termoeléctrica por cubrir	4,470,941	150,417	149,257	146,875	144,429	141,899	140,786	141,812	142,217	141,093	140,549	139,812	140,249	139,170	138,207	138,524	138,217	137,508	136,764	136,816	135,352	92,276	65,022	65,718	65,712	68,470	72,887	78,974	85,960	85,737	85,733	85,737	
Generación Solar 1	1,528,502	142,853	145,345	146,667	148,066	149,248	150,600	150,862	150,785	151,598	151,767	151,565	151,298	151,617	151,909	151,795	151,911	151,910	151,913	151,909	151,893	151,910	151,915	151,915	151,445	149,433	144,822	144,516	138,096	131,552	0,000		
Generación Termoeléctrica total	5,999,443	293,270	294,602	293,542	292,495	291,147	291,386	292,674	293,000	292,691	292,316	291,377	291,547	290,787	290,116	290,319	290,128	289,418	289,587	288,727	287,265	244,185	217,663	217,283	217,693	217,093	217,709	217,153	217				

Anexo 10 Información de operación de la cobertura de la generación de central termoeléctrica ciclo combinado con central eólica.

UNIDAD	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	0:05	0:30	0:45	0:1:00	0:1:15	0:1:30	0:1:45	0:2:00	0:2:15	0:2:30	0:2:45	0:3:00	0:3:15	0:3:30	0:3:45	0:4:00	0:4:15	0:4:30	0:4:45	0:5:00	0:5:15	0:5:30	0:5:45	0:6:00	0:6:15	0:6:30	0:6:45	0:7:00	0:7:15	0:7:30	0:7:45	0:8:00	
Inyección directa total	402,1	95,743	115,984	134,969	143,051	123,313	106,371	93,912	67,333	41,994	34,880	27,552	25,185	17,012	26,833	53,428	58,981	52,939	51,680	57,796	51,473	17,692	8,476	19,009	28,325	41,656	57,175	40,391	47,040	47,940	38,310	47,764	90,010	
Almacenamiento Eólico BESS	1503,6																																	
almacenamiento	865,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
inyección a la red Central Eólica3	2369,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,736	45,722	56,329	67,354	70,898	83,235	68,494	28,428	19,849	28,913	30,837	21,608	31,131	81,803	95,638	79,847	65,833	45,987	22,658	47,860	37,888	36,485	50,786	36,893	0,000
Sobrante Central Eólica 3	1293,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,736	45,722	56,329	67,354	70,898	83,235	68,494	28,428	19,849	28,913	30,837	21,608	31,131	81,803	95,638	79,847	65,833	45,987	22,658	47,860	37,888	36,485	50,786	36,893	0,000
Central Termoeléctrica faltante	402	34,908	65,226	93,694	105,817	76,286	50,890	32,179	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,315	
Central Eólica 3	2369,1	60,835	50,758	41,275	37,234	47,027	55,481	61,733	75,069	87,716	91,209	94,906	96,083	100,247	95,327	81,856	78,830	81,852	82,517	79,404	82,603	99,495	104,114	98,856	94,158	87,643	79,833	88,251	84,928	84,425	89,096	84,657	81,695	
inyección a la red Central Eólica 2	1261,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Central Termoeléctrica por cubrir	95,743	115,984	134,969	143,051	123,313	106,371	93,912	67,333	41,994	34,880	27,552	25,185	17,012	26,833	53,428	58,981	52,939	51,680	57,796	51,473	17,692	8,476	19,009	28,325	41,656	57,175	40,391	47,040	47,940	38,310	47,764	90,010		
Central Eólica 2	2369,1	60,835	50,758	41,275	37,234	47,027	55,481	61,733	75,069	87,716	91,209	94,906	96,083	100,247	95,327	81,856	78,830	81,852	82,517	79,404	82,603	99,495	104,114	98,856	94,158	87,643	79,833	88,251	84,928	84,425	89,096	84,657	81,695	
Generación Termoeléctrica por cubrir	156,578	166,742	176,244	180,285	170,340	161,852	155,645	142,402	129,710	126,089	122,458	121,268	117,259	122,160	135,284	137,811	134,791	134,197	137,200	134,076	117,187	112,590	117,865	122,483	129,299	137,008	128,642	131,968	132,365	172,406	171,705			
Central Eólica 1	2369,1	60,835	50,758	41,275	37,234	47,027	55,481	61,733	75,069	87,716	91,209	94,906	96,083	100,247	95,327	81,856	78,830	81,852	82,517	79,404	82,603	99,495	104,114	98,856	94,158	87,643	79,833	88,251	84,928	84,425	89,096	84,657	81,695	
Generación Termoeléctrica	5999,4	217,413	217,500	217,519	217,367	217,333	217,378	217,471	217,426	217,298	217,364	217,351	217,506	217,487	217,140	216,641	216,643	216,714	216,604	216,679	216,682	216,704	216,721	216,641	216,942	216,841	216,893	216,896	216,790	216,502	217,078	253,400		

UNIDAD	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	0:15	0:30	0:45	0:9:00	0:9:15	0:9:30	0:9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00
Inyección directa total	402,1	133,708	127,404	135,304	146,579	158,655	167,110	158,518	149,540	145,597	119,282	93,723	89,081	77,975	74,774	69,695	52,830	53,002	47,303	51,555	52,803	18,249	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	
Almacenamiento Eólico BESS	1503,6																																
almacenamiento	865,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
inyección a la red Central Eólica3	2369,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,104	12,152	28,431	32,897	41,517	65,819	65,206	73,839	67,031	64,428	94,719	36,500	43,241	53,818	55,239	55,406	55,545	55,545	55,545	55,545	55,545	55,545	55,545	55,545
Sobrante Central Eólica 3	1293,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,104	12,152	28,431	32,897	41,517	65,819	65,206	73,839	67,031	64,428	94,719	36,500	43,241	53,818	55,239	55,406	55,545	55,545	55,545	55,545	55,545	55,545	55,545	
Central Termoeléctrica faltante	402	53,927	43,805	56,185	73,621	92,409	104,972	91,440	77,810	72,050	32,765	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Central Eólica 3	2369,1	79,781	83,599	79,119	72,958	66,246	62,138	67,078	71,730	73,547	86,517	98,827	101,233	106,406	107,671	110,612	118,649	118,208	121,142	118,586	117,231	112,968	113,100	119,841	130,418	131,839	132,006	132,143	132,163	132,058	131,957		
inyección a la red Central Eólica 2	1261,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Central Termoeléctrica por cubrir	133,708	127,404	135,304	146,579	158,655	167,110	158,518	149,540	145,597	119,282	93,723	89,081	77,975	74,774	69,695	52,830	53,002	47,303	51,555	52,803	18,249	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600	76,600		
Generación Termoeléctrica por cubrir	3630,4	213,489	211,003	214,423	219,537	224,501	229,248	225,596	221,770	219,144	205,799	192,550	190,314	184,381	182,445	179,707	171,479	171,210	168,445	170,141	104,563	97,442	86,514	84,990	85,087	85,014	85,791	85,664	84,990	84,402	84,204	84,033	
Central Eólica 1	2369,1	79,781	83,599	79,119	72,958	66,246	62,138	67,078	71,730	73,547	86,517	98,827	101,233	106,406	107,671	110,612	118,649	118,208	121,142	118,586	117,231	112,968	113,100	119,841	130,418	131,839	132,006	132,143	132,163	132,058	131,957		
Generación Termoeléctrica	5999,4	293,270	294,542	292,495	291,147	291,386	292,674	293,000	292,691	292,316	291,377	291,547	290,787	290,116	290,319	290,282	289,418	286,858	296,816	297,618	296,931	297,354	297,588	297,621	297,555	297,771	297,752	297,945	297,849	292,690	242,444	219,124	217,895

Fuente: Elaboración propia



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Steven Axeld Gutiérrez Acosta, Bachiller de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado			
Programa:						

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un **trabajo inédito**, intitulado:

REEMPLAZO DE UNA CENTRAL TERMOELECTRICA POR UNA CENTRAL RER. EN EL SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA DEL PERU

presentado en folios, para la obtención del Grado académico:		()	
Título profesional:	(X)	Investigación anual:	()
<ul style="list-style-type: none">➤ He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.➤ Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.➤ Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.➤ De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.			

Chimbote, junio de 2022

Firma:

Nombres y Apellidos: Steven Axeld Gutiérrez Acosta

DNI:



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, José Luis Palacios Bautista, Bachiller de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado			
Programa:						

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un **trabajo inédito**, intitulado:

REEMPLAZO DE UNA CENTRAL TERMOELECTRICA POR UNA CENTRAL RER. EN EL SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA DEL PERU

presentado en folios, para la obtención del Grado académico:		()	
Título profesional:	(X)	Investigación anual:	()
<ul style="list-style-type: none">➤ He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.➤ Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.➤ Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.➤ De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.			

Chimbote, junio de 2022

Firma:

Nombres y Apellidos: José Luis Palacios Bautista

DNI:

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería en Energía

Informe del Asesor Informe de Tesis para obtener el título profesional

- 1) Apellidos/Nombres: Palacios Bautista, José Luis
Gutiérrez Acosta, Steven Axeld
- 2) Título de la Tesis: Reemplazo de una central termoeléctrica por una central RER. en el sistema de generación de energía del Perú
- 3) Evaluación del Contenido: La presente tesis para título reúne las condiciones metodológicas de la investigación científica y está en conformidad con los Artículos N° 39 y 40 del Reglamento General de Grados y Títulos vigente de la Universidad Nacional del Santa, concluyéndose que el tesista ha elaborado el presente informe dentro de las líneas de investigación que promueve la E.P.I.E _____
- 4) Observaciones _____ Ninguna_____
- 5) Certificación de Aprobación: En calidad de asesor certifico la aprobación de la tesis para título.

Fecha: Nuevo Chimbote, junio del 2022

Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan
Asesor

TESIS 2

INFORME DE CIRCONVALDAD



FUENTES PRINCIPALES

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	13%
2	www.osinergmin.gob.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
5	www2.osinergmin.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.utec.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	www.terram.cl Fuente de Internet	<1%

10	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
11	www.docsity.com Fuente de Internet	<1 %
12	es.unionpedia.org Fuente de Internet	<1 %
13	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
14	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
15	creativecommons.org Fuente de Internet	<1 %
16	blog.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	www.enel.pe Fuente de Internet	<1 %
18	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
19	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
20	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
21	minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

22	www.smv.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
23	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
24	1library.co Fuente de Internet	<1 %
25	www.luzplantas.com Fuente de Internet	<1 %
26	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
27	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
28	infocarbono.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	olearum.t2v.com Fuente de Internet	<1 %
31	oporpa.org Fuente de Internet	<1 %
32	www.studocu.com Fuente de Internet	<1 %
33	jennycastaeda.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %

34	srvgart.osinergmin.gob.pe	<1 %
35	documentop.com	<1 %
36	dokumen.pub	<1 %
37	www.accionia.com	<1 %
38	www.unac.edu.pe	<1 %
39	solar-energia.net	<1 %
40	ccr.aldeae.net	<1 %
41	idus.us.es	<1 %
42	www.worldbank.org	<1 %
43	www.spiritualresearchfoundation.org	<1 %
44	dspace.unitru.edu.pe	<1 %
45	repositorio.esan.edu.pe	<1 %

46	www.edu.org Fuente de Internet	<1 %
47	crusher.gravelwasher.com Fuente de Internet	<1 %
48	www.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
49	alianzapacifico.net Fuente de Internet	<1 %
50	digibuo.uniovi.es Fuente de Internet	<1 %
51	intranet2.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
52	orcid.org Fuente de Internet	<1 %
53	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
54	www.radiohc.cu Fuente de Internet	<1 %
55	cuestionesjuridicasdesostenibilidad.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
56	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
57	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

58	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet:	<1 %
59	repositorio.usss.edu.pe Fuente de Internet:	<1 %
60	wiki2.org Fuente de Internet:	<1 %
61	www.afrol.com Fuente de Internet:	<1 %
62	www.comfin.com.mx Fuente de Internet:	<1 %
63	www.mundohvacr.com.mx Fuente de Internet:	<1 %
64	www.researchgate.net Fuente de Internet:	<1 %
65	Repositorio.Unsa.Edu.Pe Fuente de Internet:	<1 %
66	b2b.partcommunity.com Fuente de Internet:	<1 %
67	doczz.es Fuente de Internet:	<1 %
68	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet:	<1 %
69	elmundo-eldia.com Fuente de Internet:	<1 %

70	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
71	hab1.tripod.com.ve Fuente de Internet	<1 %
72	sustainableearth.com Fuente de Internet	<1 %
73	www.gomezacebo-pombo.com Fuente de Internet	<1 %
74	www.simas.org.ni Fuente de Internet	<1 %
75	coggle.it Fuente de Internet	<1 %
76	doczz.net Fuente de Internet	<1 %
77	jrqpingenieria.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
78	purl.org Fuente de Internet	<1 %
79	eduardomartinezconalep183.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
80	renewables-online.de Fuente de Internet	<1 %

[Excluir citas](#)
[Excluir bibliografía](#)

Apagado
Apagado

[Excluir coincidencias](#) Apagado